



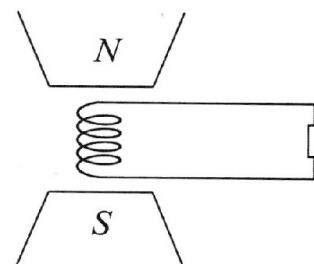
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



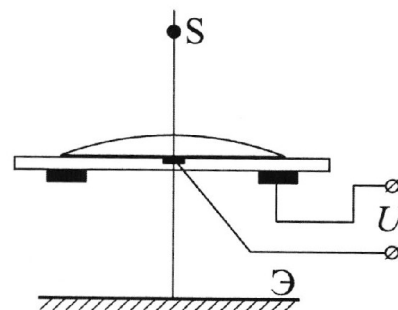
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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



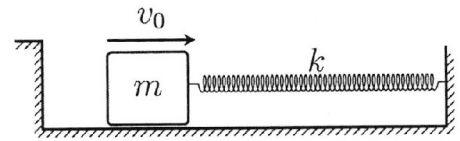
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



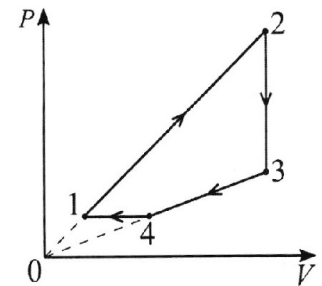
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

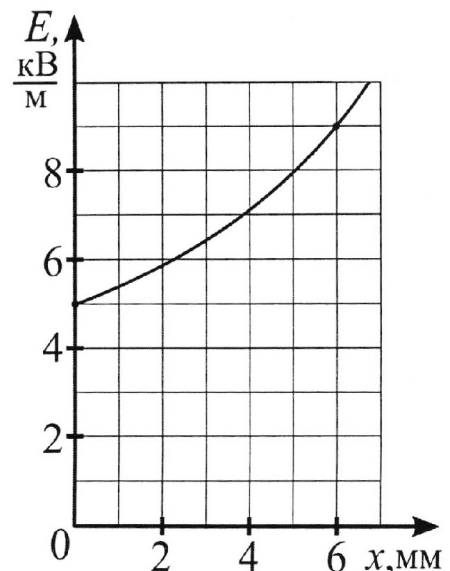
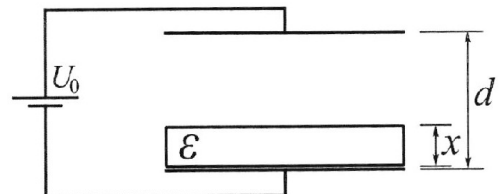
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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.



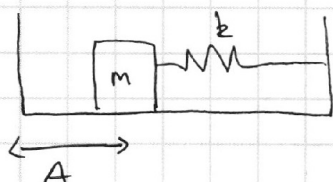
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

N1



Посчитаем A. Если тело изначально было прижато к упругу, а положение равновесия оно пришло к V_0 , то $A = V_0$.

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

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$x(0) = A \Rightarrow \phi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow x = A \cdot \sin \omega t$$

$$\dot{x} = A \omega \cdot \cos \omega t$$

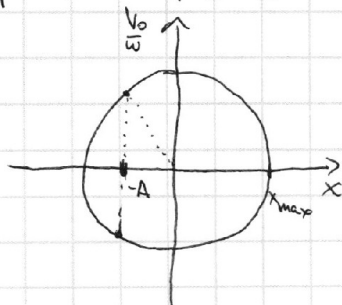
и в положении равновесия $\dot{x} = A\omega$

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

Тогда, если изначально в полож. равновесия задать $V_0 \cdot \frac{23}{9}$, то максимальное сжатие будет когда пружинка сожмётся настолько, что тела будет выталкивать упруг дальше, т.е. её 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 фазовую плоскость до первого удара.



Из ЗСЭ мы можем найти скорость в момент столкновения:

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

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

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



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.

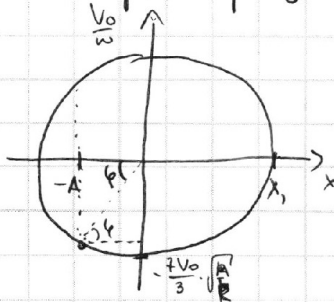
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Теперь нарисуем фазовую плоскость после столкновения



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

Если в положении равновесия

$$\frac{7V_0}{3} \text{ и то } \frac{7V_0}{3} = x_1 \cdot w$$

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

Тогда на расстоянии A скорость должна быть V_2

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

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

Тогда, за одно битье об стенку $k = \frac{V_A}{V_1} = \frac{\frac{8}{3}\sqrt{7}}{\frac{2\sqrt{10}}{3}} = 4 \cdot \sqrt{0.7}$ уменьшилась скорость

$$\Rightarrow \text{после второго удара } V'_2 \text{ стенки} = \frac{V_A}{k^2} = V_0 \cdot \frac{8}{9} \cdot \sqrt{7} \cdot \frac{1}{4 \cdot \sqrt{0.7}} = \frac{2\sqrt{10}}{9} V_0$$

$\Rightarrow$ в положении равновесия из фазовой плоскости

$$\left(\frac{V_2}{w}\right)^2 = A^2 + \left(\frac{V'_2}{w}\right)^2 \quad V_2^2 = V_0^2 + \frac{4}{81} \cdot 40 V_0^2 = \frac{121}{81} V_0^2$$

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



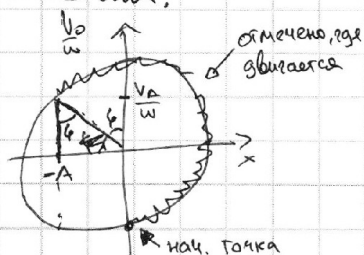
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

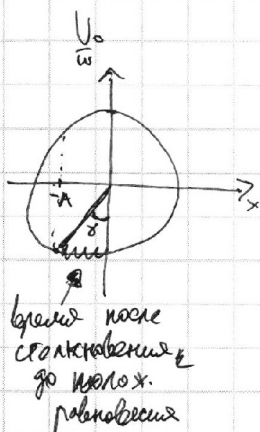
Теперь посчитаем, в какое время тело придет в положение равновесия.



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

$\Rightarrow$ время, до первого столкновения =

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



$$\operatorname{ctg} \delta = \frac{V_1}{V_A} = \frac{2\sqrt{10}}{3}$$

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

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

$$\text{где } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow$$

Ответ: 1) $x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} V_0 \cdot \frac{23}{9}$

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

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

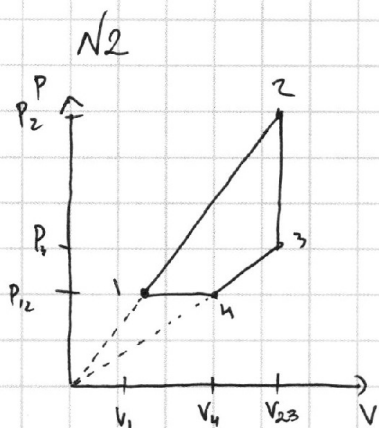


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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!



Т.к. 1-2 и 3-4 лежат на прямой, проходящей через 0,0 $\Rightarrow P = k \cdot V^6$ таких случаев. $\Rightarrow P \cdot V^{-1} = \text{const}$

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

$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$, C - теплоёмкость процесса

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

$$-1 = \frac{C - C_p}{C - C_v} \quad C_v - C = C - C_p \quad C = \frac{C_v + C_p}{2} = \left(\frac{i}{2} + 1\right) R$$

По условию, $C = \frac{7}{2} R \Rightarrow \frac{7}{2} = \frac{i}{2} + 1 \Rightarrow i = 6$. Тогда $C_p = 4R$ $C_v = 3R$

Найдём const для процессов 1-2 и 3-4:

$$P_2 V_2 = \mathcal{O} R T_2 \quad - \text{уравнение уг. газа} \quad \frac{P_2}{V_2} = \text{const} = \frac{\mathcal{O} R T_2}{V_2^2} \quad 1-2 = \frac{\mathcal{O} R T_2}{V_2^2}$$

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

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

$$A_{12} = \frac{\mathcal{O} R T_2}{2 V_2^2} (V_2^2 - V_1^2) \quad A_{23} = 0 \quad A_{34} = \frac{\mathcal{O} R T_3}{2 V_3^2} (V_4^2 - V_3^2) \quad A_{41} = P_{14} (V_1 - V_4)$$

Из условия, теряется Q тепла на 2-3 и 4-1 $\Rightarrow$ запишем начало термод. на этих процессах $\Delta Q = \Delta U + A_r$

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

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



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 ☐ 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!

Запишем суммарную работу:

$$\begin{aligned} \cancel{\$} A_{\Sigma} &= \underbrace{P_{14} \cdot (V_1 - V_4)}_{-\frac{Q}{i+1}} + \underbrace{\frac{\partial R T_2}{2V_{23}^2} (V_{23}^2 - V_1^2) + \frac{\partial R T_3}{2V_{23}^2} (V_4^2 - V_{23}^2)}_{\frac{\partial R (T_2 - T_3)}{2} + \frac{\partial R}{2} \left(\frac{V_4^2 \cdot T_3 - V_1^2 \cdot T_2}{V_{23}^2} \right)} \\ &= +\frac{Q}{i} \quad \frac{\partial R}{2} (T_4 - T_1) = \frac{\partial R}{2} \left(\frac{P_4 V_4}{\partial R} - \frac{P_{14} V_1}{\partial R} \right) = \frac{P_{14} (V_4 - V_1)}{2} = \frac{Q}{i+2} \end{aligned}$$

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

" Q · $\frac{2}{i(i+2)}$

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

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

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

Ответ: $C_{23} = 3R$
 $A = \frac{Q}{24}$
 $\eta = \frac{1}{45}$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

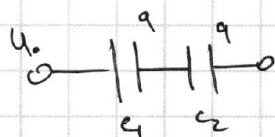
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

N3

Предположим, есть два последов. сог. конденсатора к источнику.

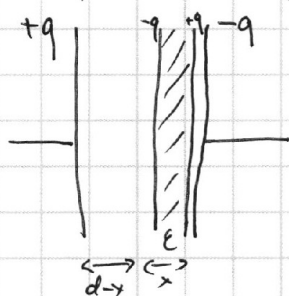
Найдём, как распределяться падение напряжений на них.



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

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

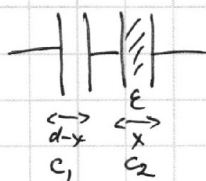
Рассмотрим конденсатор с веществом.



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

Заметим, что такую ситуацию можно разбить

на несколько конденсаторов:



$$\Rightarrow C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d-x} \quad C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0}{x}$$

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

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

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



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!

Посмотрим на график. $x_1 = 0 \text{ мм}$ $E = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ $x_1 = 0 \text{ м}$ $E_1 = 5000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$
 $x = 6 \text{ мм}$ $E = 9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ $\Rightarrow$ $x_2 = 0,006 \text{ м}$ $E_2 = 9000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

Подставим числа в функцию $E(x)$:

$$\begin{cases} E_1 = \frac{U_0}{d - x_1 \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}} \\ E_2 = \frac{U_0}{d - x_2 \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}} \end{cases}$$

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

$$\text{? } x_1 = 0 \Rightarrow E_1 = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E_1 \cdot d = 5000 \cdot 0,009 = 45 \text{ В}$$

$$\Rightarrow d - x_2 \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} = \frac{U_0}{E_2} = \frac{E_1 \cdot d}{E_2}$$

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

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

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

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{x_2 E_2}{x_2 E_2 - d E_2 + d E_1} = \frac{0,006 \cdot 9000}{0,006 \cdot 9000 - 0,009 \cdot 9000 + 0,009 \cdot 5000} = \frac{54}{54 - 81 + 45} = \frac{54}{18} = 3$$

Ответ: $U_0 = 45 \text{ В}$ $\epsilon = 3$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

Т.е. цепь замкнута, то ток везде одинаков. Когда меняется внешнее поле, меняется поток через катушку $\Rightarrow$ появляется $\mathcal{E}_{\text{инд.}} = \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow$ т.к. магнитный ток возрастает, то ~~р. $\mathcal{E}_{\text{инд.}}$~~ это можно сделать выведя ~~из~~ по какому закону меняется поле от времени.

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{инд.}} = I \cdot R = \frac{B \cdot S \cdot n}{L} = \frac{S \cdot n \cdot dB}{dt} \Rightarrow \text{т.к. } B \sim t$$

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**.

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!

NS

Формула линзы $\frac{1}{F} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow F_0 = 3R_0$
и $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$

Если предмет **до** фокуса:
($a < F$)

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

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

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

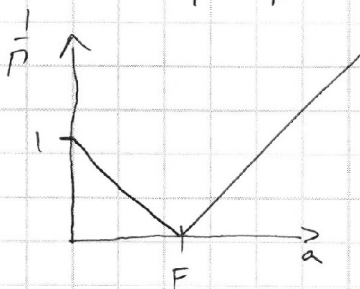
($a > F$)

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

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

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

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



При $U = 0$ В $R_0 = 2$ см

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

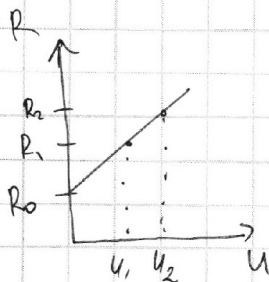
$$U_2, \quad F = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{1}{F} = 3 \Rightarrow 3 = \frac{a}{F} - 1 \Rightarrow F = \frac{a}{4}$$

Теперь ~~можно~~ выразим a через F_0 .

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

$$F_2 = \frac{6R_0}{24 - F_0}$$

Тогда $R_1 = F_1(n-1) = \frac{5F_0}{24 - F_0} = \frac{15R_0}{24 - 3R_0}$
 $R_2 = F_2(n-2) = \frac{2F_0}{24 - F_0} = \frac{6R_0}{24 - 3R_0}$



$$\Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{\frac{6 \cdot 2}{24 - 3 \cdot 2} - 2}{\frac{15 \cdot 2}{24 - 3 \cdot 2} - 2} = \frac{-\frac{4}{3}}{-\frac{1}{3}} = 4$$

Ответ: 2) $U = \frac{U_2}{U_1}$

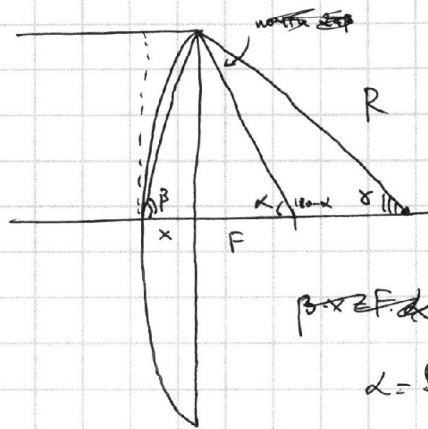
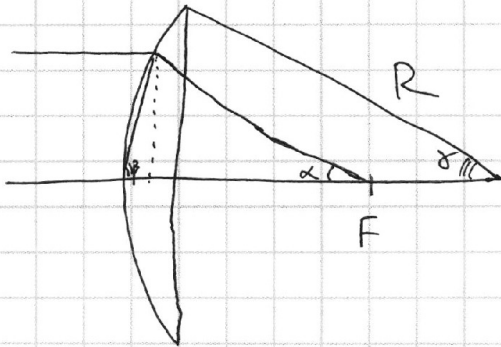


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



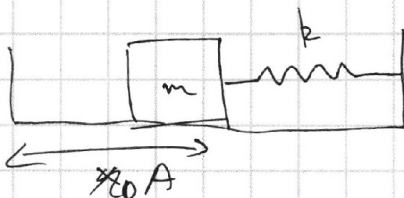
$$\beta \times R F = R \alpha = \frac{F x}{\alpha} = \frac{x}{\beta}$$

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

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

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

$$x(n-1) + F - x = R \cdot \frac{\beta}{x}$$



$$m a = -k x$$

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

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

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

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

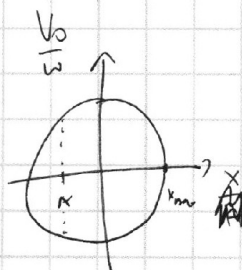
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\dot{x} = A \omega \cdot \cos \omega t$$

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

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

$$x = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot V_0 \cdot \frac{23}{9}$$



$$\dot{x} = V_0 = A \cdot \omega$$

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



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

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

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

$$B = \frac{\mu_0 I n}{l}$$

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

$$\xi = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{B \cdot S \cdot n}{\tau}$$

$$I_1 =$$

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

$$Q = \frac{i}{2} \partial R(T_3 - T_1) = \frac{i}{2} \cdot V_{23} (P_2 - P_3) = P_{14} \cdot \left(\frac{2}{i} + 1\right) \cdot (V_4 - V_1)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{T_2}{V_{23}} = \frac{T_1}{V_1} \Rightarrow$$

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

$$\frac{T_3}{V_{23}^2} = \frac{T_4}{V_4^2} \Rightarrow$$

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

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

$$P_1 V_1$$

$$P_3 V_3$$

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

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

$$P_4 V_4 = \frac{P_4 V_3}{\partial R T_3}$$

$$\partial R T_3 = \frac{P_4 \cdot V_3}{V_4}$$

$$\partial R T_4 = P_4 \cdot V_4$$

$$T_4 = \frac{P_4 \cdot V_4}{\partial R} = \frac{P_4^2 V_3}{\partial R T_3}$$

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

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

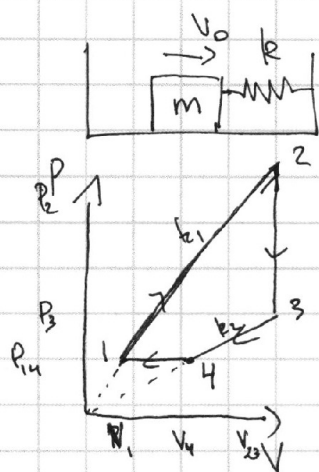


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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!



$$\frac{\partial R T_3}{2} \cdot \frac{V_4^2}{V_1^2} - \frac{\partial R T_2}{2} \cdot \frac{V_2^2}{V_1^2}$$

$$P = k \cdot V$$

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

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v} \quad C_v = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R$$

$$C_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R + R$$

$$C_v - C = C - C_p$$

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

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Rightarrow \gamma = 6 \Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const}$$

$$1-2: P \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$2-3: V = \text{const}$$

$$3-4: P \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$4-1: P = \text{const}$$

$$C_v = \frac{\gamma}{2} R = 3R$$

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{2} = \frac{8-6}{48} = \frac{2}{48} \quad P_2 = \frac{\partial R T_2}{V_2}$$

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

A

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

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

$$\frac{P_3}{V_{23}} = \frac{P_{14}}{V_1}$$

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

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{\partial R}{V_2^2} \cdot T_2$$

$$P_1 \cdot V_1 = \partial R T_1$$

$$P_2 = \frac{\partial R}{V_{23}} \cdot T_2 \quad \frac{P_{14}}{V_1} = \frac{\partial R}{V_{23}} \cdot T_2 \quad A = \int P dV$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \text{const}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{\partial R}{V_{23}} \cdot T_2 = k_1$$

$$A_a = \int k \cdot V dV = \frac{k V^2}{2}$$

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

$$\frac{P_3}{V_{23}} = \frac{\partial R T_2}{V_{23}} \cdot \frac{P_2}{P_3} \Rightarrow$$

$$\frac{P_4}{V_4} = \frac{\partial R T_3}{V_{23}} = k_2$$

$$A_{12} = \frac{k_1}{2} \cdot (V_{23}^2 - V_1^2) \quad A_{23} = 0$$

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

$$A_{34} = \frac{k_2}{2} \cdot (V_4^2 - V_{23}^2) \quad A_{41} = P_{14} \cdot (V_1 - V_4)$$

На 2-3 и 4-1 орбег. Q:

$$Q_{23} = 0 + \partial R = \frac{\gamma}{2} \cdot V_{23} (P_2 - P_3)$$

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

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

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

$$\Sigma A = \frac{\partial R}{2 V_{23}^2} \cdot T_2 (V_{23}^2 - V_1^2) + \frac{\partial R}{2 V_{23}^2} \cdot T_3 (V_4^2 - V_{23}^2) + P_{14} (V_1 - V_4)$$

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



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

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

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

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

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

$$\therefore \frac{a}{b} = \frac{a}{F}$$

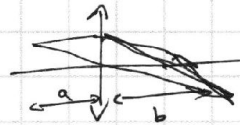
$$\frac{1}{F} = 1 - \frac{a}{b}$$

$$a > F:$$

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

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

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

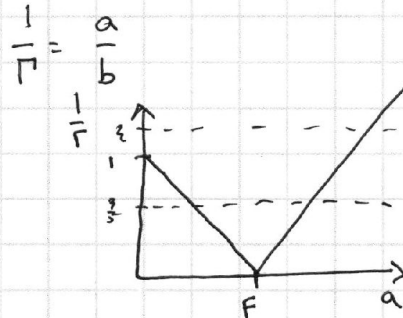


$$Q_{12} = \frac{\partial T_2}{\partial V_1^2} (V_2^2 - V_1^2) + \frac{i}{2} (P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1)$$

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

$$\frac{\partial T_1}{2 V_1^2} \cdot \frac{\partial T_1}{2}$$

$$\frac{i}{2} (\partial T_2 - \partial T_1)$$



$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad R_2 = \infty$$

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

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

$$u=0 \quad R_0=2$$

$$u_1 \quad r = \frac{5}{3} \quad \frac{1}{r} = \frac{3}{5}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

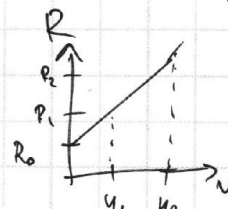
$$F_1 = \frac{5}{8} \cdot \frac{a \cdot 24 F_0}{24 - F_0} = \frac{15 F_0}{24 - F_0}$$

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

$$\Rightarrow R_2$$

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

$$R_2 = \frac{6 R_0}{24 - 3 R_0}$$



$$\frac{b u_2}{b u_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} =$$

$$\frac{b u}{S \cdot t}$$

$$\frac{\frac{12}{18} - 2}{\frac{30}{18} - 2} = \frac{-\frac{12}{9}}{-\frac{1}{3}} = \frac{4}{3}$$