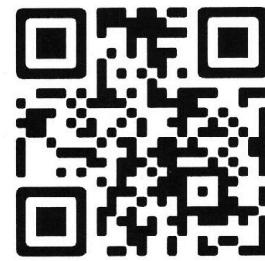




Олимпиада «Физтех» по физике,

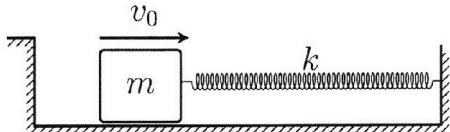
февраль 2025

Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

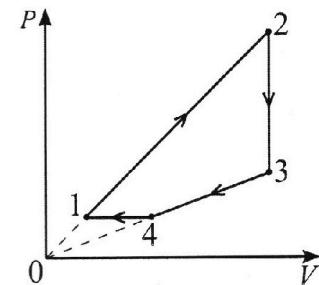
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тела пройдёт со скоростью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

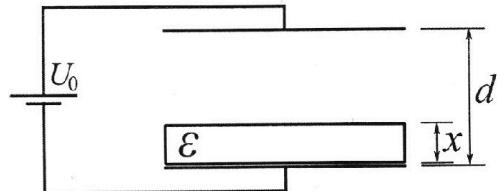
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 $T_2/T_3 = 12/5$.

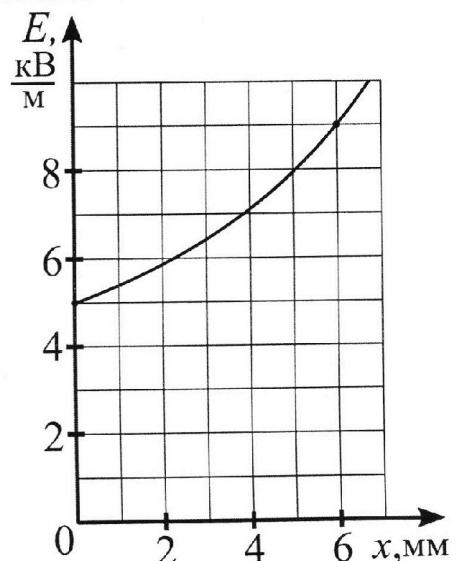


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

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.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

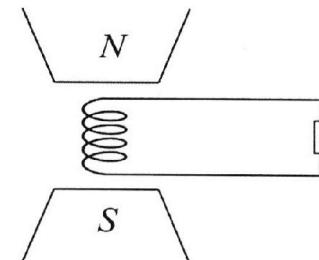
Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

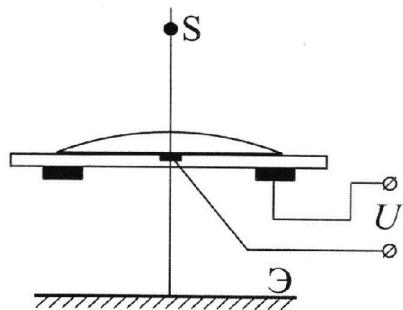
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения 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 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 $\frac{U_2}{U_1}$.
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей E_1/E_2 первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.

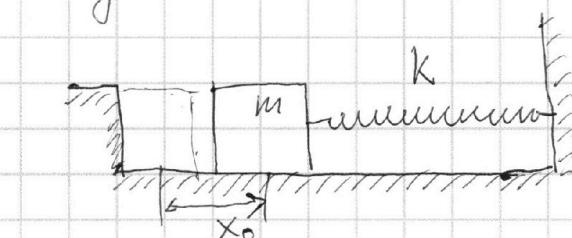


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи** отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

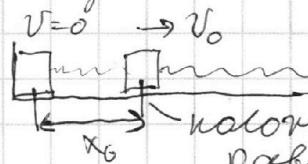
Задача 1.



(прохождение положения равновесия)
из условия следует:

$$\frac{Kx_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow Kx_0^2 = mv_0^2 \Rightarrow$$

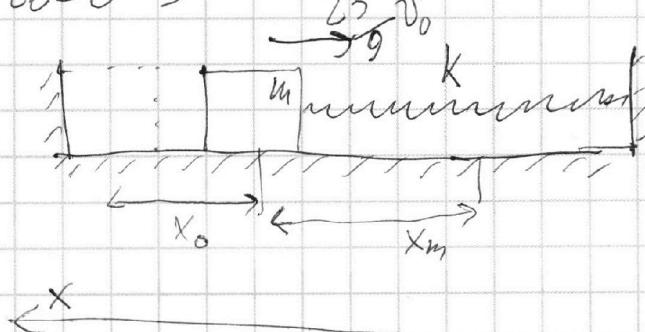
x_0 -расстояние
от положения равновесия
до горизонта:



Найдём максимальное сдвиге края массы x_m .

$$t=0 \Rightarrow$$

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



в момент макс. сдвиги,
скорость тела равна нулю:

З.ч.:

$$\frac{m\left(\frac{23}{9}v_0\right)^2}{2} = \frac{Kx_m^2}{2} \Rightarrow$$

После первого удара отб.
тело проходит положение
равновесия со скоростью $\frac{7}{3}v_0$

Определить его скорость после удара сразу же.

из З.ч.:

$$\left(\frac{7}{3}v_0\right)^2 = \frac{Kx_0^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2^2 = v_0^2 \left(\frac{49}{9} - 1\right) = \frac{40}{9}v_0^2$$

Найдём его скорость через первый
удар.

$$v_2 = \frac{2}{3}\sqrt{10}v_0$$

11 - отб.
 x_m на
путь
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 |
| <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!

~~3(7)~~ 3(7):

$$\left(\frac{2}{9}v_0\right)^2 \frac{m}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow v_1^2 = v_0^2 \left(\frac{2}{9} - 1\right) = \frac{448}{81} v_0^2$$

из условия известно, что

$$v_1 = \frac{8}{9}\sqrt{7}v_0$$

отношение кин. энергии

$$E_{K_1} = \frac{m}{2}v_1^2$$

до и после удара постоянна.

$$E_{K_2} = \frac{m}{2}v_2^2$$

найдем это значение

$$L = \frac{E_{K_2}}{E_{K_1}} = \frac{\frac{m}{2}v_2^2}{\frac{m}{2}v_1^2} = \frac{\left(\frac{8}{9}\right)^2 \cdot 10}{\left(\frac{8}{9}\right)^2 \cdot 7} = \frac{10 \cdot 3^2}{7 \cdot 4^2} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 5}{4^2 \cdot 7} = \frac{9 \cdot 5}{8 \cdot 7} = \frac{45}{56}$$

после первого и

до столкновения терял ~~всегда~~ ^{байдане} сохранялся \Rightarrow

он будет ударять со скоростью, с которой

отскочил после первого столкновения.

$$\Rightarrow E_{K_3} = L E_{K_2}$$

v_x - скорость в положении равновесия после 2-го удара.

3(7) после второго удара:

$$E_{K_3} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{45}{56} \cdot \frac{m}{2} \cdot \frac{4}{9} \cdot 10 v_0^2 \Rightarrow$$

$$v_x^2 = v_0^2 \left(1 + \frac{5 \cdot 10 \cdot 4}{56}\right) = v_0^2 \left(1 + \frac{5 \cdot 10}{14}\right) = \left(\frac{50+14}{14}\right) v_0^2 = \frac{32}{7} v_0^2$$

$$v_x = 4v_0 \sqrt{\frac{2}{7}} - \text{ответ на пункт 2}$$

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

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

После первого удара:

Амплитудное значение скорости $V_{A_1} = \frac{7}{3} V_0$

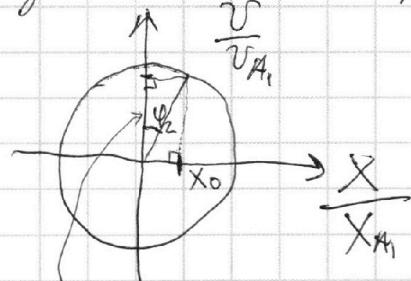
(скорость после удара $V_2 = \frac{2}{3} \sqrt{10} V_0$)

X_{A_1} - амплитуда после первого столкновения

Направление движения грудника на краштесте на

Радиальной площине окружности (он колесится с частотой $W = \sqrt{\frac{k}{m}}$)

(от + направлена влево)



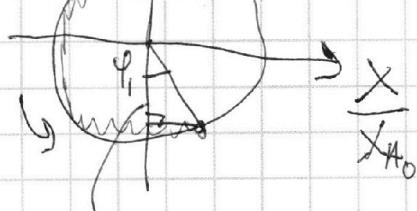
$$W \Delta t_2 = \varphi_2$$

$$\frac{V_2}{V_{A_1}} = \arccos\left(\frac{V_2}{V_{A_1}}\right) = \arccos\left(\frac{2\sqrt{10}}{7}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta t_2 = \arccos\left(\frac{2\sqrt{10}}{7}\right) \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

до первого удара:

$\frac{V_1}{V_{A_0}} = \arccos\left(\frac{V_1}{V_{A_0}}\right) = \arccos\left(\frac{8\sqrt{2}}{23}\right)$ X_{A_0} - амплитуда до первого столкновения



$$V_1 = \frac{8}{9} \sqrt{7} V_0$$

- скорость до первого удара

$$W \Delta t_1 = \bar{u} + \arccos\left(\frac{V_1}{V_{A_0}}\right) = \bar{u} + \arccos\left(\frac{8\sqrt{2}}{23}\right)$$

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\arccos\left(\frac{8\sqrt{2}}{23}\right) + \arccos\left(\frac{2\sqrt{10}}{7}\right) + \bar{u} \right) - \text{Ответ на пункт ③}$$

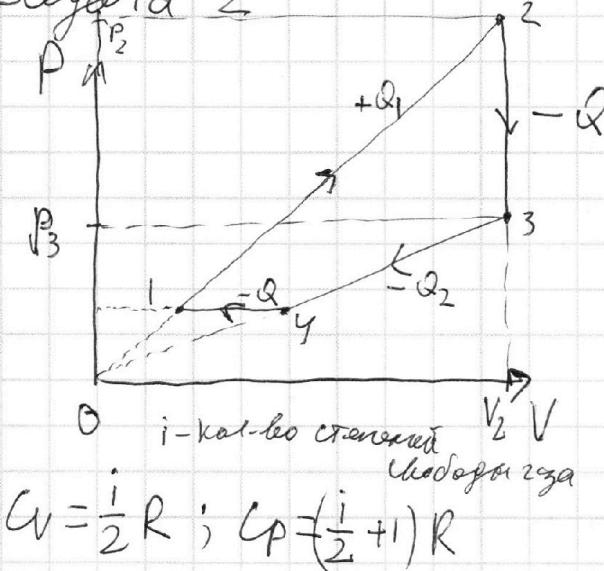


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

Задача 2



процессы 1-2 — процесс
изотермическое $\frac{P}{V} = \text{const}$
; $PV^{-1} = \text{const}$
— подогрев с некоторым
 $n = -1 = \frac{C_V CP}{C_V - CP} \Rightarrow W = C_V - C_V CP$
 $\Rightarrow C_V = \frac{W + CP}{2}$

из условия, теплоемкость
в 7 разах процессе

$$C_{12} = \frac{7}{2} R = \frac{1}{2} \left(\frac{i}{2} + \frac{i}{2} + 1 \right) R$$

$$\Rightarrow k_{12} = 7 = i + 1 \\ \Rightarrow i = 6$$

$$C_{14} = 4R$$

теплоемкость 6
процессе 3 → 4
 $C_{34} = C_{12} = \frac{7}{2} R$
т.к.
этот же подогрев
с некоторым $n = -1$

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

из ЗСУГ:

$$P_2 V_2 = 2RT_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{12}{5}$$

$$P_3 V_2 = 2RT_3$$

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

из определения теплоемкости: k_{12}

$$C_{12}(T_2 - T_1) = -Q$$

$$C_{23}(T_3 - T_2) = -Q$$

$$Q_1 \approx (T_2 - T_1) C_{12}$$

$$-Q_2 = C_{34}(T_4 - T_3)$$



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

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

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!

Уз ур-ия термодинамики: (под заголовок уравнения)

$$A = Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 = A = Q_1 - Q_2 - 2Q$$

$$\left[\begin{array}{l} Q = 3R \left(\frac{12}{5} - 1 \right) T_3 = \frac{21}{5} T_3 R = 3R (T_3 + T_2) \Rightarrow T_2 - T_3 = \frac{Q}{3R} \\ Q = 4R (T_4 - T_1) \Rightarrow T_4 - T_1 = \frac{Q}{4R} \quad \left(T_3 = \frac{5}{21} R ; T_2 = \frac{12}{21} R \right) \\ Q_1 = \frac{7}{2} R (T_2 - T_1) \\ Q_2 = \frac{7}{2} R (T_3 - T_4) \end{array} \right] \Rightarrow Q_1 - Q_2 = \frac{7}{2} R (T_2 - T_3 + T_4 - T_1) \\ \Rightarrow Q_1 - Q_2 = \frac{7}{2} R \left(\frac{Q}{3R} + \frac{Q}{4R} \right) = \frac{7Q}{2} \left(\frac{4}{3} + \frac{1}{4} \right) = \frac{7}{2} Q \left(\frac{7}{12} \right)$$

$$A = Q \left(\frac{49}{24} - 2 \right) = \frac{Q}{24} - \text{ответ на пункт ②}$$

$$y = \frac{A}{Q_1}$$

Определим Q_1 через Q .

$$Q_4 = Q_1$$

$$Q_1 = \frac{7}{2} R \cdot \frac{4}{3} \frac{Q}{7R} - \frac{7}{2} R T_1 = 2Q - \frac{7}{2} R T_1$$

$$Q_2 = \frac{7}{2} R \cdot \frac{5}{21} R - \frac{7}{2} R T_4 = \frac{5}{6} Q - \frac{7}{2} R T_4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_4 - T_1 = \frac{Q}{4R} \\ T_3 - T_4 = \frac{2Q_2}{7R} = \frac{2}{7R} \left(\frac{5Q}{6} - \frac{7}{2} R T_4 \right) = \frac{5Q}{21R} - \end{array} \right.$$

$$T_4 - T_1 = \frac{Q}{4R}$$



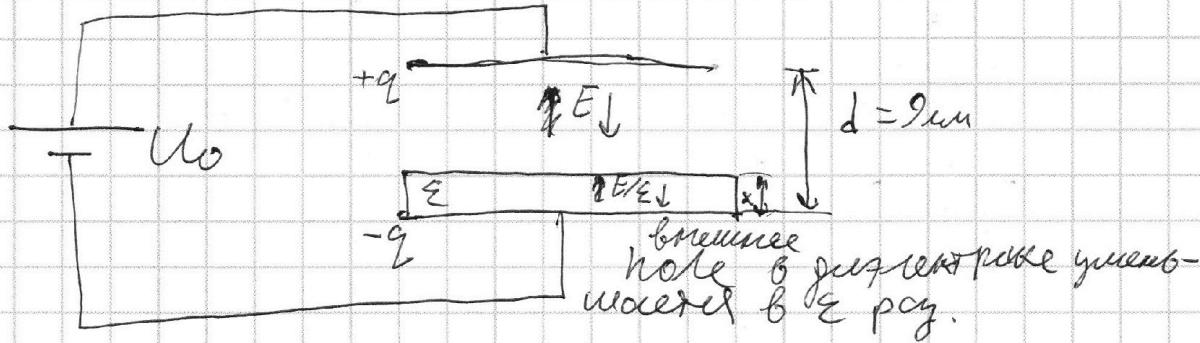
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!

Задача 3



$$U_0 = (d-x)E + \frac{E}{\epsilon} \cdot x - \text{напряжение на областях коммутации (поддерживаемой постоянной)}$$

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

на графике можно различить 2 точки.
этот график изображения не хватает.

$$\text{при } x=0: E = \frac{U_0}{d}$$

1) при $x_1 = 0 \text{ м} \quad \text{точка } ①$

$$E_1 = 5 \frac{\text{kV}}{\text{м}}$$

2) при $x_2 = 6 \text{ м} \quad \text{точка } ②$

$$E_2 = 9 \frac{\text{kV}}{\text{м}}$$

$$\Rightarrow U_0 = E \cdot d$$

на графике присутствует
согласованная точка.

$$\Rightarrow U_0 = d \cdot E_1 = 5 \cdot 10^3 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 45 \text{ В} - \text{ответ на пункт } ①$$

из формулы (1):

$$\epsilon = \frac{x}{\frac{U_0}{E} + x - d} \quad \text{подставим значение 6 м для } x$$

$$\epsilon = \frac{x_2}{\frac{U_0 \cdot d}{E_1} + x_2 - d} = \frac{6 \text{ м}}{\frac{5 \cdot 9 \text{ м}}{5} + 6 \text{ м}} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\epsilon = 3 - \text{ответ на пункт } ②$$



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

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!

Найти заряд, протекший через резистор
от момента начала функционирования поля до полного
его выключения.

$$\Delta Q = I_1 (+) \Delta t \text{ получим что заряд как}\newline \text{изменение под}\newline \text{графиком}\newline I (+)$$

$$Q_0 = I_1 \cdot I_1 \cdot \frac{1}{2} = \frac{I_1^2 R}{2}$$

из ур-ия (1):

$$-\frac{d\varphi}{dt} = \frac{dQ}{R} \Rightarrow -d\varphi = dQ R \Rightarrow$$

напряжение меняется
от φ_0 до 0
протекший заряд -
от 0 до Q_0

$$\Rightarrow (Q_0 - 0) R = -(0 - \varphi_0) \Rightarrow$$

$$Q_0 R = n S_1 B_1 \Rightarrow B_1 = \frac{Q_0 R}{n S_1} = \frac{R}{n S_1} \cdot \frac{I_1 R}{2} = \frac{I_1 R^2}{2 n S_1}$$

$$B_1 = \frac{I_1 R^2}{2 n S_1} - \text{ответ на пункт (3)}$$

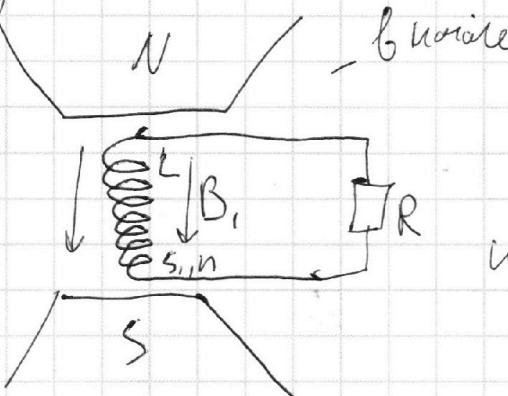
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА
1 из 2

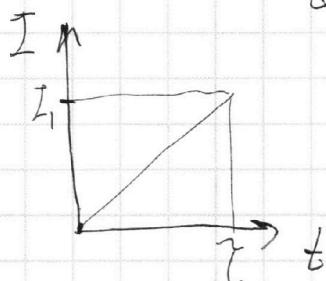
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Задача 4

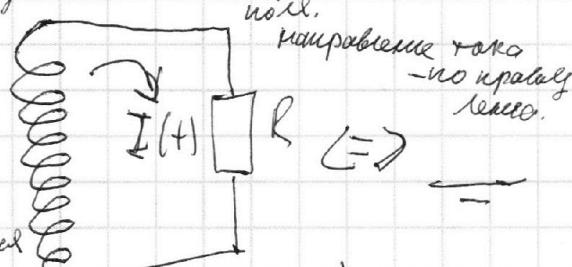


$$P_0 = \mu_0 n \cdot S_1 \cdot B_1 - \text{нагорк} \quad \text{нагорк} \\ \text{нагорк} \quad \text{в нач. момента}$$

$$\text{из условия, } I(t) = I_1 \frac{t}{T}$$



в процессе выключения пол.



$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

- Закон Фарadays

$$-\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E} = I(t)R$$

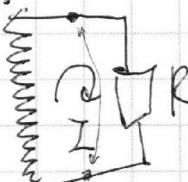
- Закон Кирхгофа для земли.

$$\frac{dI}{dt} = \text{const} = \frac{I_1}{T}$$

$$\frac{dI}{dt} (t_0) = \frac{I_1}{T} - \text{ответ на пункт ①}$$

Когда ток в катушке был I_1 , ток полностью выключился.

Черт:



Закон Кирхгофа:

$$L \frac{dI}{dt} + IR = 0 = L \frac{dI}{dt} + \frac{d\Phi}{dt} R \mid \cdot dt$$

$$\Rightarrow -L \frac{dI}{dt} = R \frac{d\Phi}{dt}$$

Ток меняется от I_1 до 0 \Rightarrow
нагорк \Rightarrow от 0 до q .

$$R(q - 0) = -L(0 - I_1) \Rightarrow q = \frac{R}{L} I_1$$

ответ на пункт 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.

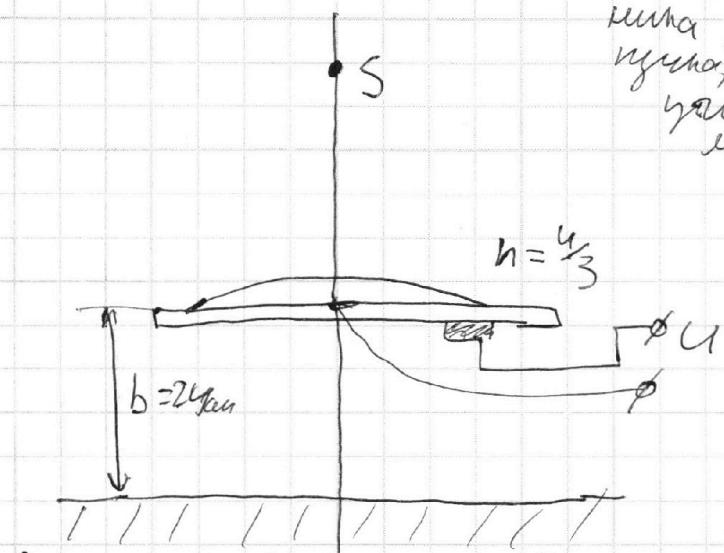
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

СТРАНИЦА
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!

Задача 5

т.к. расстояние от источника до линзы \gg диаметра пучка, входящего в линзу, то можно считать пучок параллельным



Выводы формулы.

Рассмотрим пучок, приходящий в верхнюю точку линзы.

$d, \beta < 1$

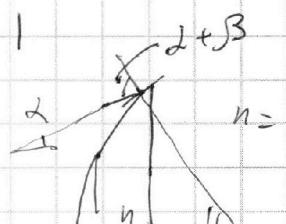
$$\lambda = \frac{h}{d} \quad ; \quad \beta = \frac{h}{R} \quad ; \quad \varphi = \frac{h}{f}$$

(1) и (2) с учетом малости углов ($\sin \varphi \approx \varphi$):

$$\begin{cases} \varphi = h(\beta - \theta_1) \\ \lambda + \beta = h\theta_1 \end{cases} \Rightarrow \varphi = h\beta - \lambda - \beta$$

$$\frac{h}{f} = h\frac{h}{R} - \frac{h}{d} - \frac{h}{R} \Rightarrow \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \left(\frac{h-1}{R} \right) = \frac{1}{R}$$

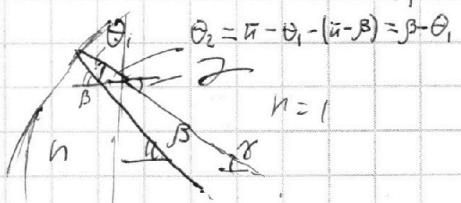
$d, \beta < 1$



луч выходит в линзу под углом $\lambda + \beta$

След:

$$\sin(\lambda + \beta) \cdot 1 = n \cdot \sin \theta_1 \quad (1)$$



и в втором преломлении:

След:

$$\sin(\beta - \theta_2) \cdot h = 1 \cdot \sin \lambda \quad (2)$$



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.

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

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

$\Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$ - ответ на
пункт ①

Ф-ка тонкой линзы.

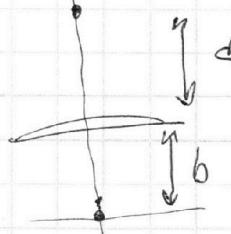
Радиус линзы по линии изображения:

$$R(U) = R_0 + 2U$$

$$R_1 = R(U_1) = R_0 + 2U_1$$

$$R_2 = R(U_2) = R_0 + 2U_2$$

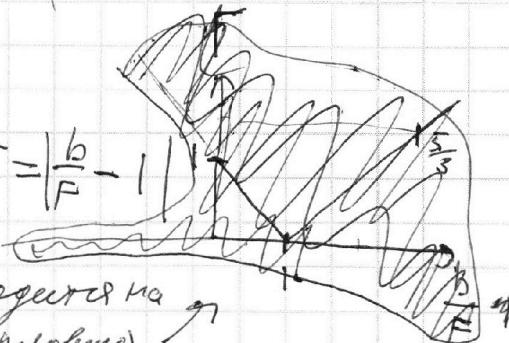
изображение движется вдоль,
чтобы изображение
переместилось на экран.



$$\text{Увеличение } \Gamma = \left| \frac{b}{d} \right|$$

Ч.3 Фокусы тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{b}{d} + 1 = \frac{b}{F} \Rightarrow \Gamma = \left| \frac{b}{F} - 1 \right|$$



при U_1 изображение тонко находится на
экране, если действительное (под真切ное)

при U_2 - возможное и единичное изображение (из узких ячеек), но $F < U_2$, $\Gamma_2 = \frac{1}{3} \Gamma_1$, ~~также~~ а единичное изображение в
при U_1 :

$$\Gamma_1 = \left(\frac{b}{F(U_1)} - 1 \right) \Rightarrow \frac{F(U_1)}{b} = \frac{1}{\Gamma_1 + 1} = \frac{R_0 + 2U_1}{b(n-1)} \Rightarrow$$

$$F(U_1) = \frac{R_0 + 2U_1}{n-1} \quad 2U_1 = \left(\frac{b(n-1)}{\Gamma_1 + 1} - R_0 \right)$$



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.

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

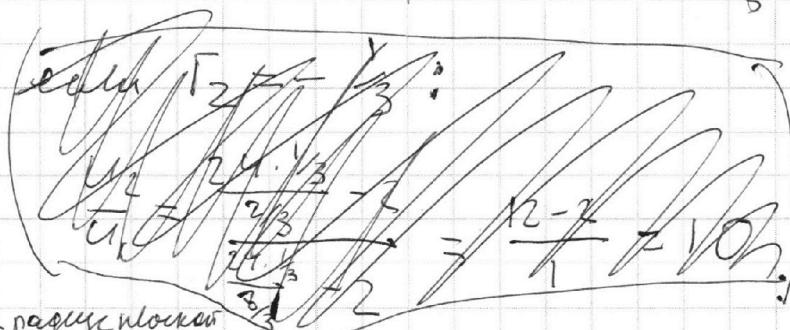
при U_2 :

$$F_2 = \frac{b}{F(U_2)} - 1 \Rightarrow 2U_2 = \left(\frac{b(n-1)}{F_2 + 1} - R_0 \right)$$

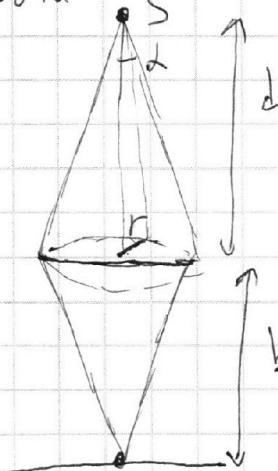
$$F(U_2) = \frac{R_0 + 2U_1}{n-1}$$

$$\Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{F_2 + 1} - R_0}{\frac{b(n-1)}{F_1 + 1} - R_0} = \frac{\frac{24 \cdot \frac{1}{3}}{4/3} - 2}{\frac{24 \cdot \frac{1}{3}}{8/3} - 2} = \frac{6-2}{1-1} = 3$$

ответ
нан. ②



r - радиус склонки
нов-ти конца



отношение освещенности

E_1 = отношение телесных

углов, под которыми

видна линза, т.к. все
лучи, попавшие в линзу,
собираются в 1-й точке
на экране

тел угол; отсюда можно
получить с углом под развернут

$$\alpha = \pi (1 - \cos \alpha) \approx 2\pi \frac{\alpha^2}{2} = \pi \alpha^2$$

$$F_1 = \frac{r}{3} = \frac{b}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{b}{F_1} \quad F_2 = \frac{b}{d_2} \Rightarrow d_2 = \frac{b}{F_2}$$

$$\alpha_1 = \frac{r}{d_1} \quad \alpha_2 = \frac{r}{d_2} = \frac{r}{F_2} = \frac{r}{b}$$



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 checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
Ч ИЗ Ч

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!

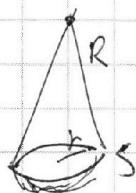
$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = 5^2 = 25$$

ответ на

пункт ③

также что можно было
получить из соотношения того,

что



$$S = \frac{4\pi r^2}{R^2}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{s}{S} = \frac{r_1^2}{R_1^2} = \frac{d_1^2}{d_1^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = 25$$

s - площадь сечения сферы



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!

$$Q_1 =$$

$$Q_2 = \frac{7}{2}R \left(\frac{5Q}{21R} - T_4 \right) = \frac{35Q}{42} - T_4 \frac{7}{2}R$$

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

$$Q_1 = \frac{7}{2}R \left(\frac{12Q}{21R} - T_1 \right) =$$

$$\frac{4Q}{7R}$$

$$Q_1 = \frac{7}{2}R \left(\frac{4Q}{7R} - T_1 \right) = 2Q - \frac{7}{2}T_1 R$$

$$Q_1 + Q_2 + 2Q =$$

$$Q_2$$

$$\sum + (b-x) = \frac{U_0}{E(x)}$$

$$[T_4 - T_1] = \frac{Q}{UR}$$

$$T_3 - T_4 = \frac{2Q_2}{FR}$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{UR} + \frac{3Q}{7R} = T_3 - T_1$$

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

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

$$\frac{U_0}{E} + x - d = 3$$

не

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & & T_1 & \\ \hline 1 & 2 & 1 & \\ \hline 1 & 2 & 0 & \\ \hline 1 & 2 & 1 & \\ \hline \end{array}$$

$$y = x + \frac{1}{2} \sum \quad \sum = 3$$

1

$$3 = \frac{1}{2} \sum$$

не



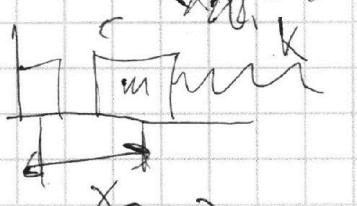
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

Черновик



$$X_0 \Rightarrow$$

$$\frac{K X_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2}$$

$m V_0^2$

$$\frac{1}{9} V_0^2 - V_0^2 = V_e^2$$

5

$$56 = 7 \cdot 8 \cdot 14$$

$$32 = 2^5 = 4 \cdot 4 \cdot 2$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{\frac{9}{3} \frac{3}{4}}{\frac{7}{3}} = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_2}$$

$$4R (T_4 - T_1) = Q \rightarrow$$

$$3R (-T_3 + T_2) = Q$$

$$Q_1 = \frac{\pi}{2} R (T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_4} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$Q_2 = (T_3 - T_4) \cdot \frac{\pi}{2} R$$

$$\left(\frac{2}{5} T_3 = 4T_4 - 4T_1 \right)$$

$$23^2 = (20+3)^2 = 20^2 + 3^2 + 2 \cdot 3 \cdot 20$$

$$400 + 120 + 9$$

$$\frac{23^2 - 9^2}{9^2} = \frac{(23+9)(23-9)}{9^2}$$

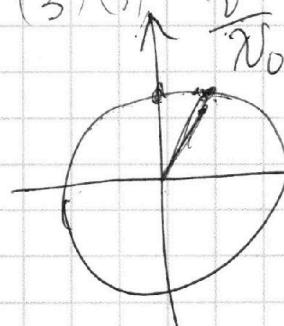
$$3 \cdot 7 = 21$$

$$7\sqrt{7} = \sqrt{49 \cdot 7}$$

$$6\sqrt{6} = \sqrt{36 \cdot 10}$$

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

64



$$7 \cdot 112 = 4 \cdot 4 \cdot 7$$

$$\frac{4 \cdot 4 \cdot 7}{26}$$

$\rightarrow v$

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{\pi}{6} (T_2 - T_1)$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{\pi}{2} R (T_2 - T_3 + T_4 - T_1)$$

