

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

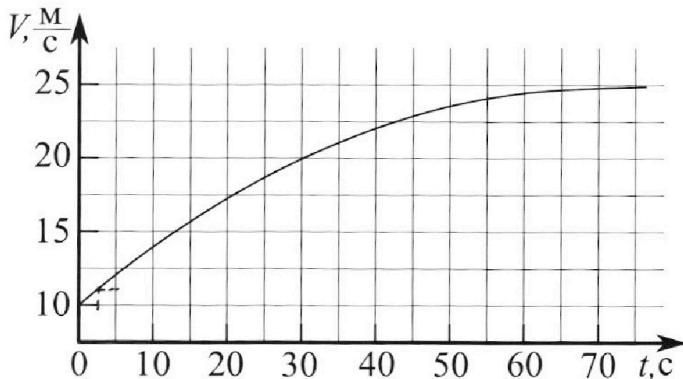


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



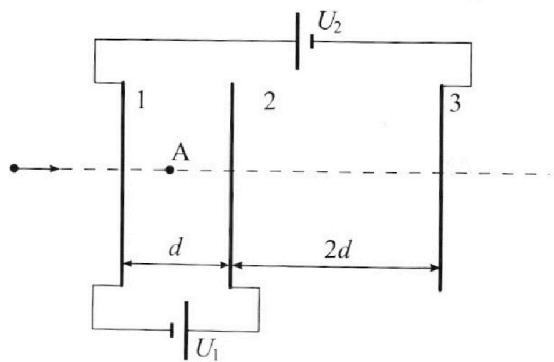
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R – универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.

- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 – кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

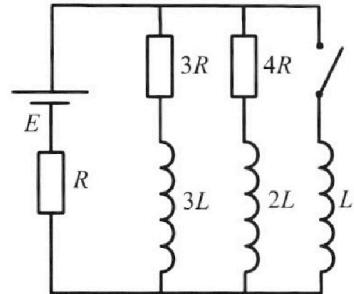


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установлен. Затем ключ замыкают.

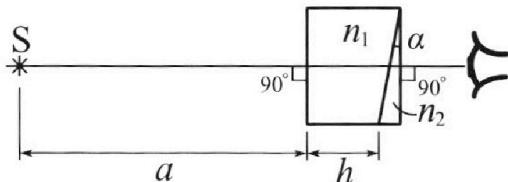
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:
 $m = 1500 \text{ кг}$
 $F_k = 600 \text{ Н}$

4) $a = \frac{dV}{dt}$ Из графика видно, что
в начальном движении зависимость скорости
от времени линейная.

$$a_0 \approx \frac{11,25 - 10}{5} = \frac{1,25}{0,5} \approx 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) В конце района скорость становится
постоянной равной $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Но II Закону Ньютона:

$$ma = F_k - F_c \quad \text{т.к. скорость постоянна, то } a = 0 \Rightarrow$$

$F_k = F_c$ $F_c = kV_k$ k -коэффициент пропорциональности между F_c и V .

$$F_k = kV_k \Rightarrow k = \frac{F_k}{V_k}$$

Но II Закону Ньютона:

$$ma_0 = F_0 - kV_0 \quad F_0 = ma_0 + kV_0 = ma_0 + \frac{F_k}{V_k} \cdot V_0$$

$$F_0 = 1500 \cdot 0,5 + \frac{600}{0,5} \cdot 10 = 750 + 240 = 990 \text{ Н.}$$

3) $\Delta A = F_0 \Delta S$

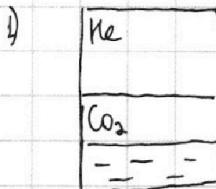
$$P_0 = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_0 \Delta S}{\Delta t} = F_0 \cdot V_0 = 990 \cdot 10 = 9900 \text{ Вт.}$$

Ответ: 1) $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 2) $F_0 = 990 \text{ Н}$ 3) $P_0 = 9900 \text{ Вт}$



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

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№ уравнению Менделеева-Капелюкова:

$$\frac{p_0 V}{2} = V_{\text{Ne}} R T_0$$

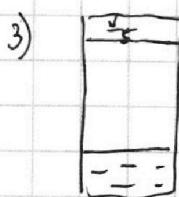
$$p_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = V R T_0 \quad \text{т.к давление исходных}$$

паров водяных при T малое, то можно считать, что
 p_0 - парциальное давление CO_2

V - количество вещества CO_2 в гидрографическом
составе

$$\begin{cases} \frac{p_0 V}{2} = V_{\text{Ne}} R T_0 \\ \frac{p_0 V}{4} = V R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{\text{Ne}}}{V} = 2$$

$$2) \quad \begin{cases} \delta V = \frac{k p_0 V}{4} \\ \frac{p_0 V}{4} = V R T_0 \end{cases} \Rightarrow \delta V = k V R T_0$$



№ II Закону Ньютона для поршня:

$$p_b \cdot S = p_h \cdot S \Rightarrow p_b = p_h \quad p_h = p_{\text{атм}} + p = 2p_0 + p$$

$p_{\text{атм}}$ - давление исходящих паров водяных
при $T = 373\text{K}$

p - парциальное давление CO_2

№ уравнению Менделеева - Капелюкова:

$$\begin{cases} \frac{p_b V}{5} = V_{\text{Ne}} R T \\ \frac{p_0 V}{2} = V_{\text{Ne}} R T_0 \end{cases} \quad \frac{\frac{2}{5} \left(\frac{p_b}{p_0} \right)}{T} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{p_0 V}{2} = V_{\text{Ne}} R T_0 \quad \text{тогда} \quad \frac{T}{T_0} = 2 \Rightarrow 2 = \frac{2}{5} \frac{p_b}{p_0}$$

$$2 = \frac{2}{5} \left(\frac{2p_0 + p}{p_0} \right) = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \frac{p}{p_0}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

По уравнению Менделеева - Капелюгина:

$$p(V - \frac{V}{3} - \frac{V}{4}) = (V + \Delta V) RT$$

$$\frac{11pV}{20} = (V + \Delta V) RT$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{(2p_0 + p)V}{5} = V_{ne} RT \\ \frac{11pV}{20} = (V + \Delta V) RT \end{array} \right. \Rightarrow \frac{4(2p_0 + p)V}{20} = 2\Delta V RT$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{4(2p_0 + p)V}{20} = 2\Delta V RT \\ \frac{11pV}{20} = (V + \Delta V) RT \end{array} \right. \Rightarrow \frac{11p}{(2p_0 + p)4} = \frac{V + \Delta V}{2\Delta V}$$

$$22p\Delta V = 8p_0\Delta V + 8p_0\Delta V + 4p\Delta V + 4p\Delta V$$

$$18p\Delta V - 4p\Delta V = 8p_0(V + \Delta V)$$

$$p(9\Delta V - 2\Delta V) = 8p_0(V + \Delta V)$$

$$\Delta V = k V R T_0 = \frac{k V R T}{2}$$

$$p(9\Delta V - \frac{2k V R T}{2}) = 8p_0(V + \frac{k V R T}{2})$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\left(9 + \frac{4k R T}{2}\right)}{\left(\frac{9}{2} - \frac{2k R T}{2}\right)} = \frac{4\Delta V + 4k R T}{9\Delta V - 2k R T}$$

$$\Delta V = \frac{4}{3} + \frac{2}{5} \cdot \frac{p}{p_0} = \frac{4}{3} + \frac{2(4\Delta V + 4k R T)}{5(9\Delta V - 2k R T)}$$

$$2 \cdot 5(9\Delta V - 2k R T) = 4(9\Delta V - 2k R T) + 8\Delta V + 8k R T$$

$$40\Delta V^2 - 10\Delta V k R T = 36\Delta V - 8k R T + 8\Delta V + 8k R T$$

$$40\Delta V = 10k R T + 44$$

$$\Delta V = \frac{10k R T + 44}{40} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3 + 44}{40} =$$

$$\Delta V \approx 1,5 = \frac{3}{2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

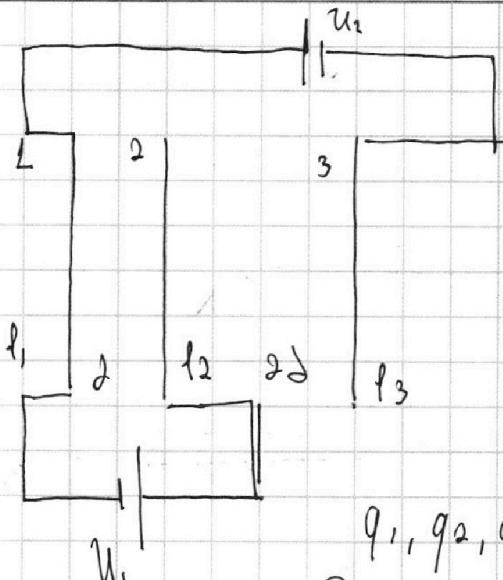
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

$$\begin{aligned} \text{1) } & l_1 - l_3 = 3U \\ \Rightarrow & l_2 - l_1 = U \end{aligned}$$

$$l_2 - l_3 = 4U$$

q_1, q_2, q_3 - заряды на 1, 2 и 3

отличных слоях.

$$\frac{(q_1 - q_2 - q_3) \cdot d}{2 \varepsilon_0 S} = -U \Rightarrow \left\{ \frac{(q_2 + q_3 - q_1) \cdot d}{2 \varepsilon_0 S} = \frac{U}{d} \right.$$

$$\frac{(q_1 + q_2 - q_3) \cdot 2d}{2 \varepsilon_0 S} = 4U \Rightarrow \left\{ \frac{(q_1 + q_2 - q_3) \cdot 2d}{2 \varepsilon_0 S} = 2U \right. \Rightarrow$$

$$(q_2 + q_3 - q_1) \cdot 2 = q_1 + q_2 - q_3$$

$$2q_2 + 2q_3 - 2q_1 = q_1 + q_2 - q_3$$

$$q_2 + 3q_3 = 3q_1$$

т.к. начальными слоями не заряжались, то

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = -q_1 - q_3$$

$$-q_1 - q_3 + 3q_3 = 3q_1 \Rightarrow 2q_3 = 4q_1 \Rightarrow q_3 = 2q_1$$

$$q_2 = -q_1 - 2q_1 = -3q_1$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

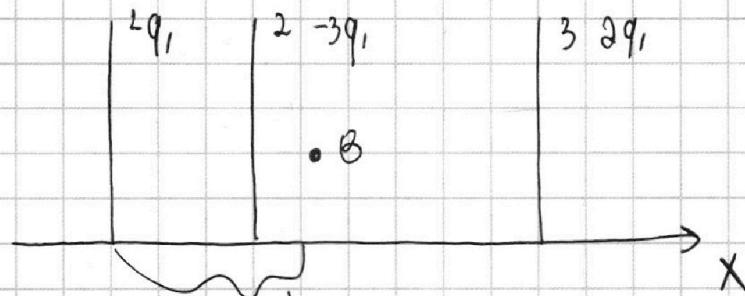
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Направим Ox в $\frac{3d}{2}$ от 1 к 2

$$E_{12x} = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{\frac{2}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot S} = \frac{q_1 + 3q_1 - 2q_1}{2 \cdot \frac{d}{2} \cdot S} = \frac{2q_1}{2 \cdot \frac{d}{2} \cdot S}$$

$$E_{12x} = -\frac{U}{\frac{d}{2}} \Rightarrow \frac{q_1}{\frac{d}{2} \cdot S} = -\frac{U}{\frac{d}{2}}$$

по II Закону Ньютона в проекции на Ox :

$$ma = E_{12x}q = -\frac{U}{\frac{d}{2}}q \Rightarrow |a| = \frac{Uq}{\frac{d}{2}m}$$

по Закону Изменения Кинетической Энергии:

$$\begin{cases} A = k_2 - k_1 \\ A = (f_1 - f_2)q = -Uq \end{cases} \Rightarrow k_1 - k_2 = Uq$$

3) Рассуждаем на $\frac{3d}{2}$ от 1 такой же, как на баланс-
ном.

$$(f_B - f_A)q + (f_B - f_A)q = k_A - k_B$$

$$(f_B - f_A)q = -\frac{3U \cdot \frac{d}{2}q}{2 \cdot \frac{d}{2}^2} = -\frac{3Uq}{4}$$

$$(f_B - f_A)q = \frac{U \cdot \frac{3d}{2}q}{\frac{d}{2} \cdot \frac{d}{2}} = \frac{3Uq}{4}$$

$$-\frac{3Uq}{4} + \frac{3Uq}{4} = k_A - k_B = 0 \Rightarrow k_A = \frac{mU_0^2}{\frac{d}{2}^2} \Rightarrow U_A = U_0$$

Ошибки:
1) $\frac{Uq}{\frac{d}{2}m}$ 2) Uq 3) U_0



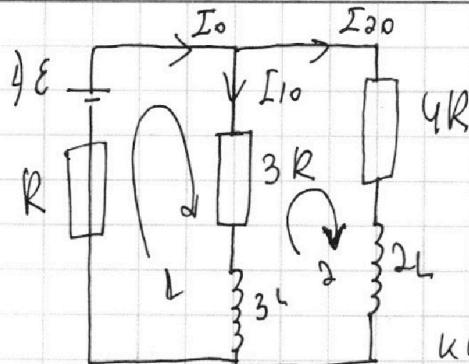
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



В установившемся режиме

через резисторы течет постоян-

ный ток и напряжение на

капаках равно нулю.

Нуль I_0 -ток через источник, I_{10} -через $3R$; I_{20} -
ток через $4R$

по первому правилу Кирхгофа: $I_0 = I_{10} + I_{20} \Rightarrow$
 $I_{20} = I_0 - I_{10}$

по второму правилу Кирхгофа:
для первого контура:

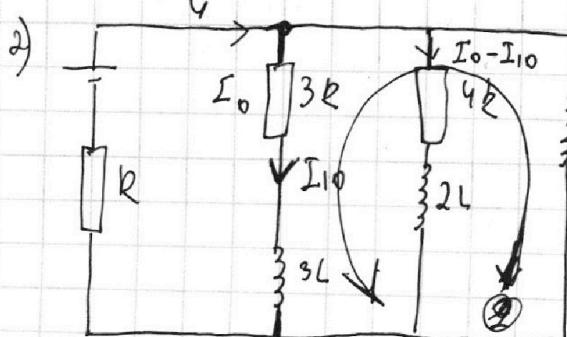
$$3RI_{10} - 4RI_{20} = 0$$

$$3RI_{10} = 4R(I_0 - I_{10})$$

$$3I_{10} + 4I_{10} = 4I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{7I_{10}}{4}$$

для 1 контура: $E = 3RI_{10} + RI_0 = 3RI_{10} + \frac{7}{4}I_{10}R =$

$$= \frac{19}{4}I_{10}R \Rightarrow I_{10} = \frac{4E}{19R}$$



Сразу после замыкания
кинематический ток через
индуктивность L несет.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Т.к. ток через катушку L не течет сразу после замыкания
переключателя, то и токи через резисторы не
изменяются.

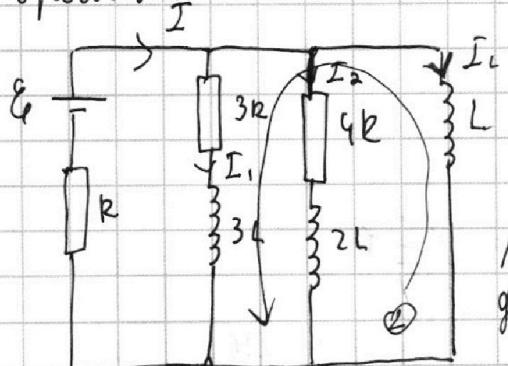
По второму правилу Кирхгофа для контура 1:

$$\dot{L}I_{L1} = 3R\dot{I}_{10}$$

\dot{I}_{L1} - скорость возрастания тока в катушке L
сразу после замыкания переключателя.

$$\dot{I}_{L1} = \frac{3R\dot{I}_{10}}{L} = \frac{3R \cdot 4E}{19RL} = \frac{12E}{19L}$$

3) Рассмотрим цепь в произвольный момент
времени:



I, I_1, I_2, I_L - токи через Источник
 $3R, 4R$ и L в произвольный момент
времени.

По второму правилу Кирхгофа
для контура 2:

$$3RI_1 + 3LI_1 - LI_L = 0$$

$$3RI_1 + 3L\dot{I}_1 = L\dot{I}_L \Rightarrow 3RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI_L}{dt}$$

$$3RI_1 dt + 3L dI_1 = L dI_L$$

Проинтегрируем получившее уравнение за
время от t_0 до t с учётом

$$3R \int_0^t dt + 3L \int_0^t dI_1 = L \int_0^t dI_L$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

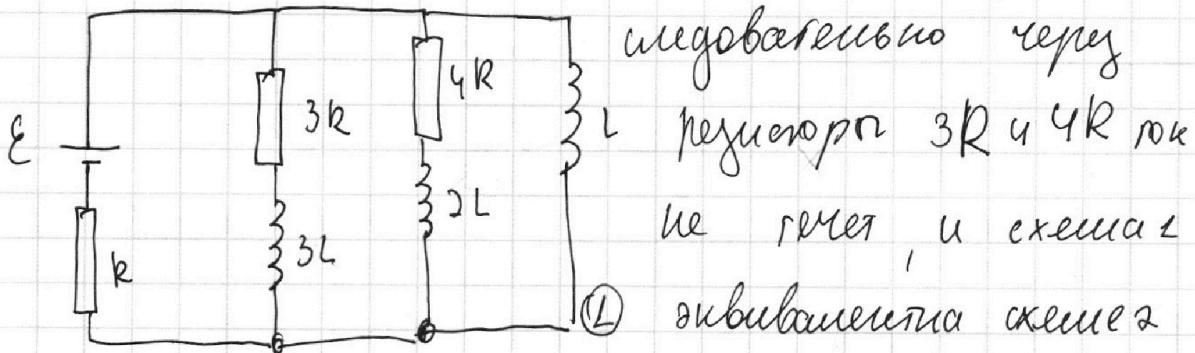
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

В установившемся режиме при замкнутом
кинче напряжение на L равно нулю,



I_k - конечный ток в установившемся
режиме. По закону Ома $E = R I_{k \rightarrow}$

$$3R \int_{I_0}^{I_k} dt + 3L \int_{I_0}^{I_k} dI_1 = L \int_{I_0}^{I_k} dI_L$$
$$3Rq_1 + 3L(0 - I_0) = L\left(\frac{E}{R} - 0\right)$$
$$3Rq_1 = \frac{LE}{R} + 3LI_0$$

$I_k = \frac{E}{R}$ $I_{k \rightarrow} = \frac{E}{R}$

q_1 - заряд, прошедший
через $3R$

$$3Rq_1 = \frac{CE}{R} + \frac{3L \cdot 4E}{19R} = \frac{19CE + 12LE}{19R} = \frac{31LE}{19R}$$

$$q_1 = \frac{3LLE}{19R \cdot 3R} = \frac{3LLE}{57R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4E}{19R}$ 2) $\frac{12E}{19L}$ 3) $\frac{31LE}{57R^2}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



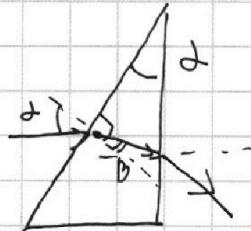
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)

по Закону преоцнчения:



$$\frac{\alpha}{B} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow B = \frac{\alpha n_1}{n_2}$$

$$\gamma - \text{угол падения из прозрачного} \\ \gamma + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} - \alpha + B = \pi \Rightarrow$$

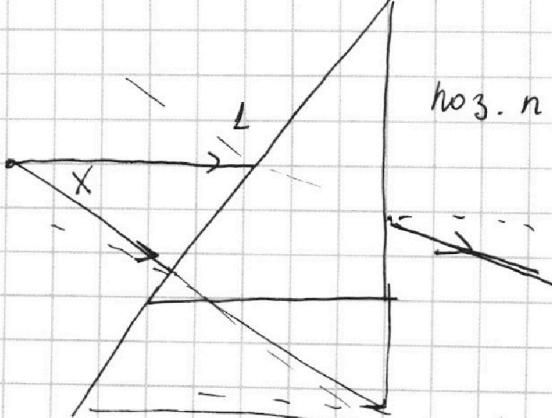
$$\Rightarrow \gamma = \alpha - B$$

по Закону преоцнчения:

$$\frac{\gamma}{f} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow f = \frac{n_2}{n_1} \gamma = \frac{n_2}{n_1} (\alpha - B) = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \frac{n_2}{n_1} B = \\ = \frac{\alpha (n_2 - n_1)}{n_1} = \frac{0,7 \alpha}{1} = 0,07 \text{ rad}$$

2) Рассмотрим преломленный луч, исходящий от ног узла X к углу \angle .

$$f_1 = X - \alpha$$



$$\text{но з. н. } \frac{f_1}{l_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow l_2 = \frac{n_1}{n_2} f_1$$

$$f_3 = f_1 - f_2 = f_1 - \frac{n_1}{n_2} f_1 = \\ = \frac{(n_2 - n_1)}{n_2} f_1$$

$$f_3 = \alpha - f_2 = \alpha - \frac{(X - \alpha) n_1}{n_2} =$$

$$= \frac{\alpha (n_2 - n_1)}{n_2} - X n_1$$

$$f_4 = \frac{n_2}{n_1} f_3 = \frac{\alpha (n_2 - n_1)}{n_1} - X = f - X$$

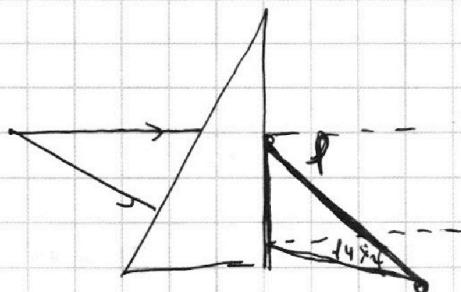
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$x_2 + \frac{\sqrt{t}}{2} - l + \frac{\sqrt{t}}{2} + l - x = \sqrt{t} \Rightarrow x_2 = x \Rightarrow \text{лучок}$$

лучка / выходящих из S отмечалась и отмечалась

$$d_1 = a + h$$

$$d_2 = (a + h) \cos \varphi \quad r \cdot k \varphi - \text{максимальный угол, т.к. } \cos \varphi =$$

$$= 1 - \frac{\varphi^2}{2} = 1 - \frac{0,079}{2} = 0,995 \approx 1$$

$$S_1 = d_1 + d_2 \cos \varphi = d_1 + d_1 = 2(a + h) = 2 \cdot 104 = 208 \text{ см}$$

3)

Ответ: 1) 0,07 rad. 2) 208 см

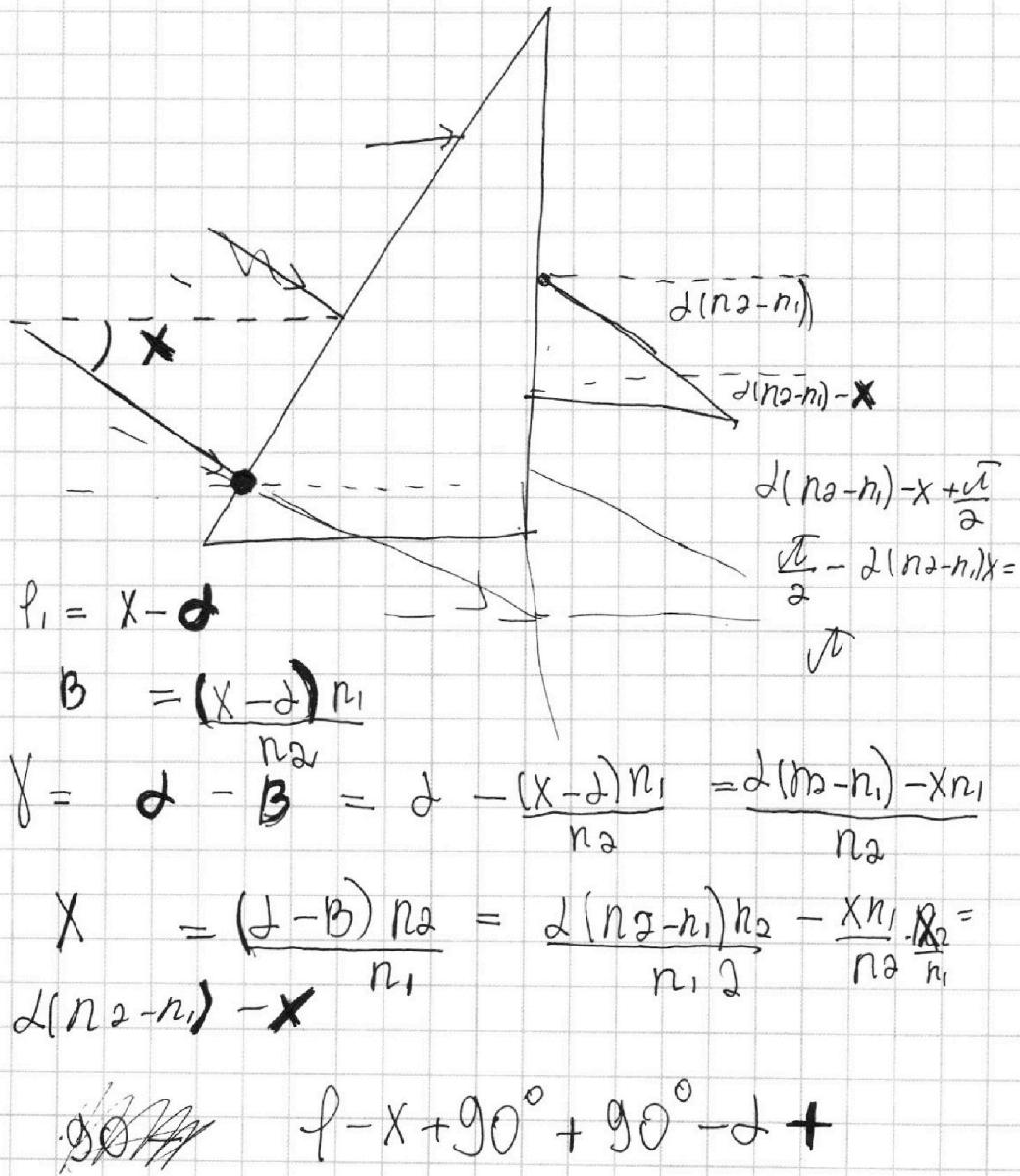
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





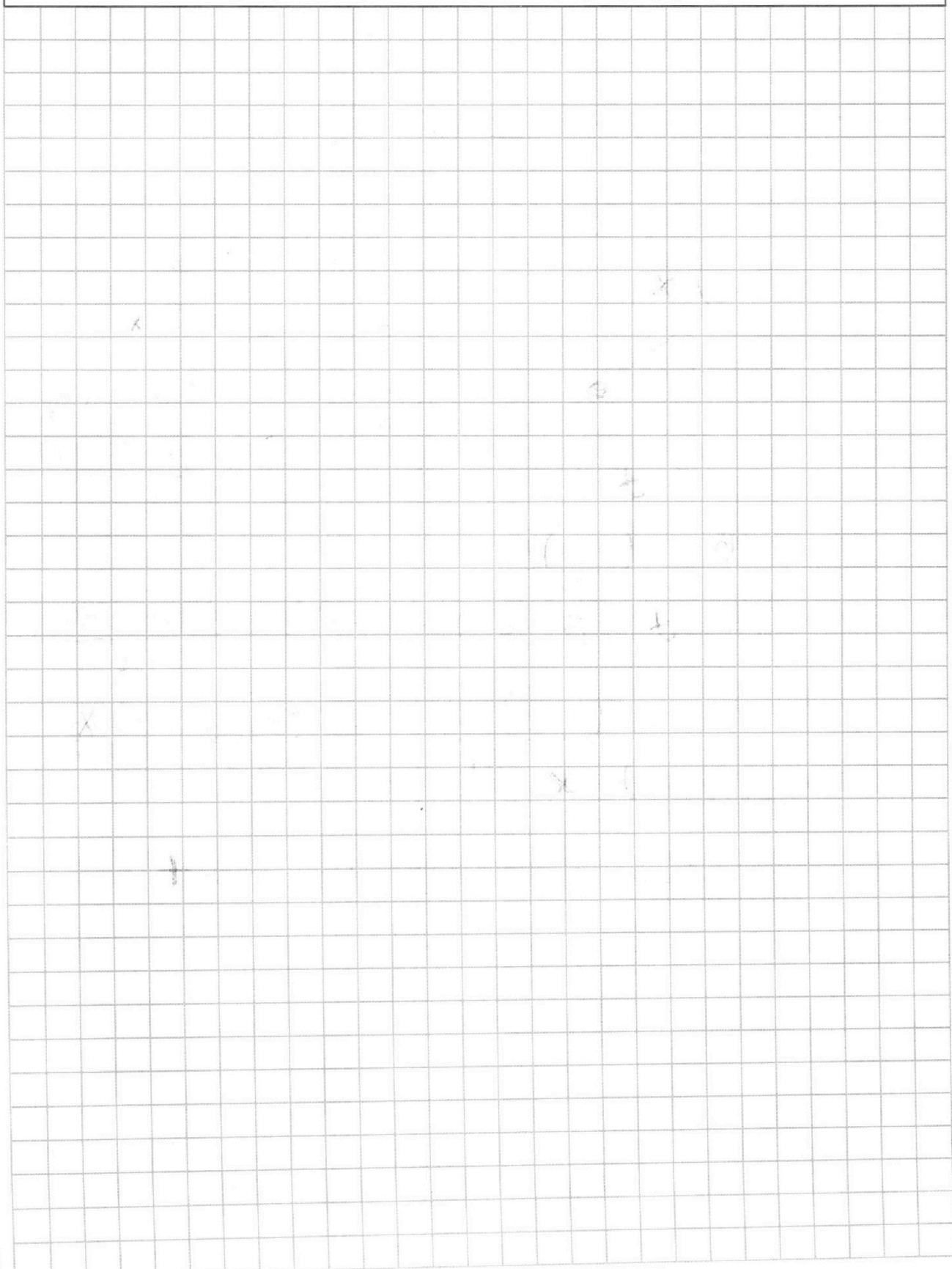
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$p(7D - 4\delta D) = 8p_0(D + \delta D)$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{8D + 8\delta D}{7D - 4\delta D}$$

$$\delta D = \frac{V k R T}{\sigma}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{8D + \frac{8V k R T}{\sigma}}{7D - \frac{4V k R T}{\sigma}} = \frac{8 + \frac{8k R T}{\sigma}}{7 - \frac{4k R T}{\sigma}} = \frac{8D + 8k R T}{7D - 4k R T}$$

$$2 = \frac{4}{5} + \frac{2 \cdot 8D + 8k R T}{5(7D - 4k R T)}$$

$$52(7D - 4k R T) = 4(7D - 4k R T) + 16D + 16k R T$$
$$28 + 16 = 38 + 6 = 44$$

$$3k R T = 18$$

$$35\delta^2 - 20\delta B = 28\delta - 16B + 16\delta + 16B$$

$$35\delta^2 - 20\delta B = 44\delta$$

$$35\delta = 20B + 44$$

$$\delta = \frac{20B + 44}{35}$$

$$q_1 \left(\frac{kq_1}{280S} - \frac{kq_2}{280S} - \frac{kq_3}{280S} \right) \delta = -U$$

$$\frac{(q_2 + q_3 - q_1)k}{280S} \delta = \frac{-U}{280S} \quad q_2 + 5q_3 = 5q_1$$
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\frac{(q_1 + q_2 - q_3)k}{280S} \delta = \frac{3U}{280S} \quad q_3 = -q_1 - q_2$$
$$q_2 - 5q_2 = 10q_1$$

$$(q_2 + q_3 - q_1)3 = 2q_1 + q_2 - 2q_3 + q_1 \quad 4q_2 = 10q_1$$

$$3q_2 + 3q_3 - 3q_1 = 2q_1 + 2q_2 - 2q_3 \quad q_1 = 4q_2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

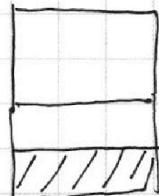


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

p_0, T_0



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{p_0 V}{2} = D_{\text{ne}} R T_0 \\ \frac{p_0 \cdot V}{4} = D_{\text{co2}} R T_0 \end{array} \right. \Rightarrow D_{\text{ne}} = 2 D_{\text{co2}} = 2V$$

$$P(7D - 4p_0 V) = 8p_0(D + \Delta D)$$

2) $P = P_0 + \Delta D = \frac{k p_0 V}{4}$

3) $\frac{p_0 V}{5} = 2DRT \quad (2p_0 + p)V = 2DRT$

$$V_0 = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = V - \left(\frac{5V + 4V}{20} \right) = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{11V}{20} = (D + \Delta D)RT$$

$$\frac{11p \cdot 5}{20(2p_0 + p)} = \frac{D + \Delta D}{D}$$

$$\frac{11p}{4(2p_0 + p)} = 1 + \frac{\Delta D}{D}$$

$$p \cdot V \frac{(2p_0 + p)V}{5} = 2DRT \quad \frac{(2p_0 + p)}{10} = DRT$$

$$\frac{p_0 V}{2} = 2DRT_0 \quad \frac{p_0 V}{4} = DRT_0$$

$$\frac{(2p_0 + p) V}{10 \cdot p_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \boxed{\frac{k RT}{4}}$$

$$\frac{(2p_0 + p) 2}{3p_0} = \frac{T}{T_0} \quad \frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \frac{p}{p_0} \quad \Delta D = \boxed{\frac{D K R T}{2}}$$

$$2 = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \frac{p}{p_0}$$

$$11pD = 8p_0 D + 8p_0 \Delta D + 4p_0 V + 4p_0 D$$

$$7pD - 4p_0 \Delta D = 8p_0(D + \Delta D)$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

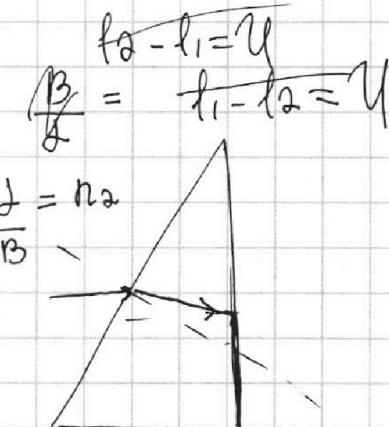
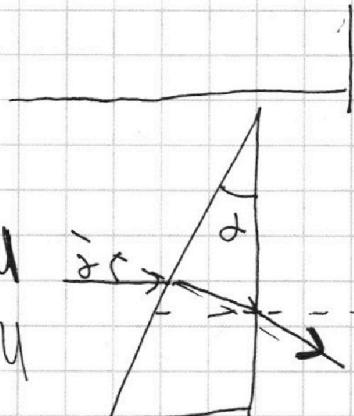
$$a = 90 \text{ см}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$l_2 - l_1 = U$$

$$l_1 - l_3 = 2U$$

$$l_2 - l_3 = 3U$$



$$90^\circ - \alpha + \beta + \gamma = 180^\circ \quad \gamma = 90^\circ + \alpha - \beta$$

$$\gamma = \alpha - \beta$$

$$\frac{\ell}{n_2} = n_2 \gamma = n_2 (\alpha - \beta) = n_2 (n_2 \beta - n_2 \alpha - \frac{\ell}{n_2}) =$$

$$= n_2 \alpha - \ell = \frac{\ell}{n_2} \quad \text{if } \alpha = 0.07 \text{ rad}$$

$$A = E_{k_2} - E_{k_1}$$

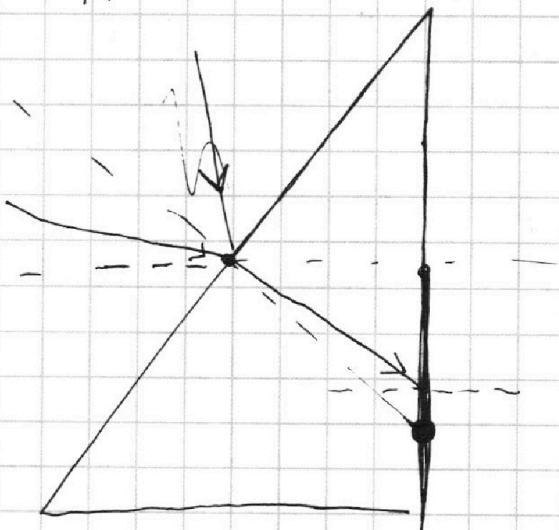
$$\alpha + \gamma \quad (\alpha + \gamma) - \text{угол падение}$$

$$\beta = \alpha - \gamma \quad \text{- угол падение}$$

$$\beta = \alpha +$$

$$\alpha - \beta \quad U_1 = U$$

$$U_2 = 2U$$



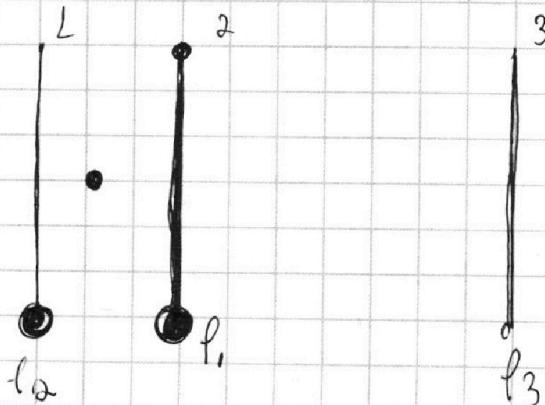
$$l_1 - l_3 \quad l_3 = l_2 - 2U$$

$$l_1 - l_2 + 2U$$

$$l_1 - l_2 = U$$

$$l_2 - l_3 = 2U$$

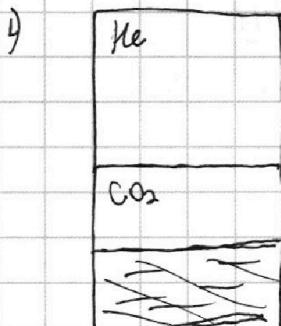
$$\left(\frac{kq_1}{2\varepsilon_0S} - \frac{kq_2}{2\varepsilon_0S} - \frac{kq_3}{2\varepsilon_0S} \right) d = Eh$$



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



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№ 1 уравнение Менделеева - Капелюхова:
 $\frac{p_0 V}{\frac{V}{2}} = \nu_{He} R T_0$

$$\frac{p_0 V}{\frac{V}{2}} = \nu_{He} R T_0$$

$$p_0 \left(\frac{V}{\frac{V}{2}} - \frac{V}{4} \right) = \nu R T_0$$

V - количество вещества изоспаренного CO_2 .
 Т.к. давление насыщенных паров водяного пара при T_0 очень мало, то $\nu_{H_2O} \approx 0$

$$\begin{cases} \frac{p_0 V}{\frac{V}{2}} = \nu_{He} R T_0 \\ \frac{p_0 V}{\frac{V}{4}} = \nu R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_{He}}{\nu} = 2$$

2) $\Delta V = k \frac{p_{CO_2} V}{4}$ $p_{CO_2} = p_0$ т.к. давление н.п.

воды очень мало. $\Rightarrow \Delta V = \frac{k p_0 V}{4} \Rightarrow \Delta V = k \cdot \nu R T_0$

$$\frac{p_0 V}{\frac{V}{4}} = \nu R T_0$$

3)

№ II Задачу можно решить варинс:

$$p_b \cdot S = p_{H_2O} S \Rightarrow p_b = p_{H_2O}$$

$$p_{H_2O} = p_{atm} + p = 2p_0 + p$$

p_{atm} - давление насыщенных паров воды при $T = 373K$; p - парциальное давление CO_2

№ 3 уравнению Менделеева - Капелюхова:

$$\frac{p_b V}{S} = \nu_{He} R T \Rightarrow \frac{(2p_0 + p) V}{S} = \nu R T$$

$$p \left(V - \frac{V}{\frac{V}{2}} - \frac{V}{5} \right) = (\nu + \Delta \nu) R T \quad p \left(\frac{20V - 5V}{20} \right) = (\nu + \Delta \nu) R T$$

$$\frac{p_{H_2O} V}{20} = (\nu + \Delta \nu) R T$$

$$\frac{T}{T_0} = 2 \Rightarrow T_0 = \frac{T}{2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{p_k \cdot V}{5} = D e R T = 2 D R T P \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_{II} V}{20} = (D + \delta D) R T \\ \frac{p_k V}{5} = 2 D R T \end{array} \right.$$

$$p_k = p_0 + P$$

$$\frac{p_{II} V}{20} = (D + \delta D) R T$$

P

$$\frac{p_k \cdot 20}{5 p_{II}} = \frac{2 D}{D + \delta D}$$

$$\frac{4 p_k}{11 P} = \frac{\delta D}{D + \delta D}$$

~~alpha~~

$$\frac{4 (p + 2p_0)}{11 P} = \frac{\delta D}{D + \delta D}$$

$$22pD = 4pD + 8p_0D + 4p_0\delta D + 8p_0\delta D$$

$$18pD - 4p_0\delta D = p_0(8D + 8\delta D)$$

$$22pD = p_0(8D + 8\delta D)$$

$$1P = \frac{p_0 8D}{22D} + \frac{p_0 \cdot 8 \delta D}{22D} = \boxed{\frac{4p_0}{11} + \frac{4p_0 \delta D}{11D}}$$

~~p + V~~

~~$\frac{p_0}{11}$~~

$$\frac{p_{II} V}{20} = D R T$$

$$\frac{p_0 V}{20} = 2 D R T_0$$

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{k p_0 V}{V} \cdot \frac{RT_0}{p_0 V}$$

$$\frac{p_{II} \cdot 2}{20 p_0} = \frac{1}{2} \frac{\delta D}{T_0}$$

$$\left(\frac{4}{11} + \frac{4p_0 \delta D}{11D} \right) \frac{p_0}{T_0} = \frac{\delta D}{T_0}$$

$$4 + \frac{4 \delta D}{D} = \frac{p_0}{T_0}$$

$$\frac{p_{II}}{5 p_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$4 + 4 k R T_0$$

$$= \frac{T}{T_0}$$

$$D = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

$$\delta D = \frac{k p_0 V}{4}$$



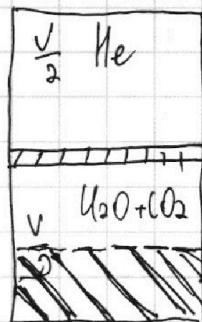
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$P_0 = \frac{P_{\text{длжн}}}{2} \quad T_0$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$\Delta V = k p W$$

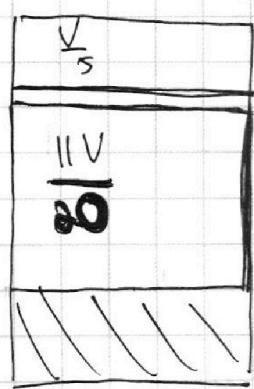
$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{м}^3 \text{Дж}}$$

$$\frac{P_0 V}{2} = V_{\text{He}} R T_0$$

$$\begin{cases} \frac{P_0 V}{2} = V_{\text{He}} R T_0 \\ \frac{P_0 V}{4} = V_1 R T_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{\text{He}}}{V_1} = 2$$

$$\Delta V = k \cdot P_0 \cdot V$$



$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$P_k = P_0 + P$$

$$V_1 + \Delta V$$

$$\frac{P \cdot 11V}{20} = (V + \Delta V) R T$$

$$P_k V_{\text{He}} =$$

$$\frac{P_k V}{5} = V_{\text{He}} R T$$

$$P = \frac{20V}{11} (V + \Delta V) R T$$

$$\frac{P_1 \cdot 11V}{20} = (V + \Delta V) R T$$

$$P_0 \cdot 11V = (P_0 + P_1) \cdot 20 + \Delta V \cdot 11 R T$$

$$\frac{(P_0 + P_1) \cdot 20}{20} = (V + \Delta V + \Delta V) R T \quad P_k = P_0 +$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$V_k = 25 \frac{M}{s}$$

$$2ku - 5 \quad 1ku - 2,5$$

$$m = 1000 \text{ кг}$$

$$F_k = kV_k$$

на 1 километр - 1,25

$$F_c = kV$$

$$600 = k \cdot 25 \Rightarrow k = \frac{600}{25} = 4 \cdot 6 = \frac{1440}{M}$$

$$2,5 + 1,25 =$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

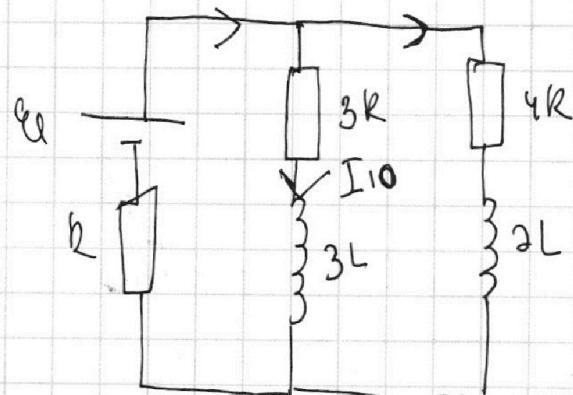
$$F_{c0} = k \cdot V_0 = 240 \text{ Н}$$

$$3,75 \approx 3,8$$

$$\frac{2,5}{s}$$

$$\underline{F_T - kV = md}$$

$$\frac{2,5}{5} = 0,5$$



$$\dot{I} = 3R \cdot I_0 = \frac{12E}{19}$$

$$\dot{I} = \frac{12E}{19L}$$

$$A = FdS$$

$$F_0 - F_c = md \quad P = \frac{dA}{dt} = F \cdot V$$

$$3R \cdot I_{10} = E - IR$$

$$F_k = ? \quad F_0 = md + F_c$$

$$3R \cdot I_{10} = 4R \underline{I} - 4R \cdot I_{10}$$

$$7R \cdot I_{10} = 4R \underline{I} \Rightarrow I = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

$$3R \cdot I_{10} = E - \frac{7}{4} I_{10} R$$

$$E = 3RI_{10} + \frac{7}{4} I_{10} R = \frac{18R I_{10}}{4}$$



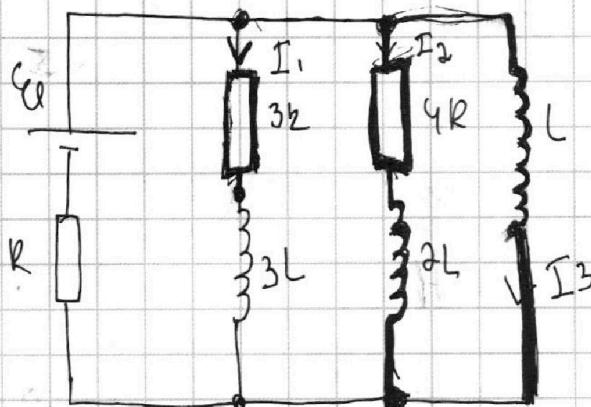
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



В установившемся режиме

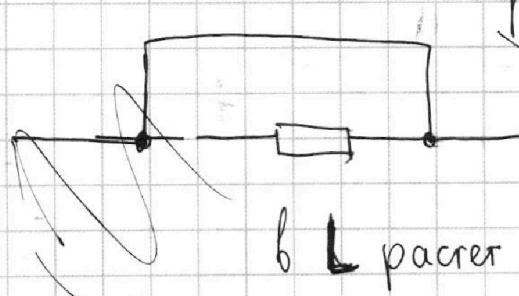
Ток через катушки не

менят. т.к.

$$I_R = \frac{E}{R}$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2}$$

№ 3(?)



б) расчет от ого $I_0 = \frac{E}{R}$

$$q = I_0 t \quad \text{б) нач. } 3Rq - 3RI_0$$

$$3RI_1 + L\dot{I} = L\dot{I}$$

$$3Rq - 3LI_0 = \frac{LE}{R}$$

$$3RI_1 + 3L\frac{dI}{dt} = L\frac{dI}{dt}$$

$$3Rq = \frac{LE}{R} + \frac{3L \cdot 4E}{19R}$$

$$3RI_1 + 3L\frac{dI}{dt} = L\frac{dI}{dt}$$

$$3Rq = \frac{19LE + 12LE}{19R}$$

$$3RI_1 + 3L\int_{t_0}^t dI_1 = L\int_{t_0}^t dI$$

$$q = \frac{31LE}{3 \cdot 19R^2}$$

предварительно считав

$$3R \int_{t_0}^t dI_1 + 3L \int_{t_0}^t dI_1 = L \int_{t_0}^t dI$$

тогда