



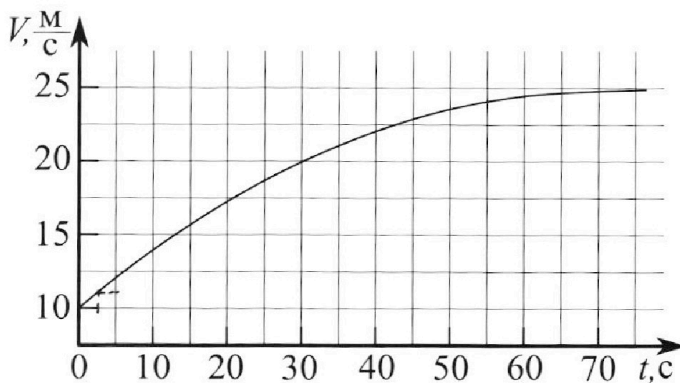
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

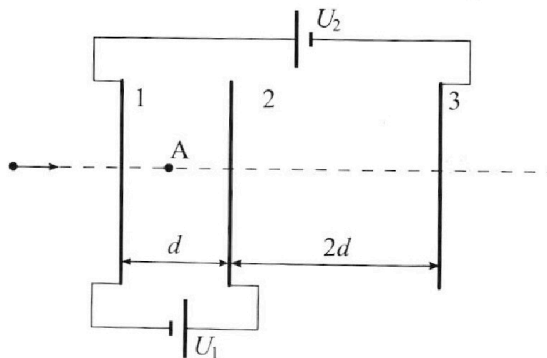
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. 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 A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

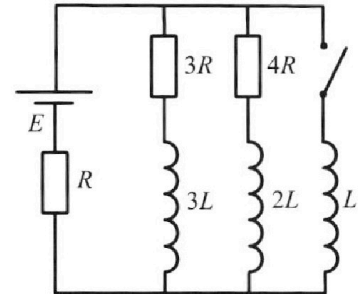
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



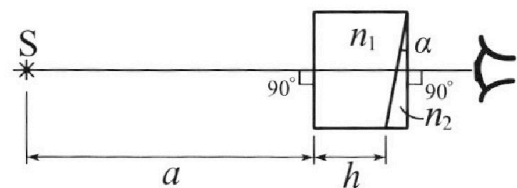
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

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

1) $a = \frac{dV}{dt}$ Из графика видно, что
в начале движение зависимость скорости
от времени линейна.

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

2) В конце разгона скорость становится
постоянной, равной $V_k = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

По 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 пропорциональ-
ности между F_c и V .

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

По II закону Ньютона:

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

$$F_0 = 1500 \cdot 0,5 + \frac{600}{0,5} \cdot 10 = 750 + 2400 = 3150 \text{ Н}$$

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

$$P_0 = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_0 \Delta S}{\Delta t} = F_0 \cdot V_0 = 3150 \cdot 10 = 31500 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 2) $F_0 = 3150 \text{ Н}$ 3) $P_0 = 31500 \text{ Вт}$

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐



1) По уравнению Менделеева-Клапейрона:

He
CO ₂

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

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

паров воды при T такое, то можно считать, что

p_0 - парциальное давление CO_2

ν - количество вещества CO_2 в газовой фазе

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

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

3) По II закону Ньютона для поршня:

5

$$p_6 S = p_4 S \Rightarrow p_6 = p_4 \quad p_4 = p_{\text{атм}} + p = 2p_0 + p$$

$p_{\text{атм}}$ - давление атмосферных паров воды при $T = 373 \text{ K}$

p - парциальное давление CO_2

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\frac{p_6 V}{5} = \nu_{\text{He}} R T$$

$$\frac{2(p_6)}{5} = \frac{T}{T_0}$$

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

$$\text{пусть } \frac{T}{T_0} = d \Rightarrow d = \frac{2}{5} \frac{p_6}{p_0}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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 - Клапейрона:

$$p(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = (V + \Delta V) RT$$

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

$$\left\{ \frac{(2p_0 + p)V}{5} = V_{ne} RT \Rightarrow \frac{4(2p_0 + p)V}{20} = 2V RT \right.$$

$$V_{ne} = 2V$$

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

$$22pV = 8p_0V + 8p_0\Delta V + 4pV + 4p\Delta V$$

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

$$p(9V - 2\Delta V) = 4p_0(V + \Delta V)$$

$$\Delta V = kV RT_0 = kV RT$$

$$p(9V - \frac{2kV RT}{5}) = 4p_0(V + \frac{kV RT}{5})$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{(4 + \frac{4kRT}{5})}{(9 - \frac{2kRT}{5})} = \frac{45 + 4kRT}{90 - 2kRT}$$

$$\Delta = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \cdot \frac{p}{p_0} = \frac{4}{5} + \frac{2(45 + 4kRT)}{5(90 - 2kRT)}$$

$$2 \cdot 5(9\Delta - 2kRT) = 4(9\Delta - 2kRT) + 8\Delta + 8kRT$$

$$40\Delta^2 - 10\Delta kRT = 36\Delta - 8kRT + 8\Delta + 8kRT$$

$$40\Delta = 10kRT + 44$$

$$\Delta = \frac{10kRT + 44}{40} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{40} + 44 =$$

$$= \frac{59}{40} \Delta \approx 1,5 = \frac{3}{2}$$

Ответ: 1) 2 3) $\frac{3}{2}$

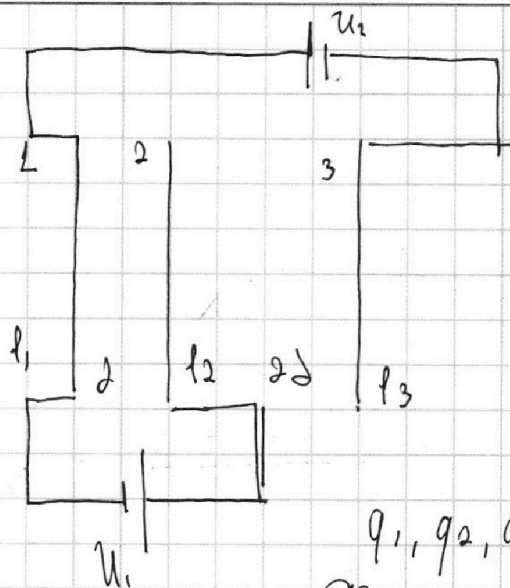
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \\ \varphi_2 - \varphi_1 = U \end{cases} \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_3 = 4U$$

q_1, q_2, q_3 — заряды на 1, 2 и 3
пластинах.

$$\frac{(q_1 - q_2 - q_3)d}{2\epsilon_0 S} = -U \Rightarrow \frac{(q_2 + q_3 - q_1)}{2\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

$$\frac{(q_1 + q_2 - q_3) \cdot 2d}{2\epsilon_0 S} = 4U \Rightarrow \frac{(q_1 + q_2 - q_3)}{2\epsilon_0 S} = \frac{2U}{d} \Rightarrow$$

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

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

$$q_2 + 3q_3 = 3q_1$$

т.к. изначально сети не зарядятся, то

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

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

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

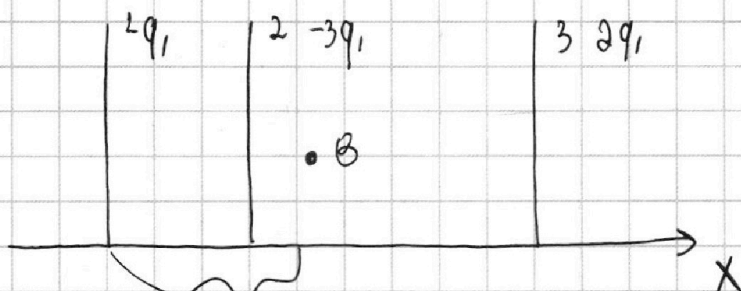
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Направим Ox $\frac{3\delta}{2}$ от 1 к 2

$$E_{1,2x} = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_1 + 3q_1 - 2q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{2q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{1,2x} = \frac{-U}{\delta} \Rightarrow \frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{-U}{\delta}$$

По II закону Ньютона в направлении Ox :

$$ma = E_{1,2x} q = \frac{-Uq}{\delta} \Rightarrow |a| = \frac{Uq}{\delta m}$$

По закону сохранения кинетической энергии:

$$\begin{cases} A = k_2 - k_1 \\ A = (p_1 - p_2)q = -Uq \end{cases} \Rightarrow k_1 - k_2 = Uq$$

3) Потенциал на $\frac{3\delta}{2}$ от 1 такой же, как на бесконечности.

$$(p_B - p_2)q + (p_B - p_A)q = k_A - k_B$$

$$(p_B - p_2)q = -\frac{3U\delta q}{2\delta^2} = -\frac{3Uq}{4}$$

$$(p_2 - p_A)q = \frac{U\delta^2 q}{\delta^4} = \frac{3Uq}{4}$$

$$-\frac{3}{4}Uq + \frac{3}{4}Uq = k_A - k_B = 0 \Rightarrow k_A = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_A = V_0$$

Ответ: 1) $\frac{Uq}{\delta m}$ 2) Uq 3) V_0

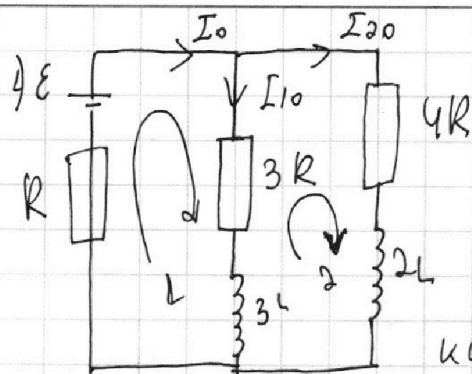
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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
черу резистора нечет посты.
иной ток и напряжение на
катушках равно нулю.

Пусть I_0 - ток черу источник, I_{10} - черу $3R$; I_{20} - ток черу $4R$

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

По второму правилу Кирхгофа:
для второго контура:

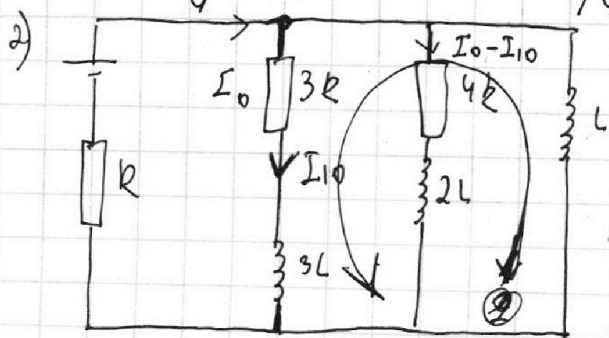
$$3RI_{10} - 4RI_{20} = 0$$

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

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

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

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



Сразу после замыкания
ключа ток черу
катушки L не течет.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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
катушки, то и ток через резистор не
изменился.

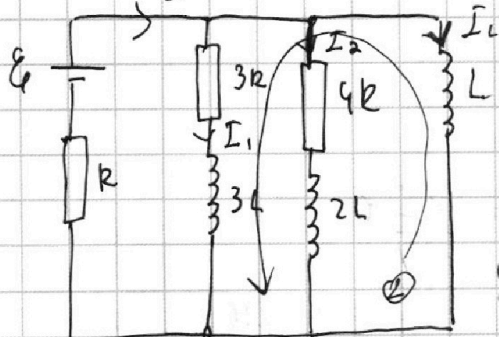
По второму правилу Кирхгофа для контура 1:

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

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

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

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:

$$3R I_1 + 3L \dot{I}_1 - L \dot{I}_L = 0$$

$$3R I_1 + 3L \dot{I}_1 = L \dot{I}_L \Rightarrow 3R I_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI_L}{dt}$$

$$3R I_1 dt + 3L dI_1 = L dI_L$$

Интегрируем полученное уравнение за
время от 0 до t с учетом начальных условий:

$$3R \int_0^t I_1 dt + 3L \int_0^t dI_1 = L \int_0^t dI_L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

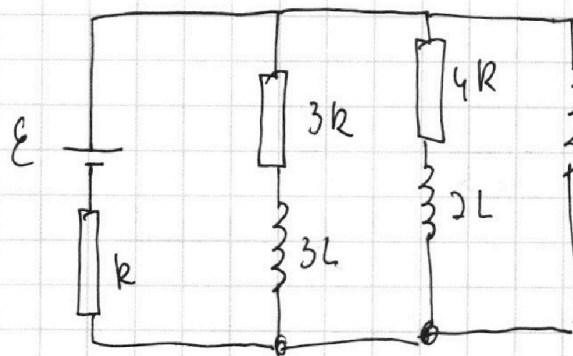
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

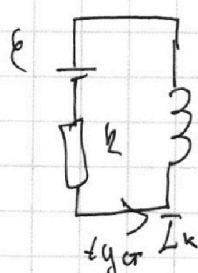
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



В установившемся режиме при замыкании
кнопки напряжение на L равно нулю,



следовательно через
резисторы $3R$ и $4R$ ток
не течет, и схема
эквивалентна схеме



I_k - ток в установившемся
режиме. По закону Ома $E = R I_k \Rightarrow$

$$3R \int_0^{t_{\text{уст}}} I_1 dt + 3L \int_0^{t_{\text{уст}}} dI_1 = L \int_0^{t_{\text{уст}}} dI_L$$

$$3R q_1 + 3L(0 - I_{10}) = L(\frac{E}{R} - 0)$$

q_1 - заряд, прошедший
через $3R$

$$3R q_1 = \frac{LE}{R} + 3L I_{10}$$

$$3R q_1 = \frac{LE}{R} + \frac{3L \cdot 4E}{19R} = \frac{19LE + 12LE}{19R} = \frac{31LE}{19R}$$

$$q_1 = \frac{31LE}{19R \cdot 3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4E}{19R}$ 2) $\frac{12E}{19R}$ 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

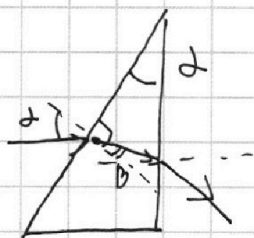
МФТИ

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



1)

По закону преломления:



$$\frac{d}{b} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow b = \frac{d n_1}{n_2}$$

γ - угол падения на призму

$$\gamma + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} - d + b = \pi \Rightarrow$$

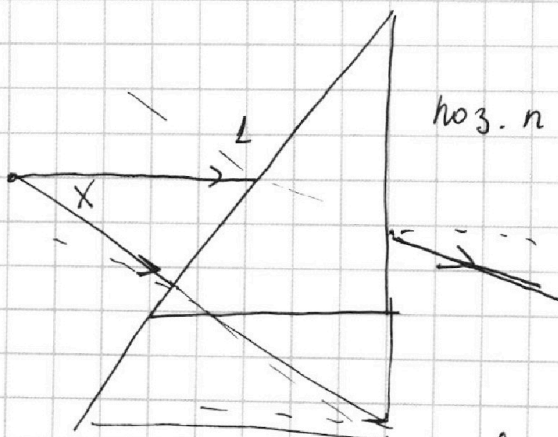
$$\Rightarrow \gamma = d - b$$

По закону преломления:

$$\frac{\gamma}{d} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow l = \frac{n_2}{n_1} \gamma = \frac{n_2}{n_1} (d - b) = \frac{n_2}{n_1} d - d =$$

$$= \frac{d(n_2 - n_1)}{n_1} = \frac{0.7d}{1} = 0.07 \text{ рад}$$

2) Рассмотрим произвольный луч, идущий от
пог. точки X к лучу L.



$$l_1 = X - d$$

ноз. n

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow l_2 = \frac{n_1}{n_2} l_1$$

$$l_3 = l_1 - l_2 = l_1 - \frac{n_1}{n_2} l_1 =$$

$$= \frac{(n_2 - n_1) l_1}{n_2}$$

$$l_3 = d - l_2 = d - \frac{(X - d) n_1}{n_2} =$$

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

$$l_4 = \frac{n_2}{n_1} l_3 = \frac{d(n_2 - n_1)}{n_1} - X = l - X$$

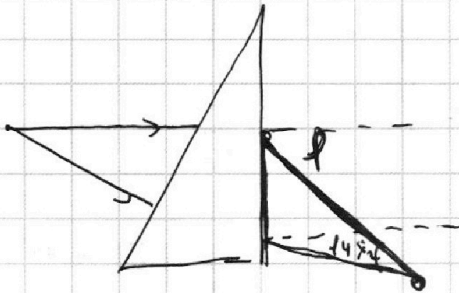
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



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

луча, выходящего из S относительно l =

$$d_1 = a + h$$

$$d_2 = (a + h) \cos \varphi \quad \text{т.к. } \varphi - \text{малый угол, то } \cos \varphi =$$

$$= 1 - \frac{\varphi^2}{2} = 1 - \frac{0,0099}{2} = 1 - 0,005 = 0,995 \approx 1$$

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

3)

Ответ: 1) 0,07 рад 2) 208 см

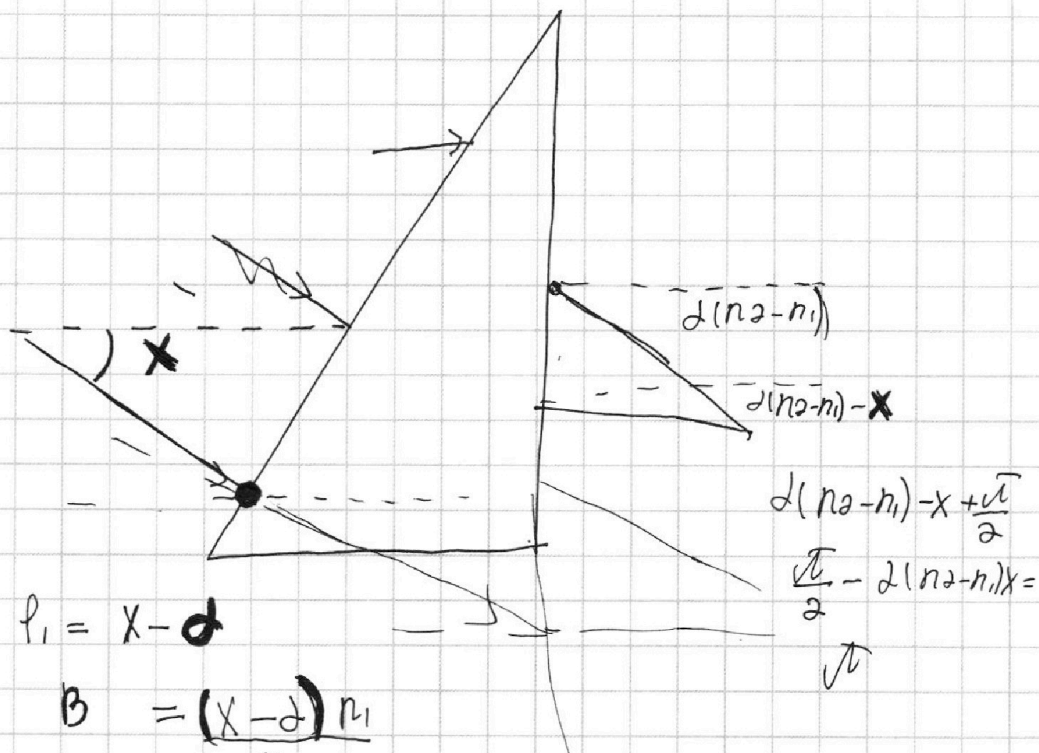
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\gamma = d - B = d - \frac{(x-d)n_1}{n_2} = \frac{\Delta(n_2-n_1)n_2}{n_2} - \frac{xn_1}{n_2}$$

$$X = \frac{(d-B)n_2}{n_1} = \frac{\Delta(n_2-n_1)n_2}{n_1} - \frac{xn_1}{n_1} = \Delta(n_2-n_1) - x$$

$$f - x + 90^\circ + 90^\circ - d +$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

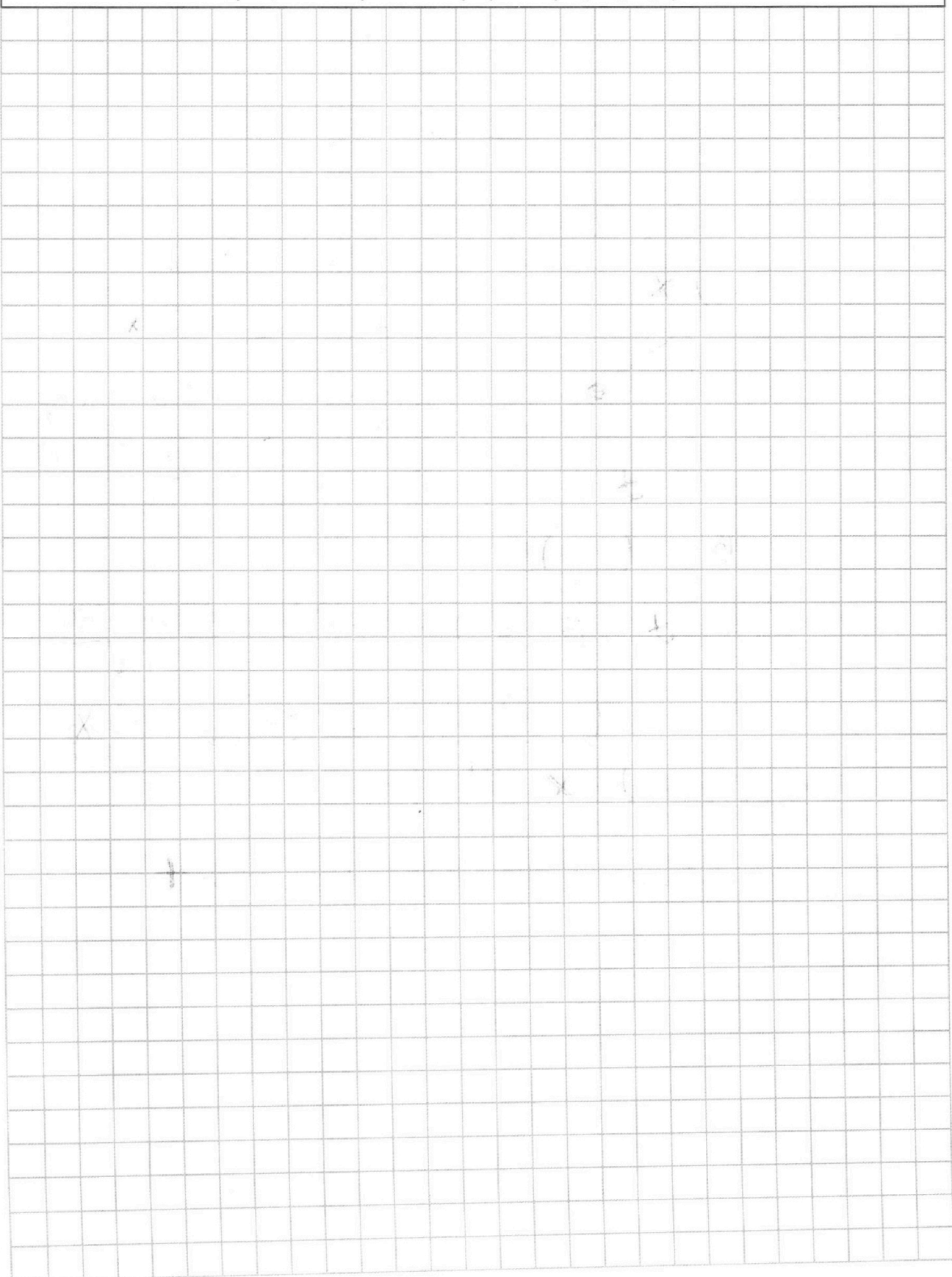
5
☐

6
☐

7
☐

 **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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

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

$$\delta D = \frac{DKRT}{\delta}$$

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

$$\delta = \frac{4}{5} + \frac{2 \cdot 8\delta + 8KRT}{5(7\delta - 4KRT)}$$

$$5\delta(7\delta - 4KRT) = 4(7\delta - 4KRT) + 16\delta + 16KRT$$

$28 + 16 = 38 + 6 = 44$

$$\delta KRT = B$$

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

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

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

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

$$\left(\frac{kq_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{kq_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{kq_3}{2\epsilon_0 S} \right) \delta = -U$$

$$\frac{(q_2 + q_3 - q_1)k}{2\epsilon_0 S} = \frac{U}{\delta}$$

$$\frac{(q_1 + q_2 - q_3)k}{2\epsilon_0 S} = \frac{3U}{2\delta}$$

$$(q_2 + q_3 - q_1)3 = 2q_1 + 2q_2 - 2q_3 \quad \text{and} \quad q_2 - 5q_2 = 10q_1$$

$$3q_2 + 3q_3 - 3q_1 = 2q_1 + 2q_2 - 2q_3$$

$$q_2 + 5q_3 = 5q_1$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_3 = -q_1 - q_2$$

$$q_2 - 5q_2 = 10q_1$$

$$-4q_2 = 10q_1 \quad \Rightarrow \quad q_2 = -\frac{5}{2}q_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

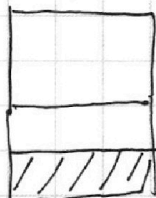
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



$$\left\{ \begin{aligned} \frac{p_0 V}{2} &= \nu_{He} R T_0 \\ \frac{p_0 \cdot V}{4} &= \nu_{O_2} R T_0 \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \nu_{He} = 2 \nu_{O_2} = 2 \nu$$

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

$$2) \quad p = p_0 \quad \delta V = \frac{k p_0 V}{4}$$

$$3) \quad \frac{p_k V}{5} = 2\nu R T \quad (2p_0 + p)V = 2\nu R T$$

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

$$\frac{p \cdot 11}{20} V = (\nu + \delta \nu) R T$$

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

$$\frac{11p}{4(2p_0 + p)} = 1 + \frac{\delta \nu}{\nu}$$

$$\frac{\delta \nu}{\nu} = \frac{k p_0 V}{4 \cdot \frac{p_0 V}{4 \cdot R T_0}} = \frac{k R T_0}{T_0} = 2$$

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

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

$$\frac{p_0 V}{2} = 2\nu R T_0 \quad \frac{p_0 V}{4} = \nu R T_0$$

$$\frac{(2p_0 + p) \cdot 5}{10 \cdot p_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{\delta \nu}{\nu} = \frac{k R T}{T_0}$$

$$\frac{(2p_0 + p) \cdot 2}{5 p_0} = \frac{T}{T_0} \quad \frac{T}{T_0} = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \frac{p}{p_0}$$

$$\delta \nu = \frac{2 k R T}{T_0}$$

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

$$11pV = 8p_0V + 8p_0\delta V + 4pV + 4p\delta V$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

МФТИ

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

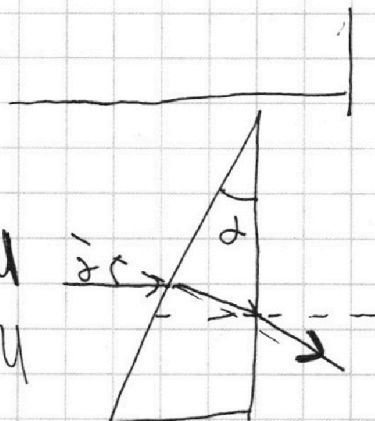
$$a = 90 \text{ см}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$l_2 - l_1 = 1$$

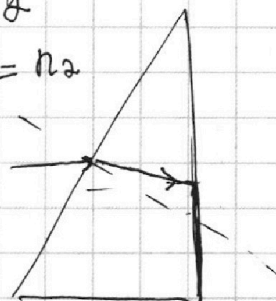
$$l_1 - l_3 = 2$$

$$l_2 - l_3 = 3$$



$$\frac{l_2 - l_1}{x} = \frac{l_1 - l_2}{x} = 1$$

$$\frac{x}{x} = n_2$$



$$90 - \delta + \beta + \chi = 180^\circ \quad \chi = 90^\circ + \delta - \beta$$

$$\gamma = \delta - \beta$$

$$\frac{\delta}{x} = n_2 \gamma = n_2 (\delta - \beta) = n_2 (n_2 \beta - n_2 (\delta - \frac{\delta}{n_2})) =$$

$$= n_2 \delta - \delta = 1.7 \quad 0.7 \delta = 0.07 \text{ рад}$$

$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

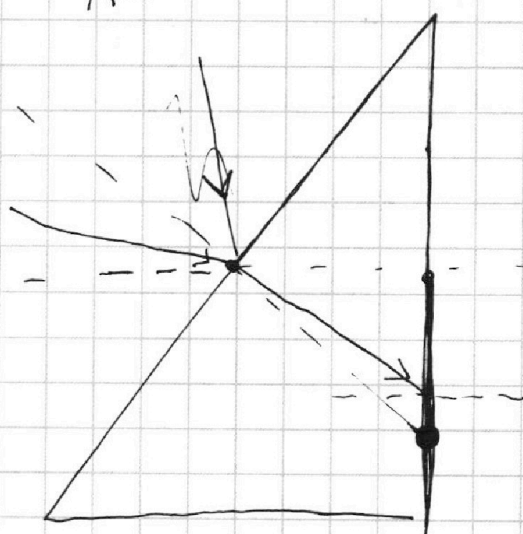
$$\delta + n \quad (\delta + \gamma) - \text{угол падения}$$

$$\beta = \delta - \gamma - \text{угол падения}$$

$$\beta = \delta - \gamma$$

$$U_1 = 1$$

$$U_2 = 2$$



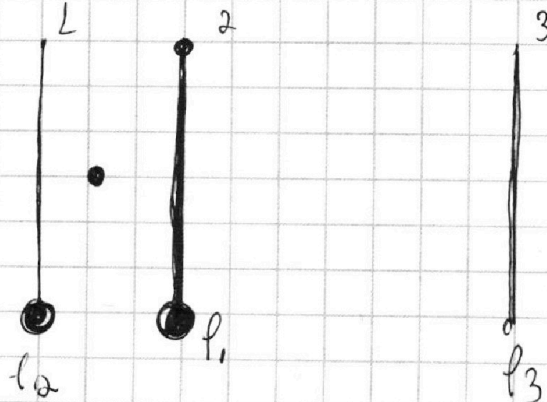
$$l_1 - l_3 \quad l_3 = l_2 - 2$$

$$l_1 - l_2 + 2$$

$$l_1 - l_2 = 1$$

$$l_2 - l_3 = 2$$

$$\left(\frac{k q_1}{2 \epsilon_0 S} - \frac{k q_2}{2 \epsilon_0 S} - \frac{k q_3}{2 \epsilon_0 S} \right) d = E h$$

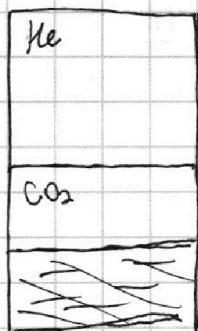


1 2 3 4 5 6 7
☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

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



4) По уравнению Менделеева - Клапейрона:



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

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

ν - количество вещества газопарового CO_2 .

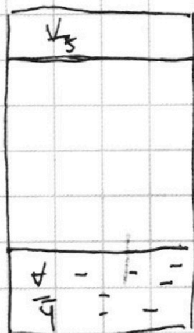
Т.к. давление насыщенного пара воды при T_0 очень мало, то $\nu_{H_2O} \approx 0$

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

2) $\Delta \nu = k \frac{p_{CO_2} V}{4}$ $p_{CO_2} = p_0$ т.к. давление и.п. воды очень мало.

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta \nu = \frac{k p_0 V}{4} \\ \frac{p_0 V}{4} = \nu R T_0 \end{cases} \Rightarrow \Delta \nu = k \cdot \nu R T_0$$

3) По II Заколу Ньютона для ворши:



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

$$p_{и} = p_{атм} + p = 2p_0 + p$$

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

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\frac{p_b V}{5} = \nu_{He} R T \Rightarrow (2p_0 + p) V = 2 \nu R T$$

$$p \left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} \right) = (\nu + \Delta \nu) R T \quad p \left(\frac{20V - 9V}{20} \right) = (\nu + \Delta \nu) R T$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\frac{p_k \cdot V}{5} = D_k RT = 2 D RT \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_{11} V}{20} = (D + \delta D) RT \\ \frac{p_k V}{5} = 2 D RT \end{array} \right.$$

$$p_k = 2 p_0 + p$$

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

$$\frac{p_k \cdot 20}{5 p \cdot 11} = \frac{2 D}{D + \delta D}$$

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

$$\frac{4 p_k}{11 p} = \frac{2 D}{D + \delta D}$$

$$D = \frac{11 p}{4 p_k}$$

$$22 p D = 4 p D + 8 p_0 D + 4 p \delta D + 8 p p_0 \delta D$$

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

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

$$1 p = \frac{p_0 8 D}{22 D} + \frac{p_0 8 \delta D}{22 D} = \left(\frac{4 p_0}{11} + \frac{4 p_0 \delta D}{11 D} \right)$$

$$p_{11} V = D RT$$

$$\frac{p_{11} V}{20} = 2 D RT_0$$

$$\frac{\delta D}{D} = \frac{k p_0 V \cdot \gamma R T_0}{4 \cdot p_0 V}$$

$$\frac{p_{11} \cdot 2}{20 p_0} = \frac{1}{2} \frac{1}{T_0}$$

$$\frac{p_{11}}{5 p_0} = \frac{1}{T_0}$$

$$k R T_0$$

$$4 + 4 k R T_0$$

$$\left(\frac{4 p_0}{11} + \frac{4 p_0 \delta D}{11 D} \right) \cdot \frac{1}{p_0} = \frac{1}{T_0}$$

$$4 + \frac{4 \delta D}{D} = \frac{1}{T_0}$$

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

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

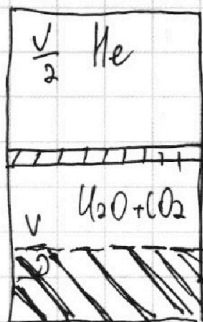
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

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

$$\Delta V = k p w$$

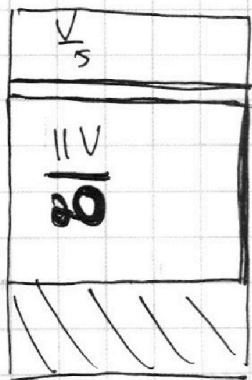
$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

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

$$\begin{cases} \frac{p_0 V}{2} = \nu_{\text{He}} R T_0 \\ \frac{p_0 V}{4} = \nu_1 R T_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_1} = 2$$

$$\Delta V = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$$



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

$$\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$p_k = p_0 + p$$

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

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

$$\frac{p_k V}{5} = \nu_{\text{He}} R T$$

$$\frac{p_1 11V}{20} = (\nu + \Delta \nu) R T$$

$$\frac{p_0 \cdot 11V}{20} = (\nu + \Delta \nu + \nu_2) R T$$

$$\frac{(p_0 + p_1) 11V}{20} = (\nu + \Delta \nu + \nu_2) R T \quad p_k = p_0 +$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

МФТИ

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

Дано:

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_c = kV$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$$V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$F_k = kV_k$$

$$600 = k \cdot 25 \Rightarrow k = \frac{600}{25} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

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

$$2 \text{ км} - 5 \quad 1 \text{ км} - 2,5$$

$$\text{нол} \quad \text{км/ч} - 1,25$$

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

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

$$\frac{2,5}{0} = 1,25 \quad V = a$$

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \quad t = 10 \text{ с} \Rightarrow a = 0,38 \text{ с.}$$

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

$$L \dot{I} = 3R \cdot I_0 = \frac{12 \text{ В}}{19}$$

$$\dot{I} = \frac{12 \text{ В}}{19L}$$

a - conv.

$$P = \frac{dA}{dt} = F \cdot V$$

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

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

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

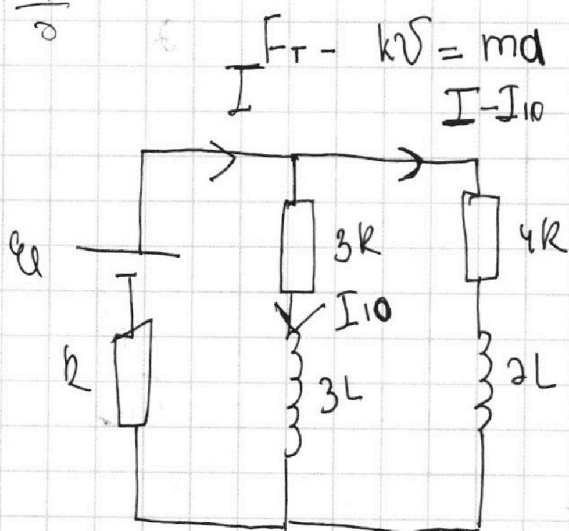
$$3R \cdot I_{10} = 4R I - 4R \cdot I_{10}$$

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

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

$$\mathcal{E} = 3R I_{10} + \frac{7}{4} I_{10} R = \frac{19R I_{10}}{4}$$

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



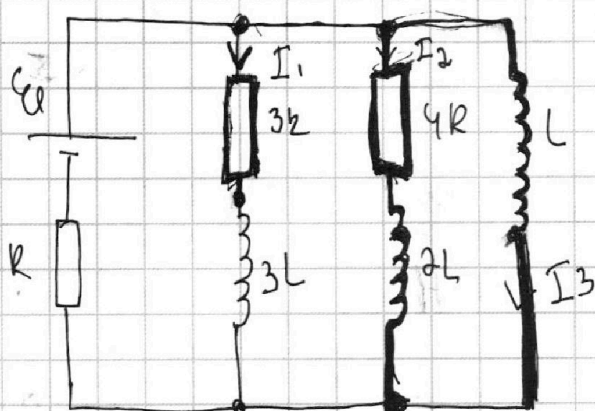
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

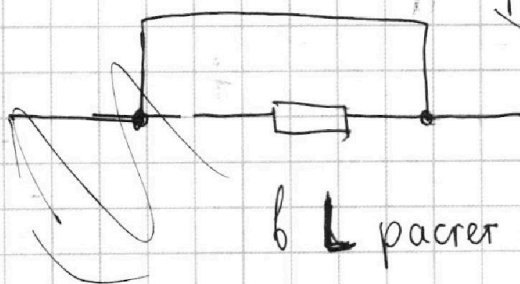
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



В установившемся режиме
Ток через катушку не
течет. Т.к.

$$I_k = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

по 303: $\frac{1-1}{2}$



б L расст от 0 до $I_3 \frac{\mathcal{E}}{R}$

$$q = I_{dt} \quad \text{б 4 наг. } 3Rq - 3LI_0$$

$$3RI_1 + LI = LI$$

$$3Rq - 3LI_0 = \frac{L\mathcal{E}}{R}$$

$$3RI_1 + 3LI_1 = LI$$

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

$$3RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

$$3Rq = \frac{19L\mathcal{E} + 12L\mathcal{E}}{19R}$$

$$q = \frac{31L\mathcal{E}}{3 \cdot 19R^2}$$

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

проинтегрируем от 0 до $t_{\text{уст}}$

тогда I пер

$$3R \int_0^{t_{\text{уст}}} I_1 dt + 3L \int_0^{t_{\text{уст}}} dI_1 = L \int_0^{t_{\text{уст}}} dI$$