



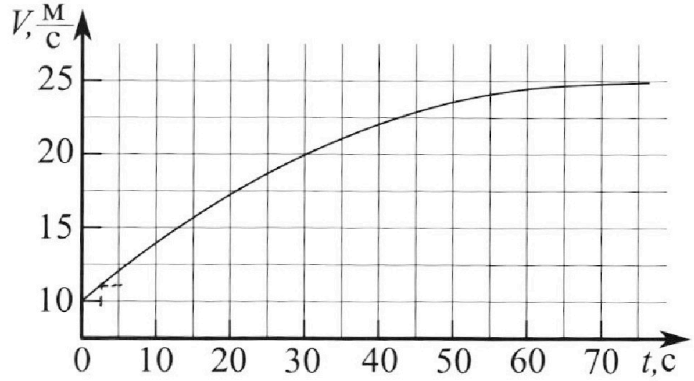
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

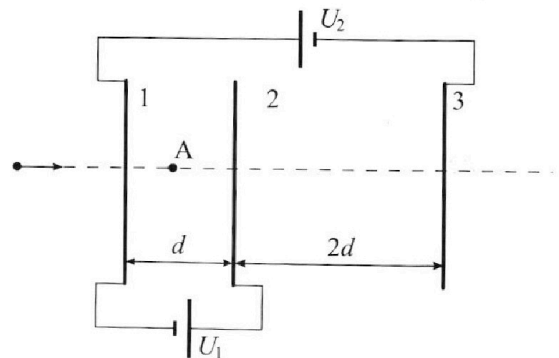
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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

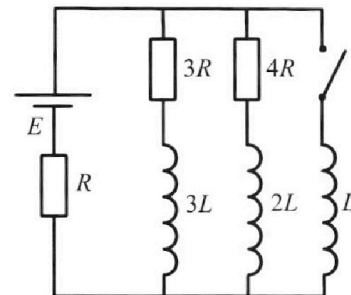
Вариант 11-03

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

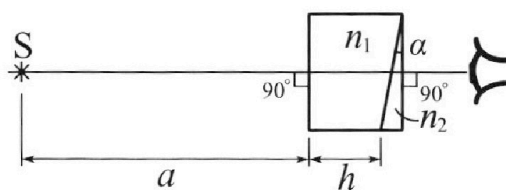
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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

МФТИ

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

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

1)  $a = \frac{dV}{dt}$  Из графика видно, что  
в начале движения 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:

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

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

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

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

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

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!

4) По уравнению Менделеева-Клапейрона:

He
CO <sub>2</sub>
---

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

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

паров воды при  $T$  мало, то можно считать, что

$p_0$  - парциальное давление O<sub>2</sub>

$\nu$  - количество вещества O<sub>2</sub> в газовой смеси

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

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

3) По II закону Ньютона для поршня:

He
---

$$p_b S = p_n S \Rightarrow p_b = p_n \quad p_n = p_{атм} + p = 2p_0 + p$$

$p_{атм}$  - давление насыщенного паров воды при  $T = 373K$

$p$  - парциальное давление O<sub>2</sub>

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\begin{cases} \frac{p_b V}{5} = \nu_{He} R T \\ \frac{2(p_b)}{5} = \frac{T}{T_0} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} R T_0 \\ \text{пусть } \frac{T}{T_0} = d \Rightarrow d = \frac{2}{5} \frac{p_b}{p_0} \end{cases}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

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

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

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

$$\left. \nu_{ne} = 2\nu \right.$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{p}{p_0} = \frac{4 + \frac{4kRT}{V}}{9 - \frac{2kRT}{V}} = \frac{4V + 4kRT}{9V - 2kRT}$$

$$\Delta = \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \cdot \frac{p}{p_0} = \frac{4}{5} + \frac{2(4V + 4kRT)}{5(9V - 2kRT)}$$

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

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

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

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

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

Ответ: 1) 2 3)  $\frac{3}{2}$

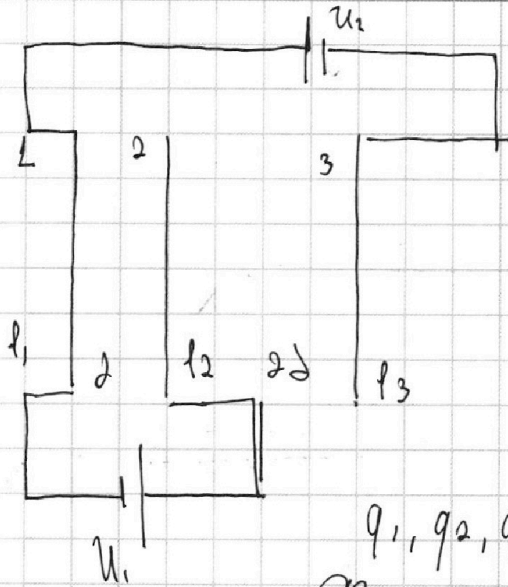
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

$$\begin{cases} I_1 - I_3 = 3U \\ I_2 - I_1 = U \\ I_2 - I_3 = 4U \end{cases} \Rightarrow$$

$q_1, q_2, q_3$  — заряды на 1, 2 и 3

обложках слмак.

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

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

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

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

$$q_2 + 3q_3 = 3q_1$$

Т.к. изначально сети не зарядятся, то

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

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

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

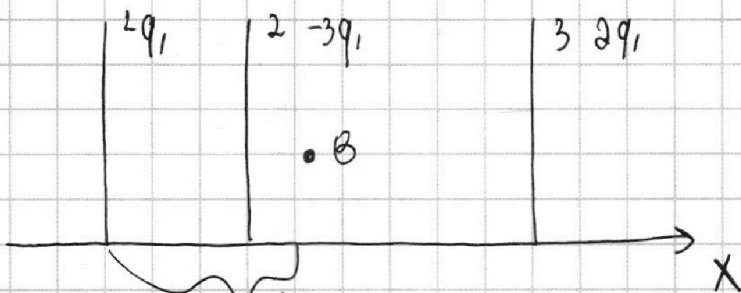
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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  $Ox$   $\frac{3d}{2}$  от 1 к 2

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

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

По II закону Ньютона в направлении  $Ox$ :

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

По закону изменения 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) Попробуем на  $\frac{3d}{2}$  от 1 такой же, как на расстоянии  $2d$ .

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

$$(p_B - p_2)q = -\frac{3Ud}{2} \frac{q}{d} = -\frac{3Uq}{2}$$

$$(p_2 - p_A)q = \frac{U \cdot 3d}{d} \frac{q}{4} = \frac{3Uq}{4}$$

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

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

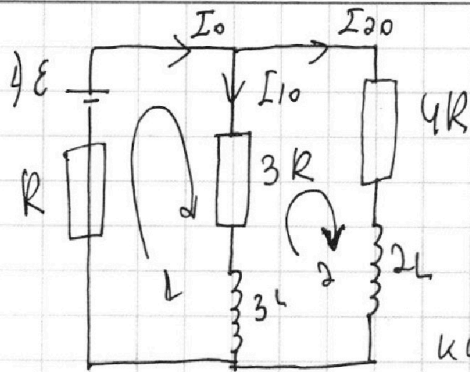
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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  
через резисторы счет не идет.  
Или ток и напряжение на  
катушках равно нулю.

Ток  $I_0$  - ток через источник,  $I_{10}$  - ток 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 второго контура:

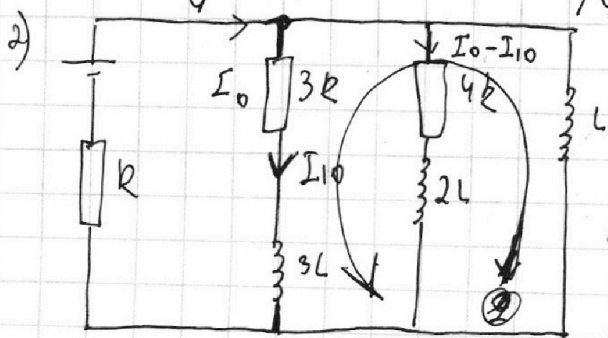
$$3RI_{10} - 4RI_{20} = 0$$

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

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

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

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



Сразу после замыкания  
ключа ток через  
катушку  $L$  не идет.



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 ключа, то и ток через резистор не изменяется.

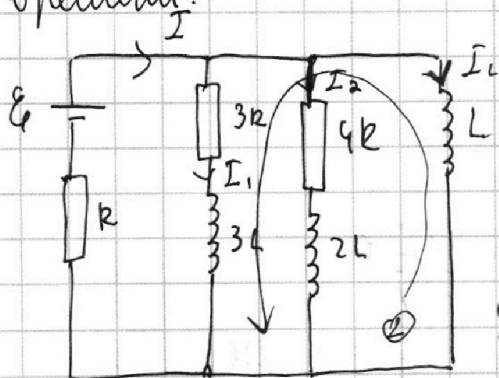
По второму правилу Кирхгофа для контура 1:

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

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

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

3) Рассмотрим цепь в произвольный момент времени:



$I, I_1, I_2, I_L$  - ток через соответствующие резисторы  $3R, 4R$  и катушку  $L$  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  $t_{уст}$  до  $t_{уст}$ :

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

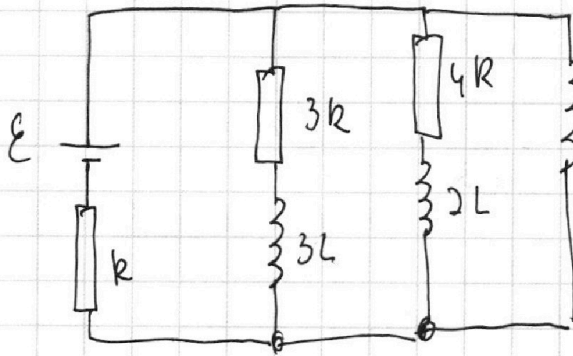
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

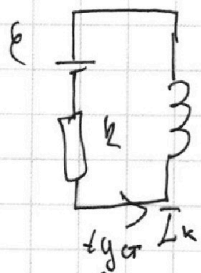
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



В установившемся режиме при замыкании ключе напряжение на  $L$  равно нулю,



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



$I_k$  - ток в установившемся режиме.

По закону Ома  $E = R I_k \Rightarrow$

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

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

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

$q_1$  - 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)  $\frac{12E}{19L}$  3)  $\frac{31LE}{57R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

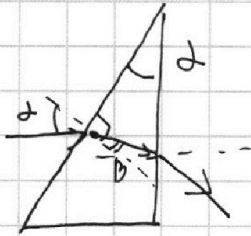
1  2  3  4  5  6  7

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:

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

$\delta$  - угол падения на призму

$$\delta + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} - \delta + B = \pi \Rightarrow$$

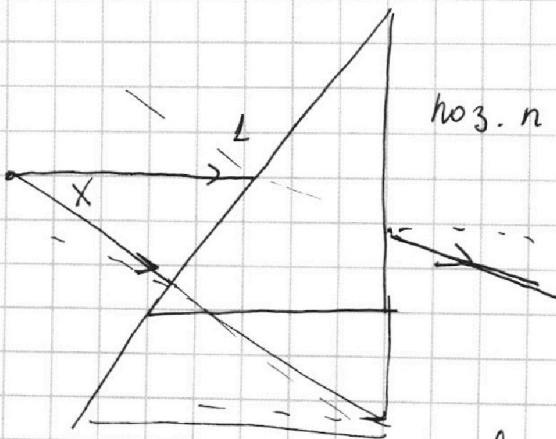
$$\Rightarrow \delta = \delta - B$$

По закону преломления:

$$\frac{\delta}{\rho} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \rho = \frac{n_2}{n_1} \delta = \frac{n_2}{n_1} (\delta - B) = \frac{n_2}{n_1} \delta - \delta =$$

$$= \frac{\delta (n_2 - n_1)}{n_1} = \frac{0,7 \delta}{1} = 0,07 \text{ рад}$$

2) Рассмотрим произвольный луч, идущий от точки  $X$  к точке  $Z$ .



$$l_1 = X - d$$

воз.  $n$

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

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

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

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

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

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

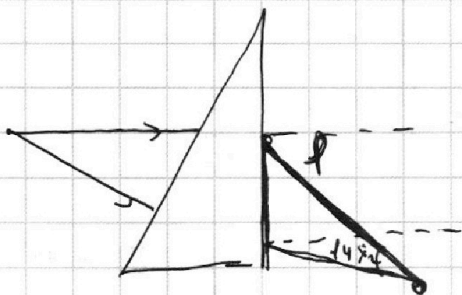
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

лучок ~~бокс~~ ~~лучок~~  $\Rightarrow$  отношение ~~ка~~  $=$

$$d_1 = a + h$$

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

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

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

3)

Ответ: 1) 0,07 рад 2) 208 см



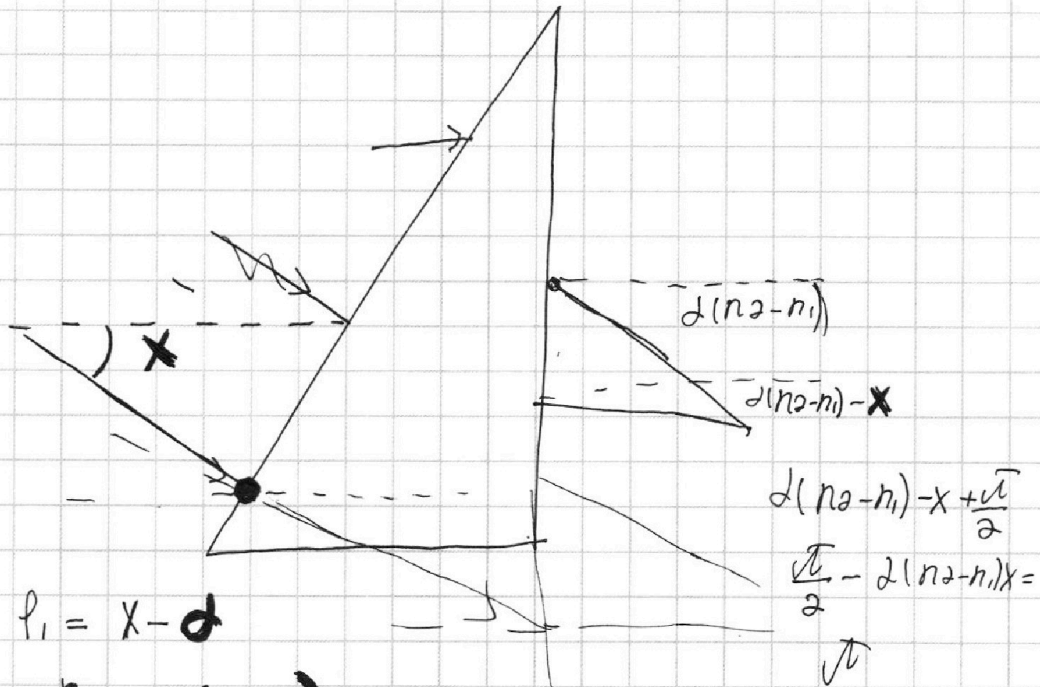
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$b_1 = x - d$$

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

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

$$x = \frac{(d - b)n_2}{n_1} = \frac{d(n_2 - n_1)n_2 - xn_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}}{n_1} = d(n_2 - n_1) - x$$

~~90°~~  $90^\circ - x + 90^\circ + 90^\circ - d +$



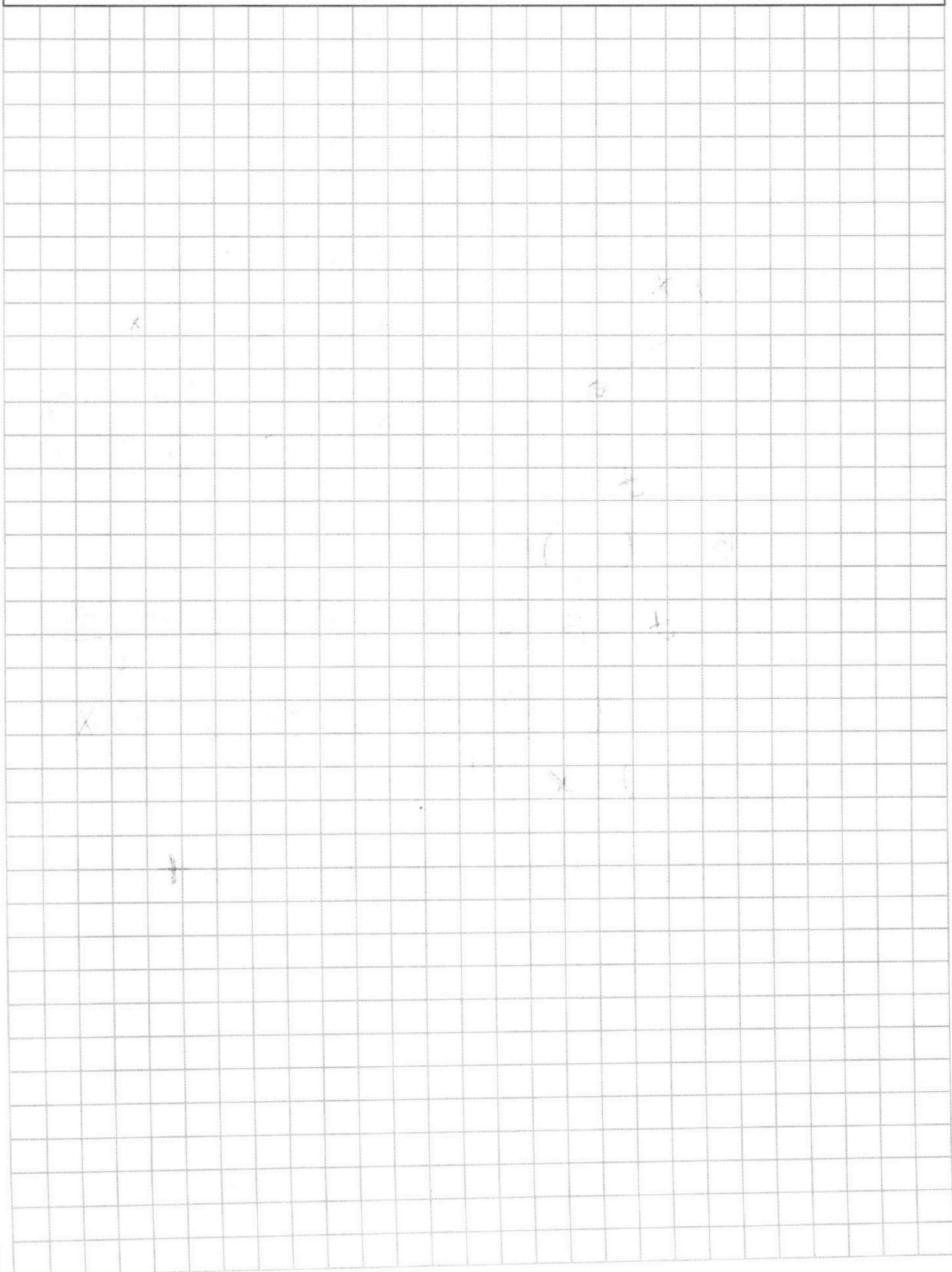
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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!



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

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

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

$$\frac{p}{p_0} = \frac{8D + \frac{8DKRT}{\alpha}}{7D - \frac{4DKRT}{\alpha}} = \frac{8 + \frac{8kRT}{\alpha}}{7 - \frac{4kRT}{\alpha}} = \frac{8\alpha + 8kRT}{7\alpha - 4kRT}$$

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

$$5\alpha(7\alpha - 4kRT) = 4(7\alpha - 4kRT) + 16\alpha + 16kRT$$

$28 + 16 = 38 + 6 = 44$

$$\alpha kRT = 8$$

$$35\alpha^2 - 20\alpha kRT = 28\alpha - 16kRT + 16\alpha + 16kRT$$

$$35\alpha^2 - 20\alpha kRT = 44\alpha$$

$$35\alpha = 20kRT + 44$$

$$\alpha = \frac{20kRT + 44}{35}$$

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

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

$$q_2 + 5q_3 = 5q_1$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

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

$$q_3 = -q_1 - q_2$$

$$q_2 - 5q_2 = 10q_1$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

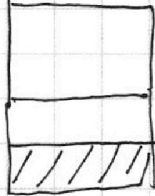
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$p_0, T_0$



$$\begin{cases} \frac{p_0 V}{2} = \nu_{He} R T_0 \\ \frac{p_0 \cdot V}{4} = \nu_{O_2} R T_0 \end{cases} \Rightarrow \nu_{He} = 2 \nu_{O_2} = 2\nu$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{\delta\nu}{\nu} = \frac{k \cancel{p_0 V}}{4 \cdot \cancel{p_0 V}} = \frac{k R T_0}{T_0} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{k R T}{T_0} \quad T_0 = \frac{T}{5}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$11p\nu = 8p_0\nu + 8p_0\delta\nu + 4p\nu + 4p\delta\nu$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

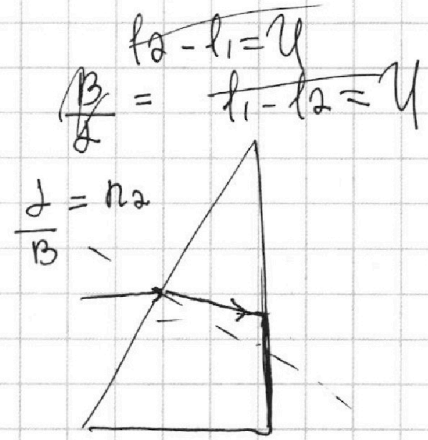
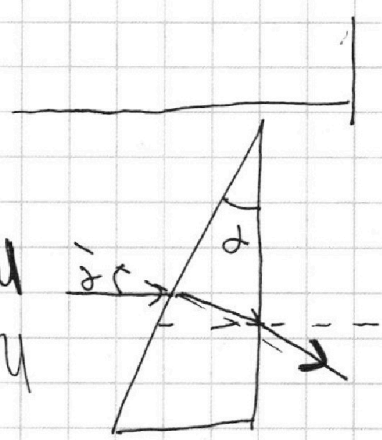
- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

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

$a = 90 \text{ см}$   
 $h = 14 \text{ см}$

$l_2 - l_1 = U$   
 $l_1 - l_3 = 2U$   
 $l_2 - l_3 = 3U$



$90 - \beta + \alpha + \chi = 180^\circ \quad \chi = 90^\circ + \alpha - \beta$   
 $\gamma = \alpha - \beta$   
 $\frac{d}{r} = n_2 \alpha = n_2(\alpha - \beta) = n_2(n_2 \beta - n_2(\alpha - \frac{d}{n_2})) =$   
 $= n_2 \alpha - d = 1,7 \cdot 97 \cdot d = 0,07 \text{ рад}$

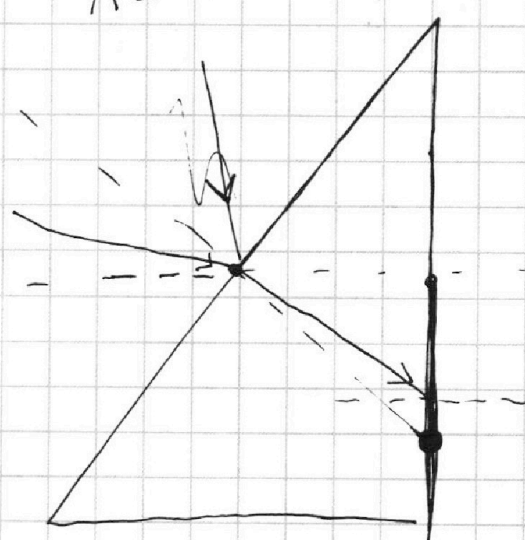
$A = E k_2 - E k_1$

$\beta + \alpha$  — угол падения

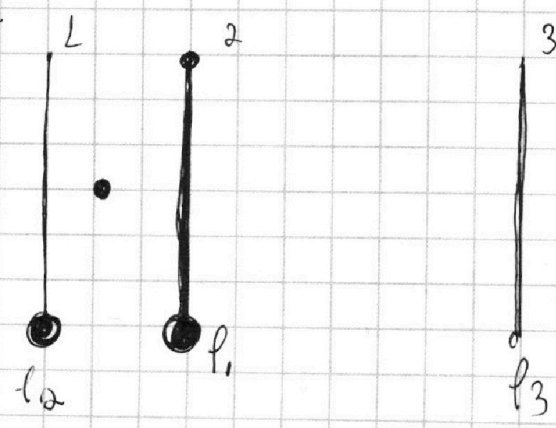
$\beta = \alpha - \gamma$  — угол падения

$\beta = \alpha - \gamma$   
 $\beta = \alpha - (\alpha - \beta)$

$U_1 = U$   
 $U_2 = 2U$



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



$l_2 - l_3 = 2U$   
 $\left( \frac{k q_1}{2 \epsilon_0 S} - \frac{k q_2}{2 \epsilon_0 S} - \frac{k q_3}{2 \epsilon_0 S} \right) d = E h U$

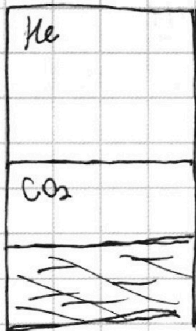
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

4)  По уравнению Менделеева - Клапейрона:

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

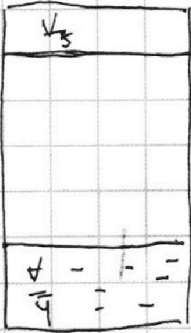
$$p_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu R T_0$$

$\nu$  - количество вещества газопарового  $\text{CO}_2$ .  
 Т.к давление насыщенного пара воды при  $T_0$  очень малое, то  $\nu_{H_2O} \approx 0$

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

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 Закону 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  $\text{O}_2$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

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

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

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

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

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!

$$\frac{p_k \cdot V}{5} = \nu_{re} RT = 2 \nu RT$$

$$p_k = 2p_0 + p$$

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

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{p \cdot 11V}{20} &= (\nu + \delta \nu) RT \\ \frac{p_k V}{5} &= 2 \nu RT \end{aligned} \right.$$

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

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

$$\nu = \frac{11 p \delta \nu}{2 p_k - 11 p}$$

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

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

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

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

$$1 p = \frac{p_0 8 \nu}{22 \nu} + \frac{p_0 8 \delta \nu}{22 \nu} = \frac{4 p_0}{11} + \frac{4 p_0 \delta \nu}{11 \nu}$$

$$p + \nu = \frac{4 p_0}{11} + \frac{4 p_0 \delta \nu}{11 \nu}$$

$$\frac{p \cdot 11 \nu}{20} = \nu RT$$

$$\frac{p_0 \nu}{20} = 2 \nu RT_0$$

$$\frac{\delta \nu}{\nu} = \frac{k p_0 \nu \cdot \nu RT_0}{4 \cdot p_0 \nu} = \frac{k RT_0}{4}$$

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

$$\frac{p \cdot 11}{5 p_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$k RT_0 = 4 + 4 k RT_0$$

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

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

$$\nu = \frac{p_0 \nu}{4 RT_0}$$

$$4 + \frac{4 \delta \nu}{\nu} = \frac{T}{T_0}$$

$$\delta \nu = \frac{k p_0 \nu}{4}$$

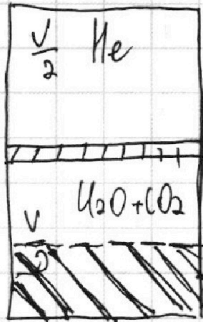
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

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

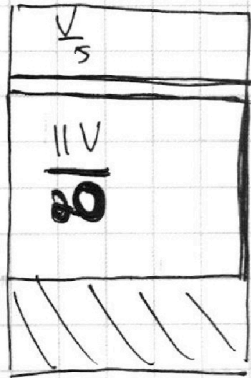
$$\Delta V = k p W$$

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

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

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

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



$$V = \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 5V}{20} = \frac{15V}{20}$$

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

$$p_k = p_0 + p$$

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

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

$$\frac{V}{4}$$

$$p_k \nu_{\text{He}} =$$

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

ЛМФТИ

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

Дано:

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_c = kV$

$F_k = 600 \text{ Н}$

$v_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$F_k = kV_k$

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

$F_{c0} = k \cdot v_0 = 240 \text{ Н}$

$2 \text{ км} - 5 \text{ км} - 2,5$

нол клетки - 1,25

$2,5 + 1,25 =$

$3,75 \approx 3,8$

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

$a = \frac{dv}{dt} = t = 10 \text{ с} \Rightarrow a = 0,38 \text{ с}$

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

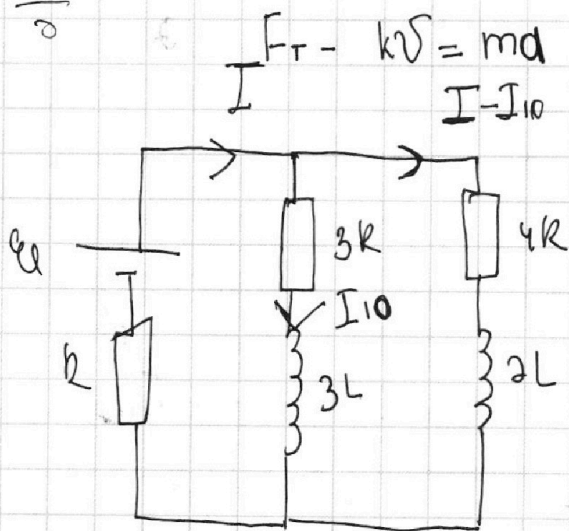
$L \dot{I} = 3R \cdot I_0 = \frac{12 \epsilon}{19}$

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

$a = \text{const. } P = \frac{dA}{dt} = F \cdot v$

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

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



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

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

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

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

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

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

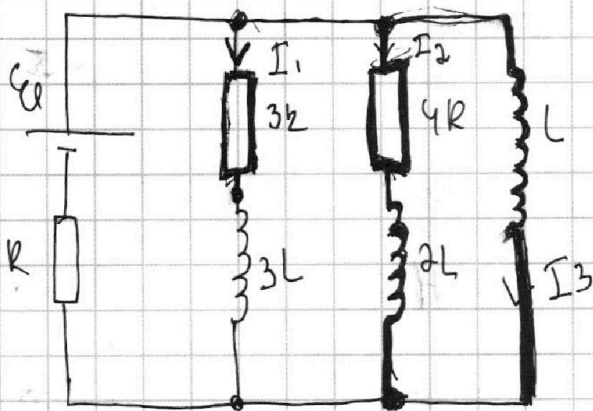
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

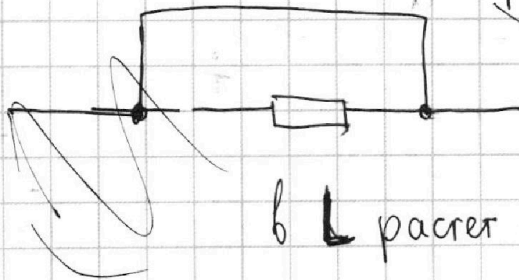


В установившемся режиме

Ток через катушки не  
течет. Т.к.

$$I_k = \frac{\mathcal{E} R_1}{R}$$

По ЗСЭ:  $\frac{1-10}{2}$



в L падает от 0 до  $I_3 \frac{\mathcal{E}}{R}$

$$q = \int I dt \quad \text{в 4 наг.} \quad 3Rq - 3L I_0$$

$$3RI_1 + LI = LI$$

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

$$3RI_1 + 3LI_1 = LI$$

$$3Rq = \frac{L\mathcal{E}}{R} + \frac{3L \cdot 4\mathcal{E}}{10R}$$

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

$$3Rq = \frac{19L\mathcal{E} + 12L\mathcal{E}}{10R}$$

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

$$q = \frac{31L\mathcal{E}}{3 \cdot 10R^2}$$

Продифференцируем  $t$  от  $0$

$t$  от  $0$  до  $t$

$$3R \int I_1 dt + 3L \int dI_1 = L \int dI$$