



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

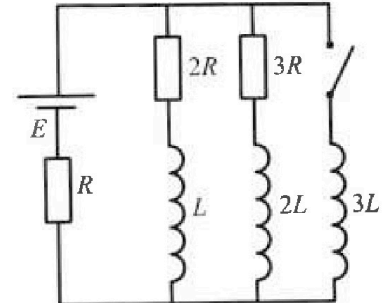


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

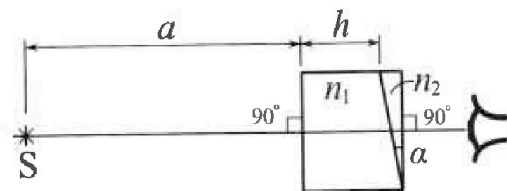
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  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  $a = 194$  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  $h = 9$  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  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



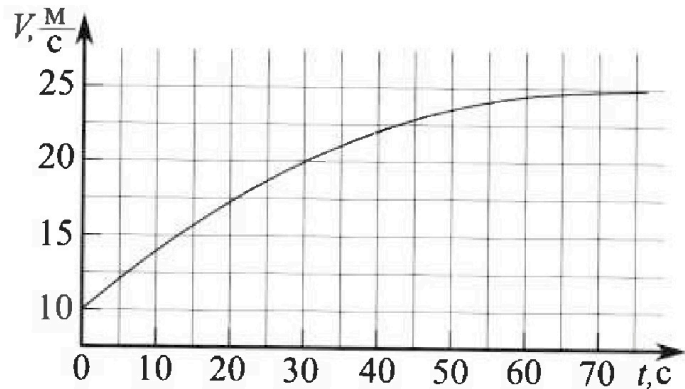
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01



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

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.

2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

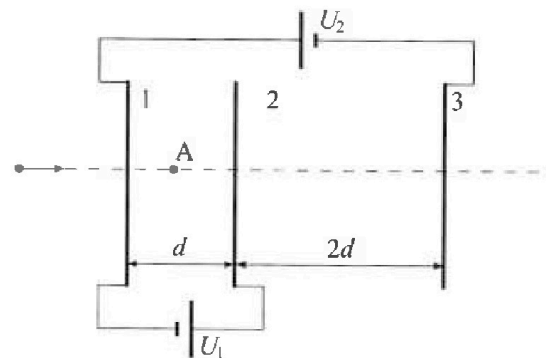
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный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

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp v$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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 начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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  $U_2 = 4U$ . 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  $d/3$  от сетки 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!

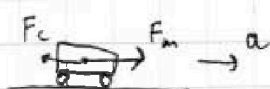
1) Найдем ускорение автомобиля при  $V_1 = 20 \frac{m}{s}$ , как производную графика  $V(t)$  в этой точке (коэффициент наклона касательной в этой точке)

$$a_1 = \frac{dV}{dt}(V=V_1) ; a_1 = \frac{22,5 \frac{m}{s} - 13,5 \frac{m}{s}}{40s - 20s} = \frac{5 \frac{m}{s}}{20 \frac{s}{s}} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

↑  
ускорение автомобиля при  $V=V_1$

$\Delta V = F_c$  - сила сопротивления

2)



$F_m$  - сила тяги двигателя

2-ой закон Н.:  $F_m - F_c = ma$

$$F_m - \Delta V = ma$$

В конце разгона:

$V_2 = 25 \frac{m}{s}$  (из графика) -  $V_2$  - скорость в конце разгона  
 $a_2 \approx 0$  - ускорение в конце разгона

$$F_k - \Delta V_2 = ma_2 \Rightarrow F_k = \Delta V_2 \Rightarrow \Delta = \frac{F_k}{V_2}$$

При скорости  $V = V_1$ :

$$F_1 - \Delta V_1 = ma_1$$

$$F_1 = ma_1 + F_k \frac{V_1}{V_2} ; F_1 = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{m}{s^2} + 500 \text{ Н} \cdot \frac{20 \frac{m}{s}}{25 \frac{m}{s}} =$$

$$= 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

3)  $P = F \cdot V \Rightarrow P_1 = F_1 V_1$

$$P_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \frac{m}{s} = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

Ответ:  $0,25 \frac{m}{s^2}$ ;  $850 \text{ Н}$ ;  $17 \text{ кВт}$

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!



~ 2

$T_0$

$V_0$	$\frac{V}{2}$
$\rho_0$	$\frac{V}{2}$
$\rho_1$	
$V_1$	
$\frac{V}{4}$	

$V_0, \frac{V}{3}, P_1$
$P_2, V_2$
$T$

1)  $\rho_0 \frac{V}{2} = \nu_0 R T_0$   
 $\rho_0 (V - \frac{V}{4} - \frac{V}{2}) = \nu_1 R T_0$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{V}{2(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{2})} = \frac{4}{2} = 2$$

2)  $\Delta V = k \rho_0 \frac{V}{4}$  - равномерная в канале  $\Delta V$  кол-во в-ва газа

При  $T$  газ в воде равномерно  $\Rightarrow \Rightarrow V_2 = V_1 + \Delta V$  - кол-во в-ва газа

$$V_2 = V_1 + \frac{k \rho_0 V}{4} = \frac{V_0}{2} + \frac{k \rho_0 V}{4}$$

Газы в равновесии  $\Rightarrow$  давление газы равны:

$$\begin{cases} \frac{P_1 V}{5} = \nu_0 R T \\ P_2 (V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5}) = \nu_2 R T \end{cases} \quad \begin{aligned} P_1 &= \frac{5 \nu_0 R T}{V} \\ P_2 &= \frac{20 \nu_2 R T}{11 V} \end{aligned}$$

~~$\frac{P_1 V}{5} = \frac{20 \nu_2 R T}{11 V}$~~

~~$\frac{5 \nu_0 R T}{V} = \frac{20 \nu_2 R T}{11 V}$~~

$P_2$  - парциальное давление газа снизу при  $T$   
 $P_1$  - парциальное давление газа сверху при  $T$

Топ в нижней части сосуда  $\Rightarrow$  (т.к. давление равно по высоте за счет веса)

$\Rightarrow P_1 = P_2 + P_0$ , где  $P_0$  - давление воздуха нарав при  $T = 133 \text{ K}$  ( $P_0 = P_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$ )

Условие равновесия: коринна:

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!



$\sim 2$  (проверено)

$$\frac{5 V_0 R T}{V} = \frac{20 V_2 R T}{11 V} + P_8$$

$$P_0 V = 2 V R T_0 = 2 V R T$$
$$= 2 \cdot \frac{5}{5} V R T_0 \left( \text{к. н. Т} = \frac{5}{4} T_0 \right)$$

$$\frac{25 P_0}{8} - \frac{10 R T}{11 V} \left( V_0 + \frac{k P_0 V}{2} \right) = P_{ATM}$$

$$V R T = \frac{5}{8} P_0 V$$

$$\frac{25 P_0}{8} - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} P_0 + \frac{10}{11} \frac{k R T P_0}{2} = P_{ATM}$$

$$\frac{25}{8} P_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} P_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} P_0 = P_{ATM}$$

$$k \cdot R T = \frac{1}{3 \cdot 10^3} \frac{\text{кг м}^3}{\text{м}^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$
$$= 1$$

$$\frac{5}{8} P_0 \left( \frac{5}{11} - \frac{10}{11} \right) - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} P_0 = P_{ATM}$$

$$\left( \frac{5 \cdot 45}{8 \cdot 11} - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} \right) P_0 = P_{ATM}$$

$$\frac{225 - 40}{11} P_0 = P_{ATM}$$

$$\frac{185}{11} P_0 = P_{ATM} \Rightarrow P_0 = \frac{11}{185} P_{ATM}$$

Ответ: 2;  $\frac{11}{185} P_{ATM}$

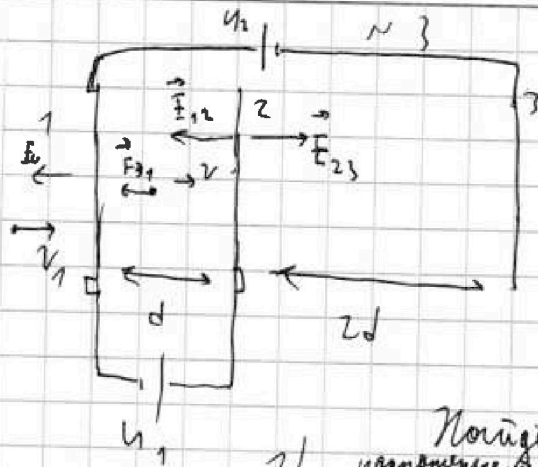


На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!



$$U_1 = U$$

$$U_2 = U_1$$

$d \ll \text{размеры пластин}$   
 $\Rightarrow E_{12} \text{ и } E_{23} = \text{const}$

1) Поля  $E_{12}$  и  $E_{23}$ :  
напряжения между 1 и 2

$$\begin{cases} U_1 = E_{12} \cdot d \\ U_2 + U_1 = E_{23} \cdot 2d \end{cases}$$

ε /  
напряжения  
между 2 и 3

$$E_{12} = \frac{U_1}{d}$$

$$E_{23} = \frac{U_1 + U_2}{2d}$$

$F_{31}$  - сила действующая на заряды в области 1-2

$F_{31} = F_{12} \cdot q = m a_1$   $a_1$  - ускорение зарядов в области 1-2

$$\frac{U_1 q}{d} = m a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{U_1 q}{m d} = \frac{U q}{m d}$$

2) ЗСЭ:

$$K_1 = K_2 + q E_{12} \cdot d$$

кратчайший путь 1    кратчайший путь 2

$$K_1 - K_2 = q E_{12} \cdot d = U_1 q$$

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. Парча QR-кода недопустима!



№3 (продолжение)

Найдем заряд на каждой из емкостей:

$\Delta q_2$  - заряд, перенесённый шпательком  $U_2$

$\Delta q_1$  - заряд, перенесённый шпательком  $U_1$

из закона сохр. заряда:

$q_1, q_2, q_3$  - заряды пластин 1, 2, 3

$$\begin{cases} q_3 = -\Delta q_2 \\ q_2 = \Delta q_1 \\ q_1 = \Delta q_2 - \Delta q_1 \end{cases}$$

$$E_{12} = \frac{q_2}{2\epsilon_0} - \frac{q_1}{2\epsilon_0} + \frac{q_3}{2\epsilon_0} = \frac{2(\Delta q_1 - \Delta q_2)}{2\epsilon_0} = \frac{U_1}{d}$$

$$\frac{\Delta q_1 - \Delta q_2}{\epsilon_0} = \frac{U_1}{d}$$

$$E_{23} = \frac{(q_2 + q_3 - q_1)}{2\epsilon_0} = \frac{2\Delta q_2}{2\epsilon_0} = \frac{U_2 + U_1}{2d} \Rightarrow \frac{\Delta q_2}{\epsilon_0} = \frac{U_1 + U_2}{2d}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta q_1}{\epsilon_0} = \frac{3U_1 + U_2}{2d}$$

$$E_3 = -\frac{U_1 + U_2}{4d} \text{ - поле от пластинки 3}$$

$$E_2 = \frac{3U_1 + U_2}{4d} \text{ - поле от пластинки 2}$$

$$E_1 = -\frac{2U_1}{4d} = -\frac{U_1}{2d} \text{ - поле от пластинки 1}$$

Найдем <sup>кратчайшим путем</sup> потенциал  $\phi_2$  при перенесении заряда  $U_2$

Найдем <sup>кратчайшим путем</sup> скорость пластинки  $v$  в м. А:

Энергия взаимодействия элементов

$$\frac{m v_0^2}{2} = K_A + q(E_1) \frac{d}{3} + (E_2) \left(d - \frac{d}{3}\right) + (E_3) \left(0d + 2d - \frac{d}{3}\right)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + q \left( -\frac{U_1}{6} + \frac{3U_1 + U_2}{6} - \frac{U_1 + U_2}{6} \right)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2q}{m} \left( \frac{U_1 + 3U_2}{6} \right)} = \sqrt{v_0^2 + \frac{U_1}{3m} + \frac{U_2}{m}}$$

Ответ:  $\frac{U_1}{m} ; U_1, q ; \sqrt{v_0^2 + \frac{U_1}{3m} + \frac{U_2}{m}}$

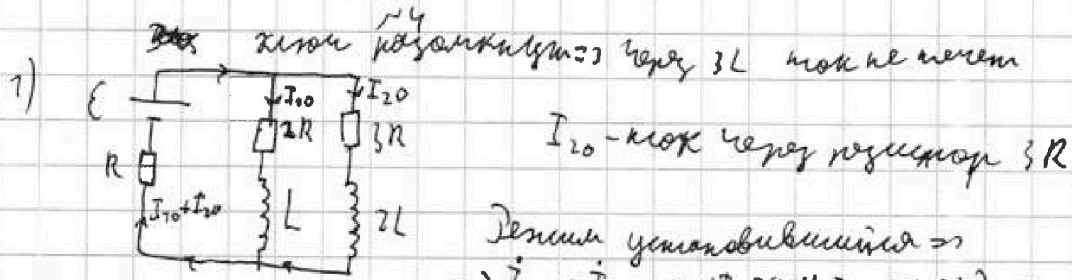
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Решим установившимся  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow I_{10} = I_{20} = 0$  ( $I_{10} = \text{const}, I_{20} = \text{const}$ )  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  ЭДС самоиндукции в катушках  $= 0$

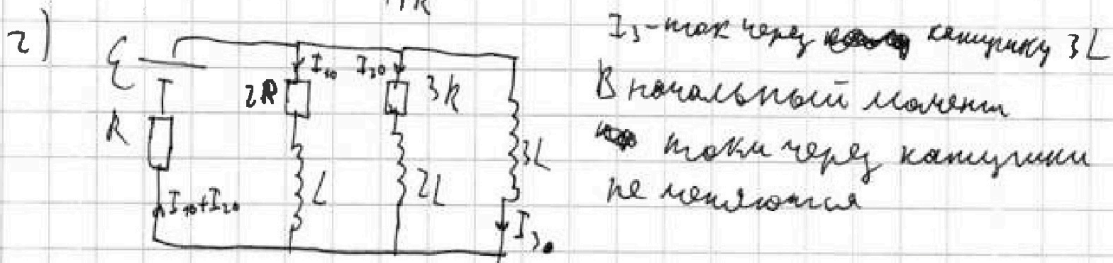
2-е правило Кирхгофа:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_{10} \cdot 2R + (I_{10} + I_{20})R \\ \mathcal{E} = I_{20} \cdot 3R + (I_{10} + I_{20})R \end{cases}$$

$$I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$\mathcal{E} = I_{10} \cdot 2R + \left( I_{10} + \frac{2}{3} I_{10} \right) R = I_{10} R \left( 2 + 1 + \frac{2}{3} \right) = \frac{11}{3} I_{10} R$$

$$I_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{11R}$$



$$\mathcal{E} = 3L \cdot \dot{I}_3 + (I_{10} + I_{20})R$$

$$3L \cdot \dot{I}_3 = \mathcal{E} - \frac{5}{3} I_{10} R = \mathcal{E} - \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{11} \mathcal{E} = \frac{6}{11} \mathcal{E}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{6\mathcal{E}}{3 \cdot 11L} = \frac{2\mathcal{E}}{11L}$$

3)  $I_1$  - ток через  $2L$

$I_2$  - ток через  $2L$  для катушки  $(-2R - L - R)$

$$\mathcal{E} = R(I_1 + I_2 + I_3) + 2R I_1 + L \dot{I}_1$$

$$\mathcal{E} = 3R I_1 + R(I_2 + I_3) + L \dot{I}_1 \quad | \cdot dt$$



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. Печать QR-кода недопустима!



№ 4 (продолжение)

$$\xi = 3R dq_1 + R dq_2 + R dq_3 + L dI_1 \quad (1)$$

аналогично для контура  $\xi - 3R - 2L - R$

$$\xi = R(I_1 + I_2 + I_3) + 3I_2 R + LI_2$$

$$\xi dt = 4R dq_2 + R dq_1 + R dq_3 + L dI_2 \quad (2)$$

$$(2) - (1):$$

$$0 = 3R dq_2 - 2R dq_1 + L dI_2 - L dI_1$$

$$2R \int dq_1 + L \int dI_1 = 3R \int dq_2 + L \int dI_2$$

В уравнении  
лемма Вейбл  
напряжения  $3L > 0$  есть  
ток через  $L$  уменьшится  
от  $I_{10}$  до 0, а через  $2L$   
от  $I_{20}$  до 0

$$2R q_1 - LI_{10} = 3R q_2 - LI_{20}$$

$$R(2q_1 - 3q_2) = L \frac{I_{10}}{3}$$

$$2q_1 - 3q_2 = \frac{L\xi}{11R^2}$$

Для контура  $\xi - 3L - R$ :

$$\xi = 3LI_3 + R(I_1 + I_2 + I_3)$$

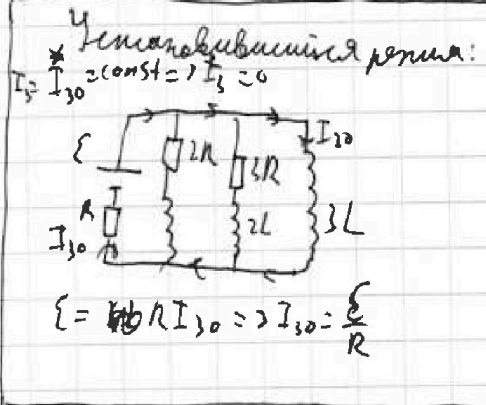
$$\xi dt = 3LI_3 + R(dI_1 + dI_2 + dI_3) \quad (3)$$

$$(1) - (3): \quad 2R \int dq_1 + L \int dI_1 - 3L \int dI_3 = 0$$

$$2R q_1 = 3LI_{30} + LI_{10}$$

$$q_1 = \left( \frac{3\xi}{R} + \frac{3\xi}{11R} \right) \frac{L}{2R} = \frac{3L\xi}{2R^2} \left( \frac{12}{11} \right) = \frac{36}{22} \frac{L\xi}{R^2} = \frac{18}{11} \frac{L\xi}{R^2}$$

Ответ:  $\frac{3}{11} \frac{\xi}{R}$ ;  $\frac{2}{11} \frac{\xi}{L}$ ;  $\frac{18}{11} \frac{L\xi}{R^2}$



$I_{30}$  - ток через  
 $3L$  в уменьшившемся  
резисторе

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

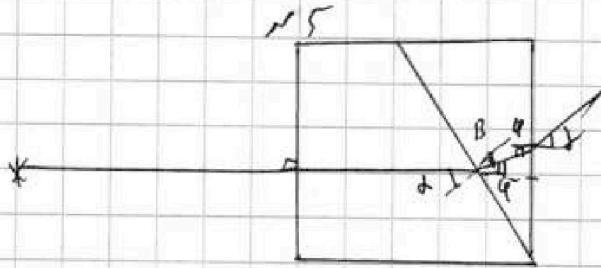
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1)



2-материал  
Угол  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow \sin \alpha \approx \sin \beta + d$   
 $\cos \alpha \approx 1$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$n_1 \alpha \approx n_2 \beta \Rightarrow \beta = \alpha \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \beta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

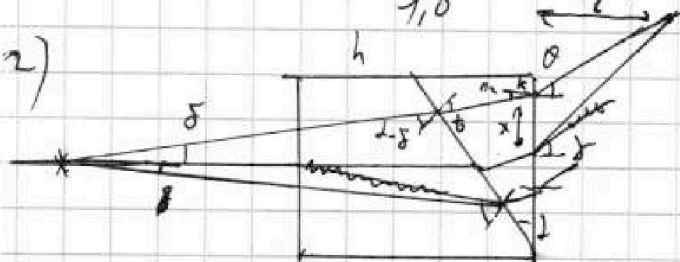
$$n_2 \sin \varphi = n_3 \sin \gamma$$

$$n_2 \varphi \approx n_3 \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{n_2 (n_2 - n_1)}{n_3}$$

$$n_1 = n_3 = 1, 0; n_2 = 1, 5:$$

$$\gamma = 0, 7 \text{ рад} \cdot (1, 5 - 1, 0) = 0, 07 \text{ рад}$$

2)



$x \approx \delta (a+h)$  (м.к.  
маленький  
углы  
 $n_2$  мале)

$\gamma$  и  $\theta$  - мале

$$x + l \tan \theta = (l + \delta)$$

$$\delta (a+h) \approx (l + \delta) - l \tan \theta$$

$$n_2 \delta \approx n_1 (a + h - l \tan \theta)$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \theta = \frac{n_2 (a + h - l \tan \theta) - n_1 \delta}{n_2}$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{n_2 (a + h - l \tan \theta) - n_1 \delta}{n_3}$$

$$\theta - \theta = \frac{n_1 \delta}{n_3}$$

$$\delta (a+h) = \frac{n_1 \delta}{n_3} \Rightarrow l = \frac{(a+h) n_3}{n_1}$$

$$J = (a+h) n_3 = 2(a+h) n_3$$

(при  $n_1 = n_3 = 1$ )

Ответ: 0,07 рад; 406 см

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

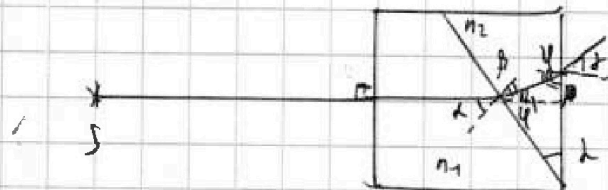
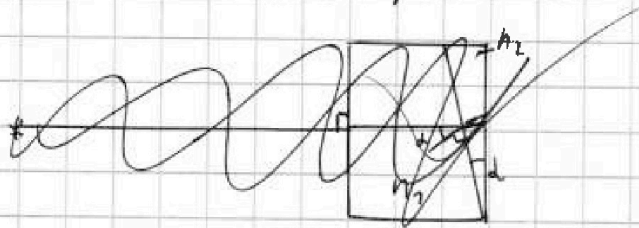
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

то Чертовик

1)



$d$  - малый угол  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$   
 $\cos \alpha \approx 1$

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

$n_1 \alpha \approx n_2 \beta$

$\beta = \frac{\alpha n_1}{n_2}$

$n_1 \sin(\alpha - \beta) = n_2 \sin \gamma$

$n_1 \sin \alpha \approx n_2 \sin \gamma \Rightarrow n_1 \alpha \approx n_2 \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{n_1 \alpha}{n_2}$

$\frac{\pi}{2} - \beta = 90^\circ - \frac{\pi}{2} - \alpha + \gamma$

$\varphi = \alpha - \beta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$

$n_2 \sin \varphi = n_1 \sin \gamma$

$n_2 \varphi \approx n_1 \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{\varphi (n_2 - n_1)}{n_1}$

$n_1 = n_2 = 1,0; n_2 = 1,5$

$\gamma = \frac{0,1 \text{ рад} \cdot (1,5 - 1,0)}{1,0} = 0,05 \text{ рад}$

2)



$n_1 \sin(\alpha - \delta) = n_2 \sin \beta$

$n_1 (\alpha - \delta) \approx n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_1 (\alpha - \delta)}{n_2}$

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

$90^\circ - \beta = 90^\circ - \alpha + \delta \Rightarrow \delta = \alpha - \beta = \alpha - \frac{n_1 (\alpha - \delta)}{n_2}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице.

МФТИ



- 1  2  3  4  5  6  7

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

$V_0, V_0$	$P_0$
$V_1$	$P_0$
~	
$\frac{V}{4}$	

Черновик

$$V_0 = \frac{V}{2}$$

$V_1$  - кол-во газа  
внизу при  $T$ .

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$V_2$  - кол-во газа  
внизу при  $T$

$$V_1 = V_2 - \Delta V = V_2 - \frac{K P_0 V}{4}$$

$V_0$	$P_2$	$\frac{V}{5}$
	$P_2$	
	$\frac{V}{4}$	

$$V_1 = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{11}{20} V$$

При  $T$  газ не  
наибольший  $\Rightarrow$

$$P_2 \frac{V}{5} = \nu R T_0$$

$\Rightarrow V_2$  - наимая  
кол-во в-ва  
газа внизу

$$\frac{11 P_2 V}{20} = \nu R T$$

$$\frac{V_2}{V_0} = \frac{11}{4} \Rightarrow V_2 = \frac{11}{4} V_0$$

$$\begin{cases} P_0 V_0 = \nu R T_0 \Rightarrow P_0 V = 2 \nu R T_0 \\ P_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu R T_0 \end{cases}$$

$$T = \frac{5 T_0}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R T_0 = \frac{4}{5} R T \approx 2,4 \cdot 10^3$$

$$K \cdot R T \approx \frac{1}{1 \cdot 10^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \approx 3$$

~~$$P_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu R T_0$$~~

~~$$\frac{P_2 V}{4} = \nu R T_0$$~~

~~$$P_0 V = (11 - 2 K R T) P_0 V_0$$~~

$$V_1 = V_2 - \frac{K \cdot \nu R T_0}{2} = \left( \frac{11}{4} - \frac{K R T_0}{2} \right) V_0$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{K R T_0}{2}} = \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{K \cdot R T_0 \cdot \frac{4}{5}}{2}} \approx \frac{1}{\frac{11}{4} - \frac{4}{10}} = \frac{1}{2,35 - 0,4} = \frac{1}{1,95} \approx 0,51$$