

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

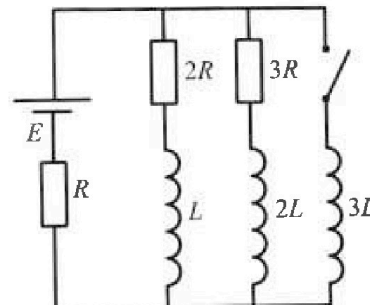
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



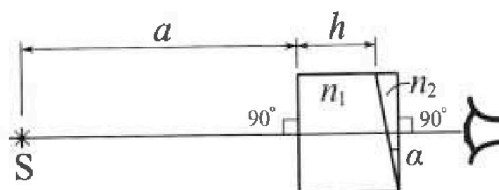
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 числами 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.



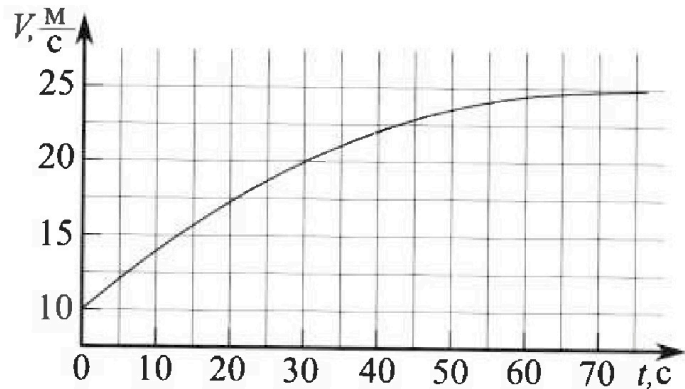
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

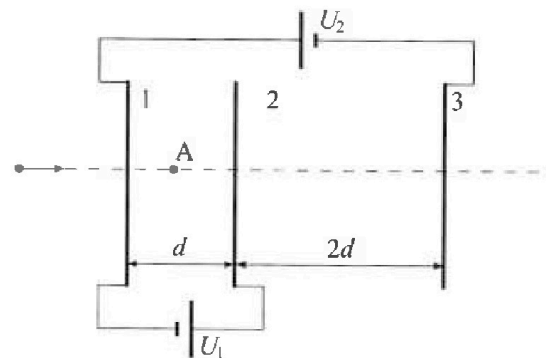
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 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 $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 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 A 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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input 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!

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)

ускорение автомобиля при $V=V_1$

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

$\Delta V = F_c$ - сила сопротивления

F_m - сила тяги двигателя

2)



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 Н ; 17 кВт

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

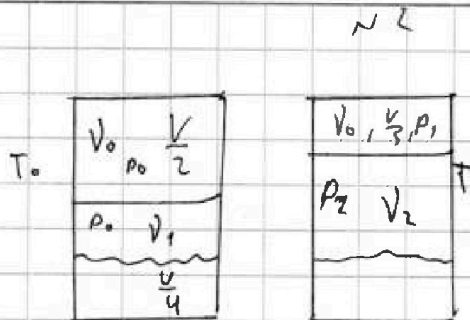
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



Поршень в равновесии \Rightarrow давление газов одинаково

$$\begin{cases} p_0 \frac{V}{2} = \nu_0 R T_0 \\ p_1 (V - \frac{V}{4} - \frac{V}{2}) = \nu_1 R T_0 \end{cases}$$

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

2) $\Delta V = k p_0 \frac{V}{4}$ - равномерная в канале ~~качка~~ качка газа в-ва газа

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

$$V_2 = V_1 + \frac{k p_0 V}{4} = \frac{V_0}{2} + \frac{k p_0 V}{4}$$

Поршень в равновесии \Rightarrow давление газов равно:

$$\begin{cases} p_1 V = \nu_0 R T \\ p_2 (V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5}) = \nu_2 R T \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 = \frac{5 \nu_0 R T}{V} \\ p_2 = \frac{20 \nu_2 R T}{11 V} \end{cases}$$

~~Handwritten scribbles and crossed-out equations.~~

~~Handwritten scribbles.~~

p_2 - парциальное давление газа снизу при T

p_1 - парциальное давление газа сверху при T

Условие равновесия поршня:

$\Rightarrow p_1 = p_2 + p_0$, где p_0 - давление

внешних паров при T = 133 K ($p_0 = p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$)

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. Порча QR-кода недопустима!



~ 2 (проверено)

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

$$P_0 V = 2 V RT_0 = 2 V RT$$
$$= 2 \cdot \frac{5}{8} V RT_0 \left(\text{к. н. Т} = \frac{5}{4} T_0 \right)$$

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

$$V RT = \frac{5}{8} P_0 V$$

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 2; $\frac{11}{185} P_{ATM}$

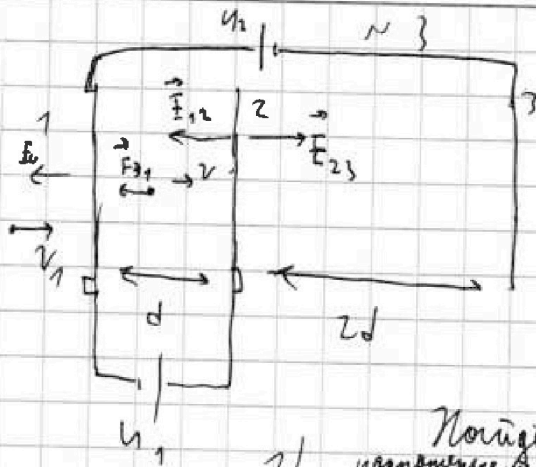


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



$$U_1 = U$$

$$U_2 = U$$

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

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

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

и /
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)

Найти заряд на каждой из емкостей:

Q_2 - заряд, перенесённый шпательком U_2

Q_1 - заряд, перенесённый шпательком U_1

из закона сохр. заряда:

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

$$\begin{cases} q_3 = -Q_2 \\ q_2 = Q_1 \\ q_1 = Q_2 - Q_1 \end{cases}$$

$$E_{12} = \frac{q_2}{2\epsilon_0} - \frac{q_1}{2\epsilon_0} + \frac{q_3}{2\epsilon_0} = \frac{2(Q_2 - Q_1)}{2\epsilon_0} = \frac{U_1}{d}$$

$$\frac{Q_2 - Q_1}{\epsilon_0} = \frac{U_1}{d}$$

$$E_{23} = \frac{(q_1 + q_2 - q_3)}{2\epsilon_0} = \frac{2Q_2}{2\epsilon_0} = \frac{U_2 + U_1}{2d} \Rightarrow \frac{Q_2}{\epsilon_0} = \frac{U_1 + U_2}{2d}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{\epsilon_0} = \frac{3U_1 + U_2}{2d}$$

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

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

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

Найти ^{кратчайшим путем} работу ^{по отношению к} пластинки K_2 при перемещении ^{с пластинки 1} шарика q

Найти ^{кратчайшим путем} работу ^{по отношению к} пластинки K_1 при перемещении шарика q в B и A :

Энергия взаимодействия ^{с пластинками}

$$\frac{mV_0^2}{2} = K_A + q(E_1)\frac{d}{3} + (E_2)\frac{d-d}{3} + (E_3)(d + 2d - \frac{d}{3})$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + q\left(\frac{U_1}{6} + \frac{3U_1 + U_2}{6} - \frac{4U_1 + 4U_2}{6}\right)$$

$$V^2 = \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m}\left(\frac{U_1 + 3U_2}{6}\right)} = \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m}\left(\frac{U_1}{3} + \frac{U_2}{2}\right)}$$

Ответ: $\frac{U_1 q}{m d}$; $U_1 q$; $\sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m}\left(\frac{U_1}{3} + \frac{U_2}{2}\right)}$

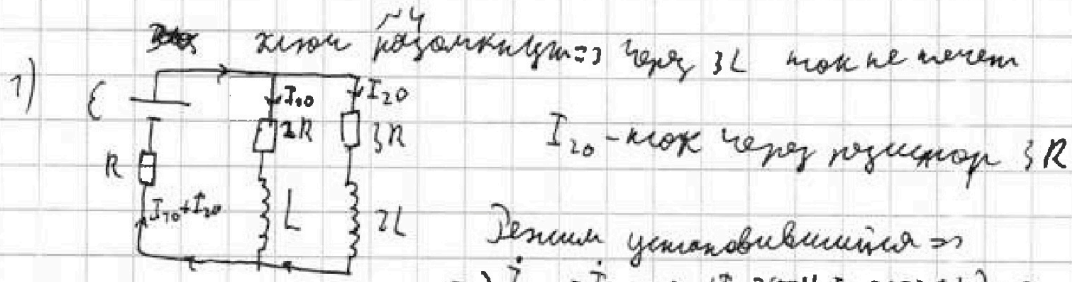
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $= 0$

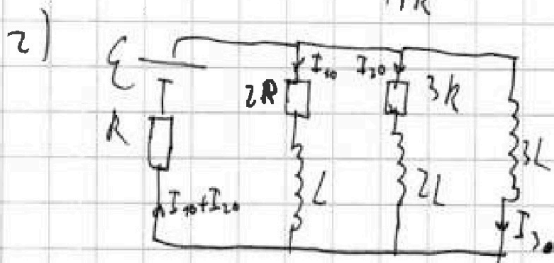
2-е правило Кирхгофа:

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

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

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

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



I_3 - ток через катушку $3L$
 В начальный момент
~~ток~~ ток через катушки
 не меняется

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

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

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

3) I_1 - ток через L

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 узлах выполняем правило Кирхгофа (ток через $3L$)

есть ток через L уменьшится от I_{10} до 0, а через $2L$ от I_{20} до 0

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

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

$$2q_1 - 3q_2 = \frac{LI_{10}}{11R^2}$$

Для контура $\xi - 3L - R$:

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

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

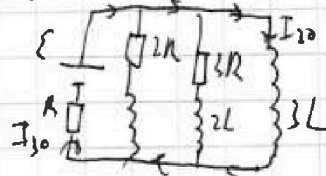
$$(1) - (3): \quad 2R \int dq_1 + L \int dI_1 - 3L \int dI_3 = 0$$

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

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

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

Учитываем правило Кирхгофа: $I_3 = I_{30} = \text{const} \Rightarrow I_3 = 0$



$$\xi = 3RI_{30} \Rightarrow I_{30} = \frac{\xi}{R}$$

I_{30} - ток через

$3L$ в узлах выполняем правило Кирхгофа

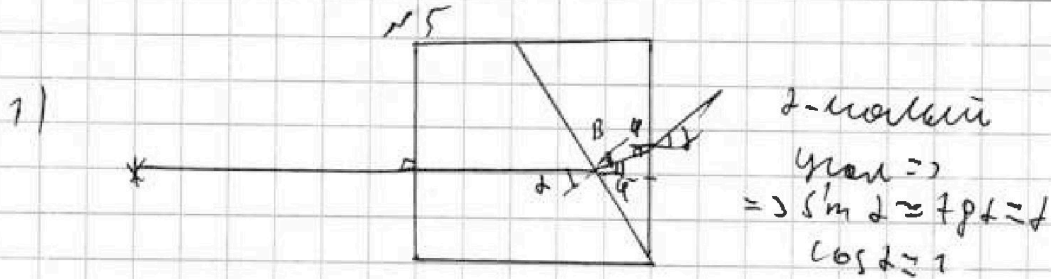
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



2-материал
 $\gamma \text{ мал} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \sin \alpha \approx \sin \beta + \gamma$
 $\cos \alpha \approx 1$

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

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

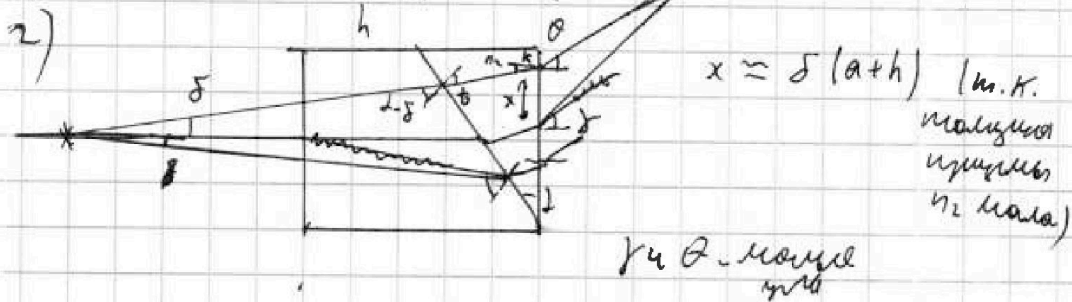
$$\frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \beta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

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

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

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

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



$x \approx \delta (a+h)$ (м.к. малых углов n_2 мал)

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

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

$$n_2 \delta = n_1 (l + \delta) \Rightarrow \delta = \frac{n_1}{n_2} (l + \delta)$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta = \frac{\pi}{2} - \gamma + \varphi \Rightarrow \varphi = \gamma - \theta = \frac{n_2 - n_1}{n_2} (l + \delta) - \theta$$

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

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

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

$\delta = (a+h) \approx 2(a+h)$ (при $n_1 = n_3 = 1$)

Ответ: 0,07 рад; 40 см

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

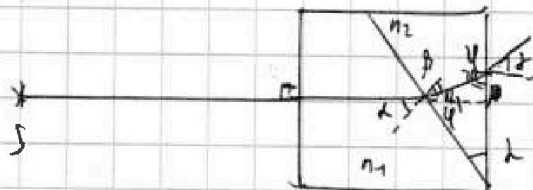
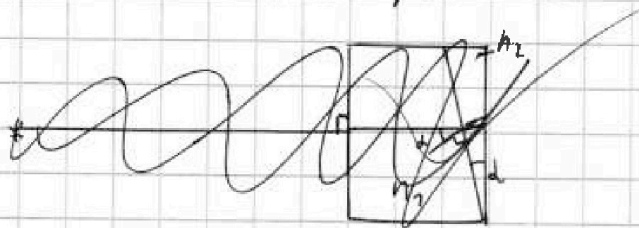
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

в Черновик

1)



δ - малый угол \Rightarrow
 $\Rightarrow \sin \delta \approx \tan \delta \approx \delta$
 $\cos \delta \approx 1$

$n_1 \sin \delta = n_2 \sin \beta$

$n_1 \delta \approx n_2 \beta$

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

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

$n_1 \cos \alpha \approx n_2 \cos \gamma \Rightarrow n_1 \approx n_2 \Rightarrow n_1 \approx n_2$

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

$\gamma = \delta - \beta = \delta - \delta \frac{n_1}{n_2} = \delta \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \delta \frac{n_2 - n_1}{n_2}$

$n_2 \sin \gamma = n_1 \sin \delta$

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

$n_1 = n_2 = 1.0; n_2 = 1.5$

$\gamma = \frac{0.1 \text{ рад} \cdot (1.5 - 1.0)}{1.0} = 0.05 \text{ рад}$

2)



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

$n_1 \cos \alpha \approx n_2 \sin \beta \Rightarrow \beta$

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

$90^\circ - \beta = 90^\circ - \alpha + \delta \Rightarrow \delta = \alpha - \beta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$

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

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
др

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

V_1 - кол-во газа
внизу при T .

V_2 - кол-во газа
внизу при T

$$P_0 V_0 = \nu_0 R T_0$$

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

| | | |
|-------|---------------|---------------|
| 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

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

$$P_2 V = \nu_0 R T_0$$

$$\frac{11 P_2 V}{20} = \nu_1 R T_0$$

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

$$\begin{cases} P_0 V_0 = \nu_0 R T_0 \Rightarrow P_0 V = 2 \nu_0 R T_0 \\ P_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu_1 R T_0 \end{cases}$$

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

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

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

~~$$P_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu_1 R T_0$$~~

~~$$\frac{P_2 V}{4} = \frac{11}{20} \nu_0 R T_0$$~~

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

$$V_1 = V_2 - \frac{K \cdot \nu_0 R T_0}{2} = \left(\frac{11}{4} - \frac{K R T_0}{2} \right) V_0$$

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

$$= \frac{1}{2,35} = \frac{100}{235} = \frac{20}{47}$$