



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

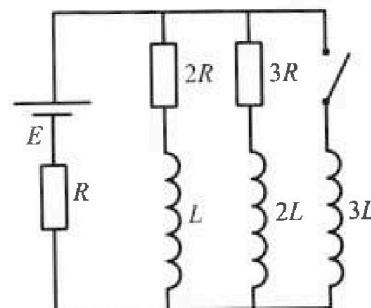
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



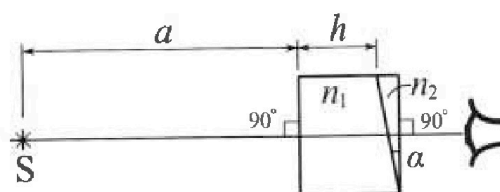
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



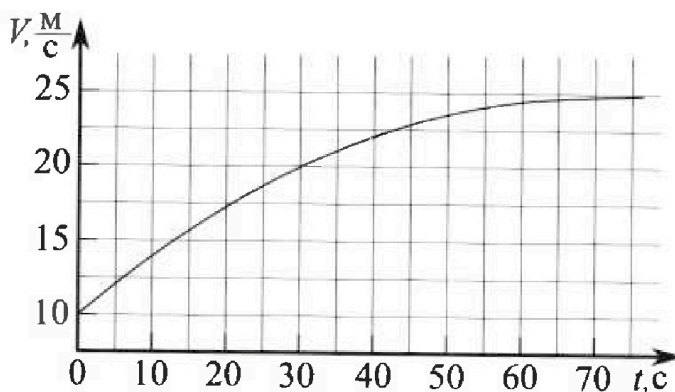
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

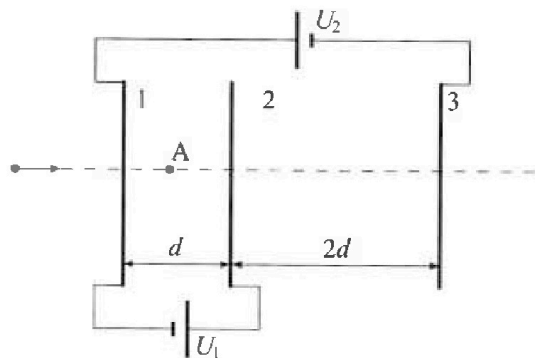
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



- 1) Найдём 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 $V = V_1$

$$a_1 = \frac{dV}{dt}(V=V_1) ; a_1 = \frac{22,5 \frac{m}{s} - 17,5 \frac{m}{s}}{40s - 20s} = \frac{5 \frac{m}{s}}{20 \frac{s}{s}} = 0,25 \frac{m}{s^2}$$

$\Delta V = F_c$ - сила сопротивления

2)



F_m - сила или 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 ☐

МФТИ

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



~ 2

Переход в равновесие $\Rightarrow$ давление газов одинаково

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

Т. $\begin{array}{|c|c|} \hline V_0, p_0, \frac{V}{2} \\ \hline p_0, \nu_1, \frac{V}{4} \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{|c|c|} \hline V_0, \frac{V}{3}, p_1 \\ \hline p_2, \nu_2 \\ \hline \end{array}$ Т

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

2) $\Delta V = k p_0 \frac{V}{4}$ - расширение в канале ~~какой~~ кан-во в-ва газа

При Т газ в воде не расширяется $\Rightarrow$
 $\Rightarrow V_2 = V_1 + \Delta V$ - кан-во в-ва газа

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

Переход в равновесие $\Rightarrow$ давление газов равно:

~~$p_1 V_1 = p_2 V_2$~~

$$\begin{cases} \frac{p_1 V}{5} = \nu_0 R T \\ p_2 \left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} \right) = \nu_2 R T \end{cases} \quad \begin{aligned} p_1 &= \frac{5 \nu_0 R T}{V} \\ p_2 &= \frac{20 \nu_1 R T}{11 V} \end{aligned}$$

~~$\frac{p_1 V}{5} = \frac{20 \nu_1 R T}{11 V}$~~

~~$\frac{p_1 V}{5} = \frac{20 \nu_1 R T}{11 V}$~~

p_2 - парциальное давление газа снизу при Т

p_1 - парциальное давление газа сверху при Т

Условие равновесия мениска:

$\Rightarrow p_1 = p_2 + p_0$, где p_0 - давление водяных паров при Т = 133 кПа ($p_0 = p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



$$\frac{5}{V} V_0 R T = \frac{20}{11V} V_2 R T + p_8 \quad \sim 2 \text{ (проверено)}$$

$$p_0 V = 2 V R T_0 = 2 V R T$$

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

$$\frac{25}{8} p_0 - \frac{10}{11V} \left(V_0 + \frac{k p_0 V}{2} \right) = p_{ATM}$$

$$V R T = \frac{5}{8} p_0 V$$

$$\frac{25}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} p_0 - \frac{10}{11} \frac{k R T p_0}{2} = p_{ATM}$$

$$\frac{25}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{8} p_0 - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} p_0 = p_{ATM}$$

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

$$\frac{5}{8} p_0 \left(\frac{5}{8} - \frac{10}{11} \right) - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} p_0 = p_{ATM}$$

$$\left(\frac{5 \cdot 45}{8 \cdot 11} - \frac{10}{11} \cdot \frac{1}{2} \right) p_0 = p_{ATM}$$

$$\frac{225 - 80}{11} p_0 = p_{ATM}$$

$$\frac{145}{11} p_0 = p_{ATM} \Rightarrow p_0 = \frac{88}{145} p_{ATM}$$

Ответ: $2; \frac{88}{145} p_{ATM}$

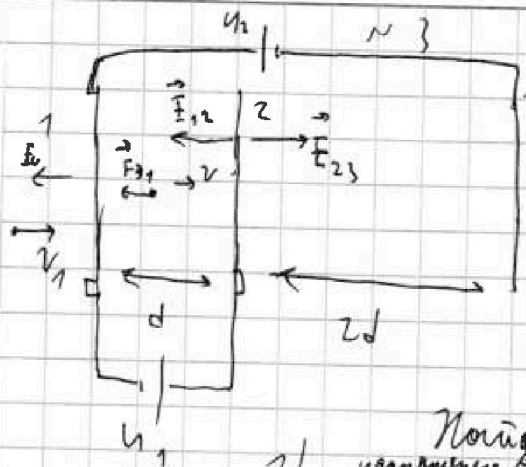


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$U_1 = U$$

$$U_2 = U$$

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

1/ Найдём E_{12} и E_{23} :
напряжения между 1-2
и 2-3

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

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

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

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

$F_{31} = F_{12} \cdot q = m a_1$ a_1 - ускорение заряды 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) ЗЛЭ:

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

энергия электростатическая энергия электростатическая

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

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 источником $\mathcal{U}_2$

q_1 - заряд, перенесённый источником $\mathcal{U}_1$,
из закона сохр. заряда:

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

$$q_3 = -q_2$$

$$q_2 = q_1$$

$$q_1 = q_2 - q_3$$

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

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

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

$$\Rightarrow \frac{q_1}{\epsilon_0} = \frac{3q_1 + q_2}{2d}$$

$$E_3 = -\frac{q_1 + q_2}{4d} \text{ - поле от пластин 3}$$

$$E_2 = \frac{3q_1 + q_2}{4d} \text{ - поле от пластин 2}$$

$$E_1 = -\frac{2q_1}{4d} = -\frac{q_1}{2d} \text{ - поле от пластины 1}$$

Найти разность потенциалов U_1 и U_2 при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2

Найти разность потенциалов U_1 и U_2 при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2

Энергия взаимодействия зарядов

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

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + q \left(-\frac{q_1}{6} + \frac{3q_1 + q_2}{6} - \frac{q_1 + q_2}{6} \right)$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2q}{m} \left(\frac{q_1 + 3q_2}{6} \right) = \sqrt{v_0^2 + \frac{2q}{m} \left(\frac{q_1 + 3q_2}{6} \right)}$$

Ответ: $\frac{U_1}{m d}$; U_1, q ; $\sqrt{v_0^2 + \frac{2q}{m} \left(\frac{q_1 + 3q_2}{6} \right)}$

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!



1) ~~ток~~ ток ⁴ ~~разделен~~ $\Rightarrow$ через $3L$ ток не течет

I_{20} - ток через резистор $3R$

Решим установившийся $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \dot{I}_{10} = \dot{I}_{20} = 0$ ($I_{10} = \cos t, I_{20} = \cos t$) $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ЭДС самоиндукции в катушках $= 0$

2-е правило Кирхгофа:

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

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

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

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

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

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

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

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

3) I_1 - ток через 1

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

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

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

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!

№ 4 (продолжение)

$$\mathcal{E} = 3R dq_1 + R dq_2 + R dq_3 + L dI_1 \quad (1)$$

аналогично для контура $\mathcal{E} - 3R - 2L - R$

$$\mathcal{E} = R(I_1 + I_2 + I_3) + 3I_2 R + L dI_2$$

$$\mathcal{E} d t = 4R dq_2 + R dq_1 + R dq_3 + L dI_2 \quad (2)$$

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

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

$$2R \int_0^{q_1} dq_1 + L \int_0^{I_1} dI_1 = 3R \int_0^{q_2} dq_2 + L \int_0^{I_2} dI_2$$

$$2R q_1 - L I_1 = 3R q_2 - L I_2$$

$$R(2q_1 - 3q_2) = L \frac{I_1 - I_2}{3}$$

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

для контура $\mathcal{E} - 3L - R$:

$$\mathcal{E} = 3L dI_1 + R(dI_1 + dI_2 + dI_3) \quad (3)$$

$$\mathcal{E} d t = 3L dI_1 + R(dI_1 + dI_2 + dI_3) \quad (3)$$

$$(1) - (3): \quad 2R \int_0^{q_1} dq_1 + L \int_0^{I_1} dI_1 - 3L \int_0^{I_1} dI_1 - R \int_0^{I_1} dI_1 - R \int_0^{I_2} dI_2 - R \int_0^{I_3} dI_3 = 0$$

$$2R q_1 = 3L I_1 + L I_1 + R I_1 + R I_2 + R I_3$$

$$q_1 = \left(\frac{3\mathcal{E}}{R} + \frac{3L}{11R} \right) \frac{1}{2R} = \frac{3L}{2R^2} \left(\frac{12}{11} \right) = \frac{36}{22} \frac{L \mathcal{E}}{R^2} = \frac{18}{11} \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$$

Ответ: $\frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}, \frac{2}{11} \frac{\mathcal{E}}{L}, \frac{18}{11} \frac{L \mathcal{E}}{R^2}$

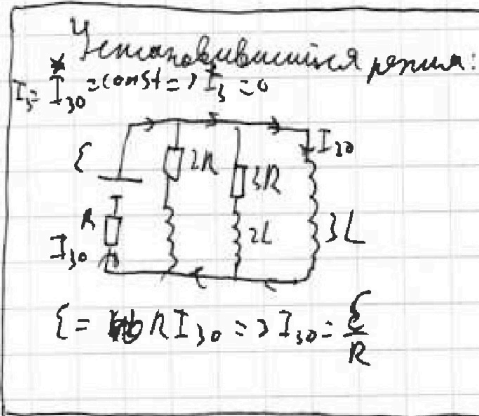
q_1 - заряд, прошедший
через $2R$

q_2 - заряд, прошедший
через $3R$

q_3 - заряд, прошедший
через $3L$

В установившемся
режиме все ток
пойдёт через $3L$

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



I_{30} - ток через

$3L$ в установившемся
режиме

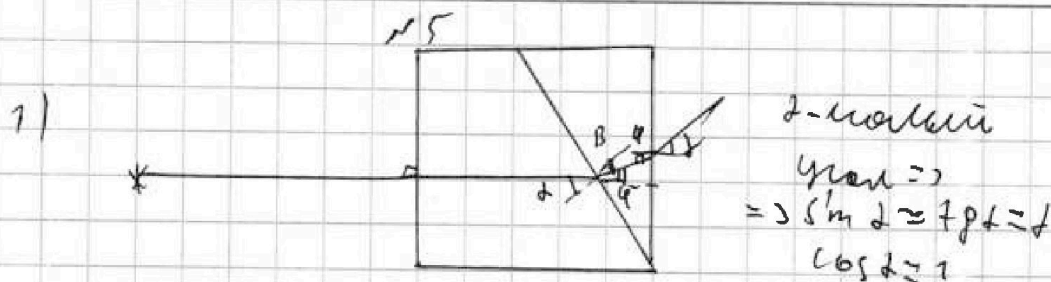
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

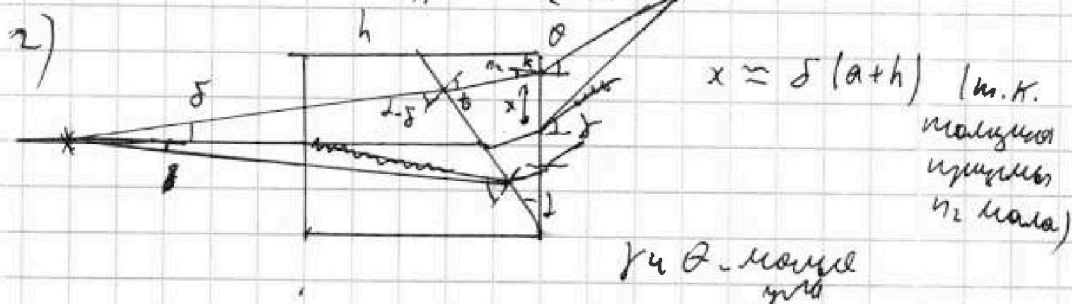
$$\frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \beta = \alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

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

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

$$n_1 = n_g = 1,0; n_2 = 1,3:$$

$$\gamma = 0,1 \text{ рад} \cdot \frac{(1,3 - 1,0)}{1,0} = 0,03 \text{ рад}$$



$$x + l \tan \theta = l \tan \gamma$$

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

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

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

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

$$\theta - \delta = \frac{n_1 \delta}{n_2}$$

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

$$S = (a+h) \approx 2(a+h)$$

(при $n_1 = n_g = 1$)

Ответ: 0,03 рад; 406 м

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

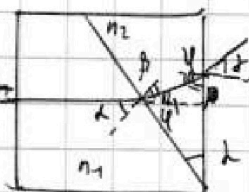
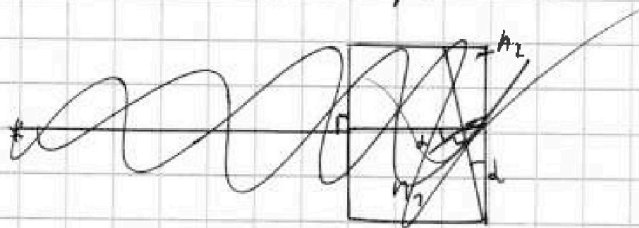
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☒

МФТИ

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

И.В. Черновик

1)



$$d - \text{маленький угол} \Rightarrow \sin d \approx \tan d \approx d, \cos d \approx 1$$

$$n_1 \sin d = n_2 \sin \beta$$

$$n_1 d \approx n_2 \beta$$

$$\beta \approx \frac{d n_1}{n_2} \text{ маленький}$$

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

$$n_1 \cos \alpha \approx n_2 \cos \gamma \Rightarrow n_1 \approx n_2 \cos \gamma \Rightarrow \gamma \approx \frac{n_1}{n_2}$$

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

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

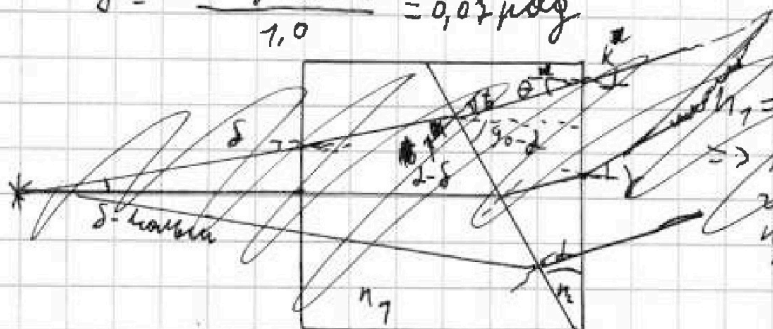
$$n_2 \sin \varphi = n_1 \sin \gamma$$

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

$$n_1 = n_2 = 1.0; n_2 = 1.5;$$

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

2)



$$n_1 = n_2 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ никакой точки преломления не будет

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

$$n_1 \sin(\alpha - \delta) \approx n_2 \beta \Rightarrow \beta$$

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

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

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

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. Понима QR-кода неопустима!



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 .

V_2 - кол-во газа
внизу при T

$$p_0 V_0 = \nu_0 k T_0$$

$$V_1 = V_2 - \Delta V = V_2 - \frac{k p_0 V}{4}$$

V_0	p_2	$\frac{V}{5}$
V_2	p_2	V_1
$\frac{V}{4}$		

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

При T газ не
наименее

$\Rightarrow V_2$ - наименее
кол-во газа
внизу

$$\frac{p_2 V}{5} = \nu_0 k T_0$$

$$\frac{11 p_2 V}{20} = \nu_1 k T$$

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

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu_0 k T_0 \Rightarrow p_0 V = 2 \nu_0 k T_0 \\ p_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu_1 k T_0 \end{cases}$$

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

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

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

$$p_0 (V - \frac{V}{4} - V_0) = \nu_1 k T_0$$

$$\frac{p_0 V}{4} = \left(\frac{11}{4} - \frac{k R T_0}{2} \right) p_0 V_0$$

$$p_0 V = \left(11 - 2 k R T_0 \right) p_0 V_0$$

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

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

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