



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

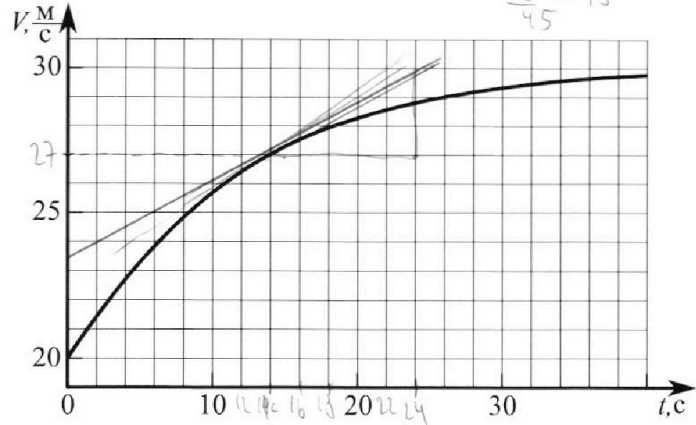
Вариант 11-02

300·43=90



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 405$ Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?

Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

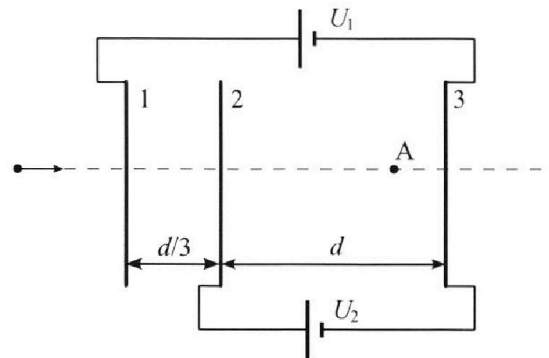
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/6$.

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 $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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 конечное давление в сосуде P . 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 2U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.

2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

$$\frac{405 \cdot 9}{36 \cdot 1045} = \frac{45}{45}$$

$$\frac{V - \frac{12}{4} \frac{V^3}{6} - \frac{V^2}{6}}{12 \sqrt{3} V - V} = \frac{7V}{12}$$

$$\frac{265}{140}$$

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

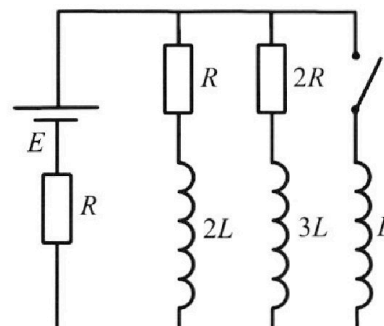
Вариант 11-02

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

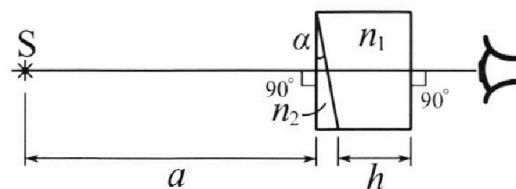
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L 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.



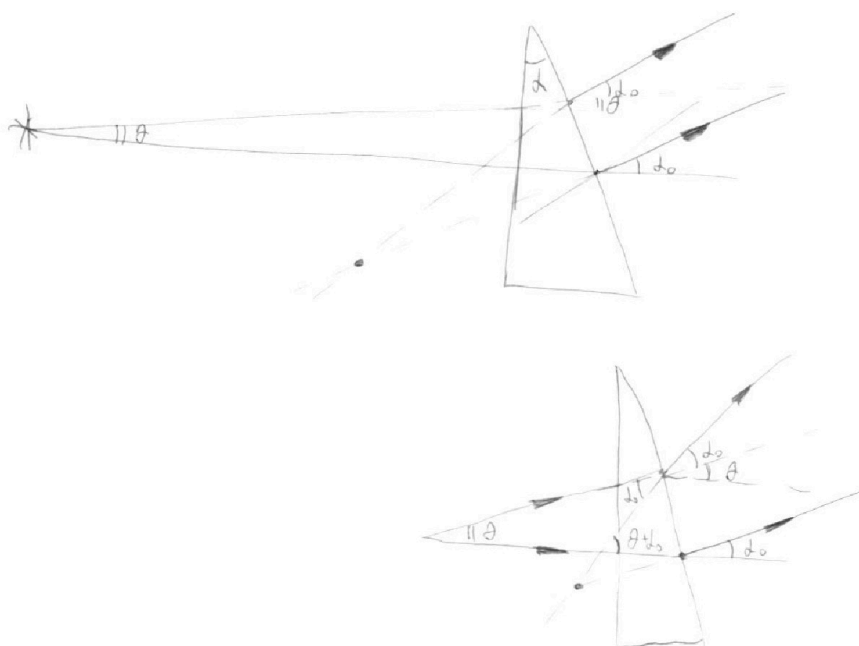
5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.

3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, 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
<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!



Задача №1

1) $a(t) = v'(t)$, чтобы найти производную, найдем касательную к v

$$a_0(1/c) = \frac{\Delta v(1/c)}{\Delta t} \approx \frac{3 \frac{m}{c}}{10c} \approx 0,3 \frac{m}{c^2}$$

2) $v_{yч} \cdot F_k = P$ где P - мощность, а $v_{yч} = 30 \frac{m}{c}$ - по графику

$$F_{01} \cdot v_{yч} = P = v_{yч} \cdot F_k \rightarrow F_{01} = \frac{F_k v_{yч}}{v} = \frac{405 \cdot 30^0}{27} H = 450 H, \text{ где } F_{01} - \text{сила тяги машины}$$

$$F_{01} - F_1 = ma_0 \rightarrow F_1 = F_{01} - ma_0 = 450 H - 300 \text{ кг} \cdot \frac{3}{10} \frac{H}{kg} = 360 H$$

$$3) \lambda = \frac{F_1}{F_{01}} = \frac{360 H}{450 H} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Ответ: $a_0 = 0,3 \frac{m}{c^2}$, 2) $F_1 = \frac{F_k v_{yч}}{v} - ma_0 = 360 H$ 3) $\frac{F_k v_{yч}}{v} - ma_0 = 360 H$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

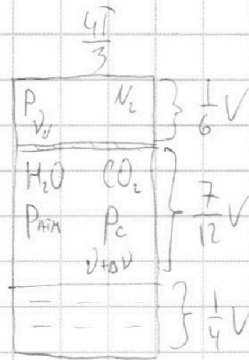
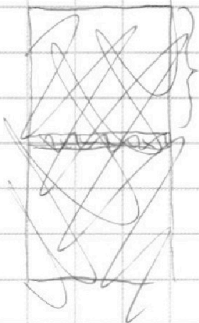
1 2 3 4 5 6 7



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



Задача №2



$$1) \frac{1}{2} P^* V = \frac{4}{16} \nu_w RT$$

$$\frac{1}{4} P^* V = \nu RT$$

~~$$\frac{1}{4} P^* V = \nu RT$$~~
$$2\nu = \nu_w \rightarrow \frac{\nu_w}{\nu} = 2$$

$$2) \frac{1}{2} P^* V = \nu RT$$

$$\frac{1}{6} P V = \frac{4}{3} \nu RT$$

$$\frac{3P^*}{P} = \frac{3}{4} \rightarrow P = 4P^* \rightarrow P^* = \frac{1}{4}P; \frac{1}{16} P V = \nu RT \rightarrow \nu = \frac{P V}{16 R T}$$

$$3) \Delta \nu = \frac{1}{4} k P^* V = \frac{1}{16} k P V, \text{ по закону Дальтона: } P = P_c + P_{atm} \rightarrow P_c = P - P_{atm}$$

$$\frac{1}{4} P^* V = \nu RT$$

$$\frac{7}{12} (P - P_{atm}) = \left(\nu + \frac{1}{16} k P V \right) RT$$

$$\frac{P_{atm}}{P} = \frac{25^{15}}{28} \cdot \frac{27}{140} = \frac{125 \cdot 27}{140} = \frac{98}{140} = \frac{49}{70} = \frac{7}{10}$$

$$\frac{7}{3} \frac{P - P_{atm}}{P^*} = \frac{\nu + \frac{1}{16} k P V}{\nu}$$

$$\frac{P_{atm}}{P} = \frac{7}{10} \rightarrow P = \frac{10}{7} P_{atm}$$

$$\frac{28}{3} \frac{P - P_{atm}}{P} = \frac{\nu + \frac{1}{16} k P V}{\nu}$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_w}{\nu} = \frac{4}{2} = 2$
2) $P = \frac{10}{7} P_{atm}$

$$\frac{28}{3} - \frac{28}{3} \cdot \frac{P_{atm}}{P} = 1 + \frac{\frac{1}{16} k P V \cdot 16 R T}{P V} = 1 + k R T \quad | \cdot \frac{3}{28}$$

$$1 - \frac{P_{atm}}{P} = \frac{3}{28} (1 + k R T)$$

$$\frac{P_{atm}}{P} = 1 - \frac{3}{28} (1 + k R T) = \frac{25}{28} - \frac{3}{28} k R T = \frac{25}{28} - \frac{3}{28} \cdot \frac{9}{5}$$

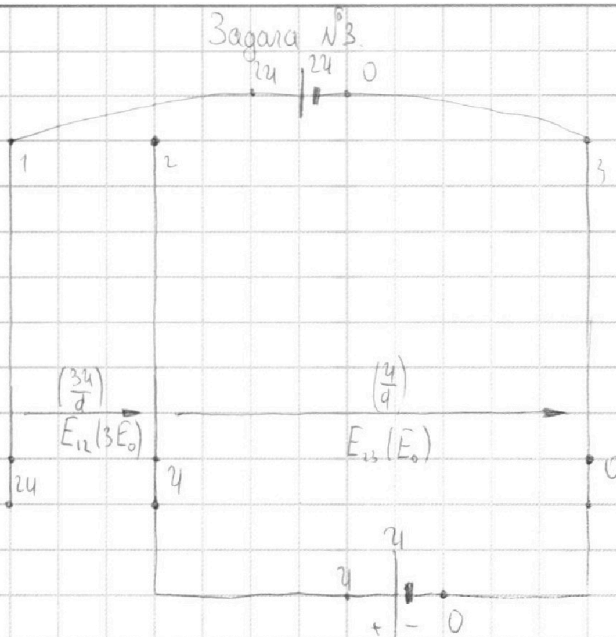
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) Отметки потенциалов на пластинках, пусть $\varphi_3 = 0$, тогда: см. рис

$$q_z = 0 \rightarrow E_{вн} = 0$$

2) ЗЗН: $E_{23} q = m a_{23} \rightarrow a_{23} = \frac{E_{23} q}{m} = \frac{u q}{d m}$

$$2u - u = E_{12} \cdot \frac{d}{3} \rightarrow E_{12} = \frac{3u}{d} = 3E_0$$

3) Кинематика РДУ:

$$u - 0 = E_{23} \cdot d \rightarrow E_{23} = \frac{u}{d} = E_0$$

а) $v_1^2 = v_0^2 + a_{12} t^2$
 $v_2^2 - v_0^2 = 2 \cdot a_{12} \cdot \frac{d}{3}$, где $a_{12} = 3a_{23} = \frac{3uq}{dm}$

б) $v_A^2 - v_2^2 = 2 \cdot a_{23} \cdot \frac{2d}{3}$

$$v_2^2 = v_0^2 + 2 \cdot \frac{3uq}{dm} \cdot \frac{d}{3} = v_0^2 + \frac{2uq}{m}$$

$$v_A^2 = v_0^2 + \frac{2uq}{m} + \frac{4uq}{3m}$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10uq}{3m}}$$

д) $v_3^2 + v_2^2 = 2 \cdot a_{23} \cdot d = 2 \cdot \frac{uq}{dm} \cdot d = \frac{2uq}{m}$

Ответ: 1) $a_{23} = \frac{uq}{dm}$

$$v_3^2 = v_2^2 + \frac{2uq}{m} = v_0^2 + \frac{4uq}{m}$$

2) $\Delta K = uq$

$$K_3 = \frac{1}{2} m v_3^2$$

3) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10uq}{3m}}$

$$\Delta K = K_3 - K_2 = \frac{1}{2} m (v_3^2 - v_2^2) = \frac{1}{2} m \left(\frac{2uq}{m} \right) = uq$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

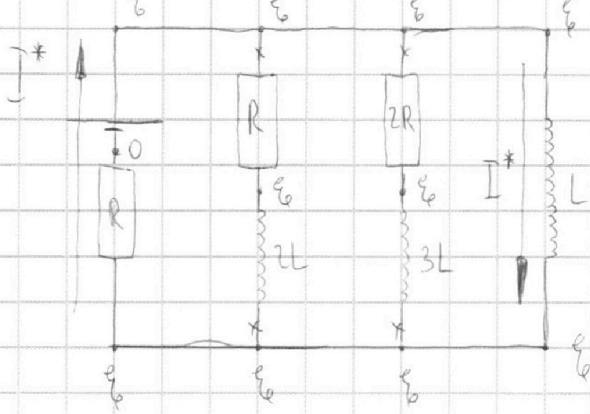
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

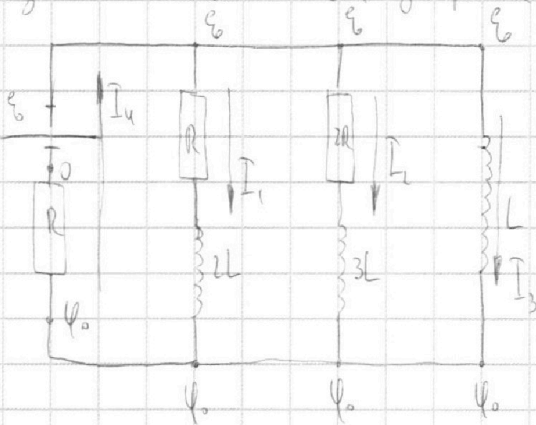


2) Уч. состояние после замыкания ключа: $U_L = U_{2L} = U_{3L} = 0$



$$I^* = \frac{\mathcal{E}_0}{R}$$

3) Произвольный момент после закрытия ключа:



$$\begin{aligned} \mathcal{E}_0 - \varphi_0 &= L I_3' \\ \mathcal{E}_0 - \varphi_0 &= I_1 R + 2L I_1' \\ \mathcal{E}_0 - \varphi_0 &= 2I_2 R + 3L I_2' \\ I_1 + I_2 + I_3 &= \frac{\mathcal{E}_0}{R} \end{aligned}$$

$$L \cdot I_3' = 2I_2 R + 3L I_2' \quad | \cdot \Delta t$$

$$L \Delta I_3 = 2I_2 \Delta t R + 3L \Delta I_2 \quad (*)$$

Продифференцируем (*) за Δt время закрытия ключа:

$$L \Sigma \Delta I_3 = 2R \Sigma I_2 \Delta t + 3L \Sigma \Delta I_2$$

$$L I^* = 2R \cdot q_{2R} + 3L(0 - I_{20})$$

$$L \frac{\mathcal{E}_0}{R} = 2R q_{2R} + 3L \cdot I_{20} = 2R q_{2R} - 3L \cdot \frac{\mathcal{E}_0}{5R} \quad | \cdot 5R$$

$$5L \mathcal{E}_0 = 10R^2 q_{2R} - 3L \mathcal{E}_0$$

$$q_{2R} = \frac{2L \mathcal{E}_0}{10R^2} = \frac{4L \mathcal{E}_0}{5R^2}$$

Ответ: $q_{2R} = \frac{4L \mathcal{E}_0}{5R^2}$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{\mathcal{E}_0}{5R}$

2) $I^* = \frac{2\mathcal{E}_0}{5L}$

3) $q = \frac{4L \mathcal{E}_0}{5R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



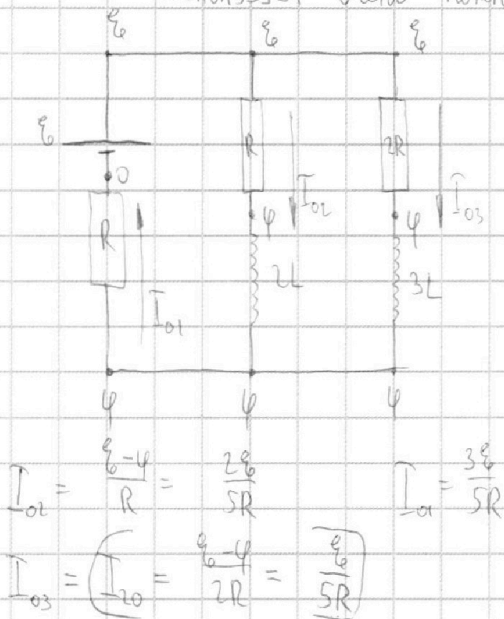
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



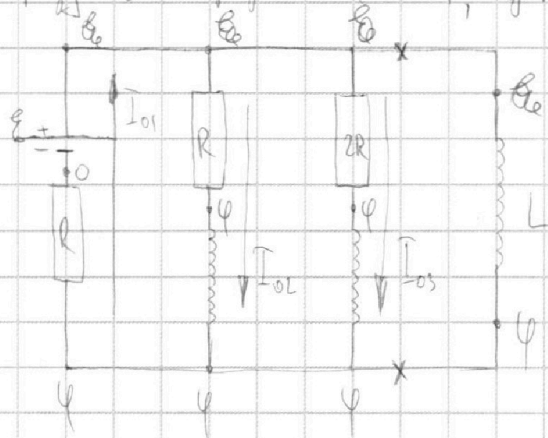
Задача №4.

0) Уст. состояние до замыкания ключа: $u_1=0$; $u_2=0$

Используем метод потенциалов:



1) Сразу после размыкания ключа, упрям, что ток на катушке скачком не меняется



$\varphi - 0 = L \cdot I' \rightarrow I' = \frac{\varphi}{L} = \frac{3\varepsilon}{5L}$
 $\varepsilon - \varphi = L \cdot I' \rightarrow I' = \frac{\varepsilon - \varphi}{L} = \frac{2\varepsilon}{5L}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

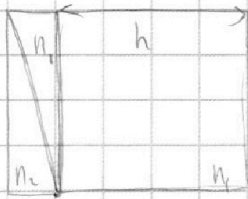
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



3)



Из всего выходящего мы знаем, что:

а) призма n_2 поднимит l на $\delta_2 = a \cdot n_2 \cdot l = 16 \text{ см}$

б) призма n_1 опустит l на $\delta_1 = a \cdot n_1 \cdot l = 18 \text{ см}$

в) ППП сдвинет l вправо на $n = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) = 9 \text{ см} \cdot \frac{4}{5} = 7.2 \text{ см}$

Итоговая сдвиг: $\sqrt{a^2(n_1 - n_2)^2 + h^2 \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^2} = 2\sqrt{5} \text{ см}$

Ответ:

1) $0,03 \text{ рад} = n_2 \cdot l$

2) $a \cdot n_2 \cdot l = 16 \text{ см}$

3) $2\sqrt{5} \text{ см}$

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

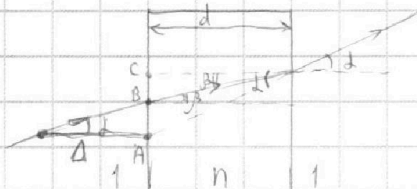
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача №5.

а) Перед решением задачи докажем некоторые usefulные факты:

а) падение параксимального луча на ППТ шириной d и пок. прел. n (α -малый угол)



$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$, но углы малы \rightarrow

$\alpha = n \beta$

$AB = n \sin \alpha \approx n \cdot \alpha$

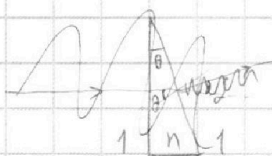
$\rightarrow n \cdot \alpha + \frac{d \cdot \alpha}{n} = d \cdot \alpha \quad | : \alpha$

$BC = d \cdot \tan \beta \approx d \cdot \beta = \frac{d \cdot \alpha}{n}$

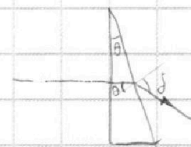
$AC = d \cdot \tan \alpha \approx d \cdot \alpha$

$\Delta = d \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ - смещение Δ .

б) падение параксимального луча на призму с малым углом θ и пок. прел. n



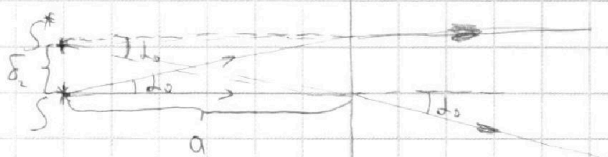
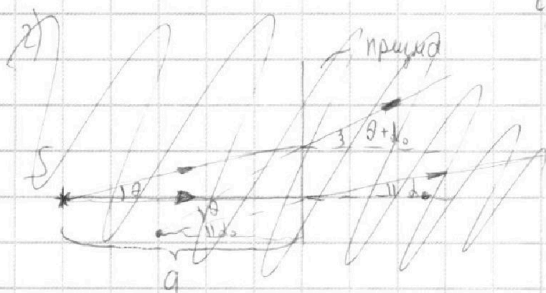
$n \theta = j \rightarrow j = n \theta$ - угол отклонения луча,
известно, что j не зависит от катетового
угла падения



Решение:

1) Луч падает на призму \rightarrow угол отклонения $\theta_0 = n_2 \alpha = \frac{1}{20} \cdot \frac{8}{5} = \frac{8}{100} \text{ рад} = 0,08 \text{ рад}$ (из п.б))

2) Пусть параксимальный луч под углом α_0 ,
он выйдет нормально к преломл. поверхности - преломл. 2



$\delta_0 = a \cdot \tan \alpha_0 \approx a n_2 \alpha$

$\delta_0 = a n_2 \alpha = 200 \text{ см} \cdot 0,08 = 16 \text{ см}$

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!

Задача №2 $\frac{4T_0}{3} = 100^\circ\text{C}$

ЧЕРНОВИК

T_0		
$\frac{1}{2}V$	$\frac{1}{4}V$	$\frac{1}{6}V$
$\frac{1}{4}V_0$	$\frac{1}{4}V_0$	$\frac{1}{4}V_0$
$\frac{1}{4}V$	$\frac{1}{4}V$	$\frac{1}{4}V$

$\left. \begin{array}{l} N_2, \nu_N \\ V_1, p_1' \end{array} \right\} \frac{1}{6}V$
 $\left. \begin{array}{l} N_2, \nu_N \\ \frac{1}{6}V, p^* \end{array} \right\} \frac{1}{6}V$
 $\frac{1}{4} p_{\text{atm}} V_0 =$

$\left. \begin{array}{l} H_2O, \nu_{H_2O} \\ p_{\text{atm}}, \nu_{H_2O} \end{array} \right\} \frac{7V}{12}$
 $\left. \begin{array}{l} CO_2, \nu_{CO_2} \\ p_2^*, \nu_{CO_2} \end{array} \right\} \frac{7V}{12}$

$\left. \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right\} \frac{V}{4}$

a) $p_{\text{atm}}^* = p_0 = p_{\text{atm}}$, т.ч. $T = 100^\circ\text{C}$

$p_{\text{atm}} V_0 = \nu_{\text{atm}} RT_0$ ← уравнение Менделеева-Клапейрона

$p_2 V_0 = \nu_2 RT_0$

$p_1' V_1 = \nu_1 RT_0$, по 3. Дальтона: $p_1' = p_{\text{atm}} + p_2$

$\frac{p_1' V_0 = (\nu_1 + \nu_2) RT_0}{p_1' V_1 = \nu_1 RT_0} \rightarrow \frac{V_0}{V_1} = \frac{\nu_1 + \nu_2}{\nu_1} = \frac{3\nu_2}{4\nu_1}$

б) H_2O $V_1 = V_0 + \frac{1}{4}V \rightarrow V_0 = \frac{1}{4}V, V_1 = \frac{1}{2}V$

$\lambda = \frac{\nu_1}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{V}{V_0} = \frac{0,5V}{0,25V} = 2$

в) $p_1' = p_{\text{atm}}$ $p_1' \cdot \frac{1}{2}V = \nu_1 RT_0 \rightarrow \frac{3p_1'}{p^*} = \frac{3}{4} \rightarrow p^* = 4p_1'$

$p^* \cdot \frac{1}{6}V = \frac{4}{3} \nu_2 RT_0$

$p^* = p_0 + p_2^*$

$\frac{1}{4} p_2 V = \nu_2 RT_0$

$\frac{7}{12} p_2^* V = \frac{4}{3} (\nu_1 + \nu_2) RT_0$

$\frac{7}{3} = \frac{4}{3} \frac{\nu_1 + \nu_2}{\nu_2} \rightarrow 4\nu_1 + 4\nu_2 = 7\nu_2 \rightarrow 3\nu_1 = 3\nu_2 \rightarrow \nu_1 = \nu_2 = \frac{3\nu_2}{4}$

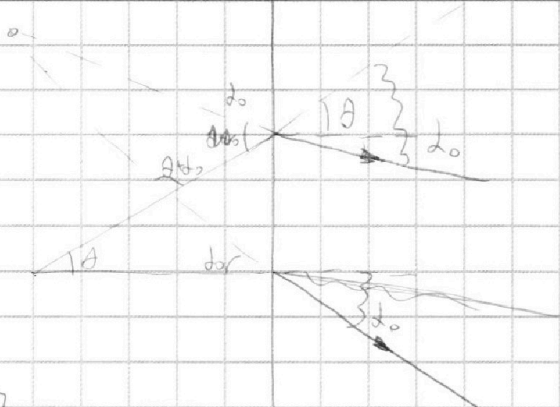
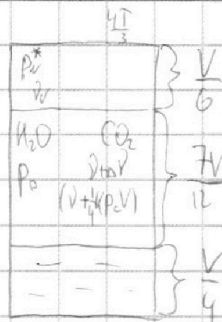
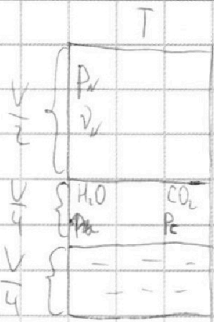
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



$$1) \frac{1}{2} p_w V = \nu R T$$

$$\frac{1}{6} p_w^* V = \frac{4}{3} \nu R T$$

$$\frac{1}{3} \frac{p_w^*}{p_w} = \frac{4}{3} \rightarrow p_w^* = 4 p_w$$

$$p_0 = p$$

$$T = T_0 - \Delta T_0$$

$$2) p_w = p_0 + p_c$$

$$4 p_w = p_0 + p_c^*$$

$$\frac{1}{4} p_c V = \nu R T$$

$$\frac{7}{12} p_c^* V = \frac{4}{3} (\nu + \nu) R T$$

$$\frac{7}{3} \frac{p_c^*}{p_c} = \frac{4}{3} \frac{\nu + \nu}{\nu}$$

$$7 p_c^* = \frac{\nu + \frac{1}{4} k p_c V}{\nu}$$

$$3) \frac{1}{4} p_0 V = \nu R T$$

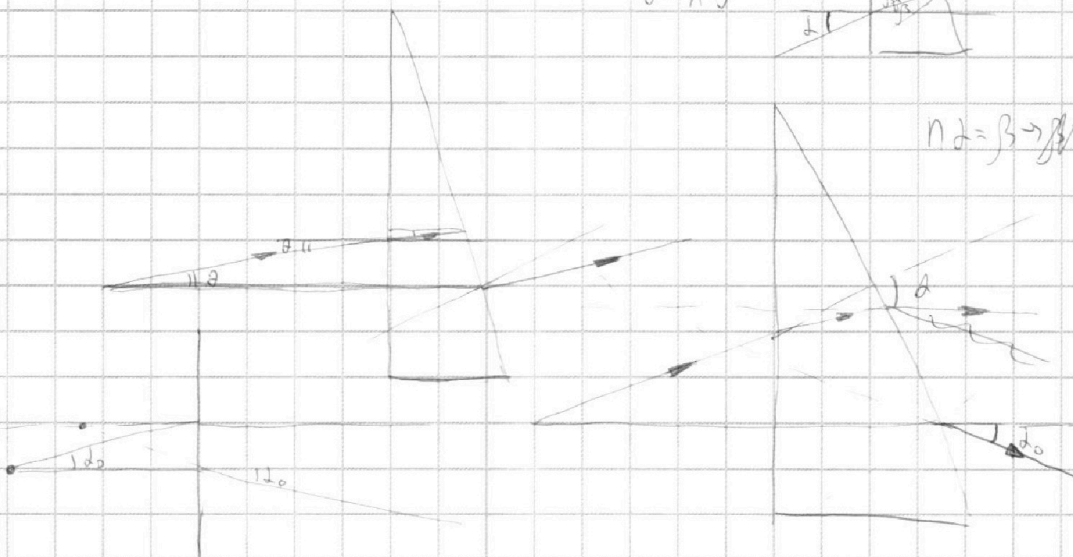
$$\frac{1}{4} p_c V = \nu R T$$

$$\frac{1}{2} p_w V = \nu R T$$

$$\frac{p_c}{2 p_w} = \frac{\nu_c}{\nu_w}$$

$$\theta = n \theta^*$$

$$n \Delta = \beta \rightarrow \beta \Delta$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

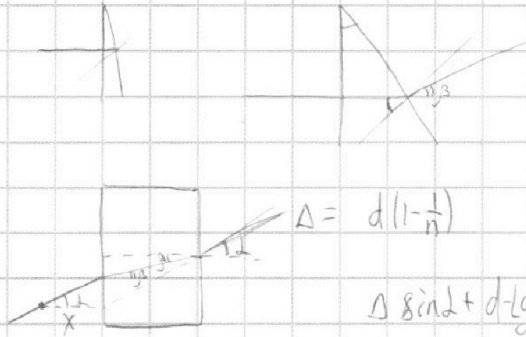


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

$$n_3 = \beta$$



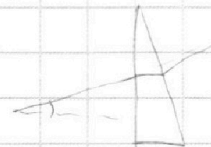
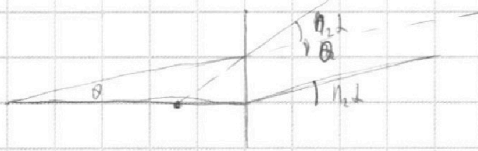
$$\Delta = d(1 - \frac{1}{n})$$

$$\Delta \sin \alpha + d \sin \beta = d \sin \alpha$$

$$n_3 = 2 \rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n}$$

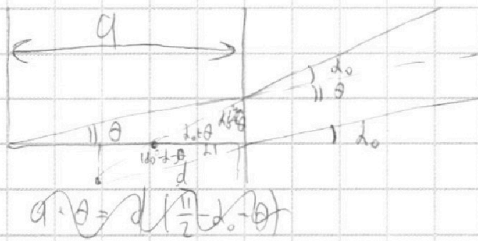
$$L \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = I_1 R + 2L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \cdot \Delta t$$

$$\Delta x + d\beta = d\alpha \rightarrow \alpha = d \left(\frac{\alpha + \beta}{x} \right) = d(1 - \frac{1}{n})$$



$$L_0 I_3 = I_1 R + 2L_0 I_1$$

$$L I_3 = q_1 R +$$

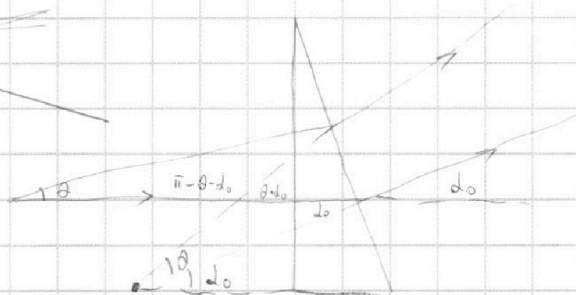
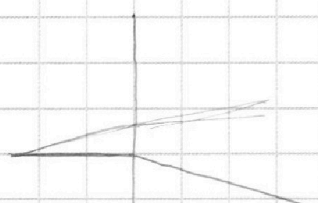


$$a \cdot \theta = d \left(\frac{n}{2} - d_0 - \theta \right)$$

$$a\theta = d d_0 + d\theta$$

$$d = \frac{a\theta}{d_0 + \theta}$$

$$d_0^2 = (d_0 + \theta)^2 + d^2 - d^2$$



$$a\theta = d\alpha + d d_0$$

