



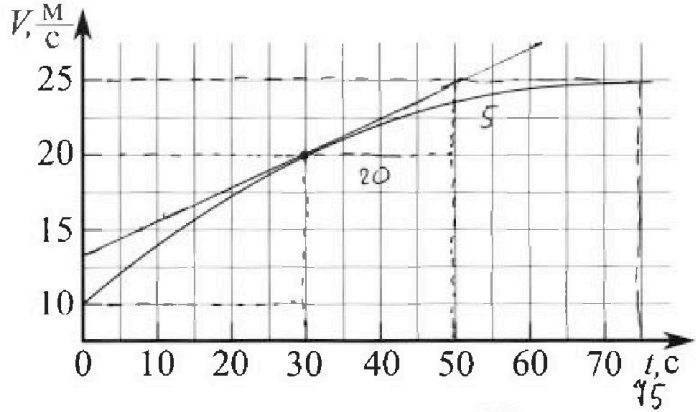
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $v_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости v_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости v_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

$$P \cdot t = F \cdot S \quad P = F \cdot v$$

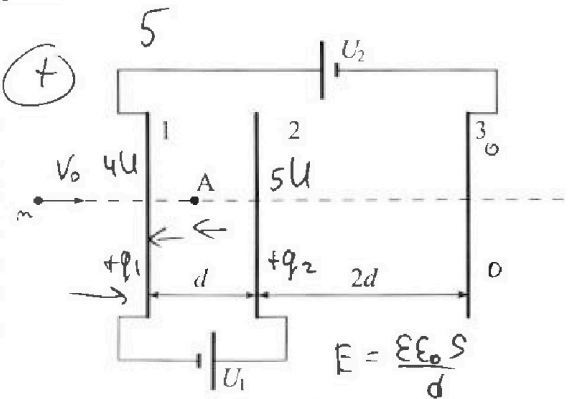


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

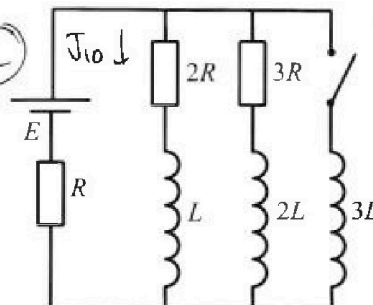
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



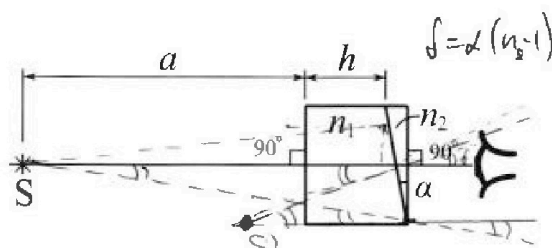
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_0 = 1,0$. 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 $n_1 = n_0 = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_0 = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.

$n_1 \alpha = n_2 \beta$

$n_2 > n_1, \beta = \frac{\alpha}{n_2} < \alpha$

$\left(\frac{n-n_0}{n_0}\right) \cdot \alpha$

n_2

$\varphi_1 = \frac{n_0}{n_1} \cdot \delta$

$180 - \alpha - 90 - \varphi_1 = 90 - (\alpha + \varphi_1)$

$\varphi_2 = \alpha + \varphi_1$

$\delta \sin n_0 =$

$n_0 \cdot \delta = n_1 \cdot \varphi_1; \varphi_1 = \frac{n_0}{n_1} \cdot \delta$

$\varphi_2 = \alpha + \frac{n_0}{n_1} \cdot \delta$

$n_1 \cdot \varphi_2 = n_2 \cdot \varphi_3; \varphi_3 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \varphi_2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

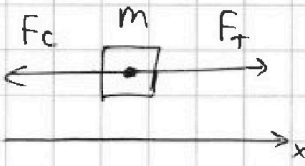
МФТИ

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



① $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$, при $V_1 = 20$ м/с коэффициент трения, касательной к графику численно равен $\frac{5}{20} = \frac{1}{4}$, т.е.

Ответ: $a = 20,12$ $\boxed{a_1 = \frac{1}{4} \text{ м/с}^2}$ тангенс угла наклона

②  $\vec{F}_T + \vec{F}_c = m\vec{a}$, $F_T + F_c = ma$, $F_c = -k \cdot v$
 $F_T - k v = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$

F_T и $k v$ В конце разгона $a=0$, $F_T = F_k = k \cdot v_k$

Из графика: график $v(t)$ становится \parallel оси Ox ($a=0$) при $t_k = 45$ с, $v_k = 25$ м/с;

$$k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Ответ:

$$F_1 = k v_1 + m a_1 = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot \frac{1}{4} = 400 + 450 = \boxed{850 \text{ Н}}$$

$$\textcircled{3} P_1 = F_1 \cdot v_1 = 850 \cdot 25 = 21250 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \boxed{21,25 \text{ кВт}} = 21,25 \cdot 10^3 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 21,25 кВт.

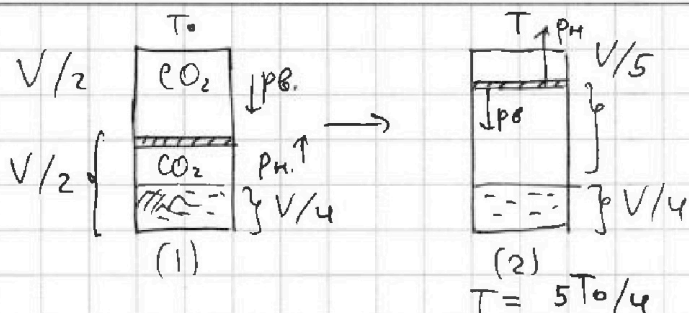
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\Delta J = k p v$$

$$w = V/u = \text{const}$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$V'_{\text{CO}_2} = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 4V - 5V}{20}$$

$$V'_{\text{CO}_2} = \frac{11}{20} V$$

(1) $\frac{pV}{2} = \frac{JRT_0}{2}$; т.к. поршень невесом, то $p_v = p_n$.

$$\frac{p_n \cdot V}{4} = J_n \cdot RT_0; \quad \frac{\partial v}{\partial n} = \frac{p_v V_n}{p_n \cdot V} \cdot \frac{4}{2} = \boxed{2} \leftarrow \text{Ответ}$$

(2) $\Delta J_{\text{CO}_2} = k \cdot p_v \cdot V/4 \leftarrow \text{в воде}$

(2) т.к. при $T = \frac{5}{4} T_0$ CO_2 не р-м в H_2O , то весь растворённый

$$\text{CO}_2 \text{ перешёл в пар. } p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = (J_n + \Delta J_{\text{CO}_2}) \cdot \frac{RT}{11/20 V}$$

$$p'_n = p'_v = \frac{J_v \cdot RT}{V/5} = p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) + p_{\text{H}_2\text{O}}; \quad \text{Пусть } J_n = J, \quad J_v = 2J$$

$$p_v = \frac{2JRT_0}{V/2}, \quad p'_v = \frac{2JRT}{V/5}, \quad p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = p_v \cdot \frac{JRT}{11/20 V} + \frac{k p_v V}{4} \cdot \frac{RT}{11/20 V}$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{JRT}{11/20 V} + \frac{kRT}{11/5} \cdot \frac{2JRT_0}{V/2} = \frac{JRT}{V} \left(\frac{20}{11} + \frac{2kRT_0 \cdot 10}{11} \right)$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{JRT \cdot 20}{V \cdot 11} \cdot \left(1 + kRT_0 \right) = \frac{JR}{V} \cdot \frac{20}{11} \cdot \left(T + k \cdot RT \cdot T_0 \right)$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{20}{11} \cdot \frac{JR}{V} \cdot \left(\frac{5T_0}{4} + \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot T_0 \right)$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{20}{11} \cdot \frac{JR}{V} \cdot \left(\frac{5}{4} T_0 + T_0 \cdot \frac{4}{4} \right) = \frac{20}{11} \cdot \frac{JR}{V} \cdot \frac{9}{4} T_0$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{5 \cdot 9}{11} \cdot \frac{JRT_0}{V} = p'_v - p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{JRT_0 \cdot 5 \cdot 5}{4V} - p_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\frac{45}{11} \cdot \frac{JRT_0}{V} = \frac{25}{4} \cdot \frac{JRT_0}{V} - p_{\text{H}_2\text{O}}; \quad p_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{25 \cdot 11}{44} - \frac{45 \cdot 4}{44} \right) \frac{JRT_0}{V}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{245 - 180}{44} \frac{JRT_0}{V} = \frac{95}{44} \cdot \frac{JRT_0}{V} = p_{\text{насыщ. паров при } T} = p_{\text{атм}}(T)$$

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!

$$\frac{p_{\text{атм}}(T_0)}{p_{\text{атм}}(T)} = \frac{T_0}{T} = \frac{4}{5}; \quad p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{4}{5} \cdot p_{\text{атм}}(T) = \frac{4}{5} \cdot \frac{95}{44} \cdot \frac{\rho R T_0}{V}$$

$$p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{19}{11} \cdot \frac{\rho R T_0}{V}; \quad p_0 = p_B = p_M = \frac{\rho R T_0}{V/2} = \frac{2 \cdot \rho R T_0}{V}$$

$$\frac{p_0}{p_{\text{атм}}(T_0)} = \frac{2}{19/11} = \frac{22}{19}; \quad p_0 = \frac{22}{19} p_{\text{атм}}$$

② Ответ: $22/19$ или $p_0 = \frac{22}{19} p_{\text{атм}}$.

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 checked="" 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!

$$E_{13,x} + E_{12,x} = \frac{4U}{3d} - \frac{U}{d} = \frac{4U - 3U}{3d} = \frac{U}{3d} = E_0$$

$$\textcircled{1} F = qE_0 = ma, \quad |a_x| = \frac{U \cdot q}{3dm} \leftarrow \text{Ответ}$$

$$\textcircled{2} K_1 = \frac{mV_0^2}{2}; \quad d = \frac{V^2 - V_0^2}{2a_{12}} \Rightarrow V^2 = 2a_{12} \cdot d + V_0^2$$

$2a_{12} \leftarrow \text{ноф. не РУ.К}$

$$K_2 = \frac{mV^2}{2} = a_{12} \cdot dm + \frac{mV_0^2}{2}; \quad \Delta K = K_1 - K_2 = -a_{12} \cdot d \cdot m$$

$$\Delta K = -\frac{U \cdot q}{3} \leftarrow \text{Ответ}$$

$$\textcircled{3} \frac{d}{3} = \frac{V_A^2 - V_0^2}{2a_{12}}; \quad V_A^2 = V_0^2 + \frac{2}{3} d \cdot a_{12} = V_0^2 + \frac{2}{3} \frac{Uq}{m}$$

$$\text{Ответ: } V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{2}{3} \cdot \frac{Uq}{m}}$$

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 черновком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$E = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\gamma} = \frac{\varepsilon_0 S}{\gamma} = \frac{\Delta \varphi}{\gamma} \quad (\gamma - \text{расстояние между сетками})$$

$$\Delta \varphi_{13} = 4U; \quad \Delta \varphi_{21} = U; \quad \Delta \varphi_{23} = 5U$$

$$E_{13,x} = \frac{4U}{3d}; \quad E_{12,x} = -\frac{U}{d}; \quad E_{23,x} = \frac{5U}{2d}$$

Проекция E на Ox:

$$\textcircled{1} F = Eq; \quad ma = aEq, \quad a = \frac{Eq}{m}; \quad a_{12} = -\frac{Uq}{dm}$$

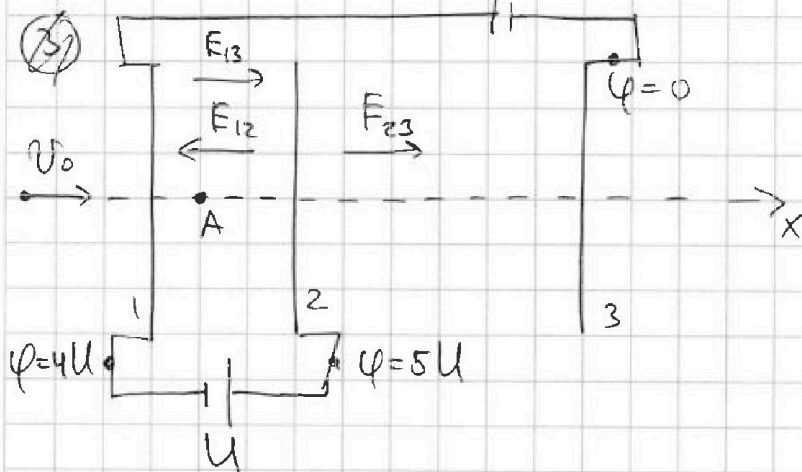
$$\text{Ответ: } |a| = \frac{U}{dm} \cdot q$$

$$\textcircled{2} K_1 = \frac{mV_0^2}{2}, \quad K_2 = \frac{mV^2}{2}, \quad d = \frac{V^2 - V_0^2}{2a_{12}} = \frac{V^2 - V_0^2}{-2Uq/dm}$$

$$\frac{2Uq}{m} = V^2 - V_0^2; \quad V^2 = V_0^2 - \frac{Uq \cdot 2}{dm}$$

$$K_2 = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{2Uq}{dm}; \quad \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{2Uq}{dm} \cdot q$$

$$\text{Ответ: } \frac{2Uq}{dm} \cdot q$$



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. Порча QR-кода недопустима!

$$③ \quad 2q_1 R = L \cdot (3 \Delta J_3 - \Delta J_1), \quad \Delta J_3 = E/R, \quad \Delta J_1 = -\frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

$$q_1 = \frac{L}{2R} \left(\frac{3E}{R} + \frac{3}{11} \frac{E}{R} \right) = \frac{EL}{2R^2} \left(3 + \frac{3}{11} \right) = \frac{EL}{2R^2} \cdot \frac{36}{11} = \frac{18}{11} \frac{EL}{R^2}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } q_1 = \frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}}$$

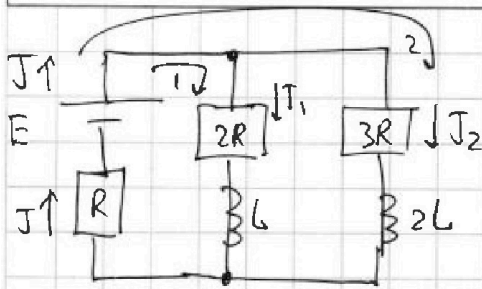
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$1) E - 2RJ_1 - JR = 0 - L \frac{dJ_1}{dt} = 0$$

$$2) E - 3RJ_2 - JR - 2L \frac{dJ_2}{dt} = 0$$

Режим установился $\Rightarrow \varepsilon_{\text{инд.}} = 0$

$$E - J_1 \cdot 2R - JR = 0; E - 3RJ_2 - JR = 0$$

$$R_{\text{одн}} = \frac{2R \cdot 3R}{5R} + R = \frac{6}{5}R + R = \frac{11}{5}R; J = \frac{E}{R_{\text{одн}}} = \frac{5 \cdot E}{11 \cdot R}$$

$$2R \cdot J_1 = 3R \cdot J_2 \Rightarrow J_2 = \frac{2}{3}J_1; J = J_1 + J_2 = J_1 \left(1 + \frac{2}{3}\right) = \frac{5}{3}J_1$$

$$1) J_{10} = \frac{3}{5}J = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R} \quad \text{Ответ}$$

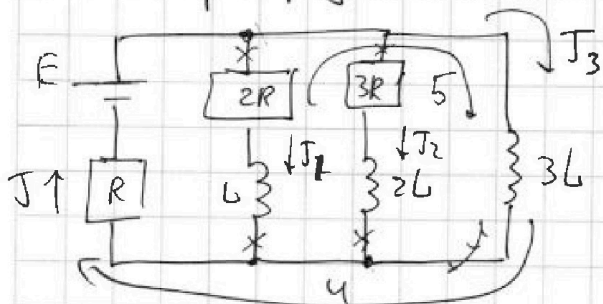
$$2) E - 3L \frac{dJ_3}{dt} - JR = 0; \frac{dJ_3}{dt} = \frac{E - JR}{3L}$$

Сразу после замыкания ключа тока через катушку (3L)

не будет, т.е. $J = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R}$, $\frac{dJ_3}{dt} = \frac{E}{3L} \left(1 - \frac{5}{11}\right) = \frac{6}{11} \cdot \frac{E}{3L}$

$$\text{Ответ: } \frac{dJ_3}{dt} = \frac{2E}{11 \cdot L}$$

3) В установившемся режиме "после" замыкания ключа: ток распределен также, как и в уст. режиме "до".



$$J = E/R = J_3$$

$$4) E - 3L \frac{dJ_3}{dt} - JR = 0$$

$$5) L \frac{dJ_1}{dt} + J_1 \cdot 2R - 3L \frac{dJ_3}{dt} = 0$$

$$2J_1 R = \frac{dJ_1}{dt} (3L \frac{dJ_3}{dt} - dJ_1)$$

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

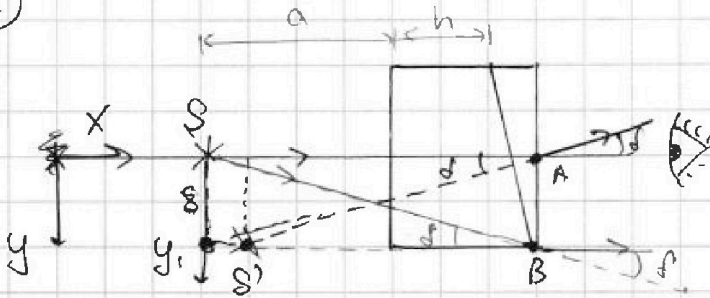
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



① Луч, \perp левой грани системы не преломится в призме с показателем n_1 ; т.е. угол δ отклонения составит

$$\delta = \alpha (n_2 - n_0) = 0,1 \cdot 0,7 = \boxed{0,07 \text{ рад}}, \text{ т.к. } n_1 = n_0 = 1$$

②



Проведём луч, который после преломления в призме пошёл горизонтально (|| оси S-глаз). Т.к. угол $\delta = 0,07 \text{ рад}$ одинаков для всех лучей,

то тогда этот луч изначально шёл под углом δ к горизонтали. В координатах Oxy : $y_{\text{изобр}} = y_1 = (a+h) \tan \delta$ $y_1 = \tan \delta \cdot (a+h)$
 $y_1 \approx (a+h) \cdot \delta = \frac{203 \cdot 7}{100} \text{ см} = \frac{1421}{100} \text{ см} = 14,21 \text{ см}$

$SA \approx SB \approx a+h$, т.к. луч AS \parallel продолжению луча SB после преломления ($S'B$) и $\angle SAS' = \angle SBS' = \delta$, то $SABS'$ - вписан. четырёх. с двумя параллельными и равными сторонами $\Rightarrow SABS'$ - прямоугольник и $SS' = y_1 = \boxed{14,21 \text{ см}}$

Ответ: 14,21 см.

③ Призма с показателем преломления n_1 аналогична треугольной призме с углом α при вершине и показателем преломления n_1 .

При выходе из призмы (1) угол отклонения $\delta_1 = \alpha$

$$\delta_1 = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) + \delta \left(1 - \frac{n_0}{n_2}\right), \text{ где } \delta - \text{ угол падения}$$

Луч, идущий \perp левой грани системы отклонится после преломления в обеих призмах на $\delta_0 = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_0}\right)$, т.к. он не преломится в призме (1): по условию преломляется только в призме (2) как ось: источник-глаз

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

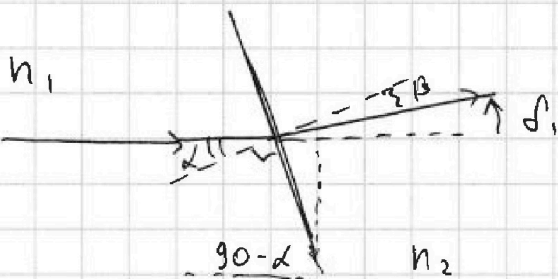
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Из решения п.2 следует, что изображение находится на одной вертикали с источником; ~~не~~

$$y_2 = \rho_2 = \cancel{0,1} \cdot \left(1 - \frac{1,5}{1,7}\right) + \delta \left(1 - \frac{1}{1,7}\right)$$

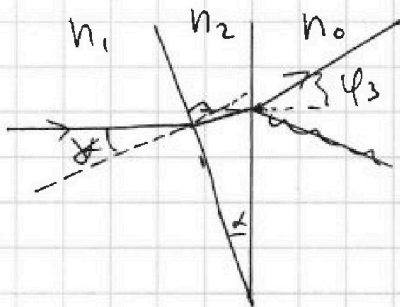
Рассмотрим луч, идущий \perp левому краю системы.
После преломления в (1) он отклонится на δ_1 .



$$n_1 \alpha = n_2 \beta, \quad \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha$$

$$\beta + \delta_1 = \alpha, \quad \delta_1 = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

После преломления в (2):



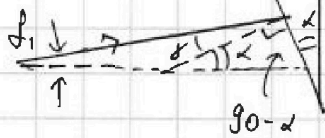
$$n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \phi_1, \quad \phi_2 = \alpha + \frac{n_1}{n_2} \cdot \delta$$

$$n_0 \phi_3 = n_2 \phi_2 = n_2 \cdot \alpha + \frac{n_2 \cdot n_1}{n_2} \cdot \delta = n_2 \cdot \alpha + n_1 \cdot \delta$$

$$\phi_3 = \rho_2 = \frac{n_2 \cdot \alpha}{n_0} + \frac{n_1}{n_0} \cdot \delta$$

n_1 n_2 n_0

$$\alpha = \delta_1 + \delta, \quad \delta = \alpha - \delta_1 = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$$



$$\rho_0 = \frac{n_2}{n_0} \cdot \alpha + \frac{n_1}{n_0} \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot \delta$$

$$\rho = \alpha \cdot \left(\frac{n}{n_0} - 1\right); \quad \delta_1 = +\alpha \cdot \left(\frac{n_1}{n_0} - 1\right); \quad \delta_2 = -\alpha \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$f = f_1 - f_2; \quad f_1 = d \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) + \delta \left(1 - \frac{n_0}{n_2} \right)$$

$$f_2 = d \left(1 - \frac{n_2}{n_0} \right) + \delta \left(1 - \frac{n_1}{n_0} \right)$$

$$\text{При } \delta = 0: \quad f = d \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) - d \left(1 - \frac{n_2}{n_0} \right)$$

$$f = d \cdot \frac{n_2}{n_0} - d \cdot \frac{n_1}{n_2} = d \left(\frac{n_2}{n_0} - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$\text{Если нет призмы (2): } f_1 = d \left(\frac{n_1}{n_0} - 1 \right), \quad \delta$$

$$\text{Если нет призмы (1): } f_2 = -d \left(\frac{n_2}{n_0} - 1 \right)$$

$$f = f_1 + f_2 = d \left(\frac{n_1}{n_0} - \frac{n_2}{n_0} \right); \quad \text{при } n_1 = n_0 = 1 \quad f = d(1 - n_2) \\ n_2 = n_0 = 1 \quad f = d(n_1 - 1)$$

$$y_2 = (a+h) \sqrt{g} f = 203 \cdot f = 203 \cdot 0,1 (-0,2)$$

$$|y_2| = 203 \cdot 0,02 = \boxed{4,06 \text{ см}}$$

⑤ Ответ: 4,06 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

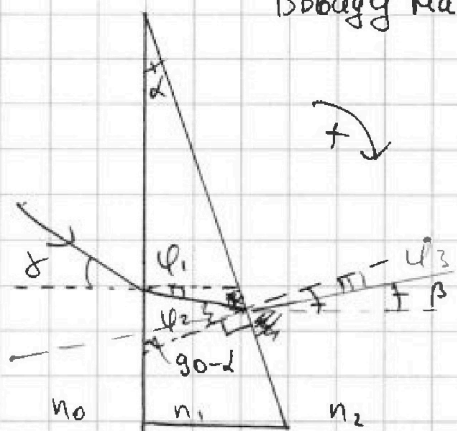
МФТИ

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

Ввиду малости углов $\sin \alpha \approx \alpha$

$$n_0 \delta = n_1 \cdot \varphi_1, \quad n_1 \cdot \varphi_2 = \varphi_3 \cdot n_2$$

$\delta_1 = \beta + \delta$, где β - угол внешнего луча с горизонталью



$$90 - \varphi_2 = 90 - (\alpha + \varphi_1), \quad \varphi_2 = \alpha + \varphi_1$$

$$\varphi_2 = \alpha + \frac{n_0}{n_1} \cdot \delta$$

$$\varphi_3 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \varphi_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha + \frac{n_0}{n_2} \cdot \delta$$

Угол отклонения $\delta = \beta + \delta$; $\beta + \varphi_3 = \alpha$, $\beta = \alpha - \varphi_3$

$$\delta_1 = \alpha + \delta - \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha - \frac{n_0}{n_2} \cdot \delta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) + \delta \left(1 - \frac{n_0}{n_2}\right)$$

↑ после преломления в (1) призме

← после преломления в (2) призме

$$\delta_2 = \alpha \left(\frac{n_2}{n_0} - 1\right) + \delta \left(\frac{n_1}{n_0} - 1\right)$$

$$\delta_0 = \delta_1 + \delta_2 = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_0} - \alpha + \delta \cdot \frac{n_1}{n_0} - \delta + \alpha - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} + \delta - \delta \cdot \frac{n_0}{n_2}$$

$$\delta_0 = \alpha \left(\frac{n_2}{n_0} - \frac{n_1}{n_2}\right) + \delta \left(\frac{n_1}{n_0} - \frac{n_0}{n_2}\right)$$

при $n_0 = n_2 = 1$: $\delta_0 = \alpha (1 - n_1) + \delta (n_1 - 1)$ $\delta = \alpha \left(n_2 - \frac{1}{n_2}\right) + \delta \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$

$$\delta_1 + \delta_2 = \alpha - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} + \delta - \delta \cdot \frac{n_0}{n_2} + \alpha \cdot \frac{n_2}{n_0} - \alpha + \delta - \delta \cdot \frac{n_1}{n_0} = 2\alpha + 2\delta - \alpha \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_0}\right) - \delta \left(\frac{n_1}{n_0} + \frac{n_0}{n_2}\right)$$

$$\delta_1 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) + \delta \left(\frac{n_0}{n_2} - 1\right), \quad \text{при } n_0 = n_2 = 1: \delta_1 = \alpha (n_1 - 1)$$

$$\delta_2 = \alpha \left(n_2 - \frac{n_2}{n_0}\right) + \delta \left(1 - \frac{n_1}{n_0}\right)$$

$$\delta_2 = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_0}\right) + \alpha \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) \left(1 - \frac{n_1}{n_0}\right) + \delta \left(\frac{n_0}{n_2} - 1\right) \left(1 - \frac{n_1}{n_0}\right)$$

$$\delta_2 = \alpha (1 - n_2) + \alpha \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) (1 - n_1) + \delta \left(\frac{1}{n_2} - 1\right) (1 - n_1)$$

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!

~~ЧЕРНОВИК~~

$$E = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{U}{d} \quad (d - \text{расстояние между сетками})$$

$$U_{13} = 4U; \quad U_{12} = U; \quad U_{23} = 5U$$

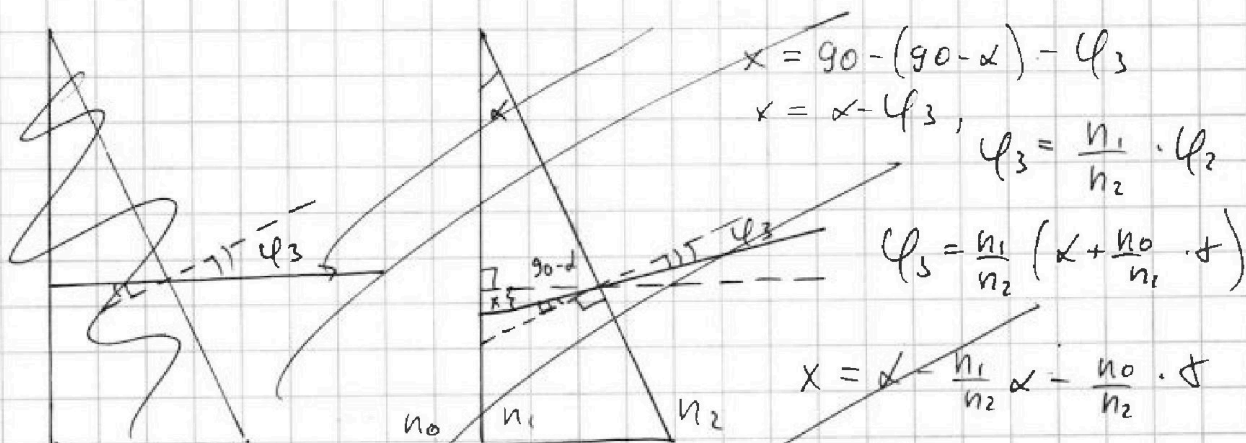
$$E_{13} = 4U/d = \frac{4}{3}Ud; \quad E_{12} = Ud; \quad E_{23} = 10Ud$$

$$\textcircled{1} \quad F = Eq = ma, \quad a_{12} = \frac{E_{12} \cdot q}{m} = \frac{Ud q}{m} \leftarrow \text{Ответ}$$

$$\textcircled{2} \quad K_1 = \frac{mV_0^2}{2}; \quad d = \frac{V^2 - V_0^2}{-2a_{12}} = \frac{V^2 - V_0^2}{-2Ud q/m}; \quad -V^2 + V_0^2 = \frac{2Ud^2 q}{m}$$

$$V^2 = V_0^2 + \frac{2Ud^2 q}{m}; \quad K_2 = \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + Ud^2 q$$

$$\Delta K = K_2 - K_1 = Ud^2 q \leftarrow \text{Ответ}$$



$$\beta = x + \beta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha - \frac{n_0}{n_2} \beta + \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) + \beta \left(1 - \frac{n_0}{n_2} \right)$$