



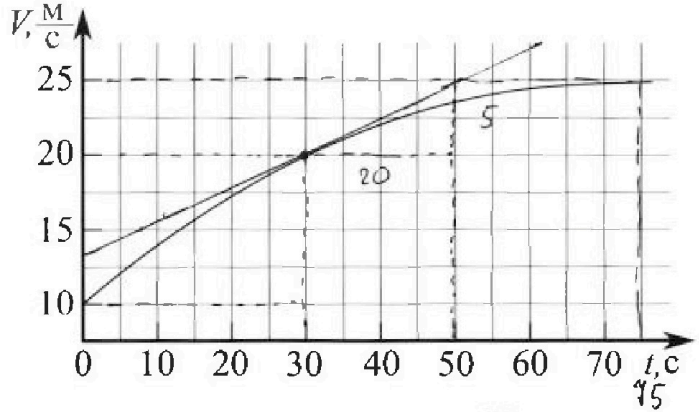
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

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

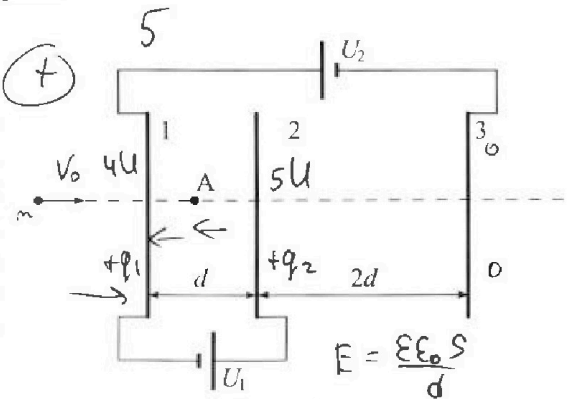


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный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

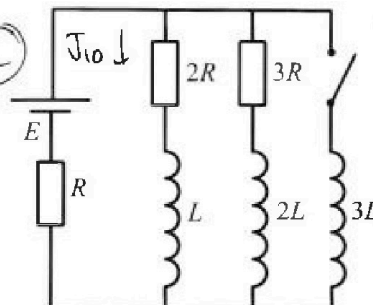
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



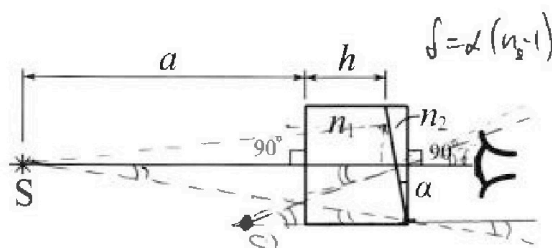
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

$$n_1 \alpha = n_2 \beta$$

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

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

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

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

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

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

$$\varphi_2 = \alpha + \varphi_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

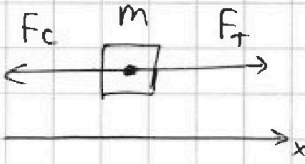
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

① $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$, 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  $\vec{F}_T + \vec{F}_c = m\vec{a}$, $F_T + F_c = ma$, $F_c = -k \cdot V$
 $F_T - kV = ma = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$

F_T и kV В конце разгона $a=0$, $F_T = F_k = k \cdot V_k$

Из графика: график $V(t)$ становится \parallel оси Ot ($a=0$) 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:

$$F_1 = kV_1 + ma_1 = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot \frac{1}{4} = 400 + 450 = \boxed{850 \text{ Н}}$$

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.

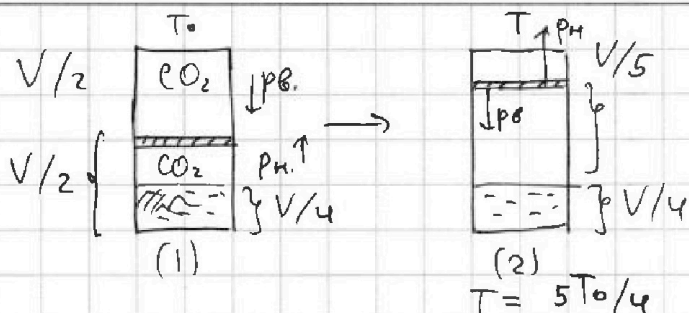
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

$$\frac{p_n \cdot V}{4} = J_n \cdot RT_0; \quad \frac{\partial v}{\partial n} = \frac{p_0 V_0}{p_n \cdot V} \cdot \frac{4}{2} = \boxed{2} \leftarrow \text{Ответ}$$

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

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

CO_2 перешёл в пар. $p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = (J_n + \Delta J_{\text{CO}_2}) \cdot \frac{RT}{11/20 V}$

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

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

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

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

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

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

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

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

$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{245 - 180}{44} \frac{JRT_0}{V} = \frac{95}{44} \cdot \frac{JRT_0}{V} = p_{\text{насыщ. паров при } T = T_0}$

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!

$$\frac{p_{\text{атм}}(T_0)}{p_{\text{атм}}(T)} = \frac{T_0}{T} = \frac{4}{5} ; p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{4}{5} \cdot p_{\text{атм}}(T) = \frac{4}{5} \cdot \frac{95}{44} \cdot \frac{pRT_0}{V}$$

$$p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{19}{11} \cdot \frac{pRT_0}{V} ; p_0 = p_B = p_M = \frac{pRT_0}{V/2} = \frac{2 \cdot pRT_0}{V}$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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!

$$E = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4} = \frac{\epsilon_0 S}{4} = \frac{\Delta \varphi}{4} \quad (\gamma - \text{расстояние между сетками})$$

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

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

Проекция E на Ox:

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

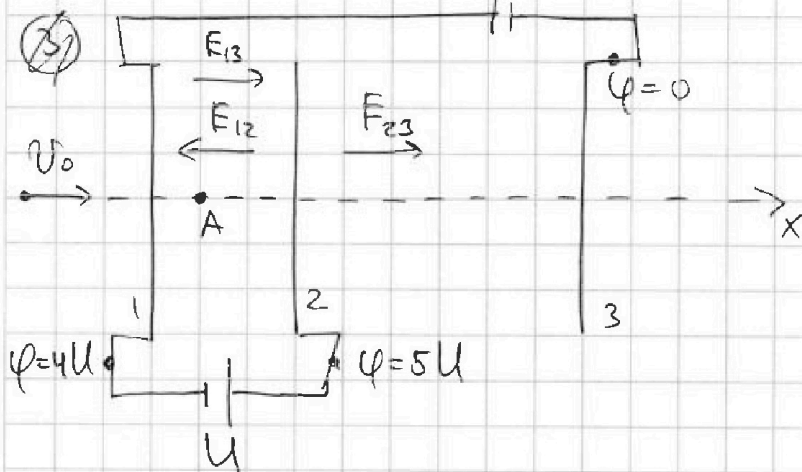
$$\text{Ответ: } |a| = \frac{U}{dm} \cdot q$$

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

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

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

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



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!

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

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

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

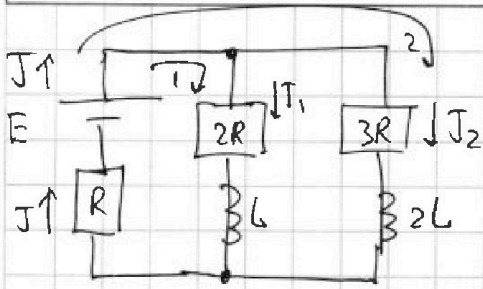
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $\Rightarrow \varepsilon_{\text{инд.}} = 0$,

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

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

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

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

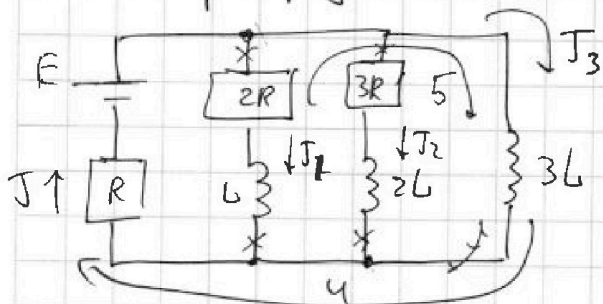
$$2) E - 3L \frac{dJ_3}{dt} - JR = 0; \frac{dJ_3}{dt} = \frac{E - JR}{3L}$$

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".



$$J = E/R = J_3$$

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

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

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

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

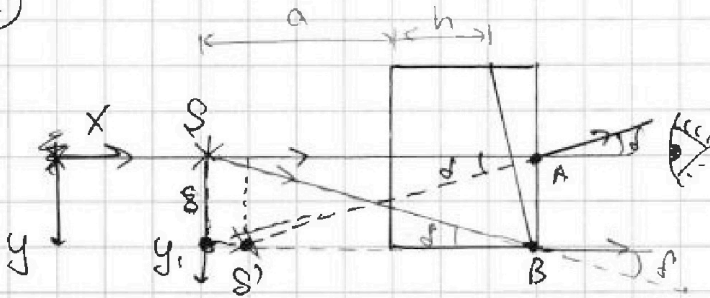
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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 : $y_{\text{изобр}} = y_1 = (a+h) \tan \delta$ $y_1 = \tan \delta \cdot (a+h)$
 $y_1 \hat{=} (a+h) \cdot \delta = \frac{203 \cdot 7}{100} \text{ см} = \frac{1421}{100} \text{ см} = 14,21 \text{ см}$

$SA \approx SB \approx a+h$, 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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

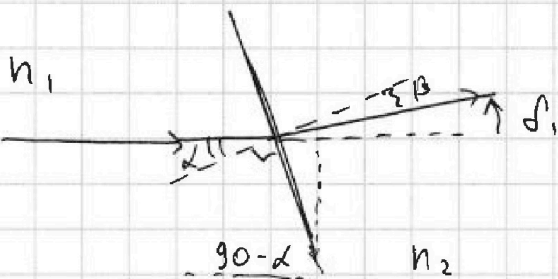
МФТИ

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

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

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

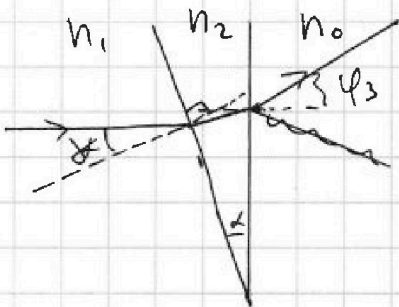
Рассмотрим луч, идущий \perp левому краю системы.
После преломления в (1) он отклонится на δ_1 .



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

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

После преломления в (2):



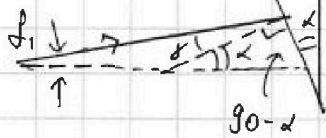
$$n_1 \cdot \delta = n_2 \cdot \varphi_1, \quad \varphi_2 = \alpha + \frac{n_1}{n_2} \cdot \delta$$

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

$$\varphi_3 = \rho_2 = \frac{n_2 \cdot \alpha}{n_0} + \frac{n_1}{n_0} \cdot \delta$$

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

МФТИ

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

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

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

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

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

Если нет призмы (2): $f_1 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_0} - 1\right)$, δ

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

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

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

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

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



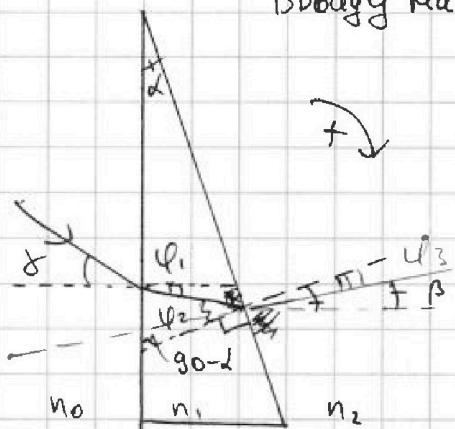
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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~~

$$E = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = A \cdot \frac{1}{d} \quad (d - \text{расстояние между сетками})$$

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

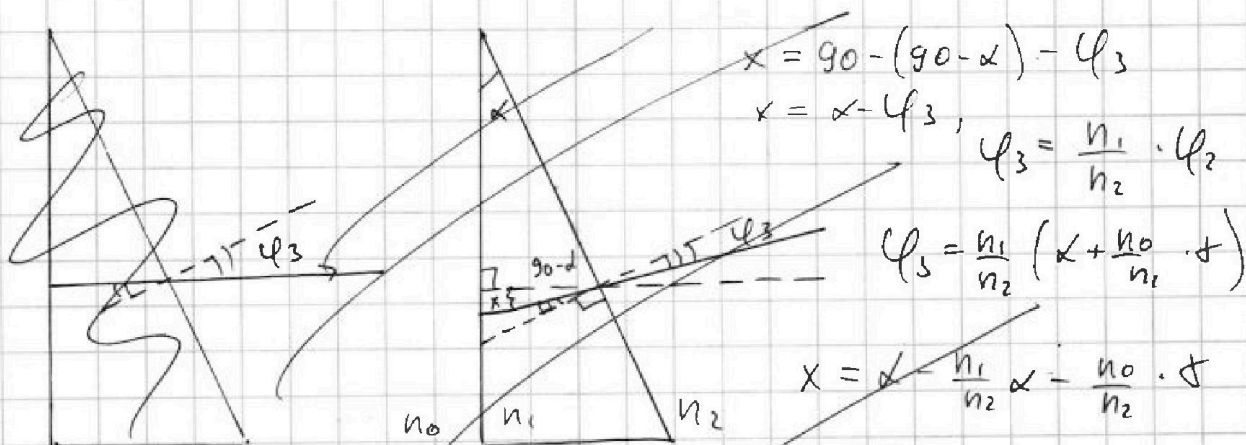
$$E_{13} = 4U \cdot \frac{1}{3d} = \frac{4}{3} U d; \quad E_{12} = U d; \quad E_{23} = 10 U d$$

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

② $K_1 = \frac{m v_0^2}{2}; \quad d = \frac{v^2 - v_0^2}{-2a_{12}} = \frac{v^2 - v_0^2}{-2U d q / m}; \quad -v^2 + v_0^2 = \frac{2U d^2 q}{m}$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2U d^2 q}{m}; \quad K_2 = \frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + U d^2 q$$

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



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