



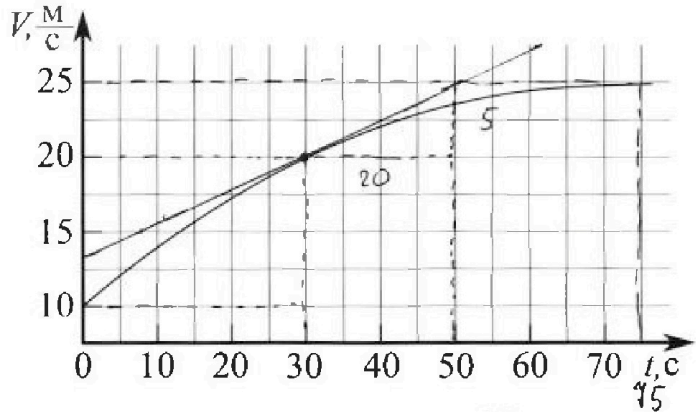
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

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

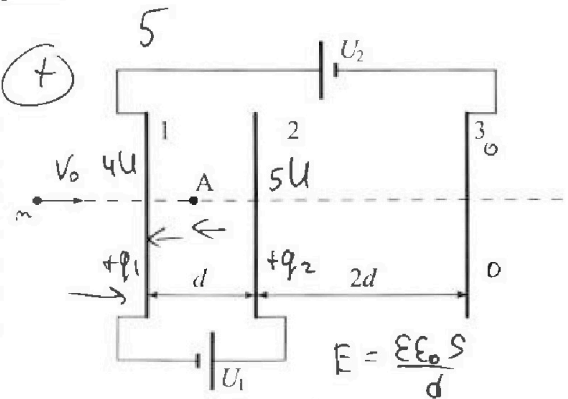


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

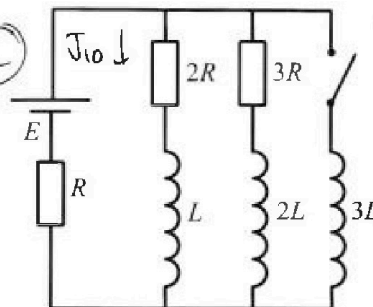
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



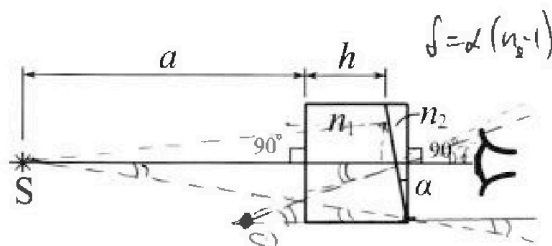
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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:

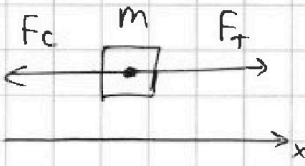
1  2  3  4  5  6  7

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

$F_T$  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:

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

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.



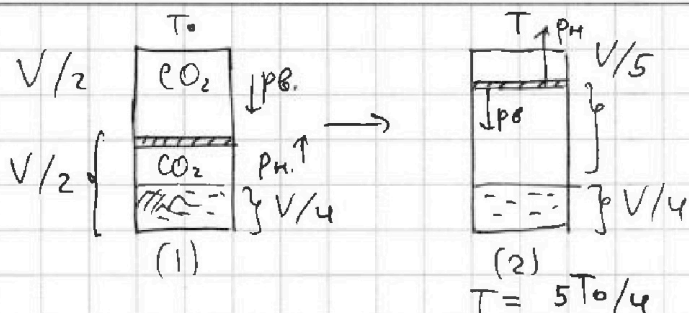
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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)  $\frac{p'_{\text{H}_2\text{O}} V}{2} = \frac{J_{\text{H}_2\text{O}} R T_0}{2}$ ; т.к. поршень невесом, то  $p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{H}_2\text{O}}'$

$$\frac{p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V}{4} = \frac{J_{\text{H}_2\text{O}} R T_0}{4}; \frac{\partial p}{\partial n} = \frac{p_0 V_0}{p_{\text{H}_2\text{O}} V} \cdot \frac{4}{2} = \boxed{2} \leftarrow \text{Ответ}$$

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

(2) т.к. при  $T = \frac{5}{4} T_0$   $\text{CO}_2$  не р-м в  $\text{H}_2\text{O}$ , то весь растворённый

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

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} = p'_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{J_{\text{H}_2\text{O}} R T}{V/5} = p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) + p_{\text{H}_2\text{O}}; \text{Пусть } J_{\text{H}_2\text{O}} = J, J_{\text{CO}_2} = 2J$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2J R T_0}{V/2}, p_{\text{H}_2\text{O}}' = \frac{2J R T}{V/5}, p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{J R T}{11/20 V} + \frac{k p v V}{4} \cdot \frac{R T}{11/20 V}$$

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{J R T}{11/20 V} + \frac{k R T}{11/5} \cdot \frac{2J R T_0}{V/2} = \frac{J R T}{V} \left( \frac{20}{11} + \frac{2k R T_0 \cdot 10}{11} \right)$$

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

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

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

$$p_{\text{CO}_2}(\text{н.н.}) = \frac{5 \cdot 9}{11} \cdot \frac{J R T_0}{V} = p_{\text{H}_2\text{O}}' - p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{J R T_0 \cdot 5 \cdot 5}{4 V} - p_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\frac{45}{11} \cdot \frac{J R T_0}{V} = \frac{25}{4} \cdot \frac{J R T_0}{V} - p_{\text{H}_2\text{O}}; p_{\text{H}_2\text{O}} = \left( \frac{25 \cdot 11}{44} - \frac{45 \cdot 4}{44} \right) \frac{J R T_0}{V}$$

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



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!

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

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

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

② Ответ:  $\frac{22}{19}$  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!

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

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

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

$2a_{12} \leftarrow \text{по ф-ле ПУЛЗ}$

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

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

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

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



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!



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

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

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

Проекция E на Ox:

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

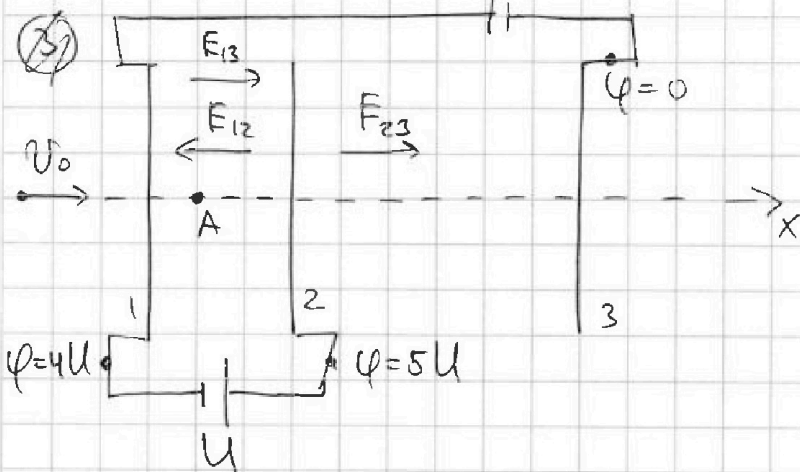
$$\text{Ответ: } |a| = \frac{U}{dm} \cdot q$$

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

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

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

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



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!

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

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

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



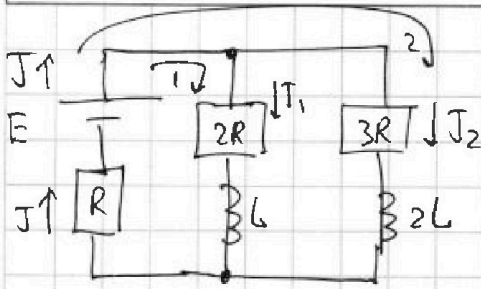
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

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

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

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

$$1) J_{10} = \frac{3}{5}J = \left[ \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R} \right] \text{ Ответ}$$

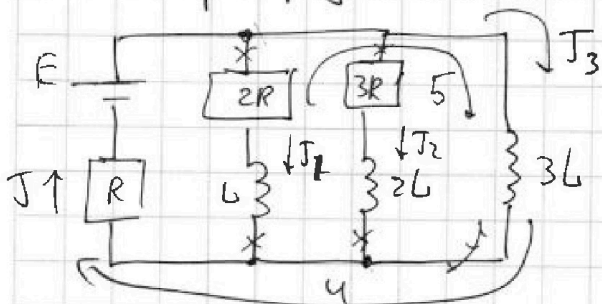
$$2) E - 3L \frac{dJ_3}{dt} - JR = 0; \frac{dJ_3}{dt} = \frac{E - JR}{3L}$$

Сразу после замыкания ключа тока через катушку (3L)

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

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

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



$$J = E/R = J_3$$

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

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

$$2J_1 R = \frac{d}{dt} (3LJ_3 - LJ_1)$$

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

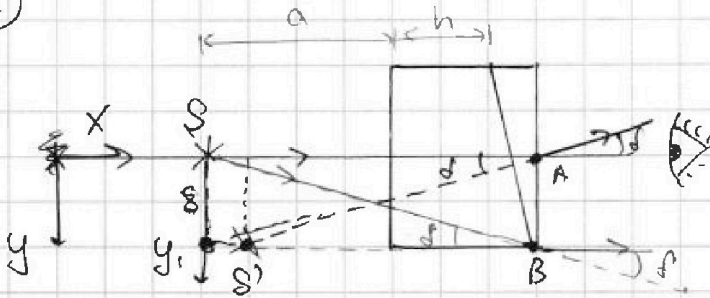
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



① Луч,  $\perp$  левой грани системы не преломится в призме с показателем  $n_1$ ; т.е. угол  $\delta$  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  $\delta$  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  $\alpha$  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"/>

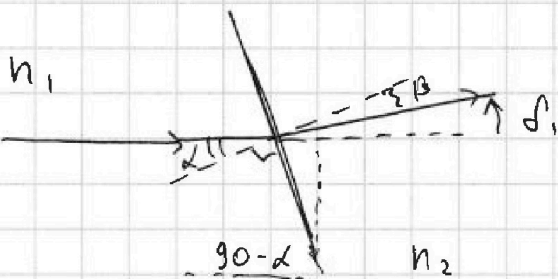
МФТИ

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; ~~на~~

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

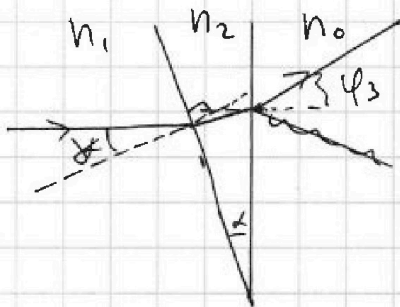
Рассмотрим луч, идущий  $\perp$  левому краю системы.  
После преломления в (1) он отклонится на  $\delta_1$ .



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

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

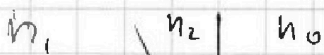
После преломления в (2):



$$n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \varphi_1, \quad \varphi_2 = \alpha + \frac{n_1 \delta_1}{n_2}$$

$$n_0 \varphi_3 = n_2 \varphi_2 = n_2 \cdot \alpha + \frac{n_2 \cdot n_1 \delta_1}{n_2} = n_2 \cdot \alpha$$

$$\varphi_3 = \rho_2 = \frac{n_2 \cdot \alpha}{n_0} + \frac{n_1}{n_0} \cdot \delta_1$$



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

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



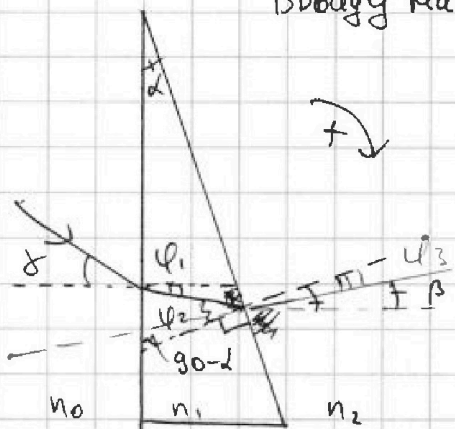
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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  $\beta$  - 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~~

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

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

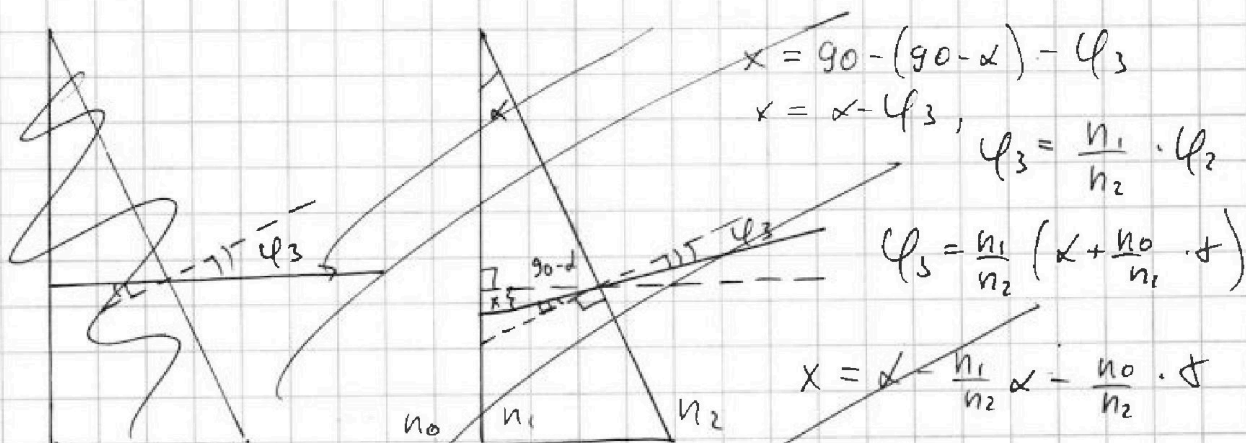
$$E_{13} = 4U/d; \quad E_{12} = U/d; \quad E_{23} = 5U/d$$

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

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

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

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



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