



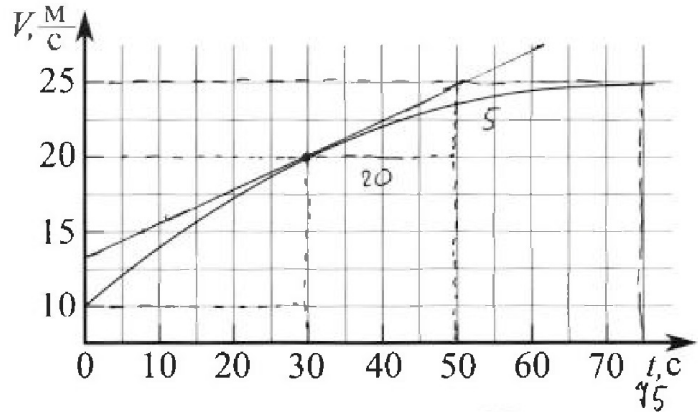
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

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

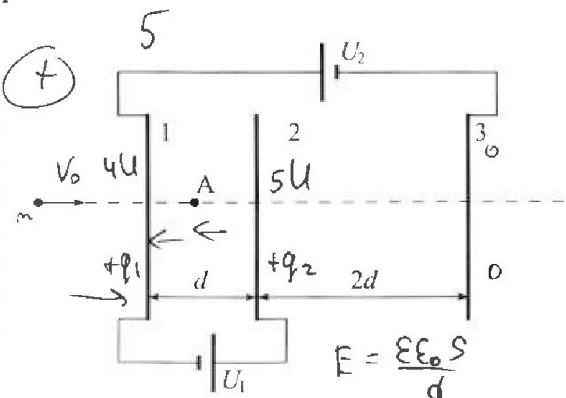


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 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.

$$E = \Delta \varphi \cdot d$$



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

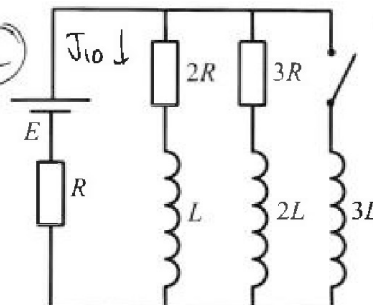
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



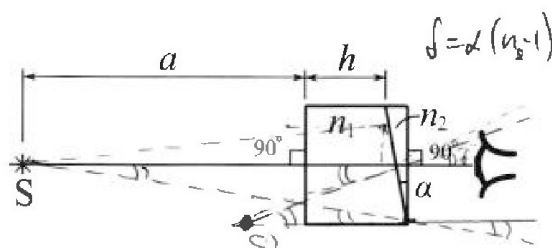
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



$$n_1 \alpha = n_2 \beta$$

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

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

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

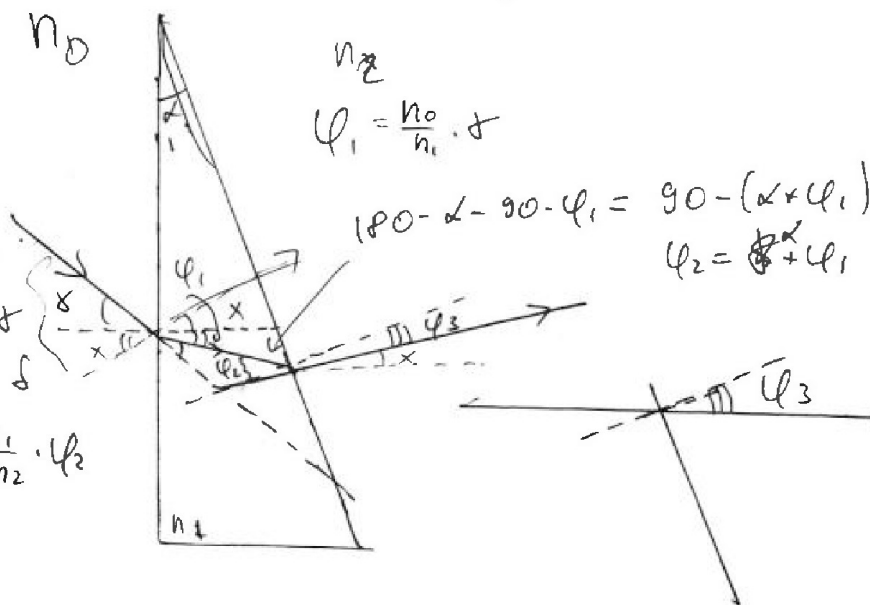
$$180 - \alpha - 90 - \varphi_1 = 90 - (\alpha + \varphi_1)$$
$$\varphi_2 = \alpha + \varphi_1$$

$$\delta \sin n_0 =$$

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

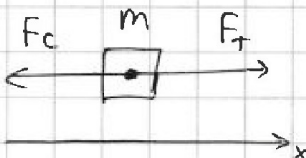
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 $V_1 = 20 \text{ м/с}$ коэффициент k , касательной к графику численно равен $\frac{5}{20} = \frac{1}{4}$, т.е.

Ответ: $a = 20/2$ $a_1 = \frac{1}{4} \text{ м/с}^2$ ↑ 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 k В конце разгона $a=0$, $F_T = F_k = k \cdot V_k$

Из графика: график $V(t)$ становится || оси Ot ($a=0$) при $t_k = 45 \text{ с}$, $V_k = 25 \text{ м/с}$;

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

Ответ:

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

③ $P_1 = F_1 \cdot V_1 = 850 \cdot 25 = 21250 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} = 21.25 \cdot 10^3 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

Ответ: 14 кВт.

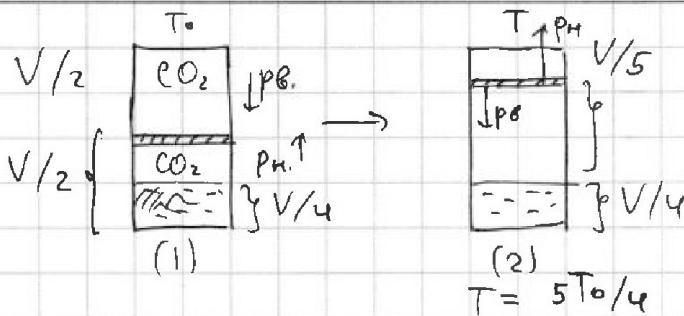
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\Delta J = k p_{\text{в}} w$$

$$w = V/4 = \text{const}$$

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

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

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

(1) $\frac{p_{\text{в}} V}{2} = J_{\text{в}} R T_0$; т.к. поршень невесом, то $p_{\text{в}} = p_{\text{н}}$.

$$\frac{p_{\text{н}} \cdot V}{4} = J_{\text{н}} R T_0; \frac{J_{\text{в}}}{J_{\text{н}}} = \frac{p_{\text{в}} V_{\text{в}}}{p_{\text{н}} V} \cdot \frac{4}{2} = \boxed{2} \leftarrow \text{Ответ}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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!

$$\frac{p_{\text{атм}}(T_0)}{p_{\text{атм}}(T)} = \frac{T_0}{T} = \frac{4}{5} ; p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{4}{5} \cdot p_{\text{атм}}(T) = \frac{4}{5} \cdot \frac{95}{44} \cdot \frac{\sqrt{RT_0}}{V}$$

$$p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{19}{11} \cdot \frac{\sqrt{RT_0}}{V} ; p_0 = p_B = p_M = \frac{\sqrt{RT_0}}{V/2} = \frac{2 \cdot \sqrt{RT_0}}{V}$$

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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!

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

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

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

Проекция E на Ox :

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

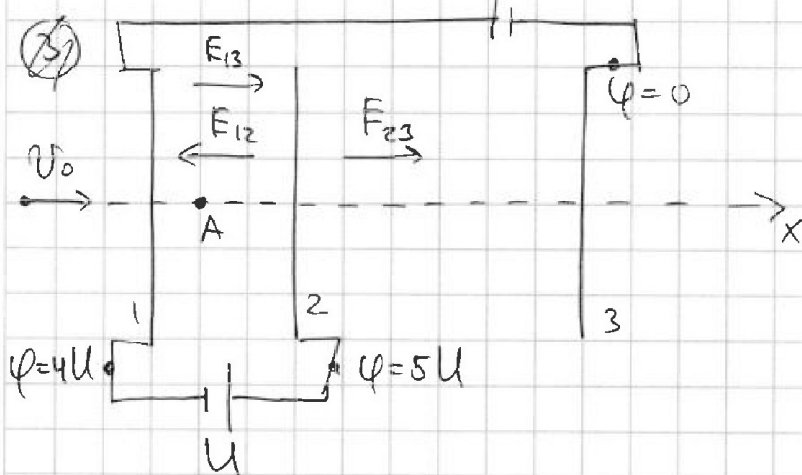
$$\text{Ответ: } |a| = \frac{U}{dm} \cdot q$$

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

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

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

$$\text{Ответ: } 2 \cdot U/q$$





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!

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

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

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

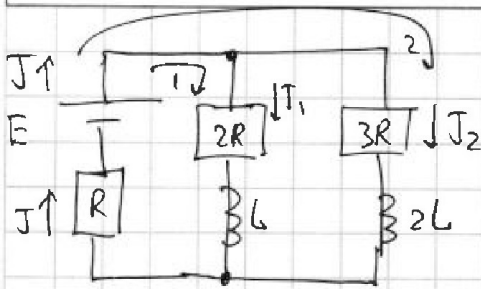
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ



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

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

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

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

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

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

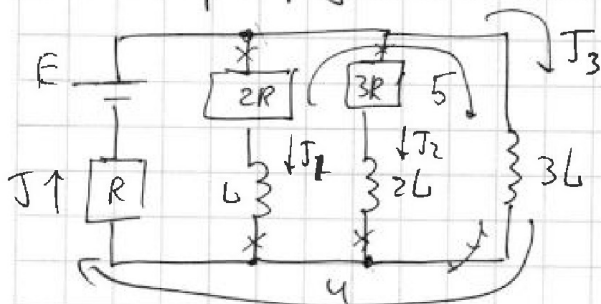
$$1) J_{10} = \frac{3}{5}J = \boxed{\frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}} \leftarrow \text{Ответ}$$

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

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:
токи распределены также, как и в уст. режиме "до".



$$J = E/R = J_3$$

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

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

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

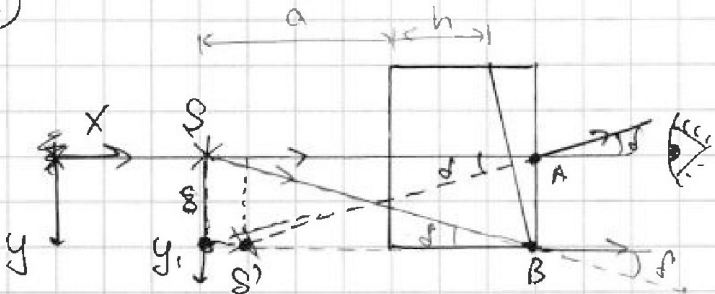
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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



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

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

- 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 горизонтальной. В координатах Oxy : $y_{\text{изобр}} = y_1 = (a+h) \tan \delta$ $y_1 = \tan \delta$
 $y_1 \approx (a+h) \cdot \delta = \frac{203 \cdot 7}{100} \text{ см} = \frac{1421}{100} \text{ см} = 14,21 \text{ см}$

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

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 пренебрегаем толщиной призмы (2) как осн: 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

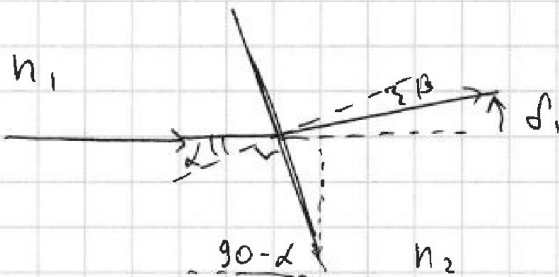
МФТИ

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~~.

$$y_4 = S_2 = 0,1 \cdot \left(1 - \frac{1,5}{1,7}\right) + \delta \left(1 - \frac{1}{1,7}\right)$$

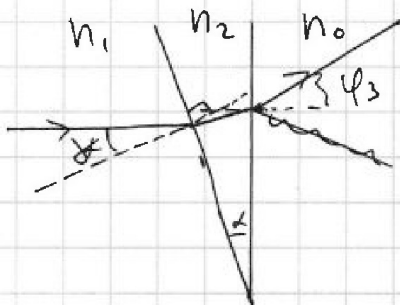
Рассмотрим луч, идущий к левому краю системы.
После преломления в (1) он отклонится на δ_1 .



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

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

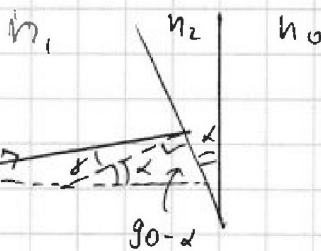
После преломления в (2):



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

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

$$\phi_3 = S_2 = \frac{n_2 \alpha}{n_0} + \frac{n_1}{n_0} \delta$$



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

$$S_0 = \frac{n_2}{n_0} \alpha + \frac{n_1}{n_0} \cdot \frac{n_1}{n_2} \delta$$

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

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!

$$J = J_1 - J_2 ; J_1 = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) + \delta \left(1 - \frac{n_0}{n_2} \right)$$

$$J_2 = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_0} \right) + \delta \left(1 - \frac{n_1}{n_0} \right)$$

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

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

$$\text{Если нет призмы (2) : } J_1 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_0} - 1 \right), \delta$$

$$\text{Если нет призмы (1) : } J_2 = -\alpha \left(\frac{n_2}{n_0} - 1 \right)$$

$$J = J_1 + J_2 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_0} - \frac{n_2}{n_0} \right) : \text{при } n_1 = n_0 = 1 \quad J = \alpha (1 - n_2)$$
$$n_2 = n_0 = 1 \quad J = \alpha (n_1 - 1)$$

$$y_2 = (\alpha + h) J g J = 203 \cdot J = 203 \cdot 0,1 (-0,2)$$

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

⑨ 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

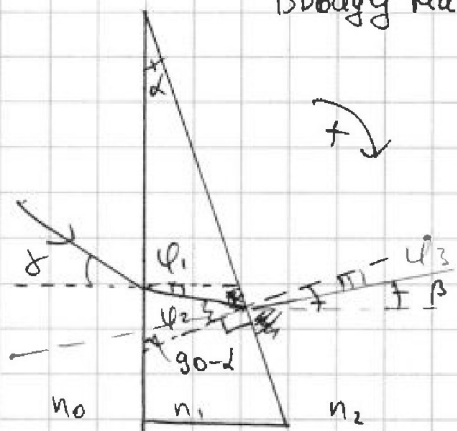
МФТИ

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

Ввиду малости углов $\sin x \approx x$

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

$\delta_1 = \beta + \delta$, 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2
□3


4

5
X

6
☒

7

 **МФТИ**

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

$$E = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = 10^4 \text{ В/м} \quad (\text{д - расстояние между сетками})$$

$$A\ell_{13} = 44; A\ell_{12} = 4; A\ell_{23} = 54$$

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

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

$$(2) \quad K_1 = \frac{mV_0^2}{2}; \quad d = \frac{V^2 - V_0^2}{-2a_1 d} = \frac{V^2 - V_0^2}{-2Udg/m}; \quad -V^2 + V_0^2 = \frac{2Ud^2g}{m}$$

$$V^2 = V_0^2 + \frac{2Ud^2q}{m} ; k_2 = \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + Ud^2q$$

$$\Delta K = K_1 - K_2 = \sqrt{U d^2 g} \in \mathbb{O}_7 \text{ bet}$$

