

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 11-01



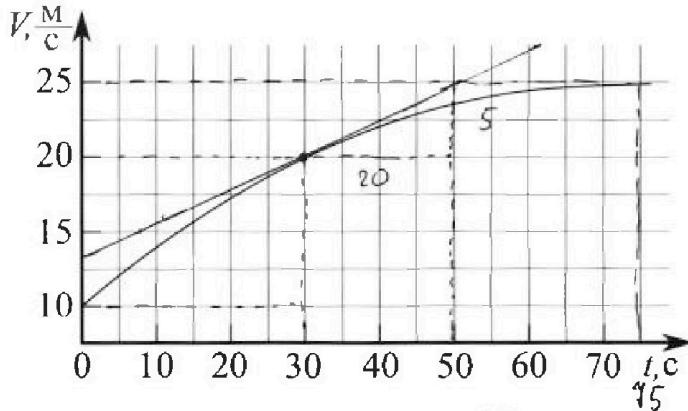
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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%.

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



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 $V/5$.

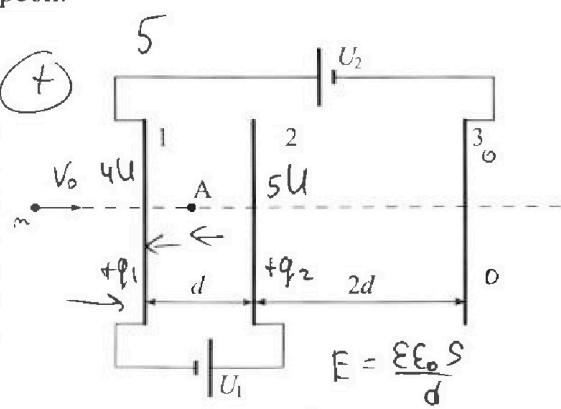


2

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k_{ph} w$. 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.

- 1) Найти отношение количества 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.



$$E = \epsilon \epsilon_0 S / d$$

- 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.



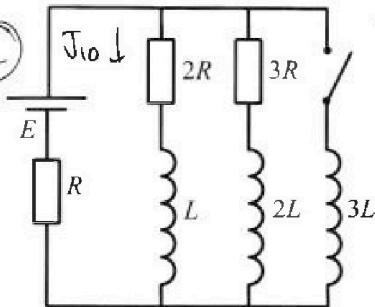
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

(1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.

(2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.

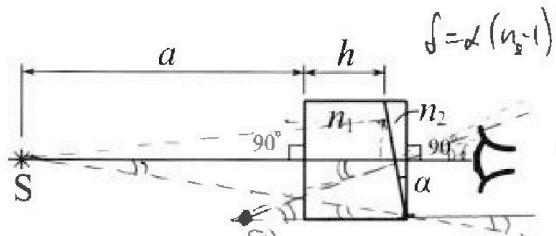
(3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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 n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в с

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



$$n_1 \propto = n_2$$

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

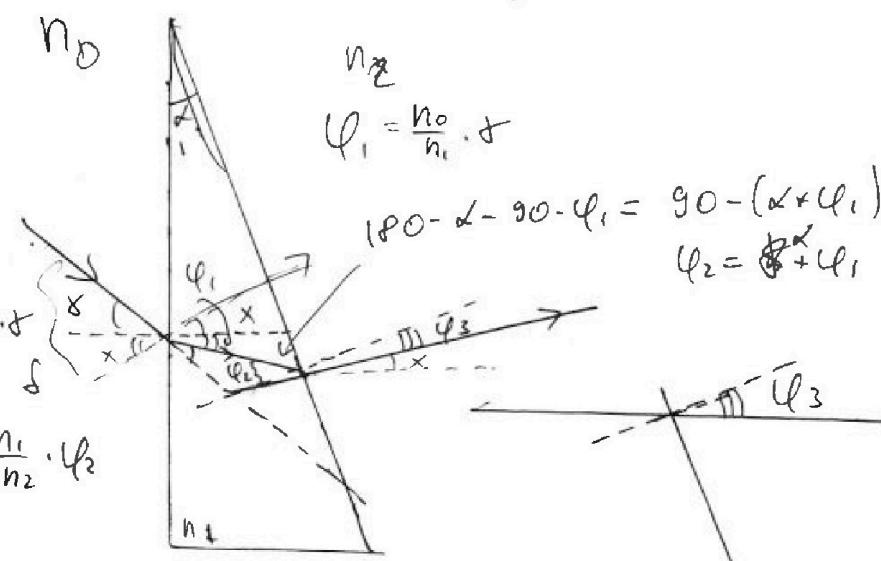
$$\left(\frac{h-h_0}{h_0} \right) \cdot k$$



$$\cancel{f \sin n_0} =$$

$$U_2 = \alpha + \frac{n_0}{n_1} \cdot \delta$$

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





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

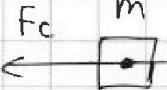
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

① $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$, при $V_i = 20 \text{ м/с}$ котографиченем \vec{F}_t , касательной
к графику численно равен $\frac{5}{20} = \frac{1}{4}$, т.е.

Ответ: $a = 20/2 \quad [a_i = \frac{1}{4} \text{ м/с}^2]$ тангенс угла наклона

② 

$$\vec{F}_t + \vec{F}_c = m \vec{a}, \quad F_t + F_c = ma, \quad F_c = -k \cdot U$$

$$F_t - kU = ma = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$F_t \cdot \Delta t \gg$ В конце района $a=0$, $F_t = F_k = k \cdot U_k$

Из графика: график $U(t)$ становится II оси ОУ ($a=0$) при $t_k = 45 \text{ с}$, $U_k = 25 \text{ м/с}$;

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

Ответ:

$$F_t = kU_i + ma_i = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot \frac{1}{4} = 400 + 450 = \boxed{850 \text{ Н}}$$

③ $P_i = F_t \cdot U_i = 850 \cdot 25 = 80000 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{с}} = \boxed{12 \text{ кВт}} = 12 \cdot 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{с}}$

Ответ: 12 кВт.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

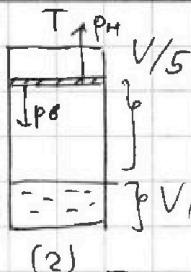
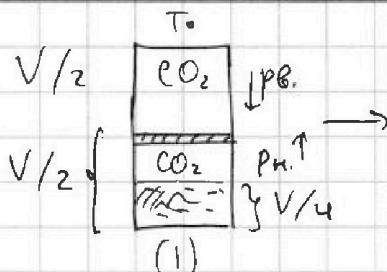
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



$$\Delta J = k p w$$

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

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

$$V'_{\text{CO}_2} = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11V}{20}$$

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

$$(1) \frac{p_B V}{2} = J_H R T_0 ; \text{ т.к. поршень невесом, то } p_B = p_H.$$

$$\frac{p_H \cdot V}{4} = J_H R T_0 ; \frac{J_B}{J_H} = \frac{p_B V}{p_H \cdot V} \cdot \frac{4}{2} = \boxed{2} \text{ раза}$$

$$(2) \text{ и } (3) \Delta J_{\text{CO}_2} = k \cdot p_B \cdot V/4 \leftarrow \text{б баге}$$

(2) Т.к. при $T = \frac{5}{4} T_0$ CO_2 не растворим в H_2O , то есть растворённый

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

$$p'_H = p'_B = \frac{J_B \cdot R \cdot T}{V/5} = p_{\text{CO}_2} (\text{нужн.}) + p_{\text{H}_2\text{O}}; \text{ т.к. } J_H = 0, J_B = 2J$$

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

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

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

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

$$p_{\text{CO}_2} (\text{н.}) = \frac{20}{11} \cdot \frac{J R}{V} \cdot \left(\frac{5}{4} T_0 + T_0 \cdot \frac{4}{3} \right) = \frac{20}{11} \cdot \frac{J R}{V} \cdot \frac{9}{4} T_0$$

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

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

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{275 - 180}{44} \cdot \frac{J R T_0}{V} = \underbrace{\frac{95}{44} \cdot \frac{J R T_0}{V}}_{= p_{\text{parm}} (T)} = \text{парциальное давление при } T =$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

$$\frac{p_{\text{атм}}(T_0)}{p_{\text{атм}}(T)} = \frac{T_0}{T} = \frac{4}{5}; \quad p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{4}{5} \cdot p_{\text{атм}}(T) = \frac{4}{5} \cdot \frac{95}{44} \cdot \frac{JRT_0}{V}$$

$$p_{\text{атм}}(T_0) = \frac{19}{11} \frac{JRT_0}{V}; \quad p_0 = p_B = p_H = \frac{JRT_0}{V/2} = \frac{2 \cdot JRT_0}{V}$$

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

② Ответ: $\frac{22}{19}$ парам. $p_0 = \frac{22}{19}$ парам.



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!

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

$$\textcircled{1} F = qE_0 = ma, \quad \boxed{a_{12} = \frac{U \cdot q}{3dm}} \leftarrow \text{Orfer}$$

$$\textcircled{2} K_1 = \frac{mV^2}{2}; \quad d = \frac{V^2 - V_0^2}{2a_{12}} \Rightarrow V^2 = 2a_{12} \cdot d + V_0^2 \leftarrow \text{норм. уравнение}$$

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

$$E = \frac{\epsilon E_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{4} = \alpha U \quad (\gamma - \text{расстояние между сетками})$$

$$\Delta U_{13} = 4U; \Delta U_{2F} = U; \Delta U_{23} = 5U$$

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

Проекции E на Ox :

① $F/F = E q \frac{q}{d}$, $ma = \alpha E q / d$, $a = \frac{Eq}{m}$; $\boxed{a_{12} = -\frac{Uq}{7dm}}$

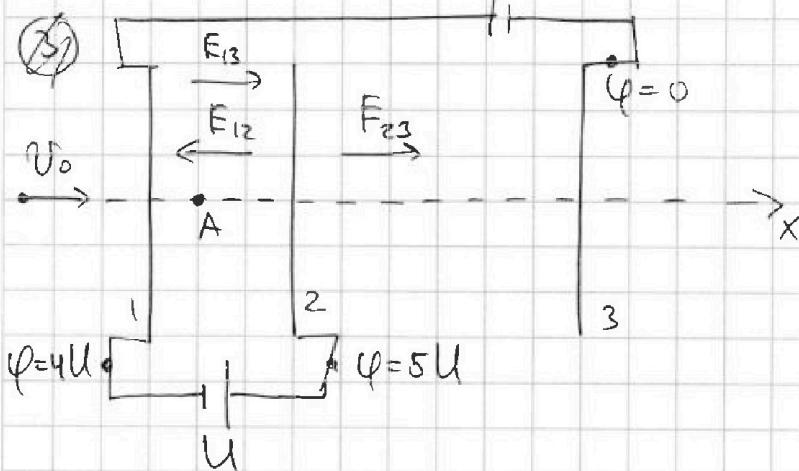
Ответ: $|a| = \frac{U}{dm} \cdot q$.

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

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

$$K_2 = \frac{m V_0^2 - 2Uq}{2}; \Delta K = K_2 - K_1 = \frac{2Uq}{dm}$$

Ответ: $(2 \cdot U/q) \cdot 4U$





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 checked="" 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!

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

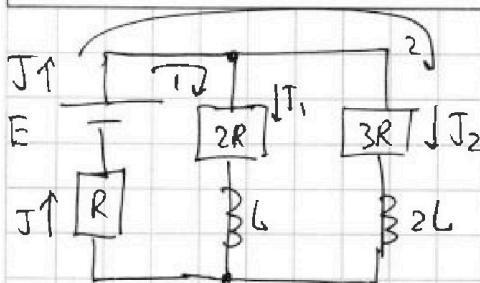
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

MFTI.

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



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

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

Режим установился $\Rightarrow \dot{E}_{\text{наг.}} = 0$,

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

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

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

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

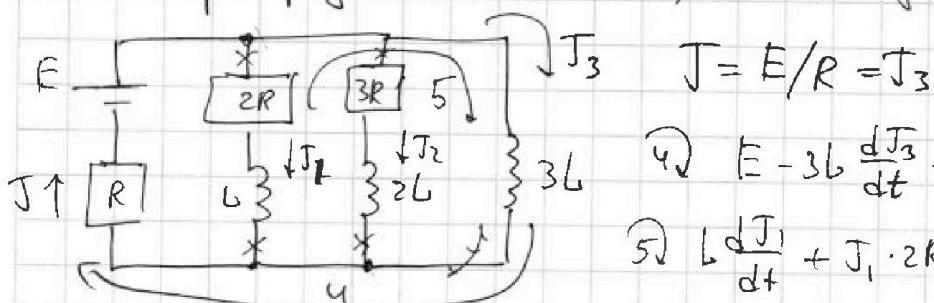
$$\textcircled{2} \quad E - 3L \frac{dJ_3}{dt} - JR = 0; \quad \frac{dJ_3}{dt} = \frac{E - JR}{3L}$$

Сразу после замыкания ключа тока через катушку ($3L$)

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

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

$\textcircled{3}$ В установившемся режиме „после“ замыкания ключа:
тока распределены также, как и в уст. решении „go“.



$$J = E/R = J_3$$

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

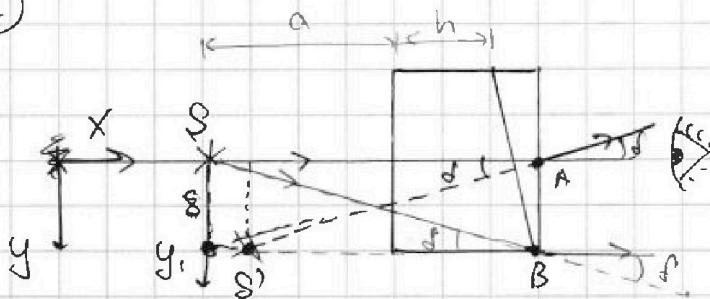
МФТИ.

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

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

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

②



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

то тогда этот луч изначально шёл под углом δ к горизонтали. В координатах Oxy : Узобр $= y_1 = (a+h) \tan \delta$ $y_1 = \frac{14,21}{a+h} \text{ см}$

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

Ответ: $14,21 \text{ см.}$

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 $\delta_1 = \alpha$

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

Луч, идущий \perp левой грани системы отклонится после преломление в обеих призмах на $\delta_0 = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$, т.к. он не преломится в призме (1): по условию преломление только в призме (2) по оси: 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"/> |

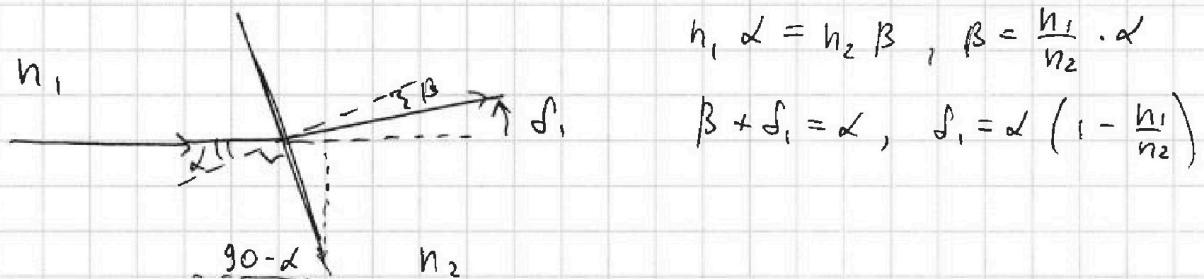
МФТИ

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; ~~и~~

$$d_2 = f_2 = 0,1 \cdot \left(1 - \frac{1,5}{1,7} \right) + \delta \left(1 - \frac{1}{1,7} \right)$$

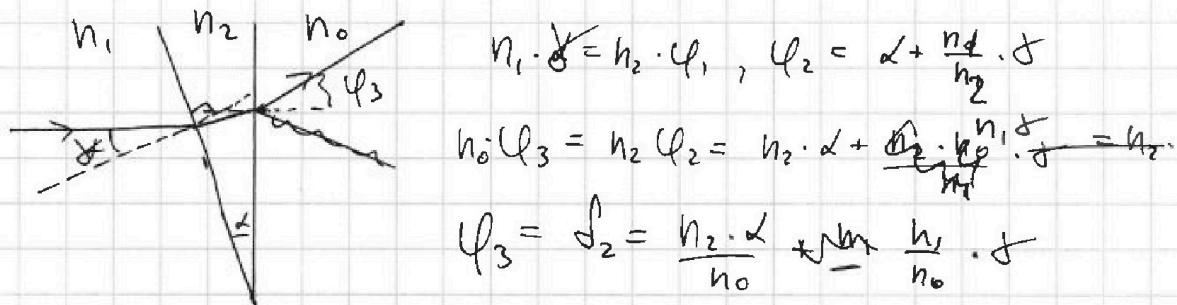
Рассмотрим луч, идущий влево от краю системы.
После преломления в (1) он отклонится на δ_1 ; f_1 .



$$h_1 \alpha = h_2 \beta, \beta = \frac{h_1}{h_2} \cdot \alpha$$

$$\beta + \delta_1 = \alpha, \delta_1 = \alpha \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right)$$

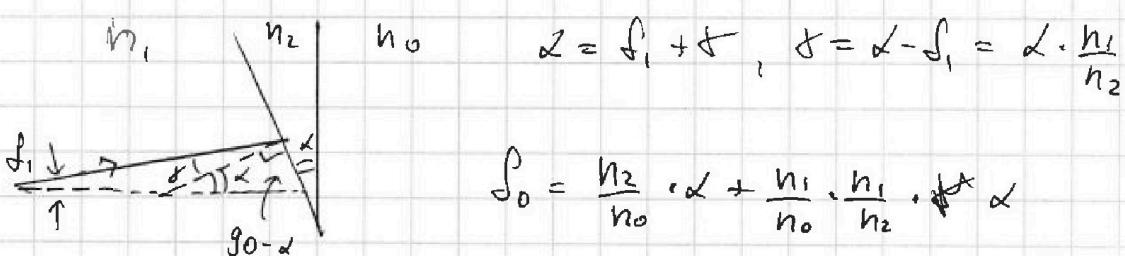
После преломления в (2):



$$n_1 \beta = h_2 \gamma, \gamma = \alpha + \frac{n_1}{h_2} \cdot \delta$$

$$h_0 \gamma = h_2 \delta = h_2 \alpha + \frac{n_1}{h_2} \cdot \frac{n_1 \delta}{h_1} = h_2 \cdot \alpha + \frac{n_1^2 \delta}{h_1}$$

$$\gamma = \delta_2 = \frac{h_2 \cdot \alpha}{h_0} + \frac{n_1^2 \delta}{h_1}$$



$$\delta_0 = \frac{h_2}{h_0} \cdot \alpha + \frac{n_1}{h_0} \cdot \frac{n_1}{h_2} \cdot \alpha$$

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



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!

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

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

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): $f_1 = \alpha \left(\frac{n_1}{n_0} - 1 \right)$, f

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

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

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

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

③ Ответ: 4,06 см

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



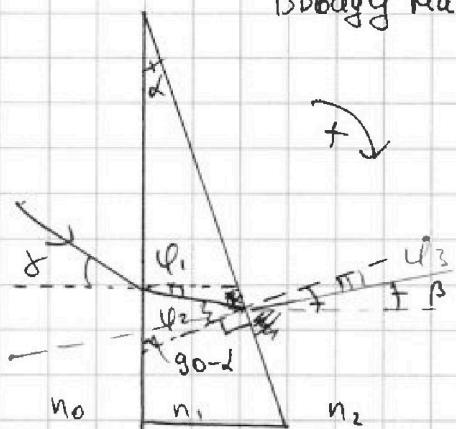
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Вывод о малости углов $\sin x \approx x$

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



$\delta = \beta + \gamma$, где β - угол внешнего
угла с горизонтом



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

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

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

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

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

после преломления в (1) призме

после преломления в (2) призме

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

~~$$E = \frac{EE_0 S}{4} = \Delta \varphi / \gamma \quad (\gamma - \text{расстояние между сетками})$$~~

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

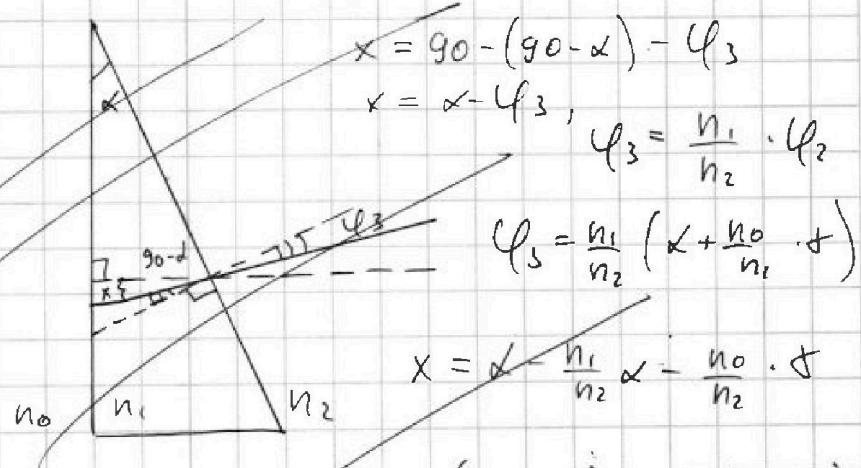
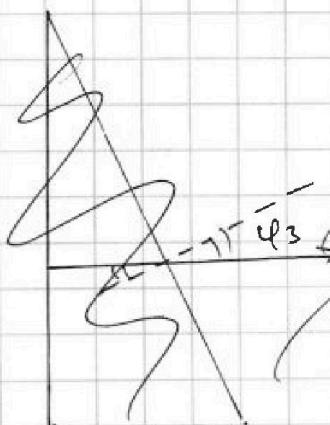
~~$$E_{13} = 4U / 3d = \frac{4}{3} Ud; \Delta U_{12} = Ud; E_{23} = 10 Ud$$~~

~~$$\textcircled{1} \quad F = Eq = ma, \quad a_{12} = \frac{E_{12}}{m} \cdot q = \left[\frac{Udq}{m} \right] \leftarrow \text{Ответ}$$~~

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

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

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



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