



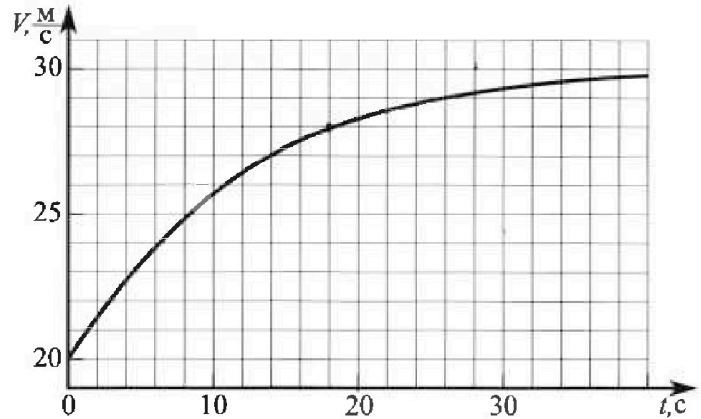
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 405$ Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

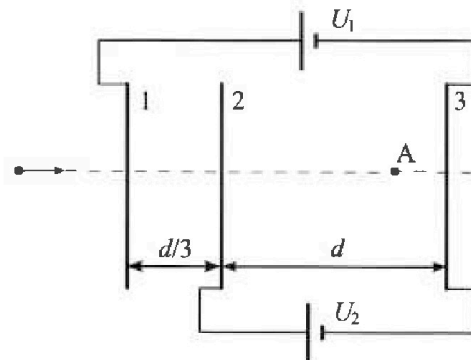
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество $\Delta\nu$ растворённого газа в объёме жидкости ν пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta\nu = k p \nu$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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 количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) Определите конечное давление в сосуде P . 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 2U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.

2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

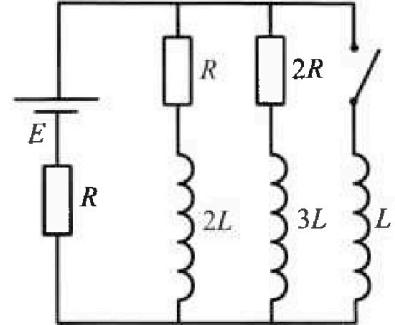


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L 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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ 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.

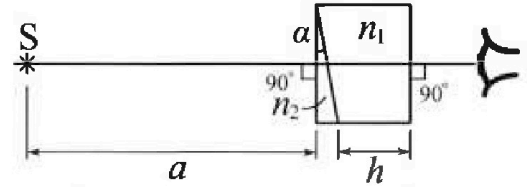


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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

1) $a_x = \frac{dV}{dt}$ ~~0/3/1~~ Ускорение численно равно тангенсу касательной к графику $v(t)$ в точке v_1 .

$$a_1 = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ м/с}^2$$

2) 234 : $F_{\text{тяг}} - F_c = m \frac{dV}{dt}$ ~~0/3/1~~ $P = F_{\text{тяг}} V \Rightarrow F_{\text{тяг}} = \frac{P}{V} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{P}{V} - ma = F_c \Rightarrow \text{В точке } v_1, F_c = \frac{P}{V} - ma_1$$

Известно, что в конце разгона $F_c = F_k$ и $\frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow P = v_k F_k \text{ Из графика: } v_k = 29,75 \text{ м/с} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 405 \cdot 29,75 \text{ Вт} \Rightarrow F_c = \frac{405 \cdot 29,75}{27} - 300 \cdot \frac{2}{10} = 386,25 \text{ Н}$$

$$F_c = 386,25 \text{ Н}$$

3) ~~0/3/1~~ $\alpha = \frac{P_1}{P_2} = \frac{F_c}{F_{\text{тяг}}}$ $F_c = 386,25 \text{ Н}, F_{\text{тяг}} = \frac{P}{v_1} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{F_c \cdot v_1}{P} = \frac{386,25 \cdot 27}{405 \cdot 29,75} = \frac{13}{119}$$

$$\alpha = \frac{13}{119}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

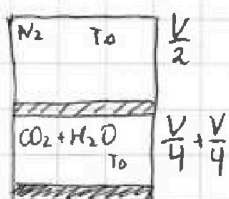
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



1) Ур-е к-м гм N_2 : $V_A R T_0 = P_1 \frac{V}{2}$

$P_1 = P_1'$

Ур-е к-м гм CO_2 : $V_1 R T_0 = P_1' \frac{V}{4}$

т.к система в равновесии, а поршень невесомый.

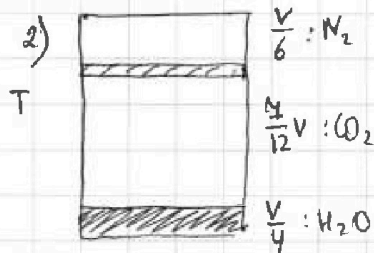
$2V_1 = V_A$

По закону Генри: $V_2 = k \cdot P_1 \cdot \frac{V}{4} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = k R T_0 = k \cdot \frac{3}{4} P R =$

$= 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{20} \Rightarrow V_2 = \frac{27}{20} V_1 \Rightarrow V_1 + V_2 = \frac{47}{20} V_1$

$\frac{V_1 + V_2}{V_A} = \frac{47}{40}$

Систему нагрели:



$T = 373^\circ K = 100^\circ C$ т.е температура кипения воды, $\Rightarrow P_{H_2O} = P_{atm}$

Ур-е к-м гм N_2 : $V_A R T = P_2 \frac{V}{6}$

Ур-е к-м гм CO_2 : $(V_1 + V_2) R T = P_2' \frac{7}{12} V$

Система в равновесии $\Rightarrow P_2 = P_{atm} + P_2' \Rightarrow P_2' = P_2 - P_{atm}$

$\frac{V_1 + V_2}{V_A} = \frac{P_2 - P_{atm}}{P_2} \cdot \frac{7 \cdot 6}{12} = \frac{7}{2} \cdot \frac{P_2 - P_{atm}}{P_2} = \frac{47}{40} \Rightarrow$

$\Rightarrow 7P_2 - 7P_{atm} = \frac{47}{20} P_2 \Rightarrow \frac{140 - 47}{20} P_2 = 7P_{atm}$

$P_2 = \frac{140}{93} P_{atm}$

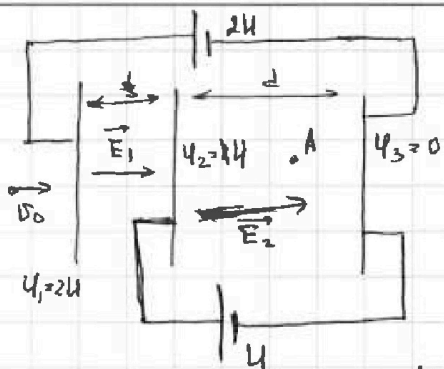
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$1) E_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{3U}{d}$$

В области 2-3:

$$E_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = \frac{U}{d}$$

$$E_2 \cdot q = m a_2$$

$$a_2 = \frac{Uq}{dm}$$

2) В области 2-3 на заряд действует постоянная сила $\vec{F}_2 = \vec{E}_2 q$

Тогда $\frac{v_3^2 - v_2^2}{2a_2} = d \Rightarrow v_3^2 = 2a_2 d + v_2^2$

$$E_{k2} = \frac{m v_2^2}{2} \quad E_{k3} = \frac{m v_3^2}{2} \Rightarrow E_{k3} - E_{k2} = \frac{m}{2} (v_3^2 - v_2^2) = m a_2 d$$

$$E_{k3} - E_{k2} = Uq$$

3) В области 1-2 на заряд действует постоянная сила $\vec{F}_1 = \vec{E}_1 q$

Тогда $\frac{v_2^2 - v_0^2}{2a_1} = \frac{d}{3}$, где $a_1 = \frac{F_1 q}{m} = \frac{3Uq}{md} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{d}{3} \cdot 2 \cdot \frac{3Uq}{md} + v_0^2 = v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = v_0^2 + \frac{2Uq}{m}$$

Для области 2-A: $\frac{v_A^2 - v_2^2}{2a_2} = \frac{2}{3}d \Rightarrow v_A^2 = \frac{2}{3}d \cdot 2 \cdot \frac{Uq}{dm} + v_2^2$

$$v_A^2 = \frac{4}{3} \frac{Uq}{m} + v_2^2 = \frac{4}{3} \frac{Uq}{m} + \frac{2Uq}{m} + v_0^2 = \frac{10}{3} \frac{Uq}{m} + v_0^2$$

$$v_A = \sqrt{\frac{10}{3} \frac{Uq}{m} + v_0^2}$$

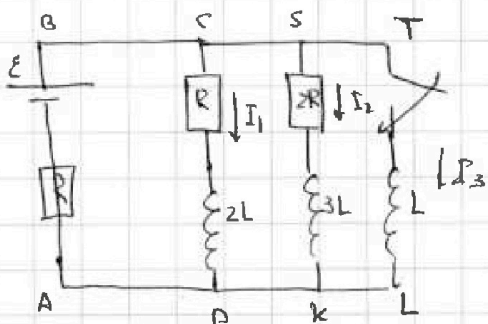
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Печать QR-кода недопустима!



1) В установившемся режиме $\mathcal{E}_{i1} = \mathcal{E}_{i2} = 0$.

Тогда ABCD: $\mathcal{E} = RI_1 + R(I_1 + I_2)$

SKDC: $2RI_2 = RI_1$

$I_1 = 2I_2$, $\mathcal{E} = (2I_2 + 3I_2)R = 5I_2R \Rightarrow$

$\Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$

2) Сразу после замыкания ключа ток в катушках не мог резко уменьшиться. Т.е. ток через источник

$I_0 = I_1 + I_2 = 3I_2$. Тогда для ABTL: $\mathcal{E} = L \frac{dI_3}{dt} + RI_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\mathcal{E} - I_0 R}{L} = \frac{dI_3}{dt}$ $\frac{\mathcal{E} - 3 \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R} R}{L} = \frac{dI_3}{dt}$

3) Для STLK:

$L \frac{dI_3}{dt} = 2I_2 R + 3L \frac{dI_2}{dt}$

$\int_0^{I_{31}} dI_3 = 2R \int_{I_2}^{I_2} dt + 3L \int_{I_2}^{I_2} dI_2 \Rightarrow L(I_{31} - 0) = 2Rq_2 + 3L(I_{21} - I_{20})$

В новом установившемся режиме ток будет течь через третью катушку (L), т.к. она идеальная, т.е. сопротивление равно нулю. Тогда $I_{21} = 0$; $I_{31} = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow$

$\Rightarrow L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = 2Rq_2 + 3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R} \Rightarrow q_2 = \frac{4LE}{5R^2}$

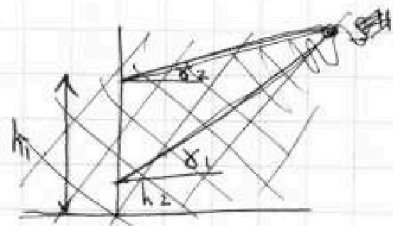
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

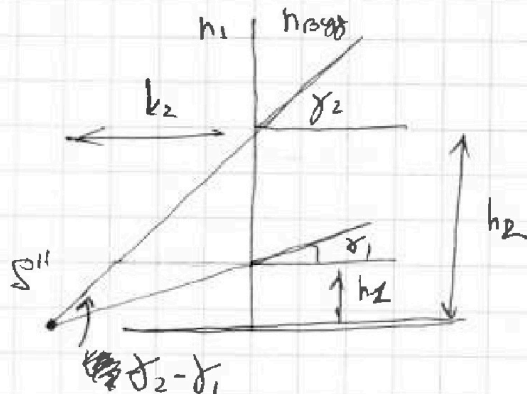
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Плукет 3 продолжение.



$$h_2 = a\varphi + (d - \beta_2)h$$

$$h_2 = (d - \beta_1)h$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \varphi n_1$$

$$\Rightarrow h_2 - h_1 = a\varphi + h(d - \beta_2 - d + \beta_1) = \Delta h$$

$$\Delta h = a\varphi + h \cdot \left(d \frac{n_2}{n_1} - \frac{d n_2 - \varphi}{n_1} \right)$$

$$\Delta h = a\varphi + h \left(\frac{\varphi}{n_1} \right) = \varphi a + \varphi \frac{h}{n_1}$$

$$\Delta h \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \approx l_2 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \approx \Delta h \Rightarrow l_2 = \frac{\varphi(a + \frac{h}{n_1})}{\varphi n_1} = \frac{a + \frac{h}{n_1}}{n_1}$$

$$L_2 = a + h - l_2 = a - \frac{a}{n_1} - \frac{h}{n_1} + h$$

$$L_2 = \frac{136}{9} \text{ cm} \approx 15,1 \text{ cm}$$

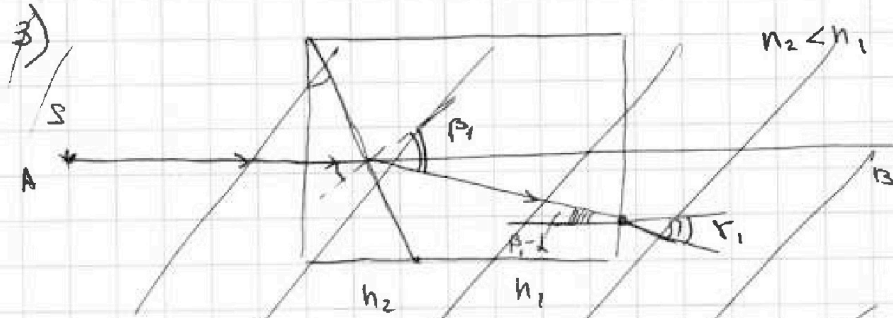
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

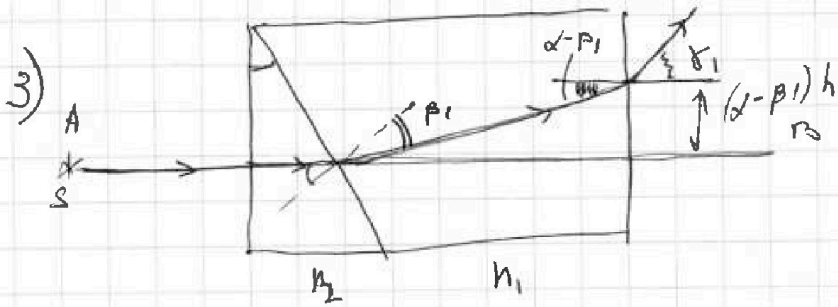
1 2 3 4 5 6 7



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

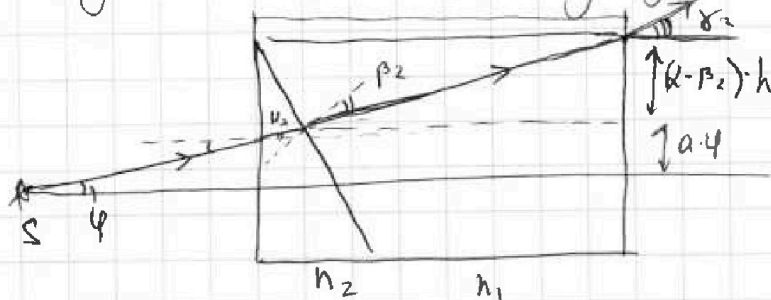


Пусть первая луч вдоль AB $d \cdot n_2 = \beta_1 \cdot n_1$ $\beta_1 = d \cdot \frac{n_2}{n_1}$
 $(\beta_1 - \alpha) n_1 = 1 \cdot \gamma_1 \Rightarrow \gamma_1 = \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) n_1 = \alpha (n_2 - n_1)$



Пусть первая луч вдоль AB: $\alpha n_2 = \beta_1 \cdot n_1 \Rightarrow \beta_1 = \alpha \frac{n_2}{n_1}$
 $(\alpha - \beta_1) n_1 = \gamma_1 \cdot 1 \Rightarrow \gamma_1 = \alpha (n_1 - n_2)$

Пусть второй луч под углом $\varphi < 1$ к ^{AB} поверхности.



$\varphi = n_2 \varphi_2 \Rightarrow \varphi_2 = \frac{\varphi}{n_2}$

$(\alpha - \varphi_2) n_2 = n_1 \cdot \beta_2$

$\beta_2 = \frac{(\alpha - \frac{\varphi}{n_2}) n_2}{n_1}$

$\beta_2 = \frac{(\alpha n_2 - \varphi)}{n_1}$

$(\alpha - \beta_2) \cdot n_1 = 1 \cdot \gamma_2 \Rightarrow \gamma_2 = \alpha n_1 - \alpha n_2 + \varphi n_1$

$\gamma_2 = \alpha (n_1 - n_2) + \varphi n_1$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

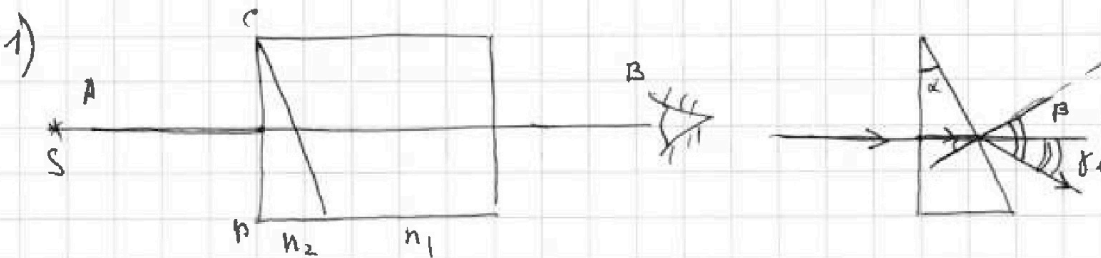
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

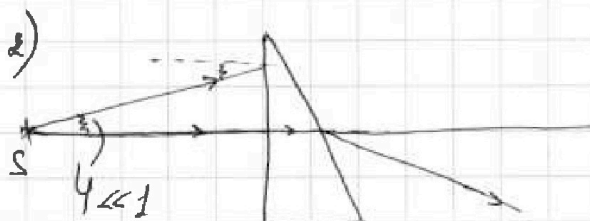
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Пусть мы берем АВ. Т.к. $CP \perp AB \Rightarrow$ на границе $n_2 \rightarrow n_1$ мы не преломится. $d \cdot n_2 = n_1 \cdot b \Rightarrow b = d \cdot n_2$

$$\delta_1 = \beta - \alpha = d(n_2 - 1) = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад.}$$

$$\delta_1 = 0,03 \text{ рад}$$



Пусть углом $\varphi \ll 1$ мы

$$1. \varphi = n_2 \cdot \varphi_2$$

$$(\alpha - \varphi_2) n_2 = 1 \cdot \beta_2$$

$$\gamma_2 = \beta_2 - \alpha$$

$$\gamma_2 = n_2 \left(\alpha - \frac{\varphi}{n_2} \right) - \alpha$$

$$\gamma_2 = n_2 \alpha - \alpha + \varphi n_2$$

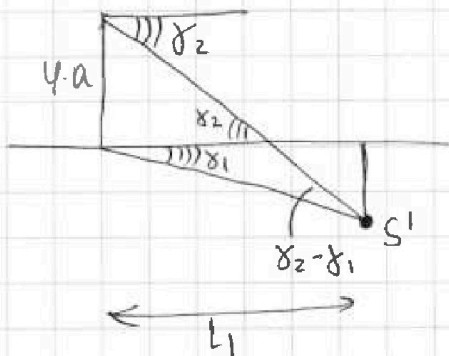
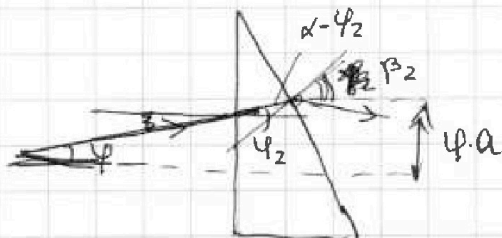
$$\gamma_2 - \gamma_1 = \varphi \cdot n_2$$

$$(\gamma_2 - \gamma_1) l_1 \approx \varphi \cdot a$$

$$\varphi \cdot n_2 \cdot l_1 \approx \varphi a$$

$$l_1 \approx \frac{a}{n_2}$$

$$L_1 = a + l_1 = a \left(1 + \frac{1}{n_2} \right)$$



$$L_1 = 325 \text{ см}$$

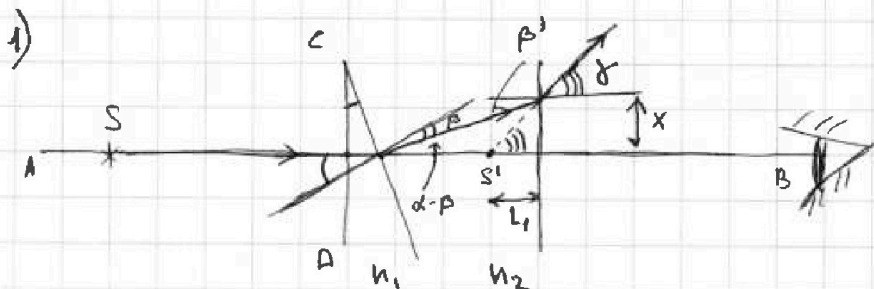
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Понча QR-кода недопустима!



Пусть луч пройдет AB. На границе n_2 и n_1 луч не преломляется,
т.к. $CD \perp AB$. На границе n_1 и n_2 луч преломляется.

$$d \ll 1 \Rightarrow n_1 \cdot d = n_2 \beta \Rightarrow \beta = d \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \beta' = d - \beta = d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\beta' \cdot n_2 = 1 \cdot \gamma \Rightarrow \gamma = n_2 \cdot d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) \Rightarrow \gamma = d(n_2 - n_1)$$

$$n_1 = 1, n_2 = 1,6 \quad d = 0,05 \text{ рад} \Rightarrow \gamma = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад.}$$

$$2) \quad \left. \begin{aligned} x &\approx h \cdot (d - \beta) = h \cdot d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) \\ x &\approx L_1 \cdot \gamma = L_1 \cdot d (n_2 - n_1) \end{aligned} \right\} \Rightarrow h d \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = L_1 d (n_2 - n_1)$$

$$L_1 = a + h - l_1 = a + h \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \quad l_2 = \frac{h}{n_2}$$

$$L_1 = 200 + 9 \left(1 - \frac{1}{1,6}\right) \quad L_1 = 203,375 \text{ см}$$

$$3) \quad n_2 > n_1 \Rightarrow \beta > d \quad d n_1 = \beta n_2 \Rightarrow \beta = d \frac{n_1}{n_2}$$

$$(\beta - d) \cdot n_2 = \gamma$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) d \cdot n_2 = \gamma$$

$$(n_1 - n_2) d = \gamma$$

$$\left. \begin{aligned} (\beta - d) h &\approx x_2 \\ \gamma \cdot l_2 &\approx x_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow d \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) h \approx (n_1 - n_2) d \cdot l_2 \Rightarrow l_2 = \frac{h}{n_2}$$

$$L_2 = a + h \cdot l_2 = a + h \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) = L_1$$



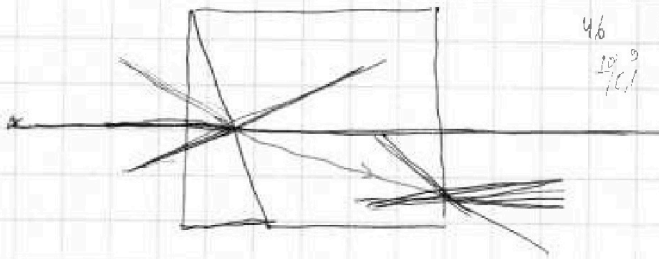
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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



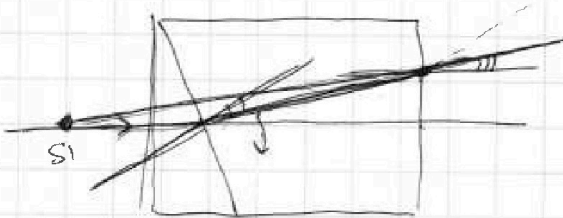
~~$(\alpha - \beta) \cdot h < \alpha$~~

2) $\delta = 0,6 \alpha$

$\alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{1,6}\right)$

$\frac{0,6}{1,6}$

$\frac{6}{16} \alpha$



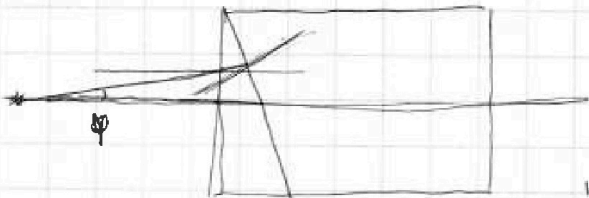
$h_2 \cdot \alpha \left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right)$

$\delta \cdot l_2 = (\alpha - \beta) h$

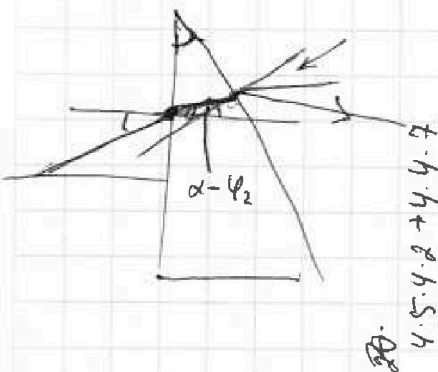
$\frac{6}{10} \alpha l_2 = \frac{6}{16} \alpha h$

$l_2 = \frac{10}{16} \cdot g$

$g \cdot \frac{34}{16} + 200$

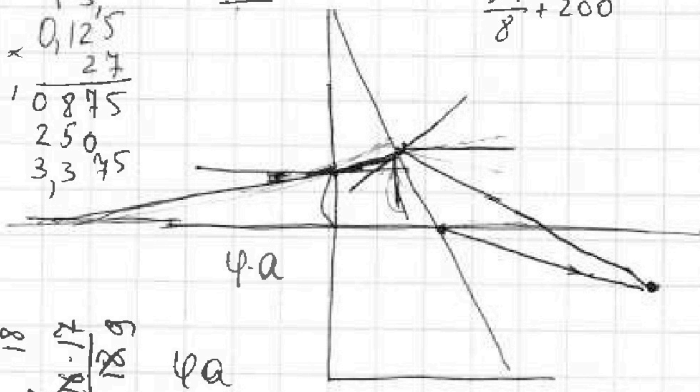


$\frac{27}{8} + 200$



$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 0,125 \\ \hline 27 \\ 0875 \\ 250 \\ \hline 3,375 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ 16/10+7 \\ \hline 18 \\ 18 \cdot 17 \\ \hline 189 \end{array}$$



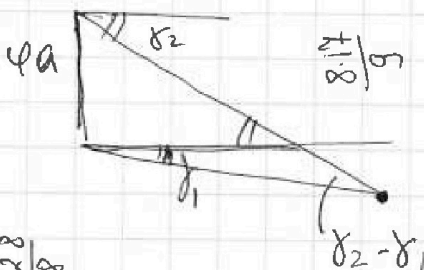
$200 \left(\frac{0,8}{1,8}\right) + g \left(1 - \frac{1}{(1,8)^2}\right)$

$\frac{200 \cdot 8}{1,8} + \frac{0,8 \cdot 2,8}{1,8 \cdot 1,8}$

$\frac{200 \cdot 8}{1,8} + \frac{2,8 \cdot 2,8}{1,8 \cdot 1,8}$

$\frac{20 \cdot 8}{1,8} + \frac{4 \cdot 2,8}{1,8}$

$\frac{160 + 284}{1,8}$



$\frac{8,7}{9}$

$\frac{9 \cdot 17}{136}$

$\frac{20}{16} \cdot 200$

$\frac{13}{8} \cdot 45 \cdot 2,5$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 25 \\ \hline 25 \\ 45 \\ \hline 325 \end{array}$$

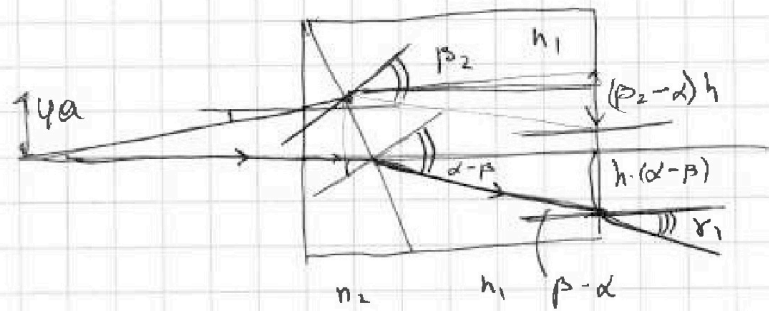
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\begin{aligned} \alpha \cdot n_2 &= \beta n_1 \\ (\beta - \alpha) \cdot n_1 &= \gamma_1 \\ \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) n_1 &= \gamma_1 \\ \alpha (n_2 - n_1) &= \gamma_1 \end{aligned}$$

~~Решение~~

$$(\alpha - \varphi_2) \cdot n_2 = n_1 \cdot \beta_2$$

$$\varphi = n_2 \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \frac{\varphi}{n_2}$$

$$\frac{(\alpha - \varphi_2) n_2}{n_1} = \beta_2$$

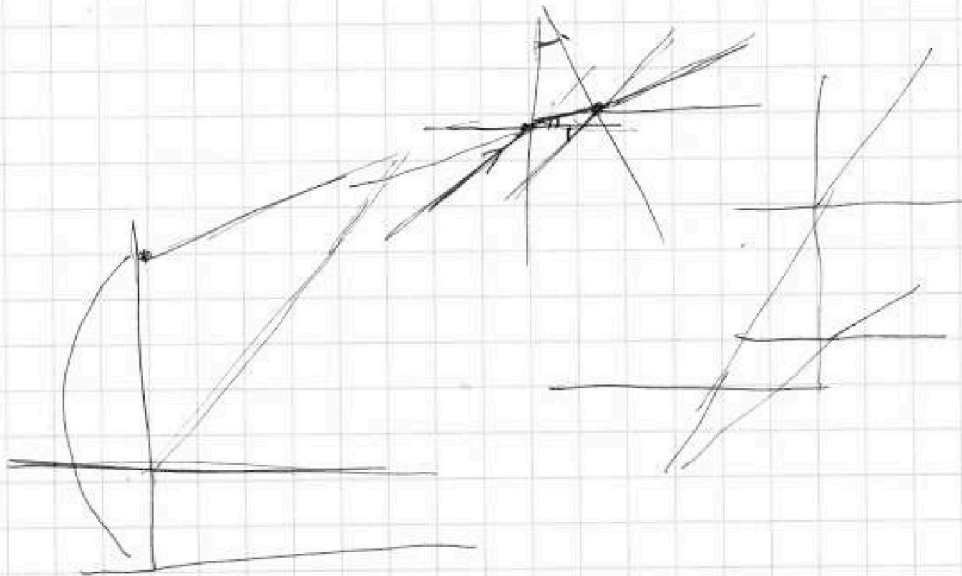
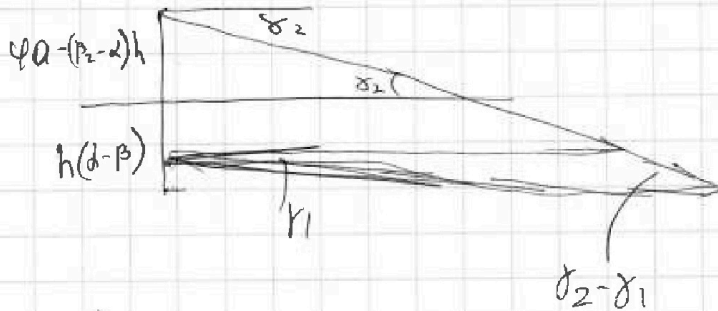
$$\frac{\left(\alpha - \frac{\varphi}{n_2} \right) n_2}{n_1} = \beta_2$$

$$\frac{\alpha n_2 - \varphi}{n_1} = \beta_2$$

$$(\beta_2 - \alpha) \cdot n_1 = \gamma_2$$

$$\frac{\alpha n_2 - \varphi - \alpha n_1}{n_1} = \gamma_2$$

$$\alpha (n_2 - n_1) - \varphi = \gamma_2$$



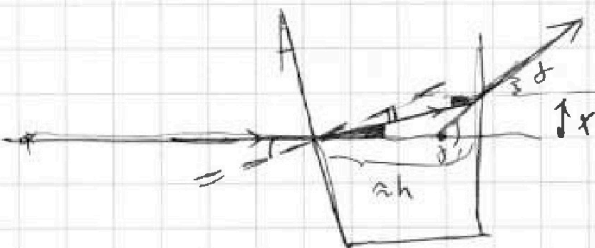
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МОФИ

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



$$\alpha \approx \beta \cdot n_2$$

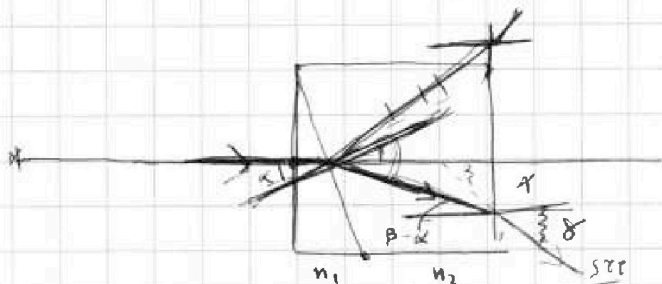
$$\beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

$$x = n_2 \left(\alpha - \frac{\alpha}{n_2} \right) = \alpha (n_2 - 1)$$

$$x = h \cdot (\alpha - \beta)$$

$$x \cdot L = X = h(\alpha - \beta)$$

$$L = h \frac{\alpha - \beta}{x} = h \frac{\alpha \left(1 - \frac{1}{n_2} \right)}{\alpha (n_2 - 1)} = \frac{n_2 - 1}{(n_2 - 1) n_2} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow \boxed{\frac{9}{16}} \quad \left(\begin{array}{l} 2x \\ + 200 \\ \hline 116 \end{array} \right) \cdot \frac{3x}{8} = 9$$



$$n_1 \alpha_1 = n_2 \alpha_2 \Rightarrow \beta = \alpha \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 \left(\alpha \frac{n_1}{n_2} - \alpha \right) = x$$

$$\alpha (n_1 - n_2) = x$$

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

$$L \cdot \alpha (n_1 - n_2) = x = h \alpha \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \Rightarrow L = \frac{h}{n_2}$$

$$L = \frac{h}{n_2}$$

Handwritten calculations and diagrams on the bottom half of the page, including various algebraic manipulations and a small diagram of a light ray.

Diagram: A light ray passing through a block of height h, with incident angle alpha and refracted angle beta. The lateral displacement is x.

Equations:

$$x = h(\alpha - \beta)$$

$$x \cdot L = h(\alpha - \beta) \Rightarrow L = \frac{h}{n_2}$$

Additional calculations:

$$386,25 \cdot \frac{15 \cdot 29,75}{25,75} = 386,25 \cdot 15 \cdot \frac{29,75}{25,75}$$

$$386,25 \cdot 15 \cdot 30 = 172,25 \cdot 15 = 2583,75$$

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

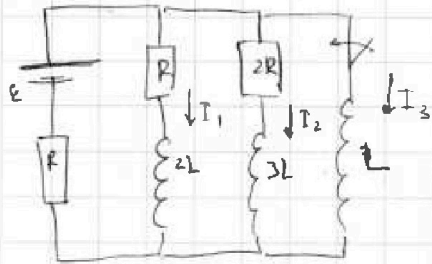
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



$$\mathcal{E} = L \frac{dI_3}{dt} + R(I_1 + I_2)$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} I_2$$

$$\frac{\mathcal{E} - R(I_1 + I_2)}{L} = \frac{dI_3}{dt}$$

$$\mathcal{E} = \frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} = \left[\frac{2}{5} \frac{\mathcal{E}}{L} = \frac{dI_3}{dt} \right] 2)$$

$$\mathcal{E} = 2RI_2 + 3L \frac{dI_2}{dt} + (I_1 + I_2)R$$

$$L \frac{dI_2}{dt} = 2RI_2 + 3L \frac{dI_2}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$L dI_2 = 2RI_2 dt + 3L dI_2$$

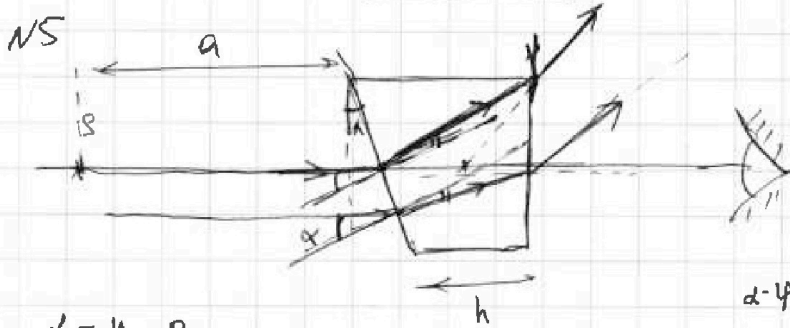
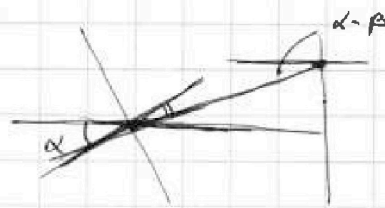
$$L(I_2 - 0) = 2R q_2 + 3L(I_2 - I_{2,0})$$

$$L \frac{\mathcal{E}}{R} = 2R q_2 - 3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$\frac{8}{5} \frac{L\mathcal{E}}{R} = 2R q_2 \Rightarrow q_2 = \frac{4}{5} \frac{L\mathcal{E}}{R^2} \quad 3)$$

В упр. решении II ток через L нет.

$$I_2 = 0 ; I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$



$$\alpha = n_2 \cdot \beta$$

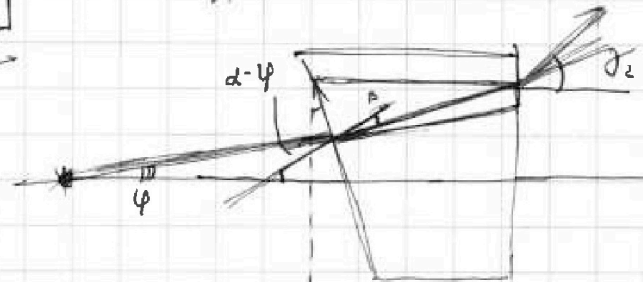
$$n_2 (\alpha - \beta) = \delta$$

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

$$\alpha \cdot n_2 - \alpha = \delta$$

$$\alpha (n_2 - 1) = \delta \quad 4)$$

$$0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад}$$



$$n_1 (\alpha - \psi) = n_2 \beta_2$$

$$(\alpha - \psi - \beta) \cdot n_2 = n_1 \cdot \delta_2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

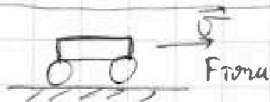
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

N1
 $m = 300 \text{ кг}$
 $P = \text{const}$
 $F_k = 405 \text{ Н}$

$a = \frac{dV}{dt}$ кас. к графику



$F_{тяги} - F_k = m \frac{dV}{dt}$
 $\frac{P}{V} - F_k = m \frac{dV}{dt}$

$$\begin{array}{r} 4332 \\ \times 29,75 \\ \hline 405 \end{array}$$

$$114842$$

$$11900$$

$$12048,42$$

$\frac{P_1}{P} = \frac{P}{V} - ma$

$\frac{P}{V} - m \frac{dV}{dt} = F_k$

$\frac{F_c}{F_k}$

$P = \frac{A}{t} = \frac{FS}{t}$

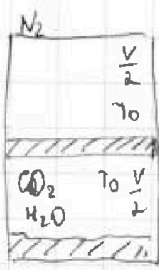
$\frac{P}{V_{max}} - m \frac{dV}{dt} = F_k$

$P = F_k \cdot V_{max}$

$V_{max} \approx 29,75$

$P = 12048,42 \text{ Вт}$

N2



$V_1 R T_0 = P_0 \frac{V}{2}$
 $V_2 R T_0 = P_0 \frac{V}{4}$
 $V_2 = k P_0 \cdot \frac{V}{4}$



$\frac{4T_0}{3} = T$

$\frac{5}{6} \cdot \frac{V}{4} = \frac{7}{12}$

$\frac{P_0}{93}$

RR

$R \cdot \frac{4}{3} T_0 = 3 \cdot 10^3$

$R T_0 = \frac{9}{4} 10^3$

$V_1 R \frac{4T_0}{3} = P_2 \cdot \frac{V}{6}$

$\frac{J_1}{J_2} = \frac{1}{R T_0 \cdot k} = \frac{1}{\frac{9}{4} 10^3 \cdot \frac{6}{10} 10^3} = \frac{24 \cdot 10}{9 \cdot 6} = \frac{20}{27}$

$J_2 = \frac{27}{20} J_1$

$\frac{\frac{27}{20} + 1}{2} = \frac{J}{V_1} = \frac{47}{40}$

$(J_1 + J_2) R \frac{4T_0}{3} = P_2 \cdot \frac{7}{12} V$

$P_2 = P_1 + P_2' = \frac{140}{93} P_1$

$V_1 / 3 \cdot 10^3 = P_2 \cdot \frac{V}{6}$
 $\frac{47}{20} J_1 \cdot 3 \cdot 10^3 = P_2 \cdot \frac{7}{12} V$

$\frac{47}{20} \frac{J_1}{V_1} \cdot \frac{7}{12} V = \frac{47}{20} \cdot \frac{7}{12} \cdot \frac{27}{20} J_1$

$\frac{V_1 + J_2}{V_1} = \frac{7 P_2' \cdot d}{12 P_1 + P_2'} = \frac{47}{40}$

2) $P_1 + P_2' = P_2$

$(J_1 + J_2) R \cdot \frac{4}{3} T_0 = \frac{7}{12} V P_2'$

$20 \cdot 7 P_2' = 47 P_1 + 47 P_2'$

$140 - 47 P_2' = 47 P_1$

$V_1 R \frac{4}{3} T_0 = \frac{7}{6} V (P_1 + P_2')$

$93 P_2' = 47 P_1$

$P_2' = \frac{47}{93} P_1$

$\frac{9 \cdot 10^3}{10 \cdot 72} = \frac{24}{20}$

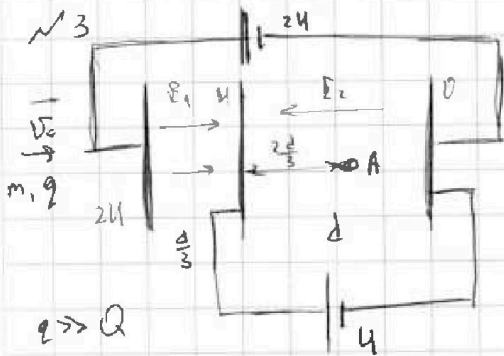
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$E_1 = \frac{2U - U}{\frac{d}{3}} = \frac{3U}{d}$$

$$E_2 = \frac{U}{d}$$

$$E_2 q = m a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{Uq}{dm} \quad (1)$$

$$v_0 + \frac{3Uq}{dm} \cdot \frac{d}{3} = v_2$$

$$\frac{v_2^2 - v_0^2}{2 \cdot \frac{3Uq}{dm}} = \frac{d}{3}$$

$$v_2^2 - v_3^2 = d \cdot 2 \cdot \frac{Uq}{dm}$$

$$v_2^2 - v_0^2 = 2 \frac{Uq}{m} \quad v_2^2 = \frac{2Uq}{m} + v_0^2$$

$$v_3^2 = v_2^2 - \frac{2Uq}{m}$$

$$E_{k2} = \frac{m \left(\frac{2Uq}{m} + v_0^2 \right)}{2}$$

$$E_{k3} = \frac{m \left(v_2^2 - \frac{2Uq}{m} \right)}{2}$$

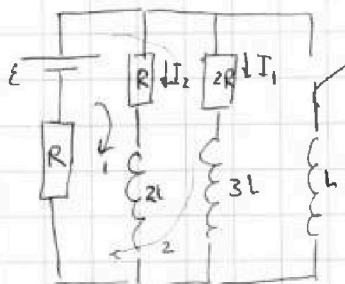
$$E_{k3} - E_{k2} = \frac{m}{2} \left(v_2^2 - \frac{2Uq}{m} - v_2^2 \right) = -Uq \quad (2)$$

$$\frac{v_2^2 - v_A^2}{2 \cdot \frac{Uq}{dm}} = \frac{2}{3} d \quad v_2^2 - v_A^2 = \frac{4}{3} \frac{Uq}{m} \quad \left(v_0^2 + \frac{2}{3} \frac{Uq}{m} = v_A^2 \right) \quad (3)$$

$$v_2^2 - \frac{4Uq}{3m} = v_A^2$$

$$v_0^2 + \left(2 - \frac{4}{3} \right) \frac{Uq}{m} = v_A^2$$

N4



$$E = RI_2 + 2L \frac{dI_2}{dt} + (I_1 + I_2) \cdot R$$

$$E = 2RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} + R(I_1 + I_2)$$

$$2RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = RI_2 + 2L \frac{dI_2}{dt} \quad \boxed{2I_1 = I_2}$$

В уст. режиме $E_i = 0 \Rightarrow E = RI_2 + RI_1 + RI_2$

$$E = 2RI_2 + RI_1 + RI_2$$

$$\frac{E}{R} = 2I_2 + I_1 + 2I_2$$

$$5I_2 = \frac{E}{R} \Rightarrow \boxed{I_2 = \frac{E}{5R}} \Rightarrow I_2$$