



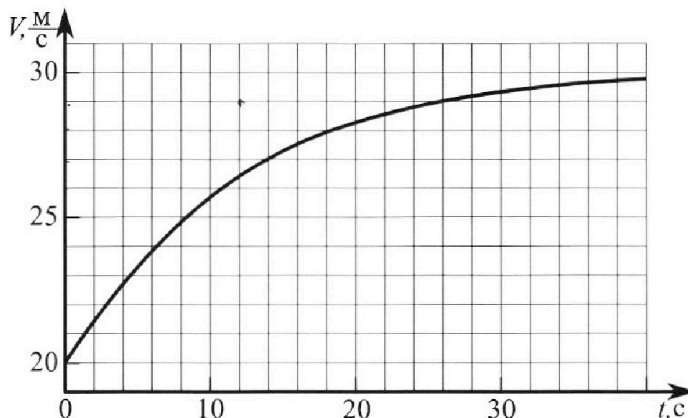
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ 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 $F_k = 200$ Н.



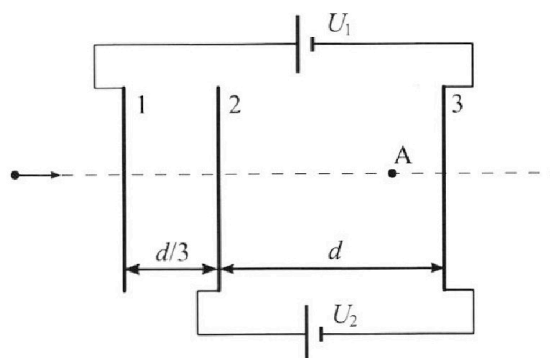
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точно сть численного ответа на первый 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 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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/($\text{м}^3 \cdot \text{Па}$). 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ 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 $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

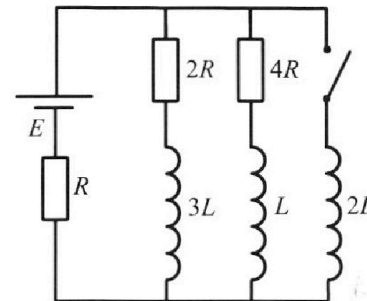
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



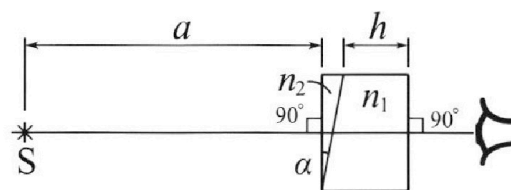
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ 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 $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, 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

МФТИ

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

Решение:
 1) Запишем ΣF_i для мотоцикла с мотоциклистом (далее я буду наз-ть их "телом")

на horiz. осв.: $ma = F_{\text{тр}} - F_{\text{сопр}} = \mu N - F_{\text{сопр}}$

на вертик. осв.: $N = mg$

$$m \frac{dv}{dt} = \mu mg - F_{\text{сопр}}$$

$$\frac{dv}{dt} = \mu g - \frac{F_{\text{сопр}}}{m}$$

1) Нам дан график $v(t)$, а значит касательной к графику $v(t)$, будет $\frac{dv}{dt} = a$, исходя из геометр. смысла производ.

Значит для нахождения ускорения в начале, можно провести касат. к

графику в точке $(0; v(0))$

$$a_0 = \frac{29 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12 \text{ с}} = \frac{9 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12 \text{ с}} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) $\frac{dv}{dt} = \frac{\mu mg}{m} - \frac{F_{\text{сопр}}}{m}$

Мощность можно выразить так:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_{\text{мотора}}}{m v} - \frac{F_{\text{сопр}}}{m} \quad (1)$$

здесь $F_{\text{тр}}$, имеет по-мну 2-е значение. Это сила трения.

$$P = F \cdot v$$

$$P_{\text{мотора}} = F_{\text{тр}} \cdot v = \mu mg \cdot v$$

В конце разгона $\frac{dv}{dt} \rightarrow 0$.

$$v \rightarrow v_k = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (из графика)}$$

и (1) принимает вид:

$$0 = \frac{P}{m v_k} - \frac{F_k}{m} \quad | \Rightarrow$$

$$| \Rightarrow P = F_k \cdot v_k = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6000 \text{ Вт}$$

В начале разгона (1) имеет другой вид: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (из графика)

$$a_0 = \frac{P}{m v_0} - \frac{F_0}{m} \quad | \Rightarrow F_0 = \frac{P}{v_0} - m a_0 = \frac{6000}{20} - 240 \cdot 0,75 =$$

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!

$$= 300 - \frac{240}{4} \cdot 3 = 300 - 180 = 120 \text{ Н.}$$

3) $P_{\text{сomp}} = F_{\text{сomp}} \cdot v$ ~~⊗: перенесем (1):~~

$P_{\text{передат. на колесо}} = P_{\text{мотора}} = P$ ~~$mva = P_{\text{мотора}} - P_{\text{сomp}} =$~~
 т.к авто, то момент сцепл.

$\eta = \frac{P_{\text{сomp}}}{P_{\text{мотора}}} = \frac{P_{\text{с}}}{P} = \frac{F_0 \cdot v_0}{P} = \frac{P_{\text{разгона}}}{P}$

↑ изменение отношения

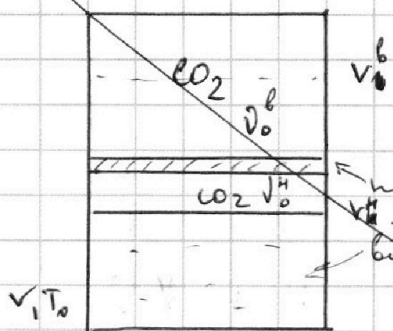
$$= \frac{120 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{6000 \text{ Вт}} = \frac{2400}{6000} = \frac{24}{60} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} = 0,4$$

Ответ:

- 1) $0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- 2) 120 Н
- 3) $0,4$

Решение:

$T_0 \rightarrow \frac{4}{3} T_0$
 $\frac{v_0^6}{2} \rightarrow v_{0,1}^6 = \frac{v}{8}$



1) поршень легкий и отсутствует трение, значит давление снизу всегда равно давлению сверху от поршня. Поршень теплопровод

и цилиндр нагревают полностью, значит T во всех точках сосуда всегда одинаковая.

Ур-е мейд. Клайперона: $\frac{P_0 \cdot V_0^6}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1^6}{T_1}$ ~~преобразим давл. кол. "порш"~~

в начале: $P_0 \cdot V_0^6 = P_0 \cdot \frac{V}{2} = \frac{1}{2} P_0 V_0^6 = \frac{1}{2} P_0^H R T_0$ (4)

в конце: $P_0 \cdot V_0^H = P_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{3}{8} V\right) = \frac{1}{8} P_0 V_0^H = \frac{1}{8} P_0^H R T_0 = P_0^H \cdot \frac{V}{8}$ (5)

$\Rightarrow \frac{V_0^6}{V_1^H} = 4$

2) Ур-е мейд. Клайперона:

в начале: $P_1^6 \cdot V_1^6 = P_1^6 R T_1 = P_1^6 R \frac{4}{3} T_0 = P_1^6 \cdot \frac{V}{8} = \frac{4}{3} P_0^H \cdot \frac{V}{2} = \frac{2}{3} P_0^H V$

в конце: $P_1^H \cdot V_1^H = P_1^H \cdot \left(V - \frac{V}{8} - \frac{3}{8} V\right) = P_1^H \cdot \frac{V}{2} = P_1^H R \frac{4}{3} T_0 = P_1^H R T_0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

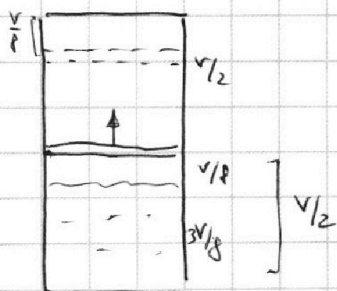


2) Запишем, что есть в конце нагрев $\Delta D \rightarrow 0$ (по оси),
 , то $\nu_1^H = \nu_0^H + \Delta D$. Также из закона сохранения энергии в любой точке сосуда один, два и т.д. и т.д. что следует из теплообмена.
 Также есть по условию $P_{вод.пер}$ при T_0 стрел.
 к нулю, но при $T = \frac{4}{3} T_0 = 373 K = 100^\circ C$ $P_{вод.пер} = P_{вод} =$
 $= P_{атм}$, в конце нагреве струя насыщ. пар это можно показать по воде в жидком состоянии объем которой не меняется по условию.

1) Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона: начало

верхний: $P_0 \frac{V}{2} = \nu_0^B R T_0$ $\frac{P_0}{2} = \frac{\nu_0^B R T_0}{V}$

нижний: $P_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{3}{8} V \right) = \nu_0^H R T_0 = P_0 \frac{V}{8}$



$$\frac{\nu_0^B}{\nu_0^H} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}} = 4$$

$$\Rightarrow \nu_0^H = \frac{1}{4} \nu_0^B$$

2) уравнение Менделеева-Клапейрона: конец:

$\nu_1^B = \nu_0^B$ т.к. струя не отходит от стенок и не уходит в вакуум

верхи: $P_1 \frac{V}{8} = \nu_1^B R \frac{4}{3} T_0 = \frac{4}{3} \nu_0^B R T_0$

нижний: $P_1 \left(V - \frac{V}{8} - \frac{3}{8} V \right) = P_1 \frac{V}{2} = \nu_1^H R T = \frac{4}{3} (\nu_0^H + \Delta D) R T_0$
 давление

~~$\frac{1}{2} = \frac{\nu_0^B}{\nu_0^H + \Delta D} \Rightarrow 2(\nu_0^H + \Delta D) = P_1 \nu_0^B$~~

из закона сохранения энергии: давление пар. насыщ.

в конце: $P_1 = P_1' + P_{атм} = P_1' + P_a = \frac{32}{3} \frac{\nu_0^B R T_0}{V} = \frac{8}{3} \frac{(\nu_0^H + \Delta D) R T_0}{V} + P_{атм}$

$$\frac{32}{3} \frac{\nu_0^B R T_0}{V} = \frac{8}{3} \frac{\nu_0^B R T_0}{V} + \frac{8}{3} \frac{P_0 \omega R T_0}{V} + P_{атм}$$

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 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!

$$\frac{16}{3} p_0 = \frac{1}{3} p_0 + \frac{f}{3} \frac{k p_0 \omega R T_0}{V} + p_{\text{атм}}$$

$$\omega = \frac{3}{f} V = \text{const}$$

$$5 p_0 = k p_0 R T_0 + p_{\text{атм}}$$

~~$$p_0 = p_{\text{атм}} \rightarrow \frac{1}{5 + k R T_0} = \frac{p_{\text{атм}}}{5 + 0,6 \cdot 3} =$$~~

$$p_0 = p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{5 - k R T_0} =$$

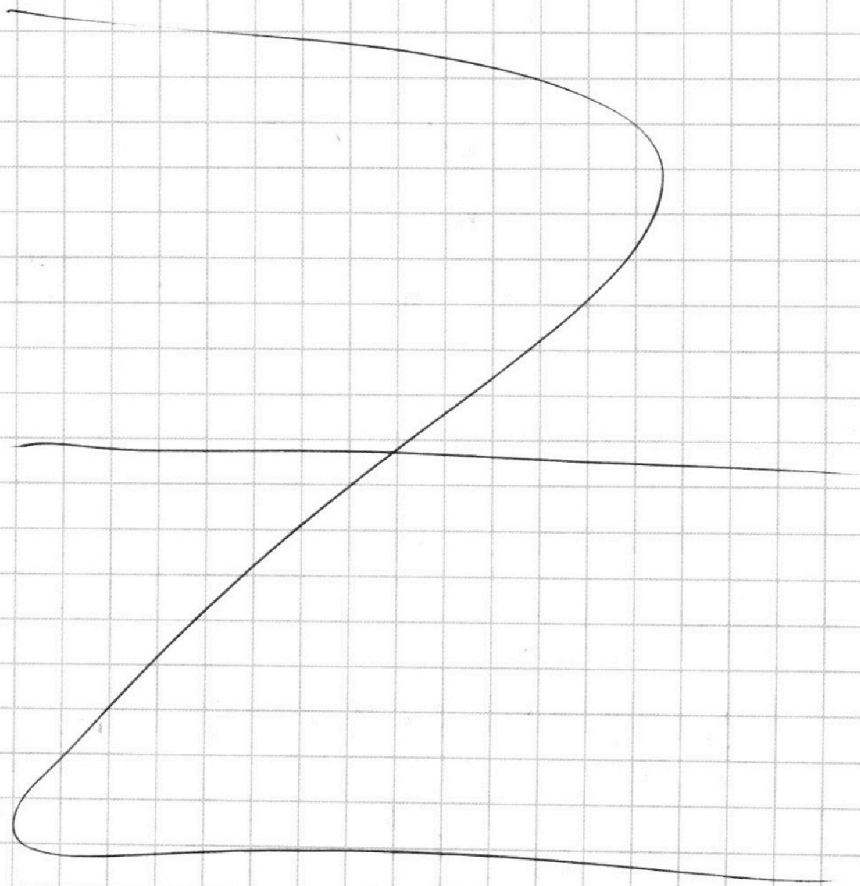
~~$$= \frac{p_{\text{атм}}}{6,8} = p_{\text{атм}} \frac{5}{34} = \frac{5}{34} p_{\text{атм}}$$~~

$$= p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{5 - 0,6 \cdot 3} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{3,2} =$$

$$= \frac{5}{16} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) $\frac{p_0}{p_0} = 4$

2) $\frac{5}{16} p_{\text{атм}} = p_0$



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!

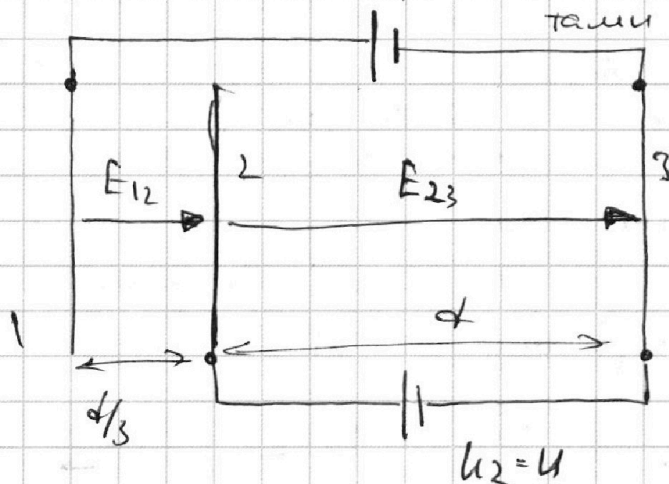
3

Решение:

т.к. $d \ll$ размеров сетки,

$5U = U$

предположим артефакты формул тами.



1) $\varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi_3$
 $\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_3 - (\varphi_2 - \varphi_3) =$
 $= U_1 - U_2 = 4U$

Исходя из геометрии, через всяк эррект, можно написать, что $\varphi_1 - \varphi_2 = E_{12} \cdot \frac{d}{3}$

II $3U$ для заряде!

$E_{12} = \frac{3}{d} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{12U}{d}$

$a_{12} = \frac{E_{12}q}{m} = \frac{12qU}{md}$

$F_{\text{эл}} = ma = Eq$
 $a = \frac{Eq}{m}$

2) $E_{23} \cdot d = \varphi_2 - \varphi_3 = U$

$E_{23} = \frac{U}{d}$ (попр. $\frac{d\varphi}{dx} = E$)

~~$K_1 = \frac{mv_0^2}{2}$~~

~~$K_2 = K_1 = E_{12} \cdot d$~~

3C):

$\Delta E = \Delta K$

$K_3 - K_2 = E_{23} \cdot d \cdot q$

$A_{\text{внеш}} = A_{\text{эл}} = E \cdot q \cdot d$

$K_3 - K_2 = Uq$

3) $\Delta K = A_{\text{внеш}}$

$K_A - K_1 = \sum A_{\text{внеш}} = \sum A_{\text{эл}} = E_{12} \cdot q \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot q \cdot \frac{3}{4}d =$

$= qd \cdot \left(\frac{12U}{3d} + \frac{3}{4} \cdot \frac{U}{d} \right) = qU \left(4 + \frac{3}{4} \right) = \frac{19}{4} qU =$

$= \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_A = \left[v_0^2 + \frac{19qU}{2m} \right]^{1/2}$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{12qU}{md}$

2) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19qU}{2m}}$

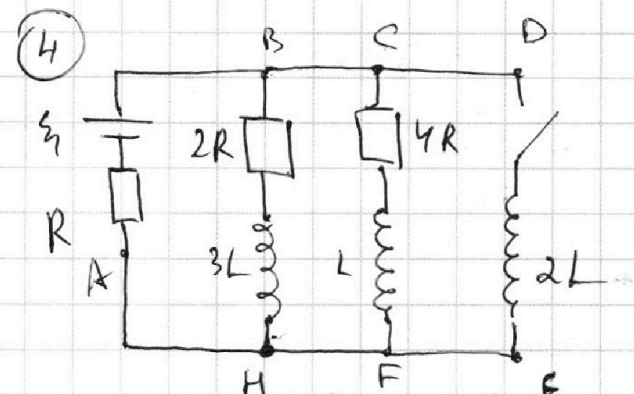
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

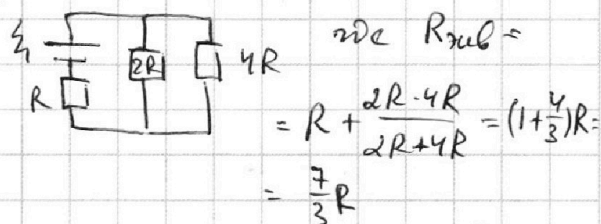
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



резисторы $2R$ и $4R$ подключены параллельно. \Rightarrow

1) Так как решение установилось, $\dot{I} = 0 \Rightarrow$

\Rightarrow экв. схема выглядит так:



$$I_{2R} \cdot 2R = I_{4R} \cdot 4R \quad \Rightarrow I_{2R} = I_{4R} \cdot 2 \quad \xi_1 = I \cdot R_{\text{экв}} \quad I = \frac{3\xi_1}{7R}$$

Закон Кирхгофа:

$$I_{2R} + I_{4R} = I = 3 I_{4R} = \frac{3\xi_1}{7R} \quad \Rightarrow I_{4R} = \frac{\xi_1}{7R} = I_{20}$$

$$I_{2R} = I - I_{4R} = \frac{2\xi_1}{7R}$$

2) Сразу после замыкания ключа, ток в катушке L и $3L$ - не изменится (из-за инерции катушки), а значит можно закон Кирхгофа для самого большого контура (A-B-C-F-E-H).

Закон Кирхгофа для самого большого контура (A-B-C-F-E-H):

$$2L \dot{I}_{2L} + IR = \xi_1 \quad \Rightarrow \quad \dot{I}_{2L} = \frac{\xi_1 - IR}{2L} = \frac{\frac{4}{7}\xi_1}{2L} = \frac{2\xi_1}{7L}$$

3) Закон Кирхгофа для контура A-B-H:

$$\xi_1 = IR + I_{2R} \cdot 2R + I_1 \cdot 3L \quad \Rightarrow \quad \xi_1 t = QR + 2Q_{1R} + (I_1 - I_{2R}) \cdot 3L$$

$$\int_0^t \xi_1 dt = \int_0^t I dt R + \int_0^t I_{2R} dt \cdot 2R + \int_{I_2}^{I_1} dI \cdot 3L$$

$$\xi_1 t = QR + 2Q_{1R} + (I_1 - I_{2R}) \cdot 3L$$

Заметим, что в установившемся режиме после замыкания ключа $\dot{I}_{2L} = 0$, а значит $U_{CF} = 0 = 2L \dot{I}_{2L}$, то есть

впередовые установившиеся режимы $I_L = 0$, $I_{3L} = 0 \Rightarrow I_1 = 0$

$U_{CF} = U_{CF} = U_{FH} = 0 \Rightarrow I_2 = 0$ значит ток будет идти только через R и L4 будет равен $I_0 = \xi_1/R$

$$\xi_1 t = QR + 2Q_{1R} - 3I_{2R} \cdot 3L$$

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 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!

Для контура: АСФ: $\xi_1 = IR + I_2 \cdot 4R + dI_2/dt \cdot L$

$$\int_0^T \xi_1 dt = \int_0^T I dt \cdot R + \int_0^{Q_2} I_2 dt \cdot 4R + \int_{I_{4R}}^{I_2} dI_2 \cdot L$$

$$\xi T = QR + 4Q_2 R - I_{4R} L$$

Для контура: АДЕ:

$$\xi_1 = IR + \frac{dI_3 L}{dt}$$

$$\int_0^T \xi_1 dt = \int_0^T I dt \cdot R + \int_0^{I_k} dI_3 L$$

$$\xi T = QR + I_k L$$

$$\xi T = QR + 4Q_2 R - I_{4R} L$$

$$\xi T = QR + I_k L$$

$$\xi T = QR + 2Q_1 R - 3I_{2R} L$$

$$0 = 0 + I_k L - 4Q_2 R + I_{4R} L$$

$$0 = 0 + I_k L - 2Q_1 R + 3I_{2R} L$$

$$Q_2 = \frac{L}{4R} (I_k + I_{4R}) = \frac{L}{4R} \left(\frac{\xi_1}{R} + \frac{\xi_1}{7R} \right) = \frac{2L \xi_1}{7R^2}$$

приш. $\int_0^t I dt = \int_0^Q dq$

поэтому $\int_0^T I dt = \int_0^Q dq = Q$

$$\int_0^{Q_1} I_1 dt = \int_0^{Q_1} dq_1 = Q_1$$

$$\int_0^{Q_2} I_2 dt = \int_0^{Q_2} dq_2 = Q_2$$

ответ: 1) $\frac{\xi_1}{7R}$

2) $\frac{2\xi_1}{7L}$

3) $\frac{2L\xi_1}{7R^2}$

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

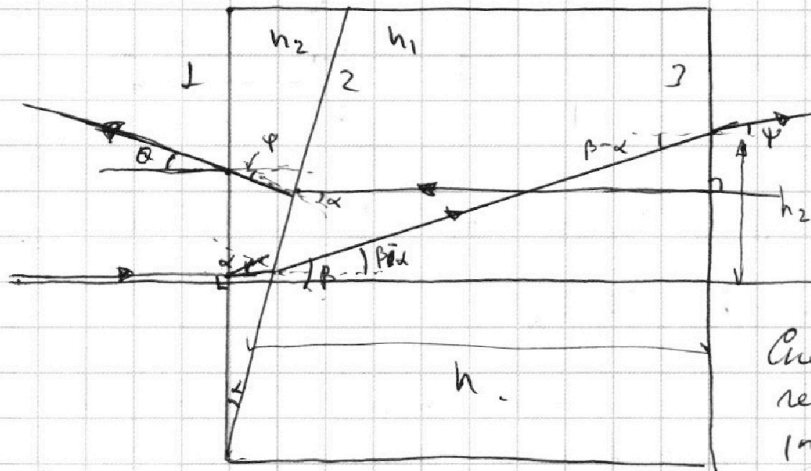
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Решение:
 5) 1) Нарисуем ход луча, описанный в условии.



во всех пунктах
 $n_1 < n_2$, поэтому преломления выполняются к лучу для того слоя.

Запишем закон Снеллиуса для преломления в средах 2 и 3 (преломление в 1 не будет, т.к. луч ей перпендику.)

т.к. угол мале $\alpha \ll 1$, $\sin 2\varphi \approx 2\alpha$

$$2: \alpha \cdot n_2 = \beta \cdot n_1 \quad \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$3: (\beta - \alpha) n_1 = \varphi \cdot n_2 \rightarrow \varphi = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \cdot \alpha =$$

2+3) Вспустим такой луч, год при $\alpha = 0,07$ рад.
 при входе из менее преломл. сред. он преломл. год и рассмотрим по преломлению закон Снелли:

$$2: \alpha \cdot n_1 = \varphi \cdot n_2 \quad \varphi = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$(\alpha - \varphi) n_2 = \theta \cdot n_1 \rightarrow \theta = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \cdot \alpha$$

при такой же входе можно было получить из своего опыта лучи.

Посмотрим на сколько сместится луч, \Rightarrow

видимое положение изображения нех-ся не продолжим преломленных лучей найдем эту точку:

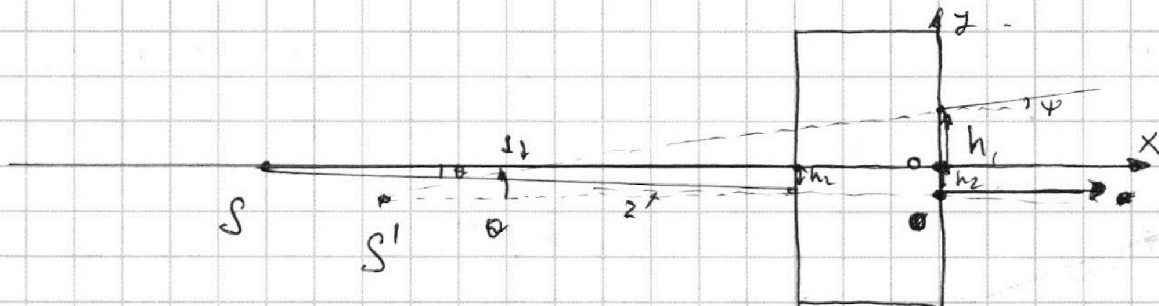
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



из-за точки зрения призма с n_2 $h_2 \approx \tan \theta \cdot a \approx \theta \cdot a \approx \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha a$

$h_1 \approx \tan(\beta - \alpha) \cdot h \approx (\beta - \alpha) h \approx \frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha h$
с переносом n_1

введем координ. оси x и z поперек. z и z' зрели и направим ось z вдоль z' и зрели z перпендикулярно

уравнение прямой z 1 : $y = h_1 + \psi \cdot x \approx h_1 + \tan \psi \cdot x$

уравнение 2 : $y = -h_2$

в пересечении координат y - одинаковы \Rightarrow

$-(\frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha h + \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha a) = -\frac{h_1 + h_2}{\tan \psi} \Rightarrow x = -\left(\frac{n_2 - n_1}{n_1} h + a\right)$

координаты действ. изображения:

$x_0 = -(h+a)$

$y_0 = -\frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha a$

$y_0 = 0$

$S = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} = \sqrt{\left(h \cdot \frac{n_1 - n_2}{n_1}\right)^2 + \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha a\right)^2} =$

$\approx \text{для } 2) S = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 100 \text{ см} = 7 \text{ см.}$

для 3) $S = \sqrt{\left(14 \cdot \frac{0,4}{14}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{1} \cdot 0,1 \cdot 100\right)^2} = \sqrt{16 + 9} = 5 \text{ (см)}$

- Ответ:
- 1) 0,09 рад
 - 2) 9 см
 - 3) 5 см

~~$0,3 \cdot 14 = 0,42$~~

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!

прим.: 1) по условию изменение объема воды можно пренебречь и это сделано

2) также в усл. сказано пренебречь давлением вод. паров при кипении, темп., во все T_0 , но не сказано пренебречь $p_{\text{вод. пар.}}$ в конце кипения, где $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$, где $p_{\text{нп}} = p_{\text{атм}}$, при этом из-за наличия воды в жидком состоянии $p_{\text{вод. пар. в конце}} = p_{\text{нп}} = p_{\text{атм}}$ и по закону сохранения давления парциальных газов $p_1^0 = p_1^{\text{н}} + p_{\text{атм}} = p_1^{\text{н}} + p_{\text{вод. пар.}}$ (1)

3) по закону Гей-Люссака $\Delta V = k \omega \rho$ при кипении при темп. равной T , $\Delta V \rightarrow 0$, значит:

$$V_0^{\text{н}} + \Delta V_0 = V_1^{\text{н}} \quad (4), \text{ где } \Delta V_0 = k \omega \rho_0 \quad (2)$$

(4) + (2):
$$p_1^{\text{н}} \cdot \frac{V}{2} = (k \omega \rho_0 + V_0^{\text{н}}) R \frac{4}{3} T_0$$

(5) + (2):
$$p_1^{\text{н}} \cdot \frac{V}{2} = \frac{4}{3} k \omega \rho_0 R T_0 + \frac{4}{3} V_0^{\text{н}} p_0 \quad (6)$$

(6), (1) \rightarrow (3):

$$\frac{16}{3} p_0 = p_{\text{атм}} + \frac{8}{3} \frac{k \omega \rho_0 R T_0}{V} + \frac{p_0 V}{3} \quad \Rightarrow \quad 5 p_0 = p_{\text{атм}} + p_0 \cdot \frac{8 k \omega R T_0}{3 V}$$

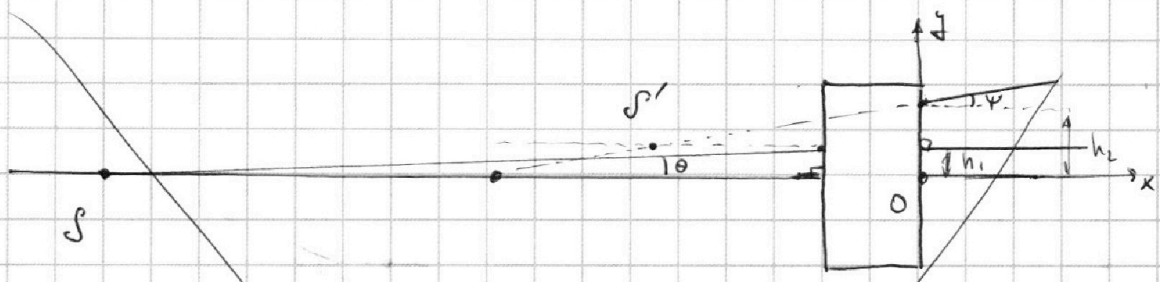
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Здесь мы из действ. источника построим 2
луча 1 который направлено перпен. ГОО, другой,
который станет перпен. ГОО после преломления.
изображение видимое положение объекта будет равно
на продолжении преломлен. лучей, найдем же
его положение.

Для нахождения пересечения найдем решение

h_1 и h_2 и из построения $h_2 \approx h_1 \approx \theta \cdot a$ (преломлен
лучей h_1 в преломлении
в прелом с h_2 , преломление $\theta \approx \alpha$
имеет ее положение)

$$h_2 = (p - \alpha) h = \mu(p - \alpha) h$$

$$h_2 = \alpha h \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_1}$$

Введем порядки

$$\frac{10}{52} = \frac{5}{16}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

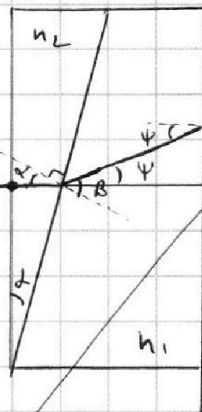


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

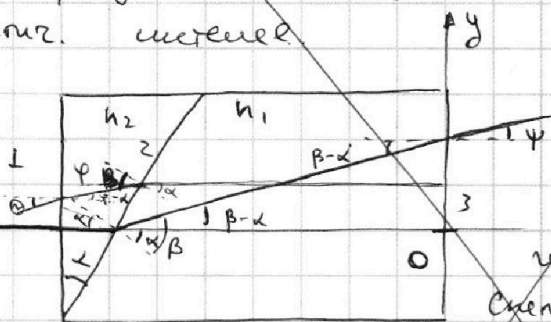


5

S



1) Нарисуем ход луча в оптич. системе



возьмем луч перпен. к поверхности

ГОО, через грань 1.

преломления нет, но

через 2,3 - есть, запишем закон Снелла для малых углов:

$$2 \text{ грань: } \alpha \cdot n_2 = \beta \cdot n_1 \quad \beta = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

2) теперь, пусть такой

$$3 \text{ грань: } (\beta - \alpha) n_1 = n_2 \cdot \varphi$$

3) луч, то не выходя

$$\text{ГОО } \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) n_1 = n_2 \cdot \varphi$$

он будет перпен. к поверхности

такие запишем

$$\varphi = \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_2} = 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} = 0,07 \text{ рад}$$

систе для 1, 2 и 3

граней соответственно

через 3 преломления нет,

а вот через 1 и 2 - есть

Нарисуем рисунок:

$$1: \theta \cdot n_2 = (\varphi - \alpha) \cdot n_1$$

$$2: \alpha \cdot n_1 = \varphi \cdot n_2 \quad \varphi = \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha$$

$$\theta = \frac{n_1 - n_2}{n_2} \cdot \alpha$$

