



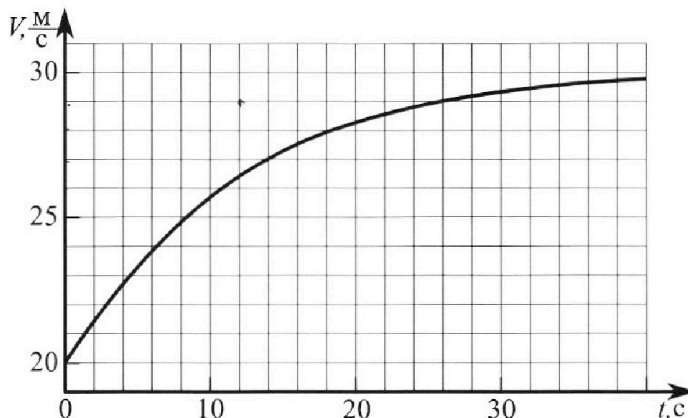
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



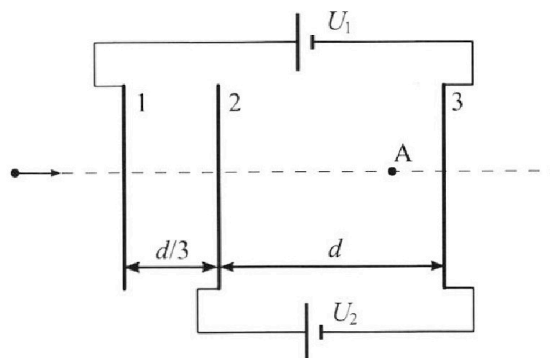
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точно сть численного ответа на первый 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  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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

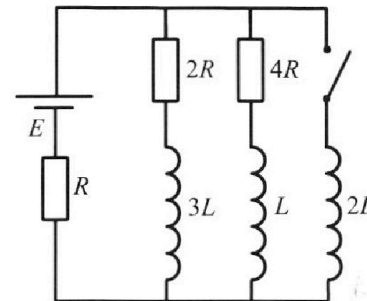
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



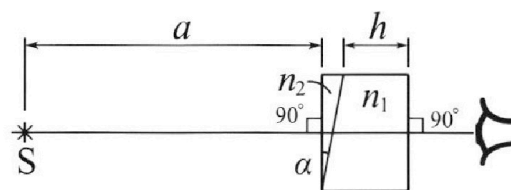
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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
<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!

Решение:  
 1) Запишем  $\Sigma F_i$  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 геометрии 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:

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

$$P = F \cdot v$$

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

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

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

МФТИ

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

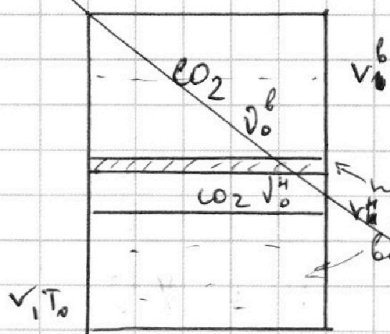
$P_{\text{передат. на колесо}} = P_{\text{мотора}} = P$   ~~$mva = P_{\text{мотора}} - P_{\text{смп}} =$~~   
 т.к авто, то момент сцепл.  ~~$= P_{\text{разгона}}$~~

$\eta = \frac{P_{\text{смп}}}{P_{\text{мотора}}} = \frac{P_{\text{с}}}{P} = \frac{F_0 \cdot v_0}{P}$   
 искомое отношение  $= \frac{120 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{6000 \text{ Вт}} = \frac{2400}{6000} = \frac{24}{60} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} = 0,4$

Ответ:

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

2) Решение:



$T_0 \rightarrow \frac{4}{3} T_0$   
 $\frac{v_0^b}{2} \rightarrow v_1^b = \frac{v}{8}$

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 идеал. газа:  $p \cdot V = \nu R T$  преобразуем давл. вод. паров

в начале:  $p_0 \cdot V_0^b = p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu R T_0$  (1)  
 в конце:  $p_1 \cdot V_1^b = p_1 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{3}{8}V\right) = \nu R T_0 = p_0 \cdot \frac{V}{2}$  (2)  
 $\Rightarrow \frac{p_1^b}{p_0^b} = 4$

2) Ур-е идеал. газа. в начале:  $p_1^b \cdot V_1^b = \nu R T_1 = \nu R \frac{4}{3} T_0 = p_1^b \cdot \frac{V}{8} = \frac{4}{3} p_0 \cdot \frac{V}{2} = \frac{2}{3} p_0 V$   
 в конце:  $p_1^h \cdot V_1^h = p_1^h \cdot \left(V - \frac{V}{8} - \frac{3}{8}V\right) = p_1^h \cdot \frac{V}{2} = \nu R \frac{4}{3} T_0 = \nu R T_0$

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!

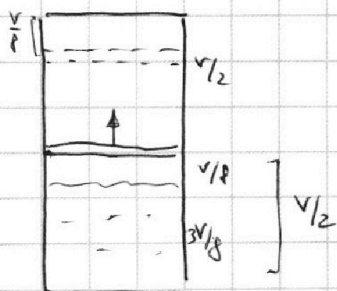


2) Запишем, что есть в конце нагрев  $\Delta D \rightarrow 0$  (по оси),  
 , то  $\nu_1^H = \nu_0^H + \Delta D$ . Также из закона сохранения энергии в любой точке сосуда один, два и температур, что следует из теплопроводности.  
 Также есть по условию  $P_{вод.пер}$  при  $T_0$  стрел.  
 к нулю, но при  $T = \frac{4}{3} T_0 = 373 K = 100^\circ C$   $P_{вод.пер} = P_{ин} =$   
 $= P_{атм}$ , 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

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

из закона сохранения давления через нагрев:

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

МФТИ



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

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

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

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

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

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

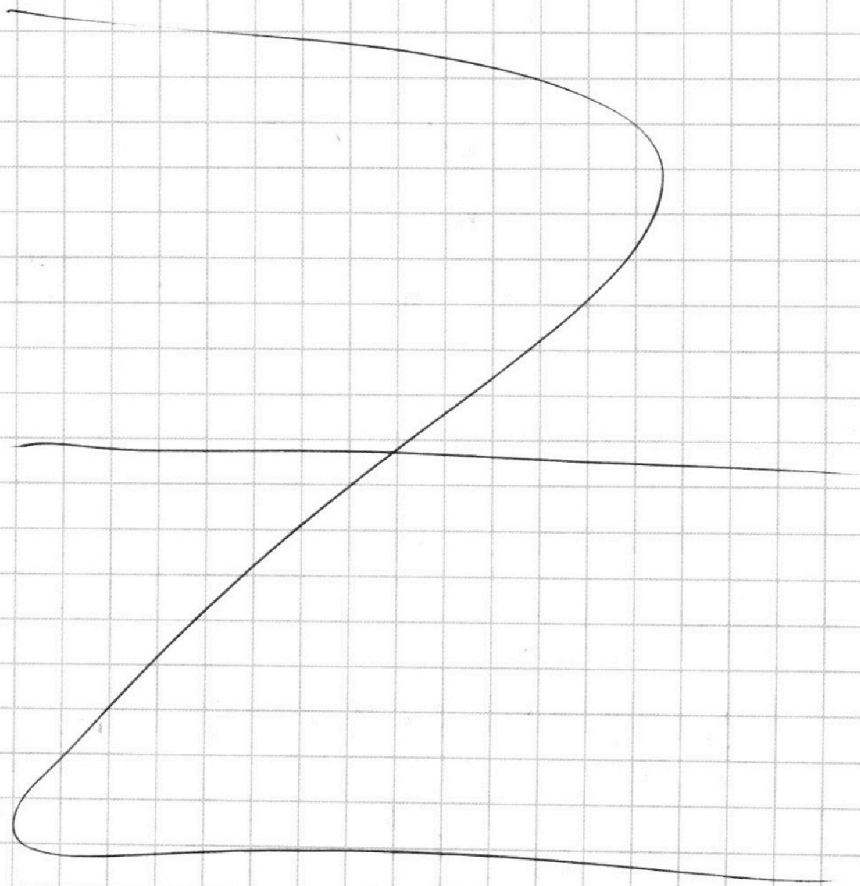
~~$$= \frac{p_{\text{атм}}}{6,8} = \frac{p_{\text{атм}} \cdot 5}{34} = \frac{5}{34} p_{\text{атм}}$$~~

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

$$= \frac{5}{16} p_{\text{атм}}$$

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!

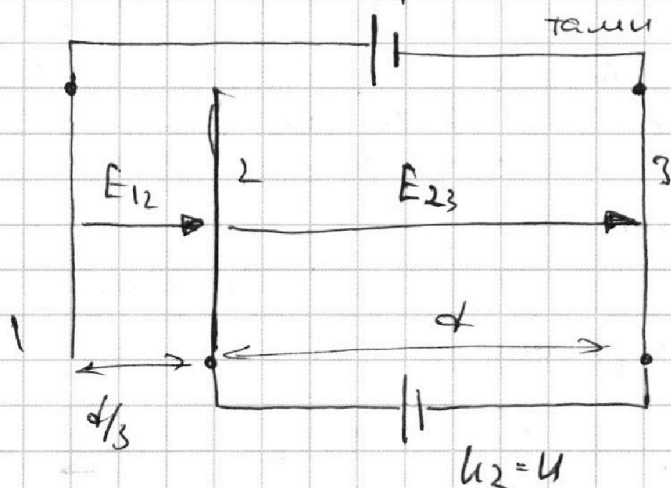
3)

Решение:

т.к.  $d \ll$  размеров сетки,

$5U = U_1$

предположим идеальную проводимость



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 условия, через  
всех эрмитов, можно  
написать, что  $\varphi_1 - \varphi_2 = E_{12} \cdot \frac{d}{3}$

II  $3U$  для зарядов!

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

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

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

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

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

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

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

3) А:

$\Delta E = \Delta K$

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

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

$K_3 - K_2 = Uq$

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

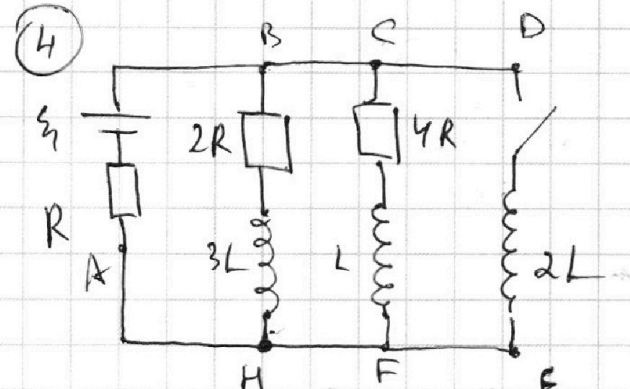
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

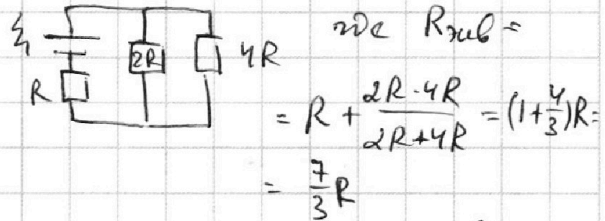
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

$\Rightarrow$  экв. схема выглядит так:



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

Закон Кирхгофа:

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

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

2) Сразу после замыкания ключа, ток в катушке  $L$  и  $3L$  - не изменится (из-за своей инерции)

а значит можно закон Кирхгофа для самого большого контура (A-B-C-F-H) попутно, то

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

3) Закон Кирхгофа для

контуре A-B-H:

$$\xi_1 = IR + I_{2R} \cdot 2R + I_1 \cdot 3L \quad \rightarrow \quad \xi_1 t = QR + 2Q_1 R + (I_1 - I_{2R}) \cdot 3L$$

$$\int_0^t \xi_1 dt = \int_0^t I dt R + \int_0^t I_1 dt \cdot 2R + \int_0^t I_1 dt \cdot 3L$$

$$\xi_1 t = QR + 2Q_1 R + (I_1 - I_{2R}) \cdot 3L$$

Заметим, что в установившемся режиме после замыкания

ключа  $\dot{I}_{2L} = 0$ , а значит  $U_{BF} = 0 = 2L \dot{I}_{2L}$ , то есть

впередовые установившиеся режимы  $I_L = 0$ ,  $I_{3L} = 0 \Rightarrow I_1 = 0$ ,  $I_2 = 0$  значит ток будет идти только через R и L4

$U_{BF} = U_{CF} = U_{FH} = 0$  будет равен  $I_{2R} = \xi_1 / R$

$$\xi_1 t = QR + 2Q_1 R - 3I_{2R} \cdot 3L$$



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

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

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

Для контура: АДЕ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

прим.  $\int_0^t Idt = \int_0^Q dq$

поэтому  $\int_0^T Idt = \int_0^Q dq = Q$

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

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

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.

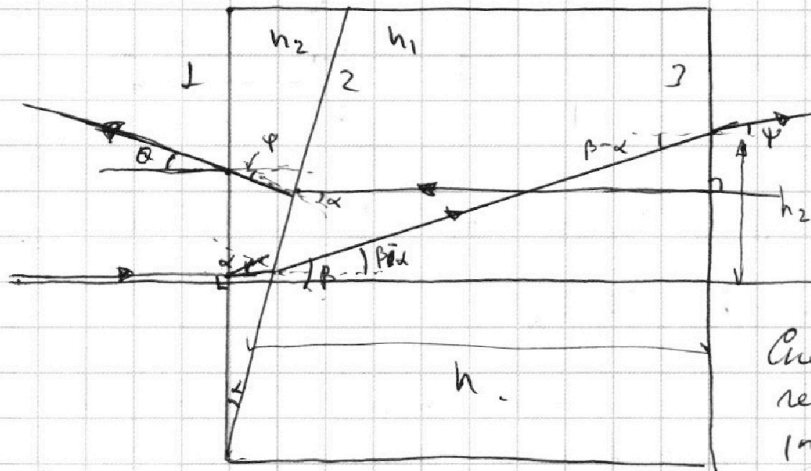
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 света.

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

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

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

$$3: (\beta - \alpha) n_1 = \varphi \cdot n_3 \rightarrow \varphi = \frac{n_2 - n_1}{n_3} \cdot \alpha =$$

2+3) Выясним какой луч, год при  $\alpha = 0,07$  рад.  
 какой выведет из нижней призмы, он перел. год и рассмотрим по преломлению закон Снелли:

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

$$(\alpha - \varphi) n_2 = \theta \cdot n_3 \rightarrow \theta = \frac{n_2 - n_1}{n_3} \cdot \alpha$$

при какой же выведет луч? было получено из закона преломления.

Посмотрим на сколько сместится луч,  $\Rightarrow$

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

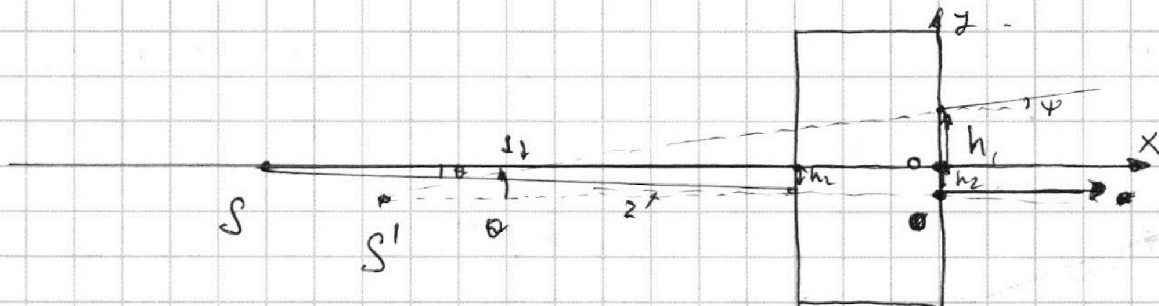
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



из-за тонкости пружины с  $n_2$   $h_2 \approx \tan \alpha \cdot a \approx \alpha \cdot a \approx \frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha a$

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

введем координ. ось  $z$  в точку пересек.  $PO$  и  $S$  зрели  
и направим ее вдоль  $PO$  и зрели  $S$  как перпендикуляр

уравн. прямой  $1$  :  $y = h_1 + \psi \cdot x \approx h_1 + \tan \alpha \cdot x$

уравн.  $2$  :  $y = -h_2$

в пересечении координ. ось  $y$  - ось  $z$   $1 \Rightarrow$

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

координаты действ.  $z$  - ось  $z$  :

$x_0 = -(h + a)$

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

$y_0 = 0$   $S = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} = \sqrt{(h \cdot \frac{n_1 - n_2}{n_1})^2 + (\frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha a)^2} =$

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

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

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

~~0,344 = 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 в это вошло  
2) также в усл. сказано пренебречь давлением вод. паров при кипении, темп., во всяк  $T_0$ , 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  $p_1^0 = p_1^{\text{н}} + p_{\text{атм}} = p_1^{\text{н}} + p_{\text{вод. пар. в к.}}$  (б)  
3) по закону Гей-Люссака  $\Delta D = k \omega \rho$  при кипении при темп. равной  $T$ ,  $\Delta D \rightarrow 0$ , значит:  
$$D_0^{\text{н}} + \Delta D_0 = D_1^{\text{н}} \quad (4) \quad \text{где} \quad \Delta D_0 = k \omega \rho_0 \quad (5)$$
  
(4) + (2): 
$$p_1^{\text{н}} \cdot \frac{V}{2} = (k \omega \rho_0 + D_0^{\text{н}}) R \frac{V}{j T_0}$$
  
(5) + (2): 
$$p_1^{\text{н}} \cdot \frac{V}{2} = \frac{4}{3} k \omega \rho_0 R T_0 + \frac{4}{3} D_0^{\text{н}} \cdot \frac{V}{j} \quad (6)$$
  
(6), (1), (4)  $\rightarrow$  (3):  
$$\frac{16}{3} p_0 = p_{\text{атм}} + \frac{8}{3} \frac{k \omega \rho_0 R T_0}{V} + \frac{p_0}{3} \quad \Rightarrow \quad 5 p_0 = p_{\text{атм}} + p_0 \cdot \frac{8 k \omega R T_0}{3 V}$$

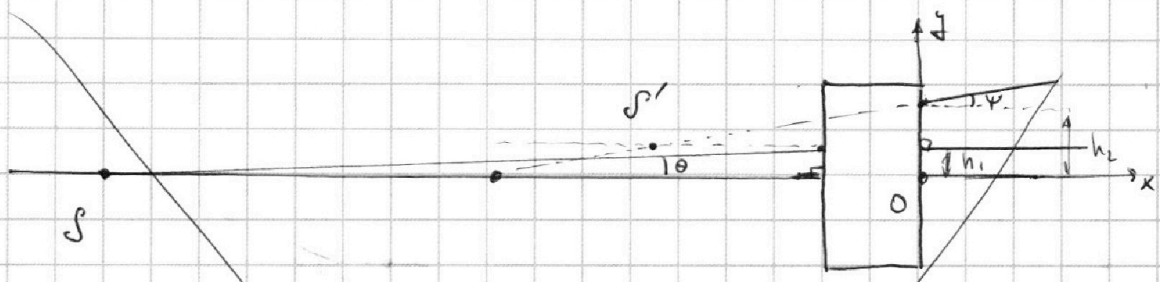
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



Здесь мы из дейст. источника насоем 2  
луча 1 который чинельно перел. ГОО, Пугой,  
который стает перел. ГОО после преломления.  
изображение видимое положение объекта будет равно  
на продолжении преломл. лучей, найдем же  
его положение.

Для нахождения пересечения найдем решение

$h_1$  и  $h_2$  и  $h_2 = h_1 \approx \theta \cdot a$  (преломл.  
лучей  $h_1$  в преломлении  
в преломл. с  $h_2$ , преломление ч-го  
имеет ее положение)

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

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

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

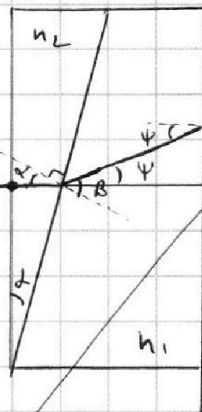


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

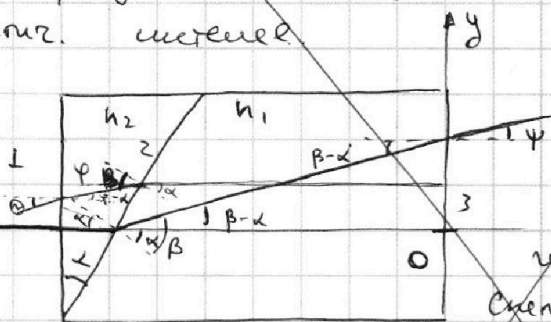


5

S



1) Нарисуем ход луча в оптич. системе



• Возьмем луч паралл. ГОО., через грань 1.

преломления нет, но

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

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

2) теперь, пусть такой

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

3) луч, то не выходя

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

он будет паралл

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

такие запишем

систе для 1, 2 и 3

граней соответственно

через 3 преломления нет,

а вот через 1 и 2 - есть

Нарисуем рисунок:

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

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

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

