



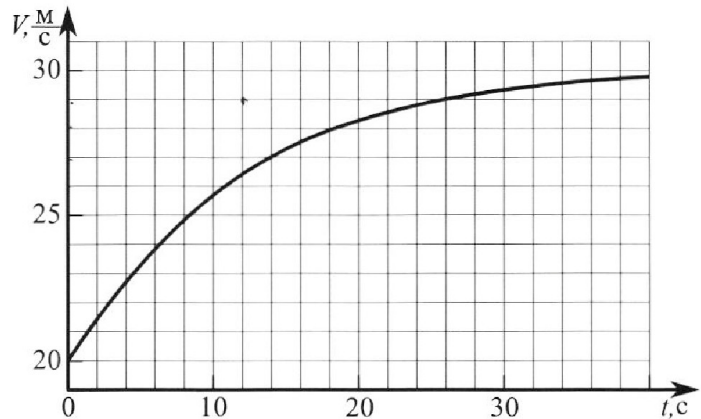
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



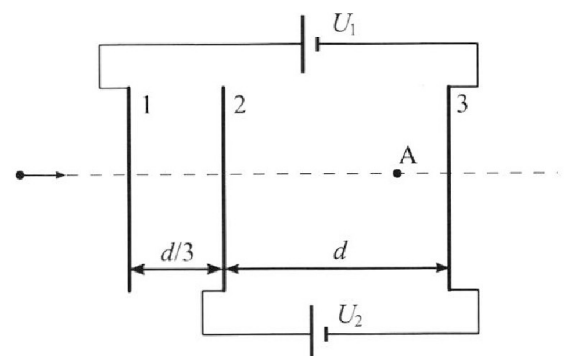
- ✧ 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
✧ 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
✧ 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

- ✧ 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 $3V/8$. 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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 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

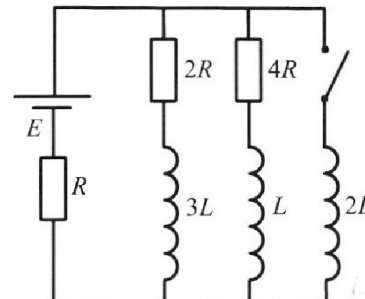
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



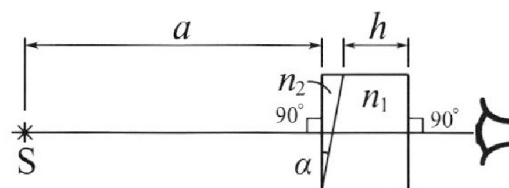
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



(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.

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:

1)

Запишем ΣF_i для мотоцикла с мотоциклистом (далее я буду называть их "телом")

на horiz. ос.

$$ma = F_{\text{тр}} - F_{\text{сопр}} = \mu N - F_{\text{сопр}}$$

на вертик. ос.

$$N = mg$$

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

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

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

Значит для нахождения ускорения в начале, можно провести касат. к графику в точке $(0; v(0))$

$$a_0 = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12 \text{ с}} = \frac{5}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,67 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

Мощность можно выразить так:

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

здесь $F_{\text{тр}}$, именно по-мудро единица. били. сила трения.

$$P = F \cdot v$$

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

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

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

и (1) принимает вид:

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

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

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

$$a_0 = \frac{P}{mv_0} - \frac{F_0}{m} \quad | \Rightarrow F_0 = \frac{P}{v_0} - ma_0 = \frac{6000}{20} - 240 \cdot 0,75 = 300 \text{ Н}$$

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)

$$P_{\text{comp}} = F_{\text{comp}} \cdot v$$

~~перенесем (1):~~

~~Р_{передв} на везд. колесо~~

$$P_{\text{передв}} = P_{\text{мотора}} = P$$

~~т.к. авто, то момент сил:~~

$$mva = P_{\text{мотора}} - P_{\text{comp}} =$$

~~Р_{разгона}~~

$$\eta = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\text{мотора}}} = \frac{P_{\text{co}}}{P} = \frac{F_0 \cdot v_0}{P}$$

~~используем отношение~~

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

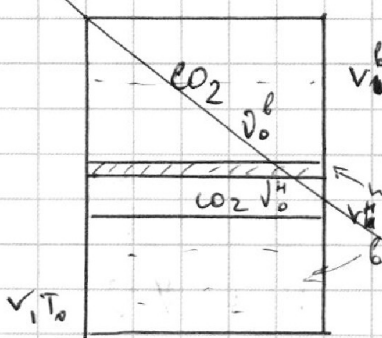
Ответ:

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

Решение:

$$T_0 \rightarrow \frac{4}{3} T_0$$

$$V_0^b = \frac{V}{2} \rightarrow V_0^b = \frac{V}{8}$$



1) поршень легкий и отсутствие трение, значит давление снизу всегда равно давлению сверху от поршня. Поршень теплопровод и цилиндр нагревают полностью, значит

Т во всех точках всегда одинаковая.

Ур-е Менд. Клейперона: $P_0 \cdot V_0^b = P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_0^b R T_0$ (4)

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

нижний рез: и

$$P_0 \cdot V_0^h = P_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{3}{8} V \right) = V_0^h R T_0 = P_0 \cdot \frac{V}{8} \quad (5)$$

$$\Rightarrow \frac{V_0^b}{V_0^h} = 4$$

2) Ур-е Менд. Клейп.

верхний рез:

$$P_1^b \cdot V_1^b = V_1^b R T_1 = V_0^b R \frac{4}{3} T_0 = P_1^b \cdot \frac{V}{8} = \frac{4}{3} P_0 \frac{V}{2} = \frac{2}{3} P_0 V$$

в конце:

нижний рез:

$$P_1^h \cdot V_1^h = P_1^h \cdot \left(V - \frac{V}{8} - \frac{3}{8} V \right) = P_1^h \cdot \frac{V}{2} = V_1^h R \frac{4}{3} T_0 = V_1^h R T_1$$

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!



2) Запишем, что есть в конце перел $\Delta D \rightarrow 0$,
(по укл),

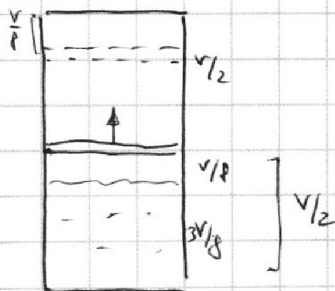
, то $\rho_1^H = \rho_0^H + \Delta \rho$. Также из-за легкости парной давл. в
любой точке воздуха один, темп. и темп., то следует из темп. T_0 срен.
горизонт. Также есть по условию $\rho_{вод.пер} = \rho_{вод.пр} = \rho_{вод.п} =$
к нулю, но при $T = 4/3 T_0 = 373 K = 100^\circ C$ $\rho_{вод.пр} = \rho_{вод.п} =$

$\rho_{атм}$, в конце нагреве струи насос. пар то
можно показать по воде в жидком состоянии
объем которой не меняется по условию.

1) Запишем ур-е мейд. Клейперона: начало

верхний: $\rho_0 \frac{V}{2} = \rho_0^B R T_0$ $\frac{\rho_0}{2} = \frac{\rho_0^B R T_0}{V}$

нижний: $\rho_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{3}{8} V \right) = \rho_0^H R T_0 = \rho_0 \frac{V}{8}$



$$\frac{\rho_0^B}{\rho_0^H} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}} = 4$$

$$\Rightarrow \rho_0^H = \frac{1}{4} \rho_0^B$$

2) ур-е мейд. Клейпер. конец:

$\rho_1^B = \rho_0^B$ т.к. струя
не выходит из цилиндра
и не выходит

верхи. $\rho_1 \frac{V}{8} = \rho_1^B R \frac{4}{3} T_0 = \frac{4}{3} \rho_0^B R T_0$

нижний: $\rho_1 \left(V - \frac{V}{8} - \frac{3}{8} V \right) = \rho_1 \frac{V}{2} = \rho_1^H R T = \frac{4}{3} (\rho_0^H + \Delta \rho) R T_0$
разбегая

$$\frac{1}{2} = \frac{\rho_0^H}{\rho_0^H + \Delta \rho} \Rightarrow 2 \rho_0^H + \Delta \rho \cdot 2 = \rho_0^H$$

из закона сохранения
давлений перу. перел:

в конце: $\rho_1 = \rho_1^H + \rho_{атм} = \rho_1^H + \rho_a = \frac{32}{3} \frac{\rho_0^B R T_0}{V} = \frac{8}{3} \frac{(\rho_0^H + \Delta \rho) R T_0}{V} + \rho_{атм}$

$$\frac{32}{3} \frac{\rho_0^B R T_0}{V} = \frac{8}{3} \frac{\rho_0^B R T_0}{V} + \frac{8}{3} \frac{\rho_0^H R T_0}{V} + \rho_{атм}$$

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!



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

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

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

$$= p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{5 - 0.6 \cdot 3} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{3.2} =$$

$$= \frac{5}{16} p_{\text{атм}}$$

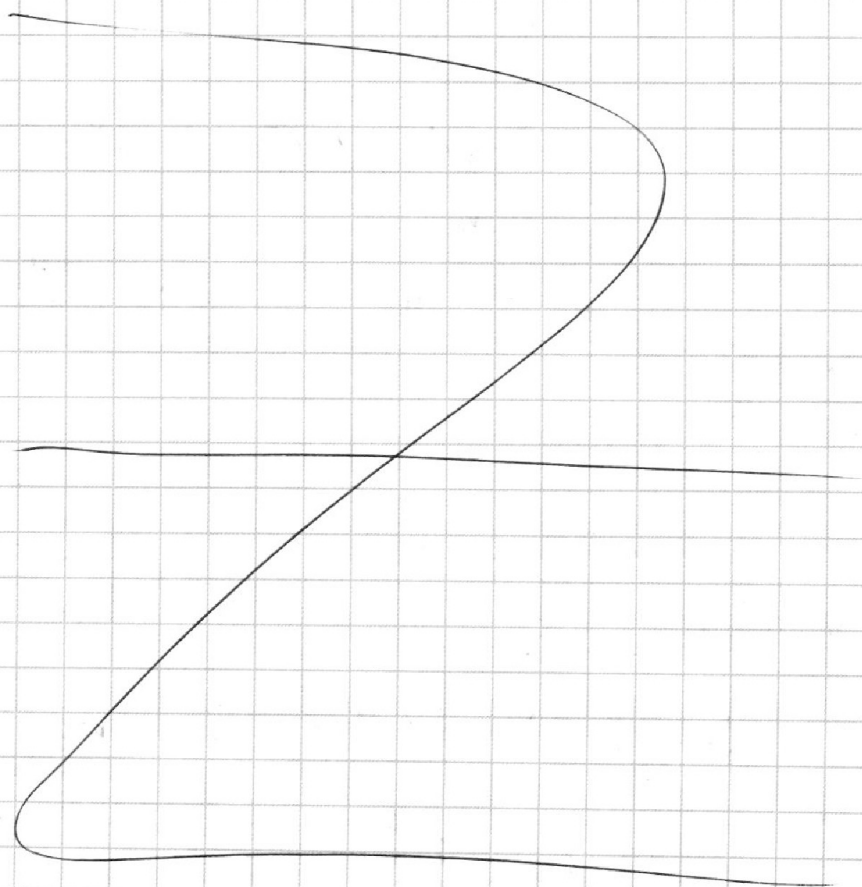
$$\omega = \frac{3}{f} V = \text{const}$$

$$p_0 = p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{5 - k R T_0} = \frac{p_{\text{атм}}}{5 - 0.6 \cdot 3} =$$

$$= \frac{p_{\text{атм}}}{6.8} = p_{\text{атм}} \frac{5}{34} = \frac{5}{34} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1) $\frac{\partial p_0}{\partial n} = 4$

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!

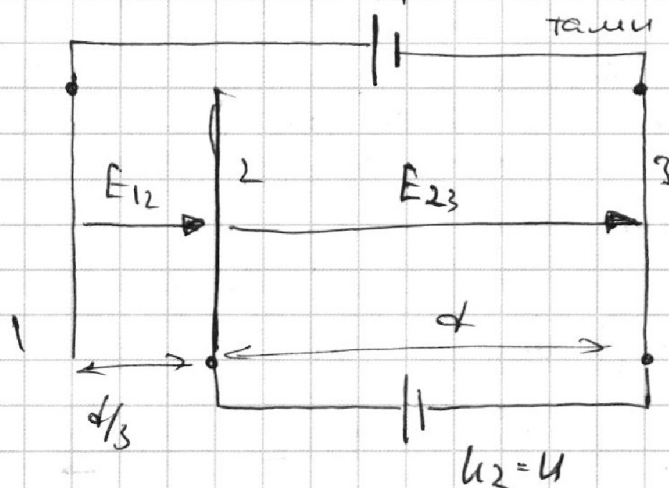
③

Решение:

так $d \ll$ размеров секции,

$$5U = U_1$$

пренебрежем гравитационными эффектами.



$$1) \varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi_3$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_3 - (\varphi_2 - \varphi_3) =$$

$$= U_1 - U_2 = 4U$$

Исходя из условия, что
внешние заряды, можно
написать, что $\varphi_1 - \varphi_2 = E_{12} \cdot \frac{d}{3}$

II ИИ ИИИ заряды!

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

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

$$F_{\text{эл}} = ma = Eq$$

$$a = \frac{Eq}{m}$$

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

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

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

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

3C7:

$$A_{\text{внеш}} = \Delta E = \Delta K$$

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

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

$$K_3 - K_2 = Uq$$

$$3) \Delta K = A_{\text{внеш}}$$

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

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

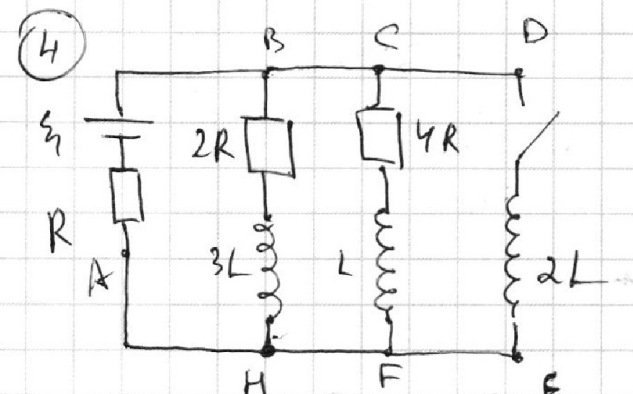
$$= \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_A = \left[v_0^2 + \frac{19qU}{2m} \right]^{1/2}$$

$$\text{Ответ: } 1) a_{12} = \frac{12qU}{md}$$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

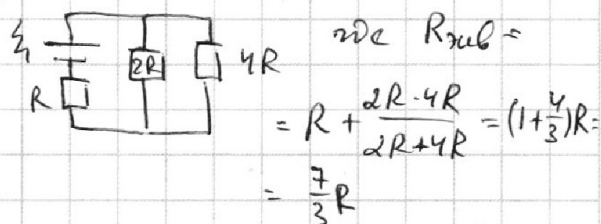
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

$\Rightarrow$ экв. схема выглядит
так:



Закон Кирхгофа: $I_{2R} \cdot 2R = I_{4R} \cdot 4R \Rightarrow I_{2R} = I_{4R} \cdot 2$ $\xi = I \cdot R_{\text{экв}} \Rightarrow I = \frac{3\xi}{7R}$

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

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

2) Сразу после замыкания ключа, ток в катушке
(из-за свойства катушки)

L и $3L$ - не изменятся, а значит также в
закон Кирхгофа для самого большого контура
(ABCFEH)

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

3) Закон Кирхгофа для

контура ADFH:

$\xi = IR + I_{2R} \cdot 2R + \dot{I}_1 \cdot 3L \Rightarrow \xi \tau = QR + 2Q_1 R + (I_1 - I_{2R}) \cdot 3L$

$\int_0^\tau \xi dt = \int_0^\tau I dt R + \int_0^\tau I_1 dt \cdot 2R + \int_{I_{2R}}^{I_1} I \cdot 3L$

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

Заметим, что в установ. режиме после замыкания

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

всплески установ. режима $I_{2L} = 0 \Rightarrow I_{3L} = 0 \Rightarrow I_1 = 0$

$U_{DE} = U_{CF} = U_{AH} = 0 \Rightarrow I_2 = 0$ Значит
то и будет идти только через R и L
будет равен $I_1 = \xi/R$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

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

$$\xi_1 T = QR + 4Q_2 R - I_{4R} L$$

для контура: АДС:

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

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

$$\xi_1 T = QR + I_k L$$

$$\xi_1 T = QR + I_k L$$

$$\xi_1 T = QR + 4Q_2 R - I_{4R} L$$

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

$$0 = 0 + I_k L - 4Q_2 R + I_{4R} L \quad 0 = 0 + I_k L - 2Q_1 R + 3I_{2R} L$$

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

приш. $\int_0^T I dt = \int_0^Q dq$

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

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

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

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:

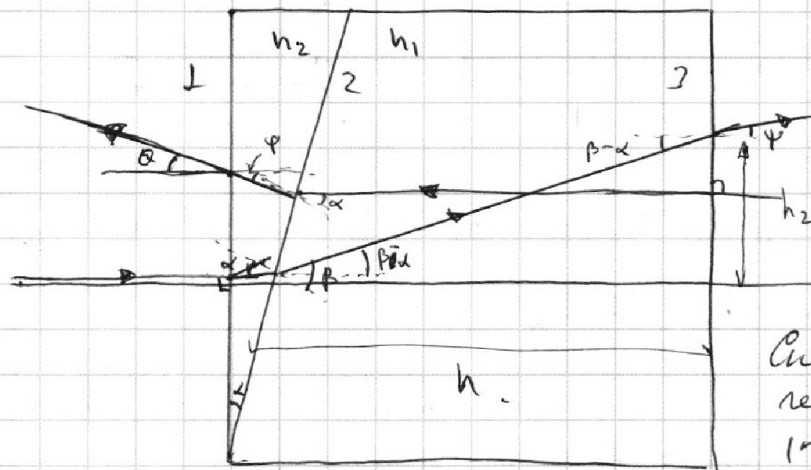
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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
поперечный волновой
вектор для того
света.

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

т.к. угол падения $\alpha < 1$, $\sin 2\theta < 2\alpha$

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

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

2+3) Выходит такой луч, т.е. при $\alpha = 0,07$ рад.

луч выходя из нижней призмы, он
перпен. ГСО и рассматриваем по преломлению
закон Снелли:

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

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

при этом не
выход можно
было получить из
свойств обратности
лучей.

Посмотрим на сколько сместится луч, θ
видимое положение изображения нех-ся не
продолжением преломленных лучей найдем эту точку.

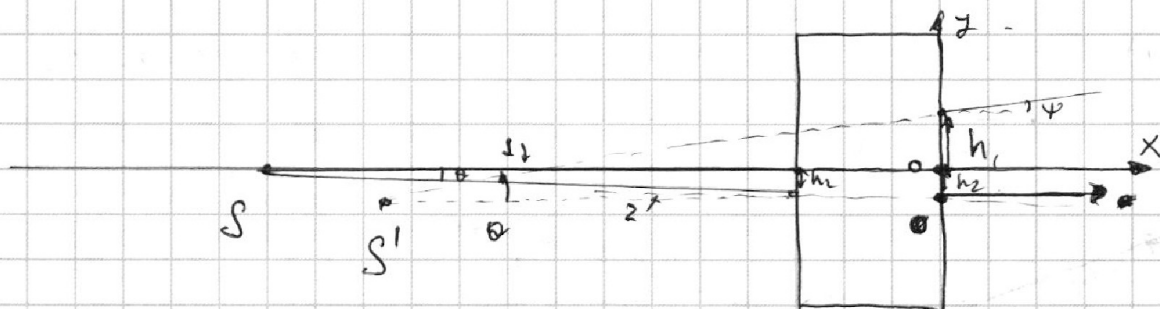
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 $h_2 \approx \tan \theta \cdot a \approx \theta \cdot a \approx \frac{h_2 - h_1}{n_6} \cdot a$

$$h_1 \approx \tan(\beta - \alpha) \cdot h \approx (\beta - \alpha)h \approx \frac{h_2 - h_1}{n_1} \cdot a$$

с переносом n_1

Введем координ. ось z поперек пересек. $\Gamma\Theta\Theta$ и 3 трети
и направим ее вдоль $\Gamma\Theta\Theta$ и трети 3 перпендикулярно

прямой 1 :

$$y = h_1 + \psi \cdot x \approx h_1 + \tan \theta \cdot x$$

прямой 2 :

$$y = -h_2$$

в пересечении координ. осей y - одинаков $1 \Rightarrow$

$$-(h_1 + h_2) = \psi \cdot x$$

$$-\left(\frac{h_2 - h_1}{n_1} \cdot a + \frac{h_2 - h_1}{n_6} \cdot a\right) =$$

$$= x \cdot \frac{h_2 - h_1}{n_6} \cdot a$$

$$\frac{h_2 - h_1}{n_1} \cdot a \Rightarrow x = -\left(\frac{n_6}{n_1} h + a\right)$$

Координаты действ. источника:

$$x_0 = -(h + a)$$

$$y_0 = -\frac{h_2 - h_1}{n_6} \cdot a$$

$$y_0 = 0$$

$$S = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} = \sqrt{\left(h \cdot \frac{n_1 - n_6}{n_1}\right)^2 + \left(\frac{h_2 - h_1}{n_6} \cdot a\right)^2} =$$

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

или 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

$$0,0344 = 0,42$$



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 изменением объема воды можно пренебречь и это сделано

2) также в усл. сказано пренебречь давлением вод. паров при кипении, темп., во всяк T_0 , но не сказано пренебречь р-вом 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 паров $p_1^0 = p_1^{\text{н}} + p_{\text{атм}} = p_1^{\text{н}} + p_{\text{вод. пар. в конце}}$ б)

3) по закону Генри $\Delta D = k \omega p$ при кипении равновесия T , $\Delta D \rightarrow 0$, значит:

$$D_0^{\text{н}} + \Delta D_0 = D_1^{\text{н}} \quad (4) \quad \text{где} \quad \Delta D_0 = k \omega p_0 \quad (5)$$

(4) + (2): $p_1^{\text{н}} \cdot \frac{V}{2} = (k \omega p_0 + D_0^{\text{н}}) R \frac{4}{3} T_0$

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

б), (1), $\rightarrow$ (3):

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

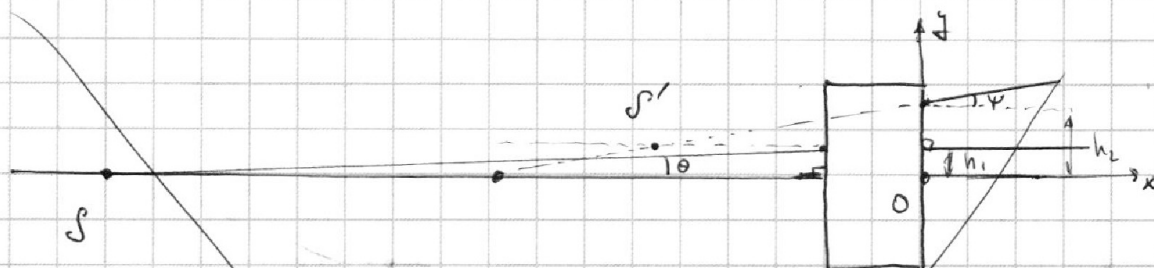
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 дейст. источника рассмотрим 2
луча 1 который изначально парал. ГОО, другой,
который станет парал. 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 из геометрии $h_2 = h_1 \approx \theta \cdot a$ (применяя

$$h_2 = (p-a) \theta = f(p-a) \theta$$

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

Введем порядки

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

(увел. h_1 в преломлении
в луче с h_2 , преломлении ч-то
имеет ее продолж.)

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

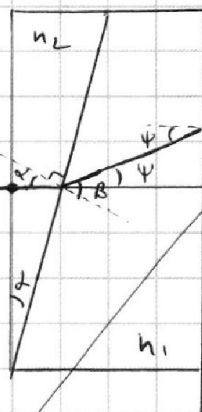
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5

S

1) Нарисуем ход луча в оптич. системе



возникнет луч ^{нормал.} ~~нормал.~~

ГОО, через точку 1.

преломления нет, но

через 2,3 - есть, запишем закон

Снелла для малых углов:

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

2) теперь, пусть такой

3) луч, то не выходя

он будет ^{нормал.} ~~нормал.~~

такие ^{нормал.} ~~нормал.~~

систе для 1, 2 и 3

точек ^{нормал.} ~~нормал.~~

через 3 преломления нет,

а вот через 1 и 2 - есть

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

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

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

Нарисуем рисунок:

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

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

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

