



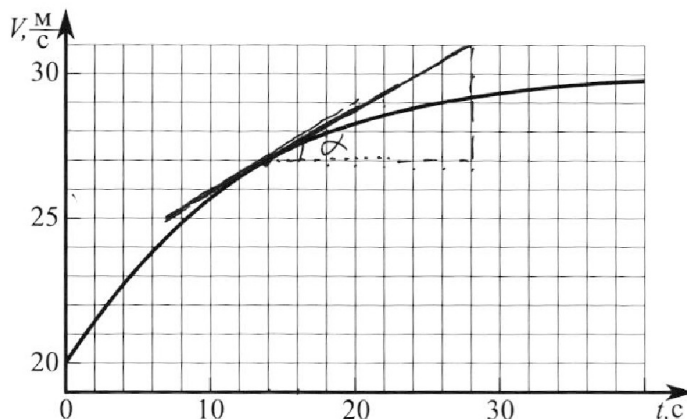
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

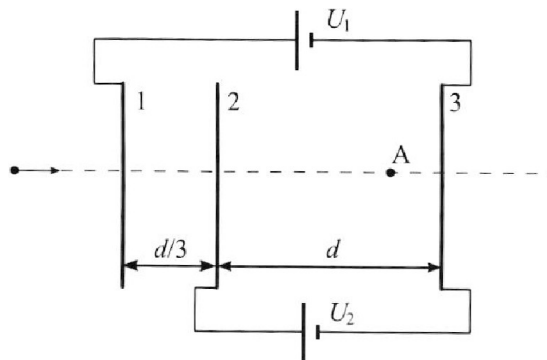
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 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 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 A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-02

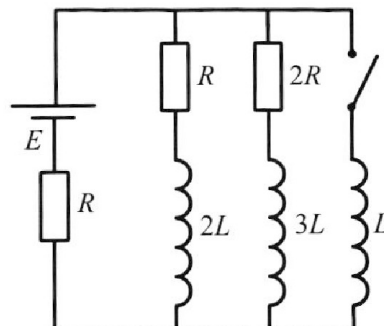


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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 $n_v = 1,0$. 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.

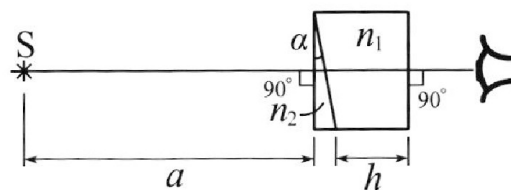


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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.

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!

N1

Дано:

$$m = 300 \text{ кг}$$

$$\cancel{F_k = 24 \text{ м/с}}$$

$$F_k = 405 \text{ Н}$$

$$\omega_1 = 24 \text{ м/с}$$

Найти:

$$a_1$$

$$F_1$$

$$\frac{P_1}{P}$$

$$1) P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot \omega$$

Где F_T - сила тяги от двигателя;

$$P = \text{const} \Rightarrow F \omega = \text{const.}$$

(P - мощность двигателя)

$$2) a = \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow \text{чтобы найти } a, \text{ надо построить касательную к графику } \omega(t).$$

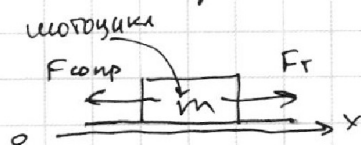
$$\alpha - \text{угол наклона этой касательной} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{d\omega}{dt} = a.$$

Построим касательную к графику, касавшуюся графика в т., где $\omega_1 = 24 \text{ м/с}$.

$$\tan \alpha \approx \frac{d\omega}{dt} \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$$

$$a_1 \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$$

4) В конце разгона $a = 0$.



По закону закону Ньютона:
(по Ox)

$$ma = F_T - F_{\text{сопр}}$$

(в произвольный момент времени)

В конце разгона: $F_{\text{сопр}} = F_{T_k}$

$$F_k = F_{T_k} \text{ (} F_{T_k} \text{ - конечная } F_T \text{)}$$

$$F_k = \frac{P}{\omega_k} \text{ (} \omega_k \text{ - конечная } \omega \text{)}$$

Из графика видно, что $\omega_k \approx 30 \text{ м/с} \Rightarrow P = F_k \cdot \omega_k$

5) При скорости ω_1 : $ma_1 = F_{T_1} - F_1$

$$\cancel{F_1 = F_{T_1} - F_{T_1}}$$

$$F_1 = F_{T_1} - ma_1$$



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!

N1 (продолжение)

$$F_1 = F_{\tau_1} - m a_1 = \frac{P}{v_1} - m a_1 = \boxed{\frac{F_k v_k}{v_1} - m a_1} \approx$$

$$\approx \frac{405 \cdot 30}{24} - 300 \cdot \frac{4}{4} =$$

$$\approx 45 \cdot 10 - \frac{300 \cdot 4}{4} \approx 450 - \frac{1200}{4} \approx 450 - 141 \frac{3}{4} \approx$$

$$\approx 248 \frac{4}{4} \approx \boxed{248,5 \text{ Н}}$$

6) ~~Решение~~

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\text{comp}} + P_{\tau}} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_{\text{comp}} + F_{\tau}} = \frac{F_1}{F_1 + F_{\tau}}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\tau} - P_{\text{comp}}} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_{\tau} - F_{\text{comp}}} = \frac{F_1}{F_{\tau} - F_1}$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{P_{\text{comp}}}{P_{\tau}} = \frac{F_{\text{comp}} v_1}{F_{\tau} v_1} = \frac{F_{\text{comp}}}{F_{\tau}} = \frac{F_1}{F_{\tau}} =$$

$$= \frac{F_1 \cdot v_1}{P} = \frac{F_1 \cdot v_1}{F_k \cdot v_k} \approx \frac{248,5 \cdot 24 \frac{9}{10}}{405 \cdot 30 \frac{1}{10}} = \frac{248,5}{450} \approx \boxed{\frac{2}{3}}$$

Ответ: $a_1 \approx \frac{4}{4} \text{ м/с}^2$

$$F_1 \approx 248,5 \text{ Н}$$

$$\frac{P_1}{P} \approx \frac{2}{3}$$

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!



N2

Дано:

V

T_0

$$T = \frac{4T_0}{3} = 343 \text{ K}$$

$$\Delta V = k p w$$

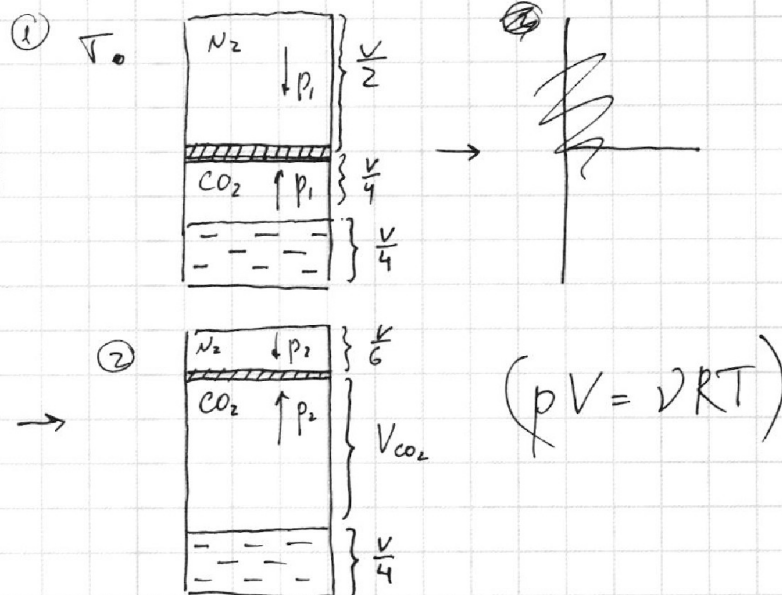
$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Найти:

$$\frac{V_{N_2}}{V_{CO_2}}$$

p



1) При T угнетенный газ практически не растворяется.

При T :

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_2$$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{6} = \frac{3}{4}V - \frac{V}{6} = \frac{18}{24}V - \frac{4}{24}V = \frac{14}{24}V = \frac{7}{12}V$$

$$\frac{V_{N_2} RT}{\left(\frac{V}{6}\right)} = \frac{V_{CO_2} RT}{\left(\frac{7}{12}V\right)} \Rightarrow 6V_{N_2} = \frac{12}{7}V_{CO_2}$$

$$V_{N_2} = \frac{2}{7}V_{CO_2} \quad (V_{CO_2} = \frac{7}{2}V_{N_2})$$

(V_{CO_2} - общее кол-во угн. газа).

2) При T_0 :

$$p_{N_2} = p_{CO_2} = p_1$$

$$\frac{V_{N_2} RT_0}{\left(\frac{V}{2}\right)} = \frac{V_{CO_2} RT_0}{\left(\frac{V}{4}\right)}$$

$$2V_{N_2} = 4V_{CO_2} \Rightarrow V_{N_2} = 2V_{CO_2} \quad (V_{CO_2} = \frac{1}{2}V_{N_2})$$

$$\frac{V_{N_2}}{V_{CO_2}} = \frac{2V_{CO_2}}{V_{CO_2}} = \boxed{2}$$

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!

N 2 (продолжение) (V_{N_2} не помещается в течение всего времени)

$$3) \Delta V = V_{\text{соз}0} - V_{\text{соз}} = \frac{4}{2} V_{N_2} - \frac{1}{2} V_{N_2} = \frac{3}{2} V_{N_2} = 3 V_{N_2}$$

Найдём p_1 (давление до нагревания):

$$\Delta V = k p \omega$$

$$p_1 = \frac{\Delta V}{k \omega} = \frac{3 V_{N_2} \cdot 4}{k V} = \frac{12 V_{N_2}}{k V}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_{N_2} R T_0 \cdot 2 \cdot V}{V \cdot V_{N_2} R T \cdot 6} = \frac{T_0}{T \cdot 3} = \frac{T_0 \cdot 3}{4 T_0 \cdot 3} = \frac{1}{4}$$

$$p_1 = \frac{1}{4} p_2 \rightarrow p_2 = 4 p_1 = p$$

$$\text{Также: } \begin{cases} p_1 = \frac{V_{N_2} R T_0}{\left(\frac{V}{2}\right)} = \frac{2 V_{N_2} R T_0}{V} \\ p_1 = \frac{12 V_{N_2}}{k V} \Rightarrow \left(\frac{V_{N_2}}{V}\right) = \end{cases}$$

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!

№3

Дано:

d

$U_1 = 2U$

$U_2 = U$

m

$q > 0$

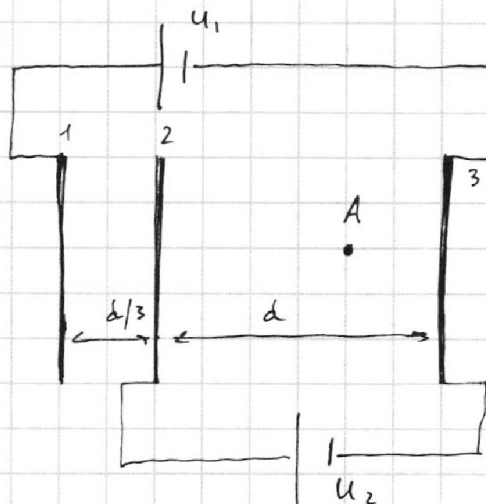
ϵ_0

Найти:

$|a|$

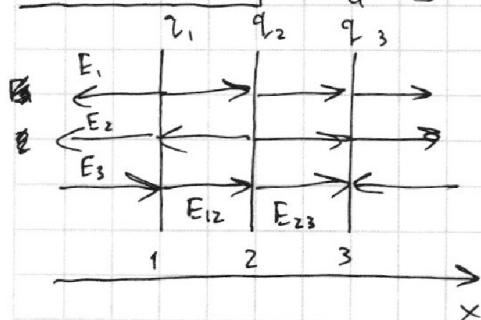
$K_3 - K_2$

ψ_A



(S - площадь
сетки)

1) Пусть q_1, q_2, q_3 - заряды на пластинах 1, 2, 3 соответственно.



← направление E

$$\begin{cases} E_{23} \cdot d = U_2 = U \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d} \\ E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot d = U_1 = 2U \end{cases}$$

$$E_{12} \cdot \frac{d}{3} = U_1 - U_2 = 2U - U = U$$

$$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{|q_1| - |q_2| + |q_3|}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{23} = \frac{|q_2| + |q_3|}{2\epsilon_0 S}$$

По ЗСЗ: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

Пусть $q_1 = q'$, тогда $q_3 = -q' \Rightarrow q_2$
 $q_2 = Q$, тогда $q_3 = -Q - q'$ ($q', Q > 0$)

(Проверка: $q_1 + q_2 + q_3 = q' + Q - Q - q' = 0$)

$$E_{12} = \frac{q' - Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{q'}{\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{q' + Q + Q + q'}{2\epsilon_0 S} = \frac{2(q' + Q)}{2\epsilon_0 S} = \frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

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) По 2-ой закону Ньютона:

$$ma = F_{кл}$$

$$ma = q \cdot E_{23}$$

$$ma = q \cdot \frac{u}{d}$$

$$a = \frac{qu}{md}$$

$$\textcircled{4} \cdot \frac{mv_0^2}{2} = uq + \frac{mv_A^2}{2}$$

$$mv_0^2 - 2uq = mv_A^2$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2uq}{m}}$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{qu}{md}$$

$$A = uq$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2uq}{m}}$$

$$3) K_3 - K_2 = A$$

где A - работа поле E_{23} по перемещению заряда q .

$$A = E_{23} \cdot d \cdot q = \frac{u}{d} \cdot dq = uq$$

4) По ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \Delta W + \frac{mv_A^2}{2} \quad (\text{где } \Delta W - \text{изменение потенциальной энергии заряда } q).$$

$$\Delta W = W_A - W_0$$

$$W_0 = 0$$

← потенциал в т. А

$$W_A = \varphi_A \cdot q$$

$$\varphi_A = E_1 \cdot \left(\frac{d}{3} + \frac{2d}{3} \right) + E_2 \cdot \frac{2d}{3} + E_3 \cdot \frac{d}{3} =$$

$$= E_1 d + \frac{2E_2 d}{3} + E_3 \frac{d}{3} = d \left(\frac{q'}{2\epsilon_0 S} + \frac{1 \cdot 2Q}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} + \frac{Q' + Q}{3 \cdot 2\epsilon_0 S} \right) =$$

$$= d \left(\frac{3q' + 2Q + q' + Q}{6\epsilon_0 S} \right) = d \left(\frac{4q' + 3Q}{6\epsilon_0 S} \right) =$$

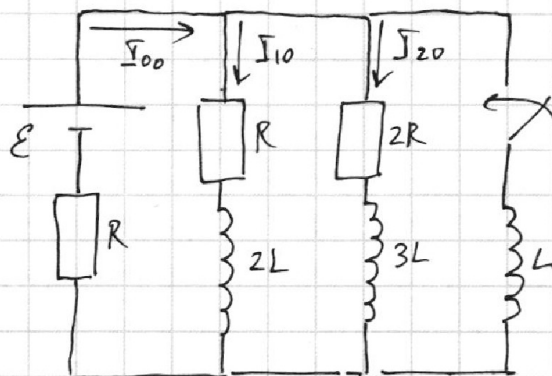
$$= d \left(\frac{4 \cdot \frac{3u\epsilon_0 S}{d} + 3 \cdot \frac{2u\epsilon_0 S}{d}}{6\epsilon_0 S} \right) = \frac{12u - 6u}{6} = u \quad W_A = uq$$

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!

№4
 Найти:
 I_{20}
 $\dot{I}_L$
 q_{2R}

($\dot{I}_L$ - скорость возрастания тока в катушке с индуктивностью L сразу после замыкания ключа;
 q_{2R} - заряд, протекающий через резистор $2R$ при замыкании ключа)



- 1) При разомкнутом ключе в цепи установившийся режим $\Rightarrow$ ~~напряжения~~ разность потенциалов на концах катушек равна нулю.
 Расставим токи, как показано на рисунке.
 По правилу Кирхгофа:

$$\begin{cases} E = I_{10}R + I_{00}R \\ E = 2I_{20}R + I_{00}R \\ I_{00} = I_{10} + I_{20} \end{cases}$$

$$E = 2I_{20}R + R(I_{10} + I_{20})$$

$$E = 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = E - 3I_{20}R$$

$$E = E - 3I_{20}R + I_{00}R$$

$$3I_{20}R = I_{00}R$$

$$E = 2I_{20}R + 3I_{20}R$$

$$5I_{20}R = E$$

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

- 2) Сразу после замыкания ключа ток через катушки $2L$, $3L$ и L не изменится, следовательно, через все резисторы будут течь те же токи, что и перед замыканием ключа. (а также разность потенциалов на концах катушек $2L$ и $3L$ будет равна нулю сразу после замыкания ключа.)

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!



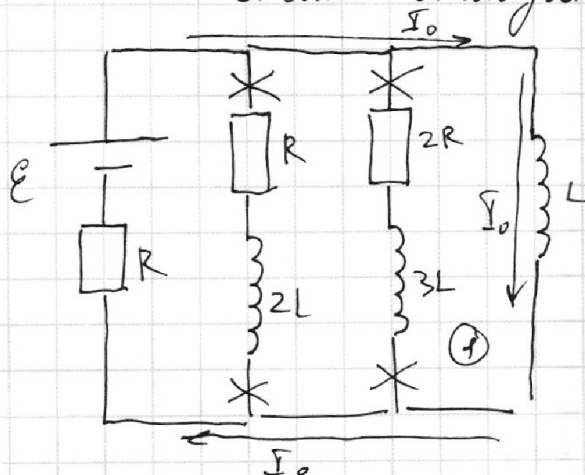
По правилу Кирхгофа:

$$2 I_{20} R = \mathcal{E} i_L$$

$$2 I_{20} R = \dot{I}_L L$$

$$\dot{I}_L = \frac{2 I_{20} R}{L} = \frac{2 \mathcal{E} R}{5 R L} = \boxed{\frac{2 \mathcal{E}}{5 L}}$$

- 3) После замыкания ключа катушки установившийся режим: разность потенциалов на концах катушки L будет равна нулю, а значит, что напряжение на участках с резисторами R (у катушки $2L$) и $2R$ (т.е. на участках, параллельных катушке L) будет равно нулю $\rightarrow$ ток через резисторы R и $2R$ не течет $\rightarrow$ схема выглядит так:



По правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = I_0 R$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

(I_0 - ток в цепи, как показано на рисунке)

В цепи в любой момент времени (по правилу Кирхгофа для контура 1)

$$-2R I_{2R} + \mathcal{E} i_{3L} - \mathcal{E} i_L = 0$$

$$2R I_{2R} - \mathcal{E} i_{3L} = \mathcal{E} i_L$$

$$2R \frac{dq_2}{dt} + \frac{dI_{2R}}{dt} \cdot 3L = \frac{dI_L}{dt} \cdot L \cdot dt$$

$$2R dq_2 = dI_L L - dI_{2R} \cdot 3L$$

$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot dI_L - \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

(I_{2R} - ток через р. $2R$,
 $\mathcal{E} i_{3L}$ - ток через ЭДС
 индукции на $3L$;
 $\mathcal{E} i_L$ - ЭДС индукции на
 $3L$ - ток через L
 q_2 - заряд через $2R$).

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!

$$dq_2 = \frac{L}{2R} \cdot dI_L - \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

$$\int_0^{q_{2R}} dq_2 = \int_0^{I_0} \frac{L}{2R} dI_L - \int_{I_{20}}^0 \frac{3L}{2R} \cdot dI_{2R}$$

(I_L меняется от 0 до I_0 , I_{2R} меняется от I_{20} до 0 после замыкания ключа)

$$\int_0^{q_{2R}} dq_2 = \frac{L}{2R} \int_0^{I_0} dI_L - \frac{3L}{2R} \int_{I_{20}}^0 dI_{2R}$$

$$q_{2R} = \frac{L}{2R} \cdot I_0 - 0 - \left(0 - \frac{3L}{2R} \cdot I_{20} \right) =$$

$$= \frac{L I_0}{2R} + \frac{3L I_{20}}{2R} = \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L \cdot E}{2R \cdot 5R} =$$

$$= \frac{L E}{2R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{5L E}{10R^2} + \frac{3L E}{10R^2} = \frac{8L E}{10R^2} = \boxed{\frac{4L E}{5R^2}}$$

Ответ:

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

$$I_L = \frac{2E}{5L}$$

$$q_{2R} = \frac{4L E}{5R^2}$$

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. Порча QR-кода недопустима!



N5

Дано:

$$n_0 = 1,0$$

$$a = 200 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,05 \text{ рад}$$

$$h = 3 \text{ см}$$

$$1-2) \quad n_1 = n_0 = 1,0, \quad n_2 = 1,6$$

$$3) \quad n_1 = 1,8, \quad n_2 = 1,6$$

Найти:

β

L_1

L_2

(β - угол отклонения,

L_1 - расстояние между ~~пл.~~ S и S'

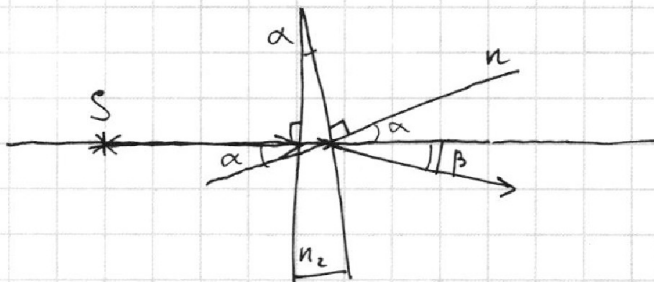
при $n_1 = 1,0$; L_2 расстояние между S и S' при $n_1 = 1,8$)

1) При $n_1 = 1,0$ лучи, исходящие из источника в призме с n_1 никак преломляться не будут, т.к. $n_1 = n_0 \rightarrow$ её существование можно пренебречь в пунктах 1 и 2 (она не изменяет ход лучей)

По закону Снеллиуса:

~~Абсолютно~~

(т.к. луч перпендикулярен грани, он преломляется только на выходе из призмы)



$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_0 \sin(\alpha + \beta)$$

$$\alpha \text{ и } \beta - \text{малые углы} \Rightarrow n_2 \alpha = n_0 (\alpha + \beta)$$

$$n_2 \alpha = n_0 \alpha + n_0 \beta$$

$$n_0 \beta = \alpha (n_2 - n_0)$$

$$\beta = \frac{\alpha (n_2 - n_0)}{n_0} = \frac{0,05 (1,6 - 1)}{1} =$$

$$= 0,05 \cdot 0,6 = \boxed{0,03 \text{ рад}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

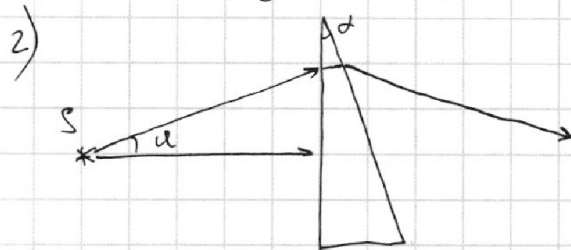
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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

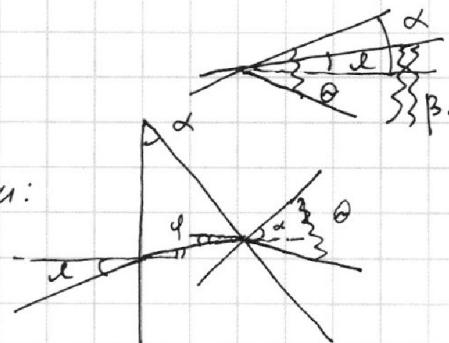
МФТИ



N5 (продолжение)



Вблизи:



Возьмём произвольный луч, направленный под
углом α к горизонту.

$$\begin{aligned} \text{1ое применение: } n_0 \alpha &= n_2 \varphi \\ \text{2ое} \quad : \quad n_2 (\alpha - \varphi) &= n_0 \Theta \end{aligned}$$

$$\text{Угол отклонения: } \beta_0 = \Theta - \alpha + \alpha =$$

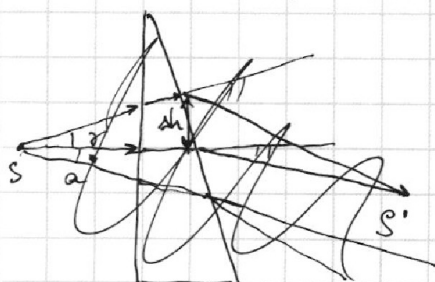
$$= \frac{n_2 (\alpha - \varphi)}{n_0} - \alpha + \frac{n_2 \varphi}{n_0} =$$

$$= \frac{n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha n_0 + n_2 \varphi}{n_0} = \frac{\alpha (n_2 - n_0)}{n_0} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ угол отклонения луча от первоначального
направления не зависит!

$$\beta_0 = \beta = 0,03 \text{ рад.}$$

Рассмотрим два луча: перпендикулярный левой стороне
и выходящий под углом δ .



(sk-lax)

Чем больше от ~~горизонта~~ горизонтом
отклонён входящий луч, тем
больше отклонён выходящий $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ изобразим иначе.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

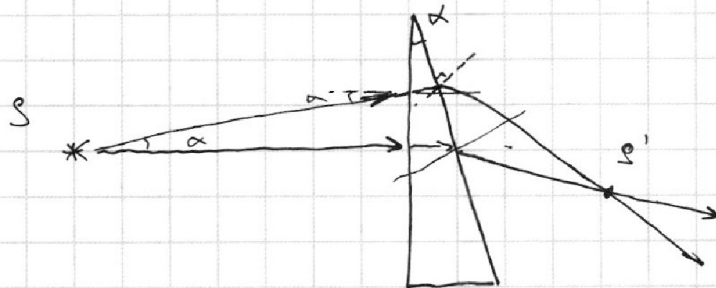
МФТИ

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

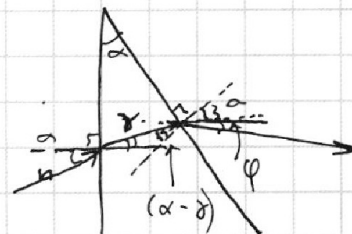


№5 (продолжение)

2)



Вблизи:



Рассмотрим луч, вышедший из источника под углом α :

Первое преломление:

$$n_0 \alpha = n_2 \gamma$$

Второе преломление:

$$n_2 (\alpha - \gamma) = n_0 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_2 \gamma = n_0 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_0 \alpha = n_0 \varphi$$

$$\varphi = \alpha \frac{(n_2 - n_0)}{n_0}$$

Угол отклонения любого луча

$$\frac{225}{225} \cdot \frac{5}{145}$$

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

$$= n_2 \alpha - n_2 \varphi - \alpha + n_2 \varphi = \alpha (n_2 - 1)$$

$$\frac{278}{450} = \frac{139}{225}$$

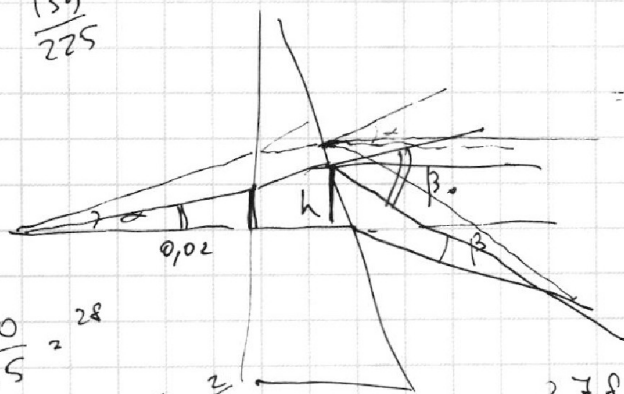
$$\frac{278}{225} \cdot \frac{139}{145}$$

$$\frac{140}{225} = \frac{28}{45}$$

$$\frac{28}{45} = \frac{30}{45} = \frac{2}{3}$$

$$278 \cdot \frac{1}{2}$$

2.



$$\frac{a}{\sin} = h$$

h

$$\frac{248,5}{554,0}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

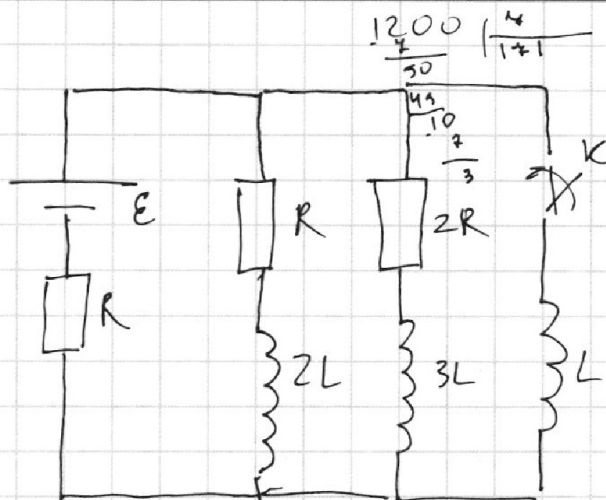
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N4

Найти:

I_{20}
 I_L
 q_{2R}



$$\frac{405 \cdot 30}{24} = \frac{405 \cdot 10}{9}$$

$$U = \sqrt{E} + 20$$

$$U = \sqrt{}$$

$$24 = \sqrt{12} + 20$$

$$24 = 2\sqrt{3} + 20$$

$$\sqrt{3} < \sqrt{4}$$

$$29 = \sqrt{}$$

$$24 = \sqrt{14} + 20$$

$$\sqrt{24} < \sqrt{14} < \sqrt{16}$$

$$28 = \sqrt{18} + 20$$

1) При разомкнутом ключе:

В цепи уст. режим $\rightarrow$ катушки - ц. проводим

По правилу Кирхгофа:

$$E = I_{10}R + I_{00}R$$

$$E = 2I_{20}R + I_{00}R$$

$$I_{00} = I_{10} + I_{20}$$

$$E = 2I_{20}R + I_{10}R + I_{20}R$$

$$E = 3I_{20}R + I_{10}R \Rightarrow I_{10}R = E - 3I_{20}R$$

$$E = E - 3I_{20}R + I_{00}R$$

$$3I_{20}R = I_{00}R$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{6}{10} - \frac{3}{5} I_{20} = \frac{1}{3} I_{00} ; I_{00} = 3I_{20}$$

$$E = 2I_{20}R + 3I_{20}R$$

$$E = 5I_{20}R$$

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

$$I_{00} = 3I_{20} = \frac{3}{5}E$$

2) Сразу после замыкания ключа:

Ток через катушки не изменился $\rightarrow$

$\rightarrow$ все токи остались такими же как в п. 1

По правилу Кирхгофа: $E + E_i = I_{00}R$

$$E - I_{00}R = L \cdot \dot{I}_L$$

$$E - \frac{3E}{5} = L \cdot \dot{I}_L$$

$$\frac{2E}{5} = L \cdot \dot{I}_L$$

$$\log 16 = \frac{1}{4}$$

$$\frac{450}{141} = \frac{20}{245}$$

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!

$$N = \frac{A}{t}$$

$$\vec{J}_2 = \vec{E}_i$$

$$W = \frac{k q_1 q_2}{r}$$

$$W = Ed$$

$$N = \frac{F \cdot S}{t}$$

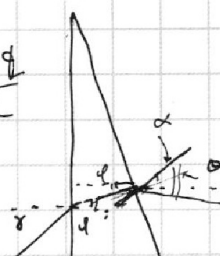
$$\vec{J}_2 - \vec{E}_{i3} = -\vec{E}_{i1}$$

$$E = \frac{k q_1}{r^2} \quad \varphi = \frac{k q}{R}$$

$$N = F \cdot W$$

$$\vec{J}_2 \downarrow$$

$$-\vec{J}_2 \cdot 2R + \vec{E}_{i3} - \vec{E}_{i1} = 0$$



$$E_{i2}$$

$$-\vec{E}_{i1} = \vec{J}_2 \cdot 2R - \vec{E}_{i3}$$

$$\vec{J}_2 L = \vec{J}_2 \cdot 2R + \vec{J}_2 \cdot 3L$$

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

$$E_{23} = \frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

$$\vec{J}_2 L = \vec{J}_2 \cdot 2R$$

$$\frac{q' + Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

$$\vec{J}_2 L = \vec{J}_2 \cdot 3R = \vec{J}_2 \cdot 2R$$

$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} = U$$

$$\frac{d\vec{J}_2}{dt} L - \frac{d\vec{J}_2}{dt} \cdot 3L = \frac{dq_2}{dt} \cdot 2R \quad | \cdot dt$$

$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} = \frac{3U}{d}$$

$$\int_0^{q_2} dq_2 = \int_0^{\vec{J}_2} d\vec{J}_2 \frac{L}{2R} - \int_0^{\vec{J}_2} \frac{3L}{2R} d\vec{J}_2$$

$$\frac{q'}{\epsilon_0 S} + \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

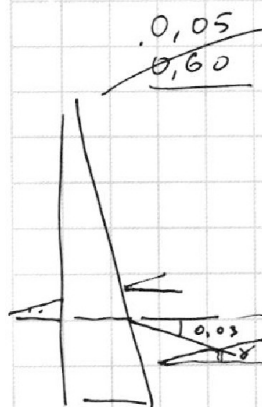
$$\frac{3U}{d} - \frac{U}{d} = -\frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$q_{2R} = \frac{\epsilon \cdot L}{R \cdot 2R} = \left(0 - \frac{\epsilon \cdot 3L}{5R \cdot 2R} \right) = \frac{\epsilon L}{5R \cdot 2R}$$

$$= \frac{\epsilon L}{2R^2} + \frac{3\epsilon L}{10R^2} = \frac{5\epsilon L}{10R^2} + \frac{3\epsilon L}{10R^2} = \frac{8\epsilon L}{10R^2} = \frac{4\epsilon L}{5R^2}$$

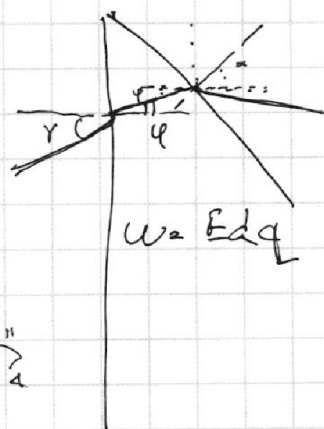
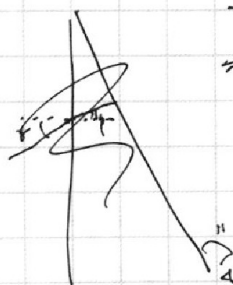
$$W = \varphi q$$

$$\varphi = Ed$$



$$\frac{0,05}{0,6} = \frac{0,03}{0}$$

$$\Delta \gamma = \frac{k \cdot \Delta r \cdot \Delta t}{v \cdot 2}$$



$$\gamma = n_2 \varphi$$

$$n_2 \alpha - n_2 \varphi = \theta$$

$$n_2 \alpha = \theta + \gamma$$

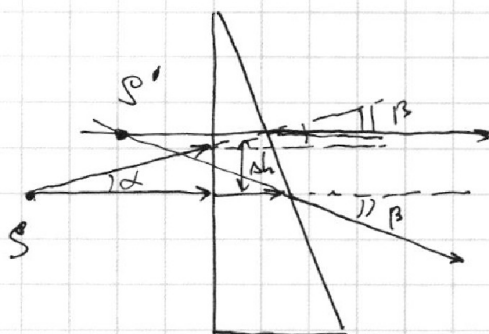
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

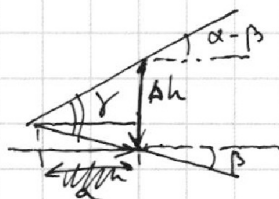
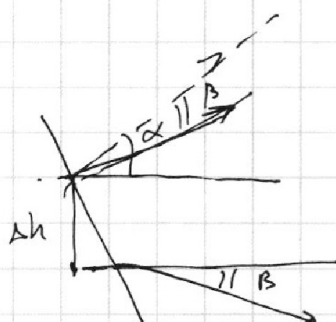


Призма тонкая $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ применим
 Δh на входе и на
 выходе

Рассмотрим лучи под углами
 0° ~~и~~ α к горизонталь.

$$\alpha - \beta = 0,02 \text{ рад}$$

$$\Delta h = a \sin \alpha = a \alpha$$



$$\gamma = \alpha - \beta + \beta = \alpha$$



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!

