



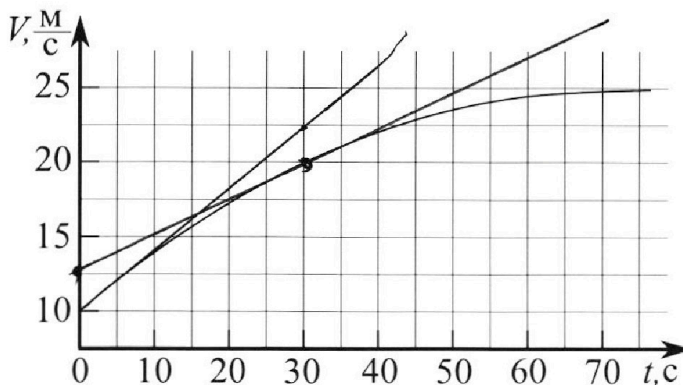
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

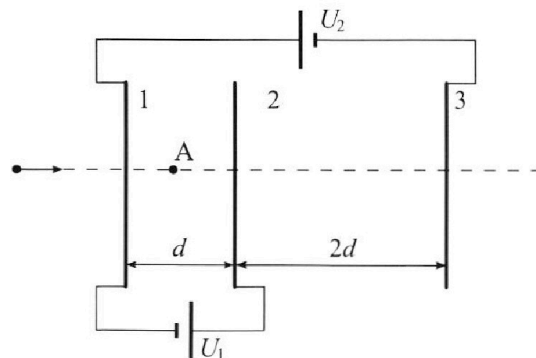
проверить...

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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

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 $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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 $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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

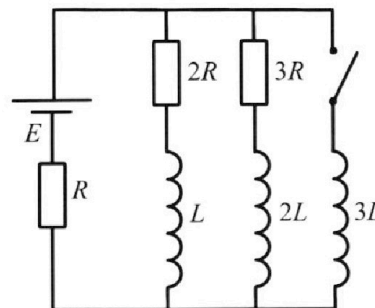


проверить

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

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ 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 $a = 194$ 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 $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

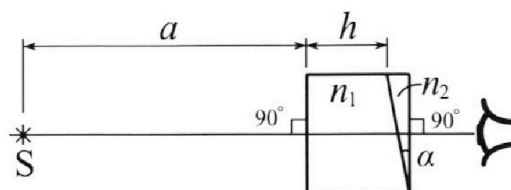
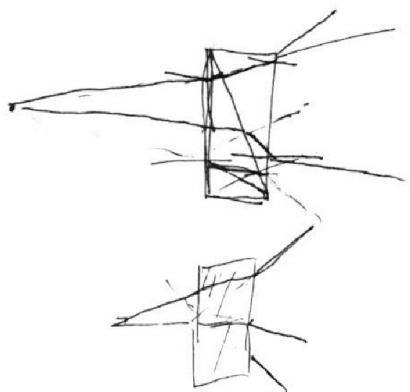


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, 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:

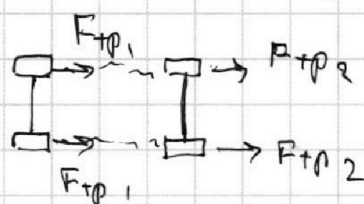
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

3) $P_1 = F_1 \cdot v_1$, т.к. $dA = F_1 \cdot dx_1$, а $P = \frac{dA}{dt} \Rightarrow P = F_1 \cdot \frac{dx}{dt}$
 $= P = F \cdot v$

Рассмотрим машину сверху:



Если ц.м. автомобиля
будет в центре, то
 $F_{tr1} = F_{tr2}$, т.е. ра.

$F_{tr2} = F_T$

вся мощность двигателя идет на разгон, т.к.
 $A_{tr} = 0$, т.к. в момент v_1 - нет проскальзыва-
 ния, т.к. в момент $v_0 = 10 \frac{m}{c}$. $ma_0 = F_0 - k v_0$

$F_0 = 1800 \cdot \left(\frac{22,5 - 10}{30 - 0} \right) \frac{m}{c^2} + 500 \cdot \frac{10 \frac{m}{c}}{25 \frac{m}{c}}$

$F_0 = ma_0 + F_k \frac{v_0}{v_k}$

$F_0 = 1800 \cdot \frac{50}{120} + 10 \cdot 20 = 950 H, \Rightarrow F_0 > F_1 \Rightarrow F_1 \neq \mu N$

т.к. го этого была сила больше

$\Rightarrow P_1 = \frac{F_1 \cdot v_1}{2} = \frac{850 H \cdot 20 \frac{m}{c}}{2} = 8500 Bт.$



1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

- 1 -

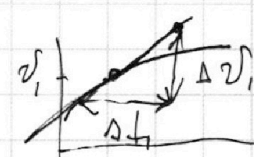
$m = 1800 \text{ кг}$
 $F_k = 500 \text{ Н}$
 $F_c = k v$

1) на графике $v(t)$ скорость изменения роста прыжка - это ускорение.

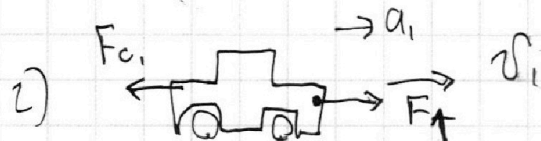
$$v = a = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\Rightarrow$ ускорение автомобиля при $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ # примерно равно тангенсу угла наклона касательной

$$\Rightarrow a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{(25 - 12,5) \frac{\text{м}}{\text{с}}}{50 \text{ с} - 0 \text{ с}} = \frac{12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{50 \text{ с}} = \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



$$a_1 = \frac{50}{4 \cdot 50} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



II з. Ньютона:

$$m \cdot a_1 = F_1 - F_{c1}$$

$$m a_1 = F_1 - k v_1 \Rightarrow F_1 = m a_1 + k v_1$$

Рассмотрим момент, когда $v = v_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ из графика видно, что ускорение в этой точке $a_k = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$\Rightarrow$ II з. Ньютона: $F_k = k v_k$, + $a_k = 0$

$$\Rightarrow k = \frac{F_k}{v_k}$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + F_k \cdot \frac{v_1}{v_k} = 1800 \text{ кг} \cdot \frac{1}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 500 \text{ Н} \cdot \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$P_1 = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$$

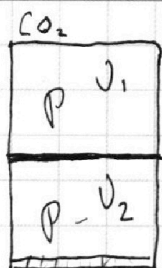
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$T_0 - \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K.}$$

$$\frac{V}{2} \rightarrow \frac{V}{5}.$$

$\frac{V}{4}$

$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

$$\Delta U = K \cdot p \cdot W; K = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

1) т.к. поршень в равновесии, а он висит и не падает,
то давление сверху и снизу одинаково

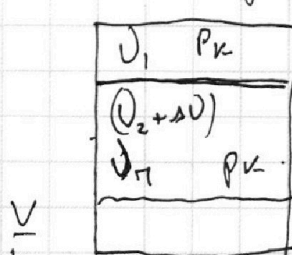
$$\Rightarrow p \frac{V}{2} = U_1 R T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = 2 \Rightarrow U_1 = 2U_2.$$

$$p \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4}\right) = U_2 R T_0.$$

2) Найдем ΔU в начале: $\Delta U = K \cdot p \cdot \frac{V}{4} = K p \cdot \frac{V}{4}.$

В начале давление водяных паров пренебреж. мало,
т.к. $T = T_{\text{конт.}}$

Рассмотрим момент, когда сосу нагрели.



$$\frac{V}{5}. \quad 1) p_k \cdot \frac{V}{5} = U_1 \cdot R T_0 \cdot \frac{5}{4} \Rightarrow T = \frac{4}{5} T_0.$$

2) при $T = 373 \text{ K}$ - давление паров $p = p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}.$

$$\Rightarrow p_k = p_{\text{атм}} + p_2.$$

3) $p_2 \cdot \left(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}\right) = (U_2 + \Delta U) \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0.$

почти не изменилось.

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!



$$\left\{ \begin{aligned} (p_k - p_{atm}) \left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} \right) &= (V_2 + \Delta V) R \cdot \frac{T_0 \cdot 5}{4 \cdot 1} = T \\ p_k \cdot \frac{V}{5} &= V_1 \cdot RT \Rightarrow p_k = \frac{5 V_1 RT}{V} \\ V_1 &= 2 V_2 \end{aligned} \right.$$

$$\frac{20V - 5V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$44 + 10 = 54$$

$$\left(\frac{5 \cdot 2 V_2 \cdot RT}{V} - p_{atm} \right) \cdot \frac{11V}{20} = \left(V_2 + K p_0 \cdot \frac{V}{4} \right) \cdot RT$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = V_2 \cdot RT \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow p_0 = \frac{16 \cdot V_2 \cdot RT}{5V}$$

$$10 \frac{V_2 RT \cdot 11}{20} - p_{atm} \cdot \frac{11V}{20} = \frac{V_2 \cdot RT}{2} + \frac{K p_0 \cdot V \cdot RT}{4}$$

$$V_2 = \frac{K p_0 \cdot V \cdot RT}{4} + \frac{11 \cdot V \cdot p_{atm}}{20}$$

$$\frac{11 RT}{2} - RT = \frac{9 RT}{2}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{16 \cdot RT}{5V} \cdot \left(\frac{K p_0 \cdot V \cdot RT}{4} + \frac{11 \cdot V \cdot p_{atm}}{20} \right)$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = 1.32 \cdot \frac{K p_0 \cdot V \cdot RT}{4} + 1.32 \cdot \frac{11 \cdot V \cdot p_{atm}}{20 \cdot 9}$$

$$p_0 = \frac{88 \cdot p_{atm}}{25 \cdot 9} = p_{atm} \cdot \frac{88}{25 \cdot 9} = \frac{44}{25 \cdot 9} = \frac{44}{225} p_{atm}$$

$$\text{Искомое } p_0 = \frac{44}{225} p_{atm}$$

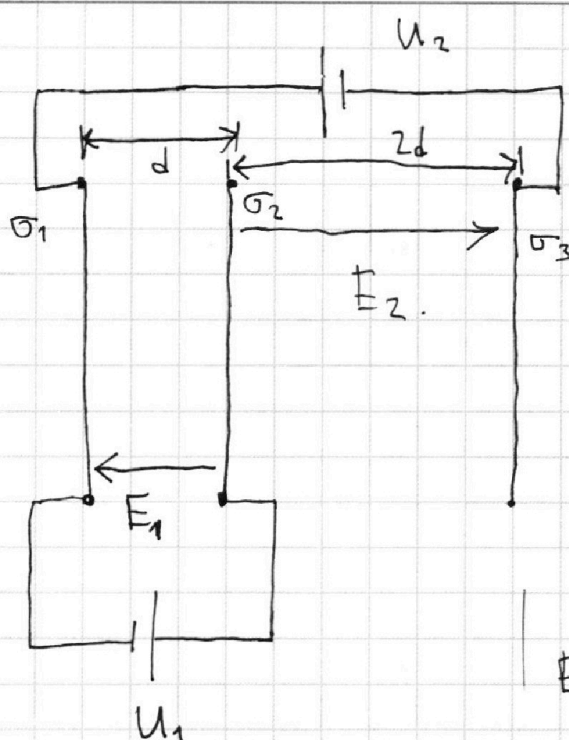
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



т. Габс
 $2E \cdot S = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$, т.к.

нулевой заряд
сеток $q=0$, а $q=\sigma S$,
а модули сеток равны

$\sigma_2 > 0$ - концы
из направления. перем.

$E_{11} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$; $E_{22} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}$; $E_{33} = \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0}$

1) $m a_{12} = E_1 \cdot q \Rightarrow a_{12} = \frac{E_1 \cdot q}{m}$

2) З.С.Э:
1 кн. эл. в начале

1) $K_0 = K_1 + q \cdot \varphi_1$

потенциал вблизи от сеток $\varphi=0$, т.к. вблизи сетки ведёт
себя как точка, а $\varphi \sim \frac{1}{R} \Rightarrow \text{ум } R \rightarrow \infty, \varphi \rightarrow 0$.
так же $\varphi \sim q$, а $q_{\text{сум}}=0$.

2) $K_0 = K_2 + q \cdot \varphi_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q \cdot U_1 = q \cdot U$

3) З.С.Э:

$K_0 = K_A + q \cdot \varphi_A$

~~$E_1 \cdot 2d = q$~~

$E_1 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0}$

$E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$

$\sigma_3 < 0$, т.к. заряд
перемёк в плоскости
1 и 2. т.к. там
большее потенциал.

$\Rightarrow E_1 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0}$; $E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$

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!

МФТИ

$$1) E_2 \cdot d - E_1 \cdot d = U$$

$$2) E_1 \cdot d = U$$

Найдем поле слева от сетки 1:

$$E_0 = E_{11} + E_{22} - E_{33} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - |\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1 - |\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + |\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 - |\sigma_3| = 0 \Rightarrow |\sigma_3| = \sigma_1 + \sigma_2 \Rightarrow \sigma_1 + \sigma_2 - |\sigma_3| = 0$$

$\Rightarrow E_0 = 0 \Rightarrow$ поле снаружи сеток равно нулю

$\Rightarrow$ и потенциал такой же как и на участках.

$$\Rightarrow K_0 = K_A + \varphi_A \cdot q; \quad \varphi_A = E_1 \cdot \frac{d}{3} = \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{3}$$

$$K_0 = K_A + \frac{U \cdot q}{3} \Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = m \frac{v_A^2}{2} + \frac{U q}{3}$$

$$\Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{m v_0^2 - \frac{2Uq}{3}}{m}} \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2Uq}{3m}}$$

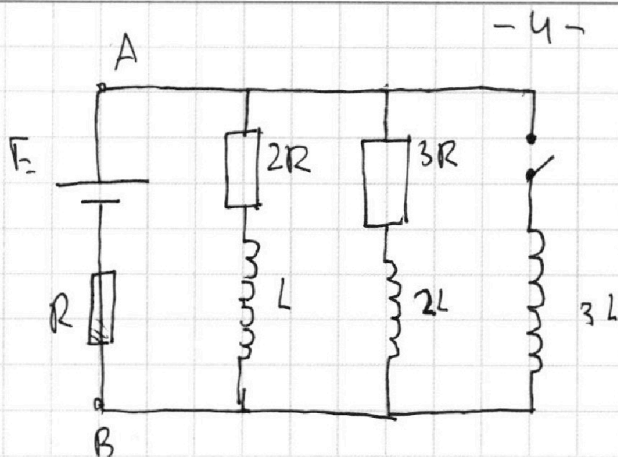
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Если режим установившегося
то ток постоянный

$$\Rightarrow I = \text{const} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\Rightarrow U_L = 0.$$

$$2 + \frac{5}{3} = E \Rightarrow \frac{11}{3}$$

① Ток через $2R$ течёт ток $3I$, тогда $2R \cdot 3I = 3R \cdot I_x$

$$\Rightarrow I_x = 2I \Rightarrow \text{общий ток } I_0 = 5I$$

$$\Rightarrow E = 2R \cdot 3I + 5I \cdot R = 11IR \Rightarrow I = \frac{E}{11R}$$

$$I_{10} = 3I = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

② Рассчитаем контур с E, R и $3L$

$$U_A - U_B = E - 5I \cdot R = E - 5 \cdot \frac{E}{11} = \frac{6}{11} \cdot E = 3L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2 \cdot E}{11 \cdot L}$$

③ Контур с $2R, L, 3L$: ~~$2R \cdot I_1 + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \cdot \frac{dI_2}{dt}$~~

$$2R \cdot I_1 + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \cdot \frac{dI_2}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$2R \cdot dq_1 = 3L \cdot dI_2 - L \cdot dI_1$$

$$2R \cdot \Delta q_1 = 3L \cdot \Delta I_2 - L \Delta I_1$$

$$2R \Delta q_1 = 3L \cdot (I_{k2} - I_{02}) - L(I_{k1} - I_{01})$$

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

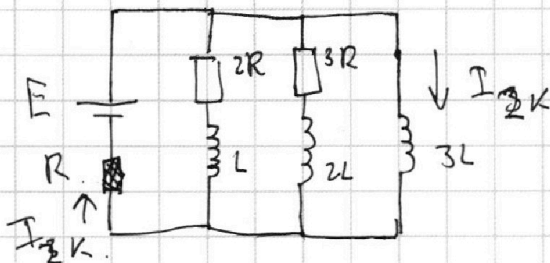
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Рассмотрим конечное состояние цепи.



Ток в $3L$ - будет постепенно увеличиваться, а в
резисторах - с резистором уменьшаться:
конечное состояние - ток через резисторы не
идёт

$$E = I_{k2} R \Rightarrow I_{k2} = \frac{E}{R}$$

$$2R \cdot \Delta q = 3L(I_{k2} - I_{02}) - L(I_{k1} - I_{01})$$

$$\Delta q = \frac{3L(\frac{E}{R} - 0) - L(0 - \frac{3}{11}\frac{E}{R})}{2R}$$

$$\Delta q = \frac{3L \cdot E}{2R^2} + \frac{3L E}{22R^2} = \frac{36}{22} \frac{LE}{R^2}$$

$$\Delta q = \frac{36}{22} \frac{LE}{R^2}$$

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

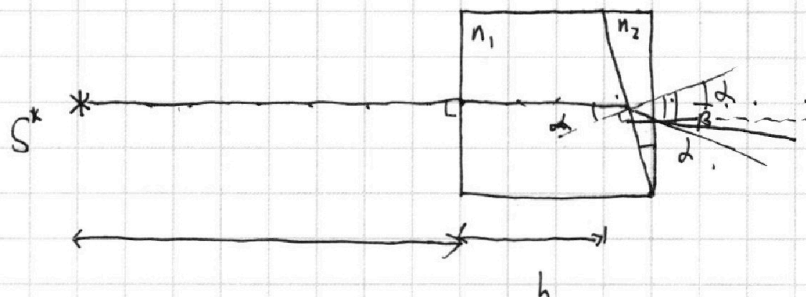
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



-5-

~~$90^\circ - \alpha + \beta + \beta = 180^\circ$~~
 ~~$\beta = 2\alpha$~~

1



$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha \Rightarrow \beta \text{ тоже мал}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{1}{1,7} \cdot \alpha = \frac{10}{1,7} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{1,7} \text{ рад.}$$

Но отклонение от изначального направления

$$\Delta \beta = \beta - \alpha = \frac{1}{1,7} - \frac{1}{10} \Rightarrow \text{отклонится чуть вверх}$$

$\Rightarrow \Delta \beta \approx \alpha - \beta = \frac{1}{10} - \frac{1}{1,7} = \frac{17-10}{170} = \frac{7}{170}$ - отклонение луча от изначального направления после прохождения одной грани.

$$n_2 \cdot \sin \Delta \beta = n_3 \cdot \sin \Delta \beta_2 \Rightarrow \Delta \beta_2 = \frac{n_2}{n_3} \cdot \Delta \beta_1 = \frac{1,7}{10} \cdot \frac{7}{170} = \frac{7}{100}$$

$\Rightarrow \Delta \beta_2 = 0,07 \text{ рад}$ конечное отклонение луча от изначального направления.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

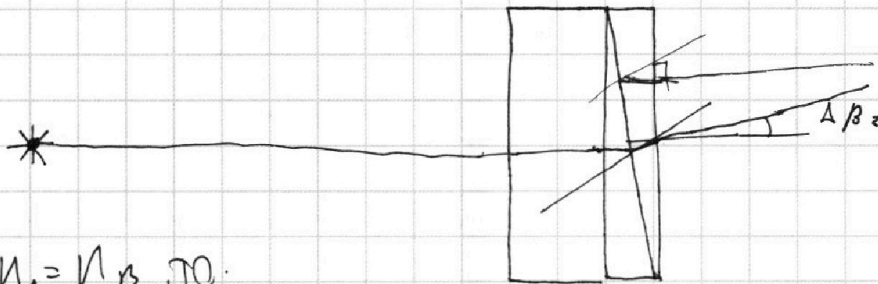
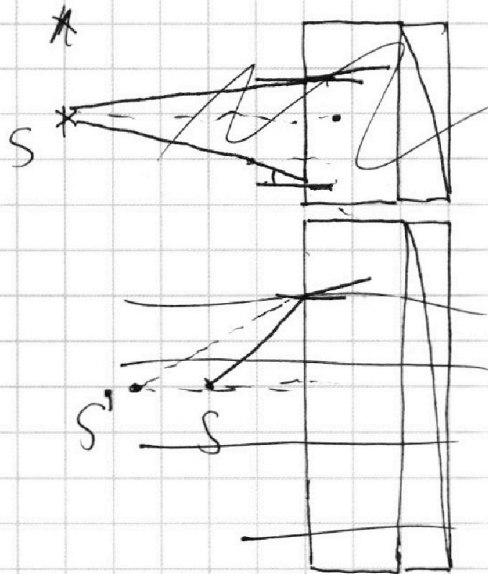
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



2



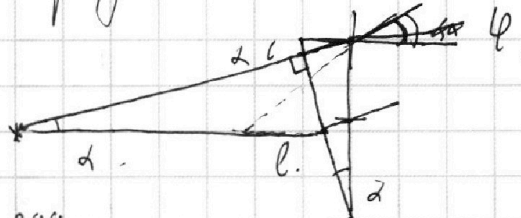
Т.к. $n_1 = n_2$, то.

при входе в первую призму луч не будет преломляться.

⇒ систему можно представить так:

$$n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \varphi$$

$$\varphi = \frac{n_2}{n_1} \cdot \alpha = \frac{1.7}{1.0} \cdot \frac{1}{10} = \frac{17}{100} \text{ рад.}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

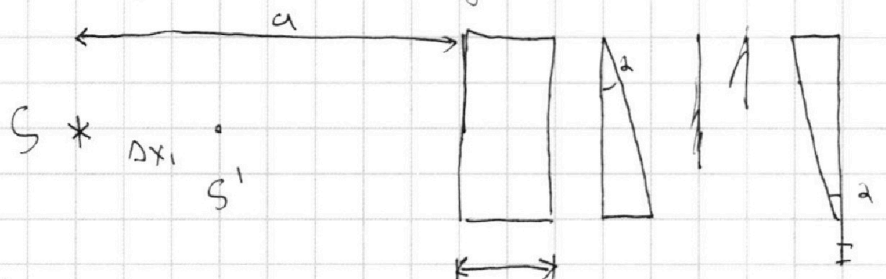


$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{(a+h)} ; \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{l} \Rightarrow x = \alpha \cdot (a+h) \Rightarrow l = \frac{x}{\varphi}$$

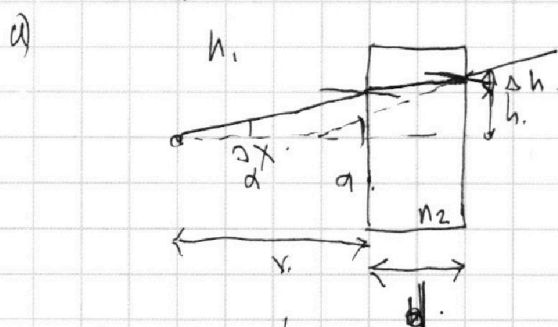
$$l = \frac{\alpha(a+h)}{\varphi} = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{17}{100}} (a+h) = \frac{10}{17} (a+h) = 203 \cdot \frac{10}{17}$$

$$\Delta l = (a+h) - \frac{10}{17} \cdot (a+h) = \frac{7}{17} \cdot 203$$

③ Разделим систему на части:



Найдём на сколько смещается источник от каждой части:



$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x-\Delta x} + \frac{n_1 d}{n_2 x(x-\Delta x)}$$

$$\Delta x_1 = \frac{n-1}{n} \cdot d$$

$$1) n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta$$

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha ; \beta = \frac{\Delta h}{d} \Rightarrow \Delta h = \frac{n_1 \cdot d \cdot \alpha}{n_2}$$

$$\alpha = \frac{h}{x} = \frac{h+\Delta h}{x-\Delta x} \Rightarrow \Delta h = \frac{n_1 d \cdot h}{n_2 x}$$

$$\frac{h}{x} = h + \frac{n_1 d \cdot h}{n_2 x} \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta h}{x}$$

$$\beta = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\frac{1}{x} = 1 + \frac{n_1 d}{n_2 x}$$

$$\frac{n_2}{d} = \frac{n_1}{d-\Delta x} \Rightarrow n_2 d - \Delta x n_2 = d n_1 \Rightarrow \Delta x = \frac{n_2 d - d n_1}{n_2}$$

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

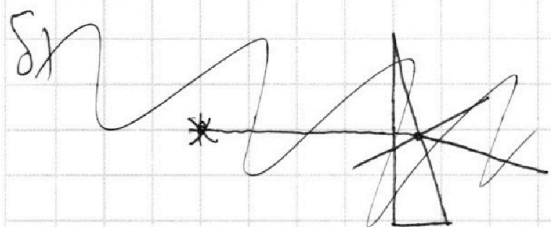
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

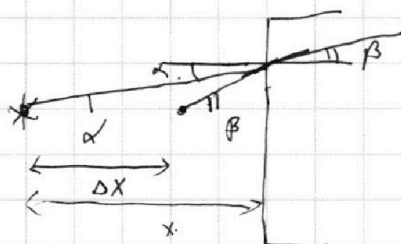
МФТИ

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

⇒ смещение от максимума: $\frac{n_2 - n_1}{n_2} \cdot d = \Delta x_1$



a)



$$\frac{h}{x - \Delta x} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{h}{x}$$

$$d = \frac{h}{x}; \quad n_1 d = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{h}{x - \Delta x} = \frac{n_1}{n_2} d$$

$$\frac{h}{x - \Delta x} = \frac{n_1}{n_2} d$$

$$\frac{h}{x - \Delta x d} = \frac{n_1}{n_2}$$

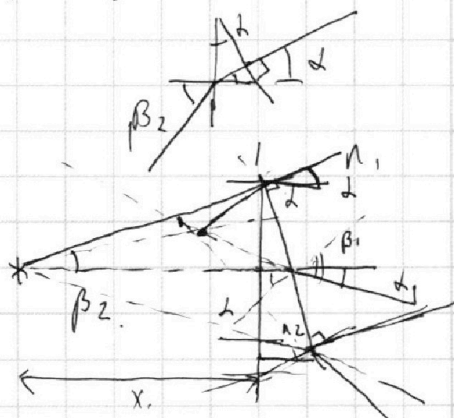
$$d_1 = d - n_1 d = \beta_1 - d$$

$$\beta_1 \cdot n_1 = d \cdot n_2$$

$$\beta_1 = \frac{n_2}{n_1} d$$

$$d_1 = d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = d \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1} \right)$$

б)



$$\beta_2 \cdot n_1 = n_2 \cdot d$$

$$\beta_2 = \frac{n_2}{n_1} d$$

$$\frac{n_2}{x} = \beta_2$$

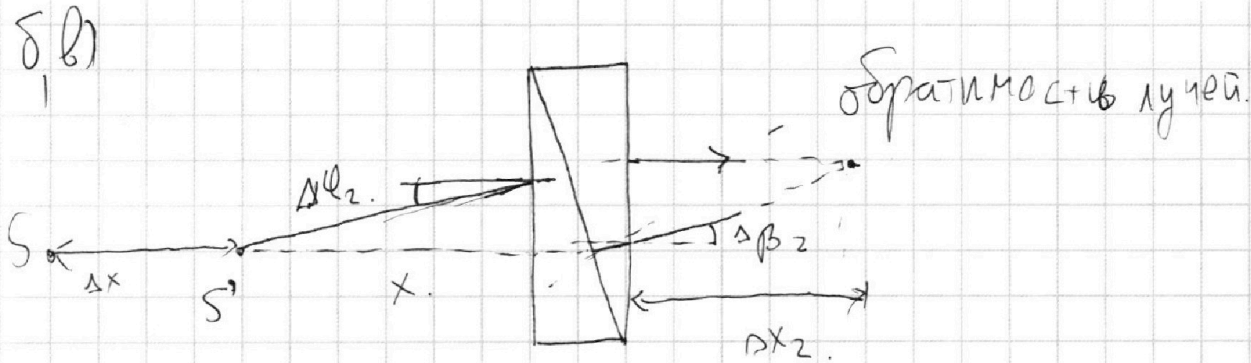
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \alpha$$

$$\Delta\beta_1 = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\Delta\beta_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot \Delta\beta_1 = \frac{n_2}{n_1} \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\Delta\ell_2 = \frac{n_1}{n_2} \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right); \quad h = \Delta\ell_2 \cdot X.$$

$$\frac{h}{\Delta x_2} = \Delta\beta_2$$

$$\Delta x_2 = \frac{h}{\Delta\beta_2} = \frac{\Delta\ell_2}{\Delta\beta_2} \cdot X = \frac{n_1 \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)}{n_2 \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)} \cdot X.$$

расст от источника до изобр:

$$\Rightarrow S = \Delta x + X + \Delta x_2 = a + h + \Delta x_2.$$

$$X = a + h - \Delta x.$$

$$S = a + h + \frac{n_1 - n_2}{n_2 - n_1} \cdot \left(a + h - \frac{n_1 - 1}{n_1} \cdot h\right) = 203 - \left(203 - \frac{1 \cdot 9}{3}\right)$$

$$\boxed{S = 3 \text{ см}} - \text{расст. от ист. до изобр.}$$



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!

