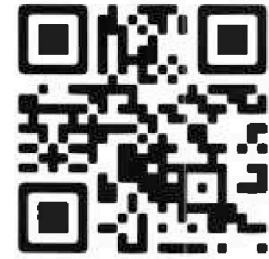




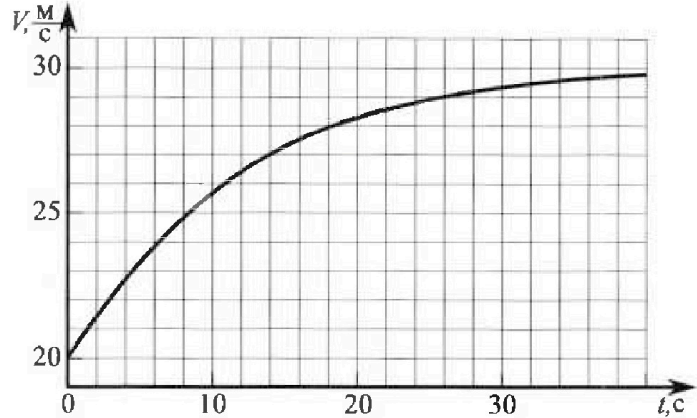
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



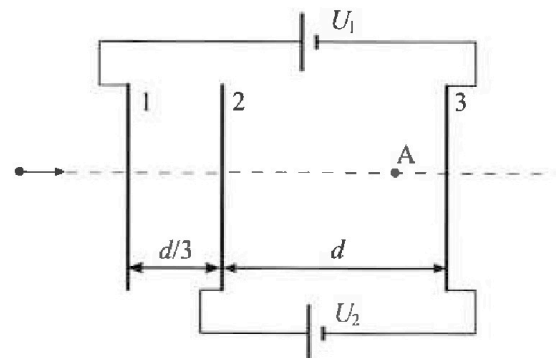
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый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

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpv$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·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



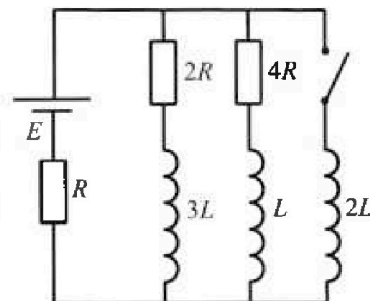
## Вариант 11-04

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

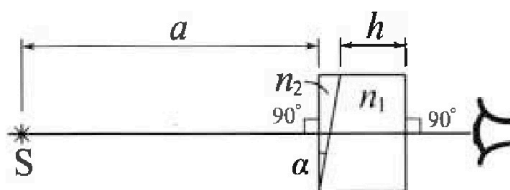
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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  $n_b = 1,0$ . 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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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 checked="" 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!

№1.

1)  $a = \frac{dv}{dt}$ , т.е. ускорение можно найти как тангенс угла наклона касательной к графику в искомой точке.

$$a_0 \approx \frac{3 \frac{m}{c}}{4 c} = 0,75 \frac{m}{c^2}$$

$$\text{Ответ: } 0,75 \frac{m}{c^2}.$$

2) Для нахождения в любой момент времени вычисляется  $\Pi$  з. Кинематика:

$$F_{тяг} - F_{сопр} = ma$$

Мощность двигателя:

$$N = F_{тяг} \cdot v = const$$

Рассмотрим уст. режим ( $a=0$ ,  $v_y \approx 30 \frac{m}{c}$ )

$$\frac{N}{v_y} - F_k = 0$$

$$N = F_k \cdot v_y = 200 \text{ кН} \cdot 30 \frac{m}{c} = 6 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Для начала разгона:

$$\frac{N}{v_0} - F_{сопр0} = ma_0$$

$$F_{сопр0} = \frac{N}{v_0} - ma_0 = \frac{6 \cdot 10^3 \text{ Вт}}{20 \frac{m}{c}} - 240 \text{ кН} \cdot 0,75 \frac{m}{c^2} = 120 \text{ кН}$$

Ответ: 120 кН.

$$3) N = N_{разг} + N_{сопр}$$

где  $N_{разг}$  - разгоняющая мощность,  $N_{сопр}$  - мощность на преодоление сил сопро-

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 checked="" 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!

тнвения.

$N_{\text{раз}} - \text{мощность эквивалентной силы}$   
 $F_{\text{тяг}} = m a$ , создающей ускорение.

$$N_{\text{раз}} = m a v$$

Для начального момента:

$$N = m a_0 v_0 + N_{\text{сопр}}$$

$$N_{\text{сопр}} = N - m a_0 v_0 = 6 \cdot 10^3 \text{ Вт} - 240 \text{ кг} \cdot 9,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$N_{\text{сопр}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт} = \frac{2}{5} N$$

Ответ:  $\frac{2}{5}$ .

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!

Дано:

$V, T_0$

$$T = 4T_0 = 373 \text{ K}$$

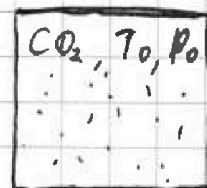
$$d = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$\delta V = d p V$$

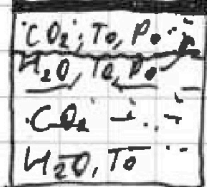
$$RT = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$$

1)  $\frac{V_0}{V_H} = ?$

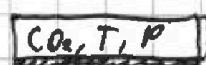
2)  $P_0 = ?$



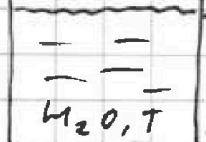
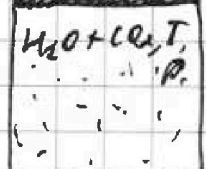
$\frac{V}{2}$



$\frac{3V}{8}$



$\frac{V}{8}$



$\frac{3V}{8}$

1) В начале в верхней части сосуда находится  $\nu_0$  моль  $\text{CO}_2$ . Внутней:  $\nu_1 - \delta \nu$  моль  $\text{CO}_2$  и  $\nu_{\text{H}_2\text{O}}$  моль вод. пара. Давления в верхней и нижней частях равны:

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$\frac{\nu_0 RT_0}{V/2} = \frac{(\nu_1 - \delta \nu) RT_0}{V/8} + \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}} RT_0}{V/8}$$

$$2\nu_0 = 8(\nu_1 - \delta \nu + \nu_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$\nu_0 = 4(\nu_1 - \delta \nu + \nu_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$\frac{\nu_0}{\nu_H} = \frac{\nu_0}{\nu_1 - \delta \nu + \nu_{\text{H}_2\text{O}}} = 4$$

Ответ: 4.

2) Во втором случае в верхней части находится  $\nu_0$   $\text{CO}_2$ , а в нижней -  $\nu_1$   $\text{CO}_2$  и  $\nu_{\text{H}_2\text{O}}$  насыщенного вод. пара при давлении  $P_A = 10^5 \text{ Па}$  (т.к.  $T = 373 \text{ K}$ ). Аналогично записать равенство давлений:

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 МФТИ

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

$$\frac{\gamma_0 RT}{V/8} = P_A + \frac{\gamma_1 RT}{V/2}$$

$$8 \frac{\gamma_0 RT}{V} = P_A + 2 \frac{\gamma_1 RT}{V}$$

$$P_0 = \frac{\gamma_0 RT_0}{V/2} = 2 \frac{\gamma_0 RT_0}{V} = \frac{3}{2} \frac{\gamma_0 RT}{V}$$

$$\frac{\gamma_0 RT}{V} = \frac{2}{3} P_0$$

$$\frac{16}{3} P_0 = P_A + 2 \frac{\gamma_1 RT}{V}$$

Выразим  $\gamma_{H_2O}$  через  $\gamma_0, \gamma_1, \Delta \gamma$ :

$$\frac{\gamma_0}{4} = \gamma_1 - \Delta \gamma + \gamma_{H_2O}$$

$$\gamma_{H_2O} = \frac{\gamma_0}{4} - \gamma_1 + \Delta \gamma$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



№3.

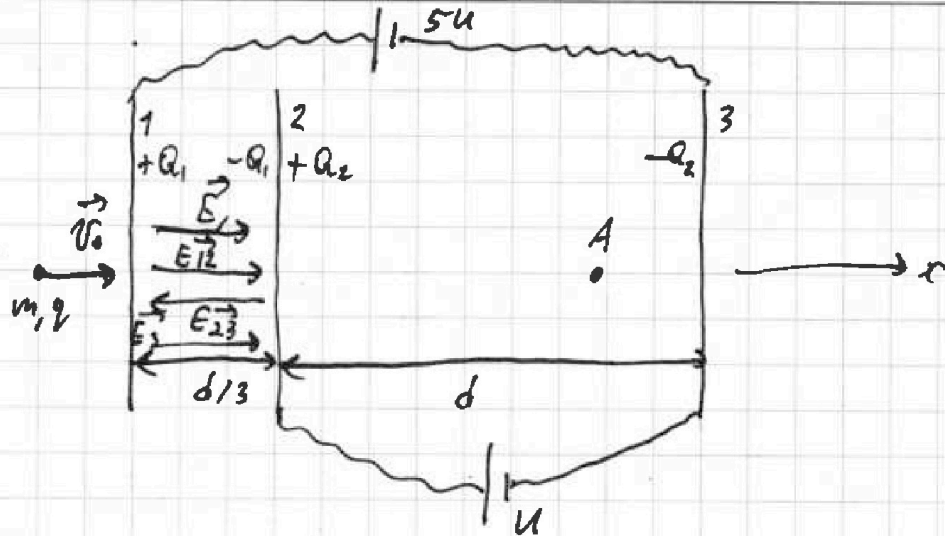
Дано:

$d, \epsilon, m,$   
 $q > 0, U_0$

1)  $\alpha_{23} - ?$

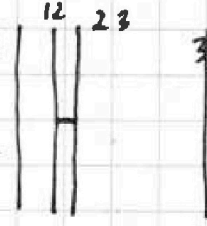
2)  $k_3 - k_2 - ?$

3)  $V(A) - ?$



Эквивалентно разделим пластину 2 на две сегментные пластины:

Пусть заряд первой пластины равен  $+Q_1$ . Тогда заряд пластины 12 равен  $-Q_1$ . Аналогично, заряд 3 равен  $-Q_2$ , заряд 23 равен  $+Q_2$



Найдем напряженности, создаваемые пластинами в промежутке 12 по оси  $x$ :

$$E_1 = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}; \quad E_{12} = -\frac{-Q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}; \quad E_{23} = -\frac{Q_2}{2\epsilon_0 S};$$

$$E_3 = -\frac{-Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_2}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{\Sigma 12} = \frac{Q_1 + Q_1 - Q_2 + Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$$

где  $S$  - площадь пластины

Аналогично найдем суммарную напряженность в промежутке 23:

$$E_{\Sigma 23} = \frac{Q_1 - Q_1 + Q_2 + Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_2}{\epsilon_0 S}$$

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 checked="" 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. Пореа QR-кода недопустима!



Напряжения между пластинами вычисляются по формуле

$$U = Ed$$

$$U_{23-3} = E_{223} \cdot d = \frac{Q_2}{\epsilon_0 \epsilon_5} \cdot d = U$$

$$Q_2 = \epsilon_0 \epsilon_5 \frac{U}{d}$$

$$U_{13} = E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot d = \frac{Q_1}{\epsilon_0 \epsilon_5} \cdot \frac{d}{3} + U = 5U$$

$$\frac{Q_1}{\epsilon_0 \epsilon_5} = 12 \frac{U}{d}$$

$$Q_1 = 12 \epsilon_0 \epsilon_5 \frac{U}{d} = 12 Q_2$$



$$\begin{aligned} F_{212} &= q \frac{U}{d} \\ F_{211} &= q \cdot \frac{11U}{d/3} = 33q \frac{U}{d} \\ \frac{m v_A^2}{2} &= \frac{m v_0^2}{2} + 33q \frac{U}{d} \cdot \frac{1}{3} d + q \frac{U}{d} \cdot d \\ v_A &= \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot 12 \frac{qU}{m}} \\ \text{Ответ: } &\sqrt{v_0^2 + \frac{24qU}{m}} \end{aligned}$$

На промежутке 2-3 на пластину действует разгоняющая сила, равная  $qE =$

$$= q \frac{U}{d}$$

$$ma = \frac{qU}{d}; \quad a = \frac{qU}{md}$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{qU}{md}$$

2) По м. об изменении кин. энергии

$$K_3 - K_2 = A_{F_{21}} = F_{21} \cdot d = \frac{qU}{d} \cdot d = qU$$

где  $F_{21}$  - электрическая сила  $\frac{qU}{d}$ .

Ответ:  $qU$ .

3) по м. об изменении кин. энергии

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = A_{F_{211}} + A_{F_{212}}, \quad F_{211} \text{ и } F_{212} - \text{силы, разгоняющие частицу при пролёте через 1-2 и 2-3 соответственно.}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице!

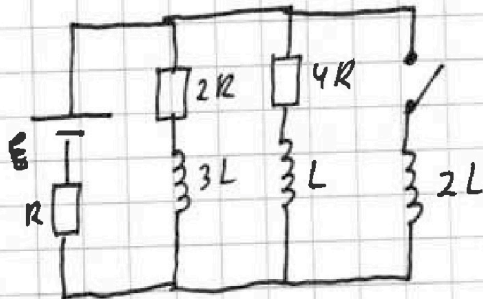
МФТИ

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



Дано:

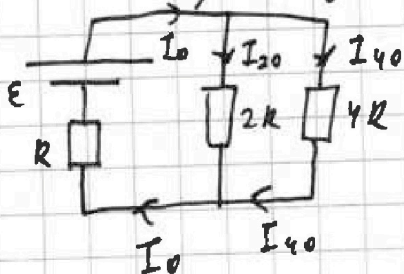
$\epsilon, R, L$

1)  $I_{20}$  - ?

2)  $\frac{dI}{dt}(2L; t=0)$  - ?

3)  $Q_{2L}$  - ?

1) В уст. regime катушки ведут себя как проводники:



Заменим эквивалентного резистора  $2R$  и  $4R$  на один резистор с сопротивлением

$$R' = \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R} = \frac{4}{3}R$$

Общее сопротивление цепи

$$R_0 = R' + R = \frac{7}{3}R$$

По 3. Ома для полной цепи:

$$I_0 = \frac{\epsilon}{R_0} = \frac{3}{7} \frac{\epsilon}{R}$$

Напряжения на  $2R$  и  $4R$  одинаковы:

$$U_{2R} = U_{4R}$$

$$I_{20} \cdot 2R = I_{40} \cdot 4R$$

$$I_{20} = 2I_{40}$$

$$I_{20} + I_{40} = I_0$$

$$\frac{3}{2}I_{20} = \frac{3}{7} \frac{\epsilon}{R}$$

~~$$I_{20} = \frac{2}{7} \frac{\epsilon}{R}$$~~

$$I_{20} = \frac{2}{7} \frac{\epsilon}{R}$$

Ответ:  $I_{20} = \frac{2}{7} \frac{\epsilon}{R}$ .

2) Сразу после замыкания напряжение на  $2L$  равно напряжению на  $2R$ :

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$\textcircled{*} U_{2L} = U_{2R}$$

$$2L \frac{dI_{2L}}{dt} = I_{20} \cdot R$$

$$\frac{dI_{2L}}{dt} = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot R \cdot \frac{1}{2L} = \frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\text{Ответ: } \frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$\Delta q_{4R} = \frac{15}{28} \frac{\mathcal{E}}{R^2} L$$

$$\text{Ответ: } \frac{15}{28} \frac{\mathcal{E}}{R^2} L$$

3) Напряжения на параллельно соединенных участках равны:

$$I_{2R} \cdot 2R + 3L \frac{dI_{2R}}{dt} = I_{4R} \cdot 4R + L \frac{dI_{4R}}{dt} = L \frac{dI_{2L}}{dt}$$

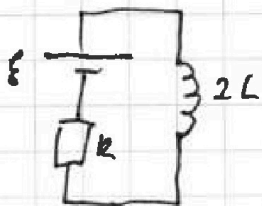
где  $I_{2R}, I_{4R}, I_{2L}$  - токи через  $2R, 4R, 2L$  соответственно. Учитывая, что  $I = \frac{dq}{dt}$  и сокращая на  $dt$ , получаем

$$\begin{cases} dq_{2R} \cdot 2R + dI_{2R} \cdot 3L = dq_{4R} \cdot 4R + dI_{4R} \cdot L \\ dq_{2R} \cdot 2R + dI_{2R} \cdot 3L = dI_{2L} \cdot 2L \end{cases}$$

Умножив уравнения от первого замкнутого контура на  $dI_{2L}$  и от второго на  $dI_{4R}$ , получаем:

$$\begin{cases} \Delta q_{2R} \cdot 2R + (0 - I_{20}) \cdot 3L = \Delta q_{4R} \cdot 4R + (0 - I_{40}) \cdot L \\ \Delta q_{2R} \cdot 2R + (0 - I_{20}) \cdot 3L = (I^* - 0) \cdot 2L \end{cases}$$

где  $I^*$  - ток через  $2L$  в уст. режиме:



$$I^* = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Delta q_{4R} \cdot 4R - I_{40} \cdot L = I^* \cdot 2L$$

$$\Delta q_{4R} = \frac{\frac{I_{20}}{2} L + I^* \cdot 2L}{4R} = \frac{\frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} L + 2 \frac{\mathcal{E}}{R} L}{4R}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

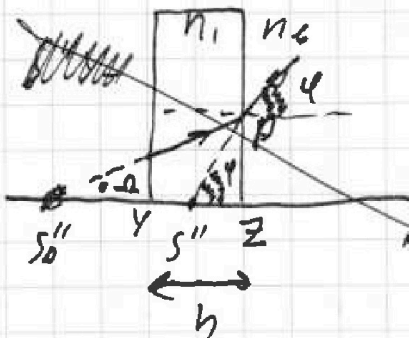
1  2  3  4  5  6  7



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



$$S_0'' y = 1 \mu \cdot \frac{0,07 \text{ рад}}{0,1 \text{ рад} \cdot (2 \cdot \frac{1,7}{1,4} - 1)} = \cancel{0,49 \mu}$$



$$\text{tg } \Omega = \frac{Pz}{S_0'' y + yz} = \frac{Pz}{S_0'' y + h}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{Pz}{S'' z}$$

$$\frac{\text{tg } \Omega}{\text{tg } \varphi} = \frac{\Omega}{\varphi} = \frac{S'' z}{S_0'' y + h}$$

← это не зависимость

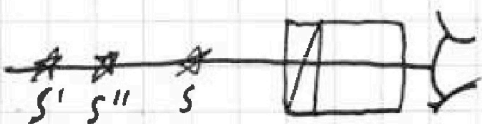
$$S'' z = (S_0'' y + h) \cdot \frac{\Omega}{\varphi} = (S_0'' y + h) \cdot \cancel{\frac{\Omega}{n_1 \cdot \Omega}}$$

$$S'' z = \frac{S_0'' y + h}{n_1} = \frac{0,49 \mu + 0,14 \mu}{1,4} = 0,15 \mu$$

$$S S'' = S z - S'' z = (a + h) - S'' z = 1 \mu + 0,14 \mu - 0,15 \mu = 0,09 \mu$$

Ответ: ~~0,49 м~~ 0,09 м

P.S. при решении задачи расхождение лучей игнорировать было указано неверно. Но это не уменьшает общности решения. (Важнейшее расхождение:)



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

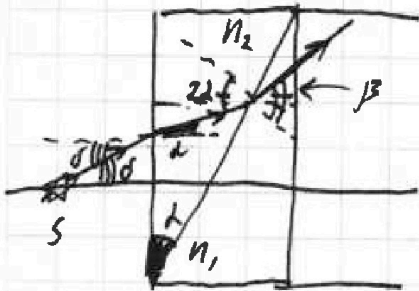
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Рассмотрим что происходит на границе клинов!



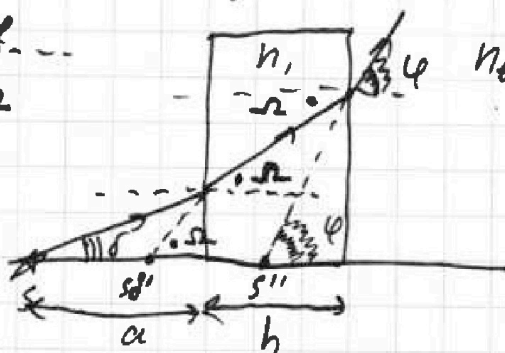
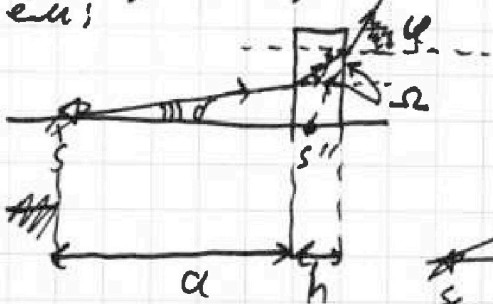
$$n_2 \sin 2\alpha = n_1 \sin \beta$$

$$n_2 \cdot 2\alpha = n_1 \cdot \beta$$

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

Проведем анализное со

2 пунктом рассуждения, получаем, что во второй точке луч будет двигаться под углом  $\Omega = \beta - \alpha$  к горизонту. Аналогично переобегая толщину клинов, имеем:

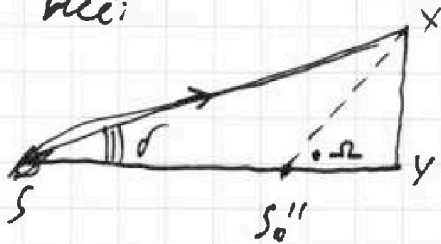


На выходе из пластинки:

$$n_1 \sin \Omega = n_2 \sin \varphi$$

$$\varphi = n_1 \cdot \Omega = n_1 \cdot (\beta - \alpha)$$

Найдем расстояние от источника до изображения  $S_0''$ , которое создается  $S_0$  в пластинке, если бы луч не выходил из нее:



$$\tan \delta = \frac{xy}{S_0''y}$$

$$\frac{\tan \delta}{\tan \Omega} = \frac{S_0''y}{\alpha}$$

$$\tan \Omega = \frac{xy}{S_0''y}$$

$$S_0''y = \alpha \frac{\tan \delta}{\tan \Omega} = \alpha \frac{\delta}{\Omega}$$

$$S_0''y = \alpha \frac{\delta}{\beta - \alpha} = \alpha \frac{\delta}{2\alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

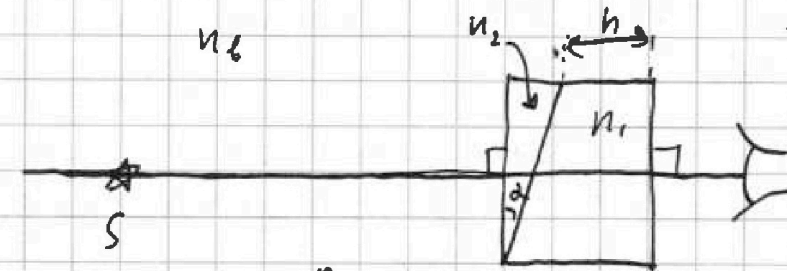
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

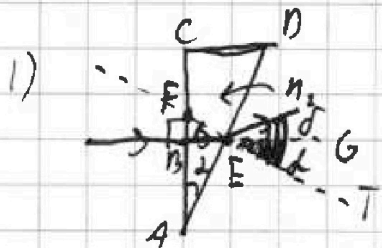
МФТИ

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



№ 5.

Дано:  
 $n_1 = 1$   
 $\alpha = 1 \text{ м}$   
 $d = 0,1 \text{ рад}$   
 $h = 0,14 \text{ м}$



- 1)  $n_1 = n_2$   
 $n_2 = 1,7$   
 $\delta = ?$   
 2)  $n_1 = n_2$   
 $n_2 = 1,7$   
 $d = ?$   
 3)  $n_1 = 1,4$   
 $n_2 = 1,7$   
 $d = ?$

П.к.  $n_1 = n_2$ , ~~н~~ правую часть можно убрать и рассматривать преломление только через левую.

П.к. луч перпендикулярен левой грани он входит в призму без преломления. Восстановим перпендикуляр к поверхности в точке E.  $AD \perp EF$   $BE \perp AC \Rightarrow \angle BEF = \angle CAD = d$ . По закону преломления  $n_2 \cdot \sin d = n_1 \cdot \sin(\delta + d)$ , углы FEB и GET - накрест лежащие.

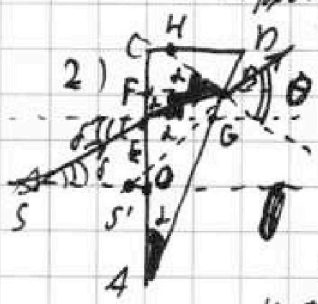
П.к. углы малые,  $\sin d \approx d$ ,  $\sin(\delta + d) \approx \delta + d$

$$n_2 d = n_1 (\delta + d)$$

$$\delta = (n_2 - 1)d = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ рад}$$

Ответ: ~~0,07 рад~~. 0,07 рад.

$$\angle FEB = \angle GET = d$$



Рассмотрим луч, падающий на штыль под углом  $\delta$ . Он преломится внутри призмы под углом  $d$ . Найдем угол падения луча на гипотенузу ( $\angle EBH$ ).  $\angle EBF = \angle BEG = d$  как накрест лежащие.  $\angle FBH = \angle CAD = d$

т.к.  $GH \perp AD$ ,  $FB \perp AC$ . Поняли образцы, углы  $\angle EBH = 2d$ . Найдем угол преломления  $\theta$ .

$$n_2 \cdot \sin 2d = n_1 \cdot \sin \theta$$

$$n_2 \cdot 2d = n_1 \cdot \theta; \theta = 2 \cdot \frac{n_2 d}{n_1} = 2(\delta + d)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

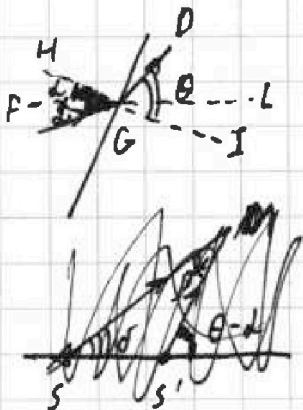
Отметьте крестиком номер задачи.

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. Печать QR-кода недопустима!

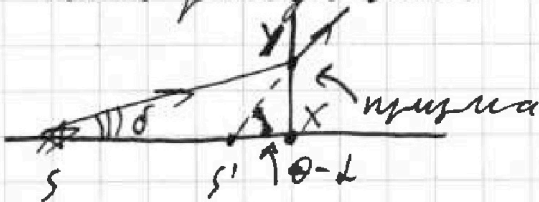


$\angle LGI = \angle FBH = \alpha$  как вертикальные.  
 $\angle DGL = \angle DS'O = \theta - \alpha$

~~Пусть M - точка пересечения продолжений лучей SE и GD. Тогда для  $\triangle SMS'$ :~~

~~$\beta = \theta - \alpha$      $\delta = 2\delta - \alpha - \delta = \delta - \alpha$~~

Прямая лучи толщиной  $\alpha$  преломляется, получим рисунок:



По условию  $SX = \alpha$   
 Из  $\triangle SX Y$  и  $\triangle S'XY$ :

$\tan \delta = \frac{XY}{SX} = \frac{XY}{\alpha}$

$\tan(\theta - \alpha) = \frac{XY}{S'X}$

$\frac{\tan \delta}{\tan(\theta - \alpha)} = \frac{XY \cdot S'X}{XY \cdot \alpha}$

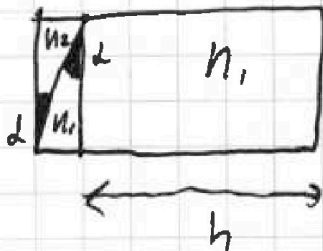
$S'X = \alpha \frac{\tan \delta}{\tan(\theta - \alpha)} \approx \alpha \frac{\delta}{\theta - \alpha} = \alpha \frac{\delta}{2(\delta + \alpha) - \alpha} = \alpha \frac{\delta}{2\delta + \alpha} \approx 0,17 \text{ м}$

$S'X = \frac{17}{24} \text{ м}$

$SS' = \alpha - S'X = \frac{24 - 17}{24} \text{ м} = \frac{7}{24} \text{ м} \approx 0,29 \text{ м}$

Ответ: ~~0,17 м~~  $0,81 \text{ м}$  ~~0,29 м~~ *преломления*

3) Рассмотрим ~~преломление~~ как совокупность тонкого клина и плоскопараллельной пластинки:



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!



$$I_{2R} \cdot 2R + 3L \frac{dI_{2R}}{dt} = I_{4R} \cdot 4R + L \frac{dI_{4R}}{dt} \quad \text{Черновик}$$

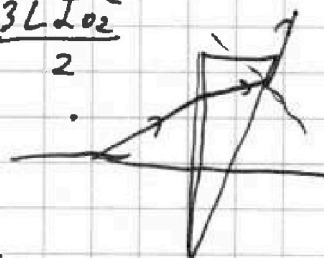
$$dq_{2R} \cdot 2R + 3L dI_{2R} = dq_{4R} \cdot 4R + L dI_{4R}$$

$$\Delta q_{2R} \cdot 2R + 3L \cdot \Delta I_{2R} = \Delta q_{4R} \cdot 4R + L \Delta I_{4R}$$

~~Черновик~~

$$\Delta q_{4R} \cdot 4R - \Delta q_{2R} \cdot 2R = L(-3I_{02} + I_{04})$$

$$\xi(\Delta q_4 + \Delta q_2 + \Delta q_2) = \frac{2L I_1^2}{2} - \frac{L I_0^2}{2} - \frac{3L I_{02}^2}{2}$$



$$dq_{2R} \cdot 2R + 3L dI_{2R} = 2L dI_{2R}$$

$$\frac{B}{\mu_0 \mu^2} \cdot \Gamma_m = \frac{B}{\mu_0 \mu^2} \cdot \frac{B}{4} \cdot C = \frac{B}{\mu_0 \mu} \cdot C = A \cdot C = K_4$$

$$\frac{0.3}{14} = \frac{9}{2}$$

$$N = N_p + N_{\text{comp}}$$

$$N = m \alpha V + N_{\text{comp}}$$

$$N_{\text{comp}} = N - m \alpha V$$

$$P_0 = 8 \frac{\partial_1 R T_0}{V} - 8 \frac{\partial_2 R T_0}{V} + 2$$

$$\begin{array}{r|l} 1330 & 140 \\ -1260 & 0,98 \\ \hline 700 & \\ -700 & \\ \hline 0 & \end{array}$$

$$q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$C_{23} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$E = h \sigma \cdot 2\pi$$

$$E = \frac{Q}{25 \epsilon_0}$$

~~Черновик~~

$$P_0 \frac{V}{2} = \frac{3}{4} \nu_0 R T$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{3}{16}$$

$$\frac{17}{10 \cdot \frac{10}{7}} = 1,19$$

$$P \frac{V}{8} = \nu_0 R T$$

$$P = \frac{16}{7} P_0$$

$$P_0 = \frac{3}{2} \nu_0 R T$$

$$P = 8 \frac{\nu_0 R T}{V}$$

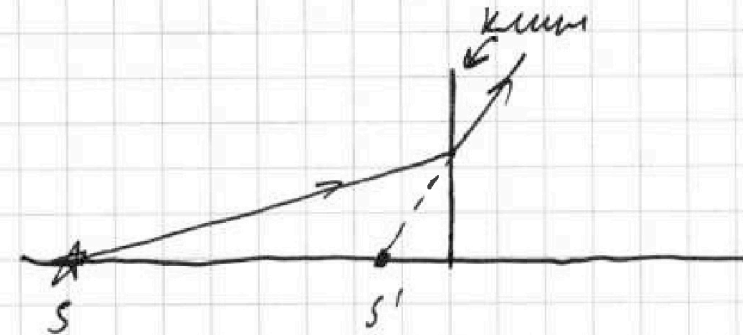
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



ЧЕРНОВИК

$$\frac{0,17}{0,17 \cdot 2 - 0,1} = \frac{17}{34 - 10} = \frac{17}{24}$$

$$\begin{array}{r} 70 \overline{) 24} \\ \underline{48} \phantom{0} 24 \\ 220 \phantom{0} \\ \underline{140} \phantom{0} \\ 80 \phantom{0} \\ \underline{70} \phantom{0} \\ 10 \phantom{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 70 \overline{) 24} \\ \underline{48} \phantom{0} 24 \\ 220 \phantom{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \phantom{0} 6 \\ \times 0,39 \\ \phantom{0} 7 \\ \hline 2,73 \end{array}$$

$$\times 0,29 \\ 7$$

$$\begin{array}{r} 70 \overline{) 24} \\ \underline{10} \phantom{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,3 \\ \phantom{0} 7 \\ \hline 2,1 \end{array}$$