



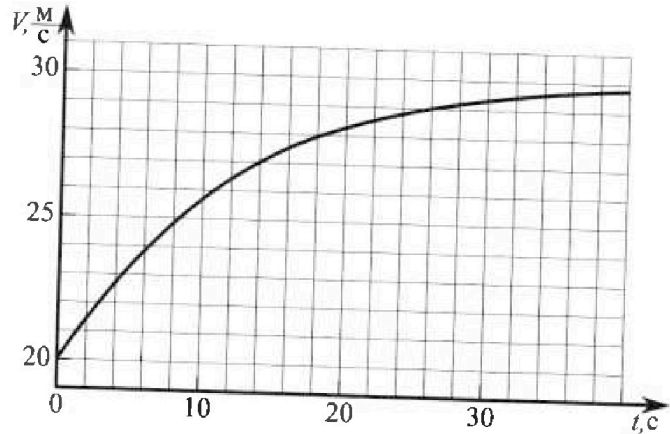
# Олимпиада «Физтех» по физике, Февраль 2023

## 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.



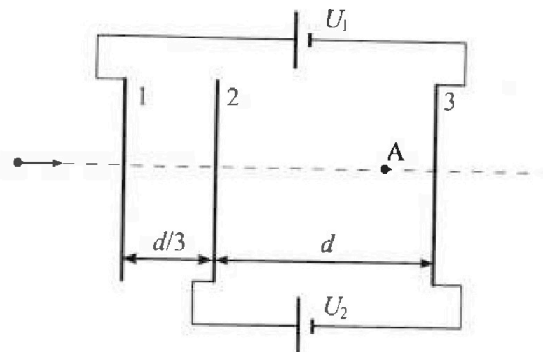
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый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

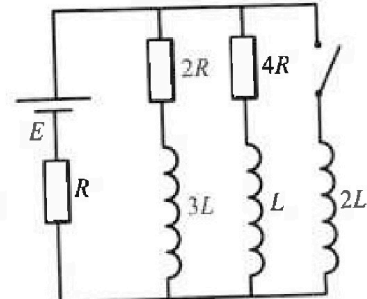
Вариант 11-04

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

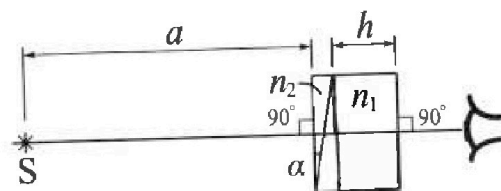


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 за ряд 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 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

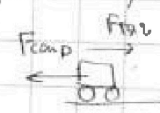


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1.

$a_{\text{тг}} = \frac{dv}{dt}$  - это коэффициент наклона касательной на графике  $v(t)$  в т. V

1) чтобы найти ускорение мотоцикла в начале разгона проведем касательную в нач. точке (замечаем, что на участке от  $t=0$  до  $t=6$  график близок к прямой)  $a_0 \approx \frac{4 \text{ м/с}}{6 \text{ с}} = \frac{2}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 0,67 \text{ м/с}^2$

2)  $N = F_{\text{тг}} \cdot v$    $ma = F_{\text{тг}} - F_{\text{сопр}}$

в конце разгона  $F_k = 200 \text{ Н}$   $v_k \approx 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   $N = F_k \cdot v_k$   
 в начале разгона  $F_{\text{р}}$   $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   $N = F_{\text{р}} \cdot v_0$   
 $F_{\text{р}} = F_k \cdot \frac{v_k}{v_0} = \frac{200 \cdot 30}{20} = 300$

$$F_0 = \frac{F_k \cdot v_k}{v_0} - ma_0 = \frac{200 \cdot 30}{20} - 240 \cdot \frac{2}{3} = 140 \text{ Н}$$

3) часть мощности, которая идет на преодоление силы сопротивления  $\eta = \frac{F_0}{F_{\text{р}}} = \frac{140}{300} = \frac{7}{15}$

Ответ: 1)  $a \approx 0,67 \text{ м/с}^2$  2)  $F_0 = 140 \text{ Н}$  3)  $\eta = 7/15$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

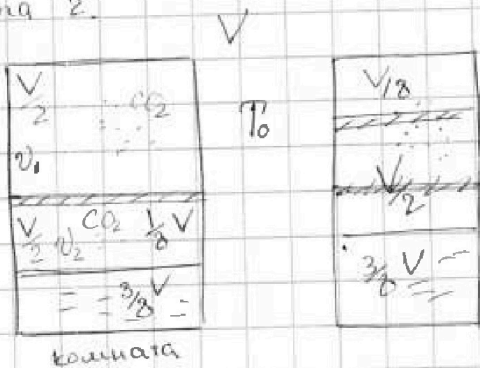
МФТИ



- 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!

Задача 2.



$$\frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$$

1) насколько поршень невесомый,  
давление сверху и снизу одинаково  
 $PV = \nu RT$

при комнатной температуре (г.к. нет паров)

$$P \cdot \frac{V}{2} = \nu_2 R T_0$$

$\frac{2}{3}$  верх. часть       $\frac{1}{8}$  нижняя часть

$\nu_2$  - газ, не растворимый в воде

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$$

~~$\Delta V = k p \cdot 3V$~~

2) при этом растворимый в воде газ  $\Delta V = k p \cdot 3V$   
при установлении  $T_{\text{кип}} = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$  над жидкостью образуется насыщенный пар, который будет оказывать давление  $p_{\text{нас.}}$ .  
-  $p_{\text{атм}}$  и весь газ, который был растворен в воде перейдет в газообразное состояние.

тогда  $P' \cdot \frac{V}{8} = \nu_1 R \cdot \frac{4}{3} T_0$  - это для газа в верхней полов.

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

$$P' = P_{\text{атм}} + P_{\text{газ}} \text{ (давление сухого газа и пар)}$$

при этом для газа в нижней части  $P' \cdot \frac{7}{8} V = (\nu_2 + \Delta \nu) \cdot R \cdot \frac{4}{3} T_0$

$$\frac{16}{3} P \cdot \frac{7}{8} V = \left( \frac{PV}{8RT_0} + k p \cdot \frac{3V}{8} \right) \cdot RT'$$

$$\frac{112}{3} = \frac{1}{T_0} + 3k R P \rightarrow \frac{4}{3} + 3 \cdot 0.6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3$$

$$\frac{112}{3} = \frac{54}{1}$$

$$P_{\text{газ}} \cdot \frac{V}{2} = (\nu_2 + \Delta \nu) R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$P' = P_{\text{атм}} + P_{\text{газ}}$$

$$\frac{16}{3} P = P_{\text{атм}} + \frac{37}{20} P$$

$$P_{\text{газ}} \cdot \frac{V}{2} = \left( \frac{PV}{8RT_0} + k p \cdot \frac{3V}{8} \right) \cdot RT'$$

$$P_{\text{газ}} = 2 P R T' \left( \frac{1}{8RT_0} + \frac{k \cdot 3}{8} \right)$$

$$P_{\text{атм}} = \frac{320 - 111}{60} = \frac{209}{60} P$$

$$P_{\text{газ}} = 2 P \left( \frac{T'}{8T_0} + \frac{3k R T'}{8} \right) = \frac{2P}{8} \left( \frac{4}{3} + 3 \cdot 0.6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3 \right)$$

$$P_0 = \frac{60}{209} P_{\text{атм}}$$

$$= \frac{R}{4} \left( \frac{4}{3} + \frac{27}{5} \right) = \frac{P \cdot 111}{60} = \frac{37}{20} P$$

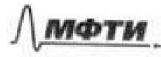
Ответ:  $\nu_1 / \nu_2 = 4$

$$P_0 = \frac{60}{209} P_{\text{атм}}$$



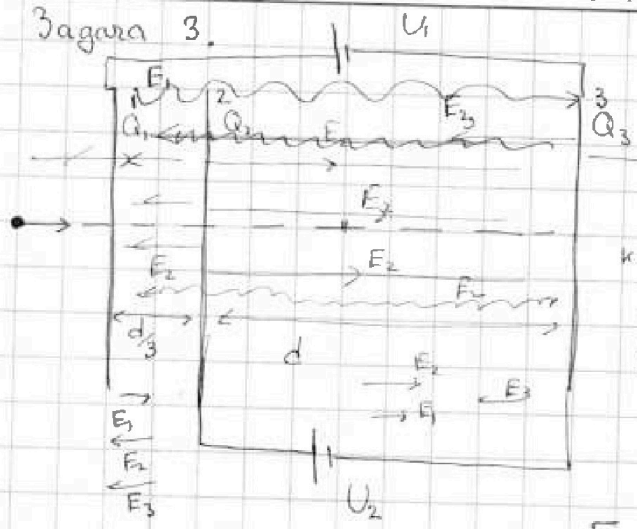
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.  
 Отметьте крестиком номер задачи,  
 решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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

Задача 3.



при подключении к источнику  
 потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  на  
 каждой сетке возникли  
 заряды  $Q_1, Q_2, Q_3$   
 $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$   
 т.к.  $d \ll S$ , то поле от  
 каждой пластины внутри нашей  
 системы можно считать однород.  
 (как поле от бесконечной плоскости)  
 поле  $E_{12} = E_1 + E_2 - E_3$   
 $E_{12} = E_1 - E_2 - E_3$   
 $E_{23} = E_1 + E_2 - E_3$

1)  $F = qE$  - сила, дейст. на зарядку

$E_{23} \cdot d = U_2$        $E_{12} \cdot d + E_{23} d = U_1$   
 $E_{23} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$

$ma = F = qE$

$a = \frac{q}{m} E_{23} = \frac{qU}{md}$

$E_{12} \cdot \frac{d}{3} = (U_1 - U_2)$

$E_{12} = \frac{3(U_1 - U_2)}{d} = \frac{4U - 3U}{d} = \frac{U}{d}$

2)  $K_2 + \epsilon_2 q = K_3 + q\epsilon_3$

$K_3 - K_2 = q(\epsilon_2 - \epsilon_3) = qU$

Отметим, что т.к.  $q \ll |Q_1|$ ,  
 то частица не влияет на  
 перераспределение зарядов на  
 сетках.

3)  $K_1 - K_2 = -q \left( E_{12} \cdot \frac{d}{3} \right)$

$K_1 = \frac{mU_0^2}{2}$

$K_2 - K_A = -q \cdot \left( E_{23} \cdot \frac{3d}{4} \right)$

$K_1 - K_A = -q \left( 4U + \frac{3U}{4} \right) = -\frac{19}{4} qU$

$\frac{mU_A^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} + \frac{19}{4} qU = \frac{19qU + 2mU_0^2}{2} = \frac{19}{2} qU + mU_0^2$

$U_A = \sqrt{U_0^2 + \frac{19qU}{2m}}$

Ответы: 1)  $\frac{qU}{md}$       2)  $K_3 - K_2 = qU$       3)  $U_A = \sqrt{U_0^2 + \frac{19qU}{2m}}$



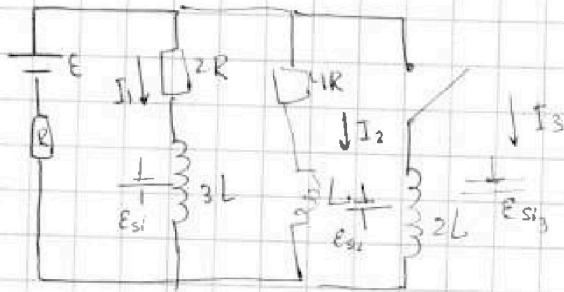
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 4.



$$\mathcal{E}_{s1} = -L \frac{dI}{dt} \quad \text{в установившемся} \\ \text{режиме } \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\begin{aligned} 1) \quad I_1 \cdot 2R &= I_2 \cdot 4R \\ I_1 &= 2I_2 \\ \mathcal{E} &= (I_1 + I_2)R + I_1 \cdot 2R = \\ &= 3I_2 R + 4I_2 R = 7I_2 R \\ I_{20} &= \frac{\mathcal{E}}{7R} \quad I_{10} = \frac{2\mathcal{E}}{7R} \end{aligned}$$

2) сразу после замыкания ключа ток в цепи установится и не изменится

$$I_2 \cdot 4R = -\mathcal{E}_{s1} = 2L \frac{dI_3}{dt} = \frac{4\mathcal{E}}{7}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$

3) в установившемся режиме при замкнутом ключе

$$I_1 = 0 \quad I_2 = 0 \quad I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad dq_2 = I_2 dt$$

$$I_2 \cdot 4R - \mathcal{E}_{s2} = -\mathcal{E}_{s3}$$

$$I_2 \cdot 4R - L \frac{dI_2}{dt} = 2L \frac{dI_3}{dt} \quad | \cdot dt \quad \text{и проинтегрируем} \\ \text{во времени}$$

$$4Rq_2 - L(0 - \frac{\mathcal{E}}{7R}) = 2L \cdot (\frac{\mathcal{E}}{R} - 0)$$

$$4Rq_2 + \frac{L\mathcal{E}}{7R} = \frac{2L\mathcal{E}}{R}$$

$$4Rq_2 = \frac{L\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{13}{7} \quad q_2 = \frac{13}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

Ответы: 1)  $I_{20} = \mathcal{E}/7R$

2)  $dI_3/dt = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$

3)  $q_2 = \frac{13}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$



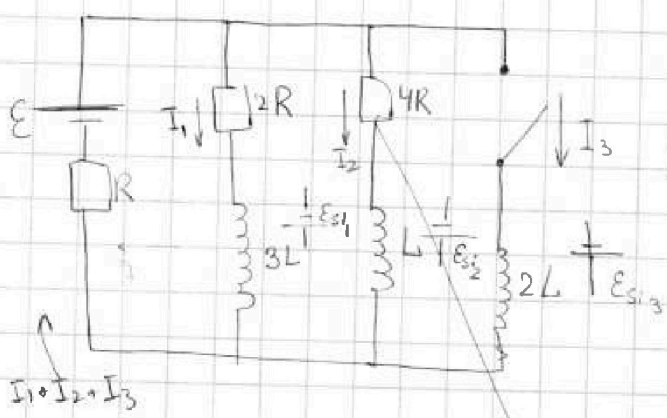
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
 Отметьте крестиком номер задачи,  
 решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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

Задача 4.



$$\mathcal{E}_{s_i} = -L \frac{dI}{dt}$$

при установившемся  
 режиме  $\frac{dI}{dt} = 0$

$$I_1 \cdot 2R = I_2 \cdot 4R \Rightarrow I_1 = 2I_2$$

$$\mathcal{E} = (I_1 + I_2)R + I_1 \cdot 2R$$

$$\mathcal{E} = 3I_2 R + I_2 4R = 7I_2 R$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{7R} \quad I_1 = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

используем ток

2) сразу после замыкания ключа ток в катушке 2L не возникает и в ветви ток в цепи увеличивается соответственно

$$-\mathcal{E}_{s_1} = \mathcal{E} - (I_1 + I_2)R$$

$$2L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - \left( \frac{3}{7} \mathcal{E} - \frac{4}{7} \mathcal{E} \right)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

3)



в установившемся режиме при замкнутом ключе

$$I_1 = 0 \quad I_2 = 0 \quad I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$-\mathcal{E} + (I_1 + I_2 + I_3)R - \mathcal{E}_{s_3} = 0$$

$$(1) I_1 \cdot 2R - 3L \frac{dI_1}{dt} = -2L \frac{dI_3}{dt}$$

$$I_1 \cdot 2R - \mathcal{E}_{s_1} = I_2 \cdot 4R - \mathcal{E}_{s_2} = -\mathcal{E}_{s_3}$$

$$I_2 \cdot 4R - L \frac{dI_2}{dt} = +2L \frac{dI_3}{dt} \quad dq_1 = I_1 dt$$

$$2Rq_1 - 3L(0 - I_1) = 2LI_3 \quad \text{суммирование уравнения N1}$$

$$2Rq_1 + 3L \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} = 2L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$q_1 = \frac{4}{7} \frac{L\mathcal{E}}{R^2} \quad I \cdot R$$

$$2Rq_1 = \frac{L\mathcal{E}}{R} \left( 2 - \frac{6}{7} \right) = \frac{8}{7} \frac{L\mathcal{E}}{R}$$

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$

2)  $\frac{dI}{dt} = \frac{2}{7} \frac{\mathcal{E}}{L}$

3)  $q_1 = \frac{4}{7} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$

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

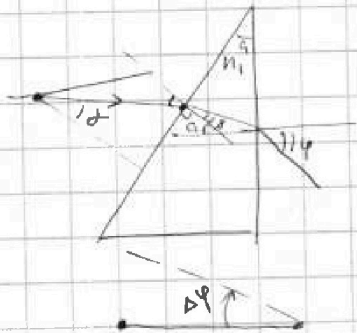
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 5 (продолжение)

$$Bn_1 = \delta$$

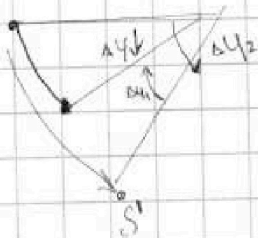
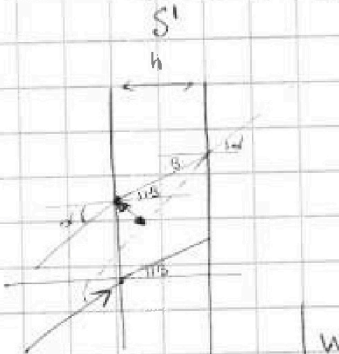
$$(a-b)n_1 = \varphi$$



$$\Delta y = \varphi - (a - \delta) = a n_1 - b n_1 + B n_1 - a = a(n_1 - 1)$$

Во параллельные лучи превращается на этот угол

В этой точке продолжение системы



$$\Delta y_2 = a(n_2 - 1)$$

$$\Delta y_1 = a(n_1 - 1)$$

$$\Delta y = \Delta y_2 - \Delta y_1 = a(n_2 - n_1) = 0,03 \text{ рад}$$

$$\sin \alpha \approx \Delta y$$

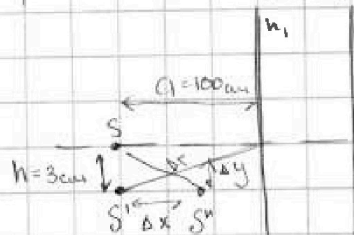
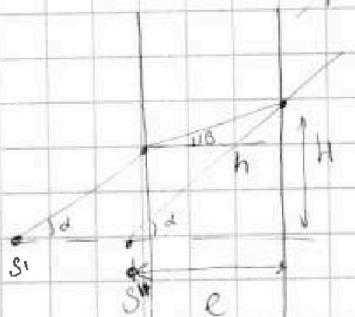
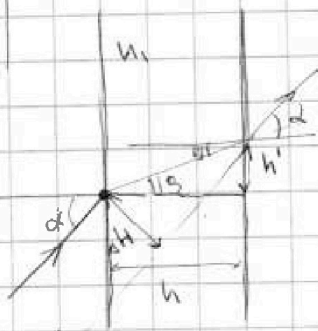
$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{\sin^2 \alpha}{2}$$

$$\sin \alpha = n_1 \sin \beta$$

$$\Delta H = \frac{\sin(\alpha - \beta) \cdot h}{\cos \beta}$$

$\alpha = n_1 \beta$  - для малых углов

т.е. как будто из центра дуги лучи выходят на параллельных пластинку



$$\Delta y = \frac{a}{n_1} (n_2 - n_1) = 3 \text{ см}$$

$$\Delta x = h(n_1 - 1) = 4 \text{ см}$$

$$\Delta r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 5 \text{ см}$$

$$c = \frac{H}{\tan \alpha} = \frac{h \sin \beta \cdot \tan \beta \cdot h + \tan \beta \cdot a}{\alpha} = \frac{h n_1 \cdot h + a}{n_1} \cdot \alpha$$

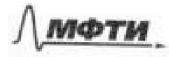
Ответ: 1)  $\Delta y = 0,07 \text{ рад}$  2)  $\Delta y = 3 \text{ см}$  3)  $\Delta r = 5 \text{ см}$





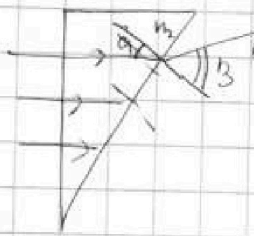
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.  
 Отметьте крестиком номер задачи,  
 решение которой представлено на странице:

- 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!

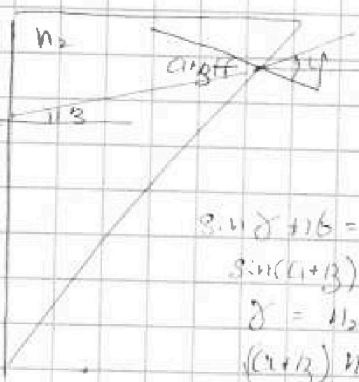
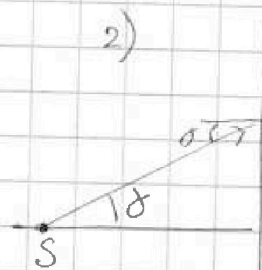
Задача 5. когда  $n_1 = n_2 = 1,0$ , то нашлось (второй) призма не  
 бьет на ось  $g$  света.



1)  $\sin \alpha n_2 = \sin \beta n_1$   
 $n_1 \approx \sin \alpha \approx \beta$   
 т.к. угол малый

$\alpha n_2 = \beta$   
 $\Delta \varphi = \beta - \alpha = \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

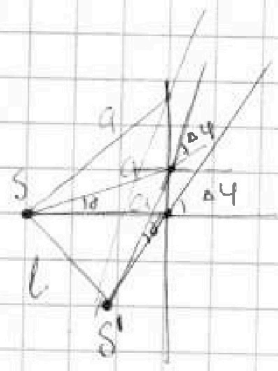
2)



рассмотрим паракс  
 лучи, идущие  
 от источника к  
 призме

$\sin(\delta + \beta) = n_2 \sin \beta$   
 $\sin(\delta + \beta) n_2 = \sin \delta$   
 $\delta = n_2 \beta$   
 $(\delta + \beta) n_2 = \delta$

отклонение луча от первоначального  
 направления  $\Delta \varphi = \varphi - \alpha - \delta$   
 $= n_2 \beta + \alpha n_2 - \alpha - n_2 \beta \cdot \alpha(n_2 - 1)$



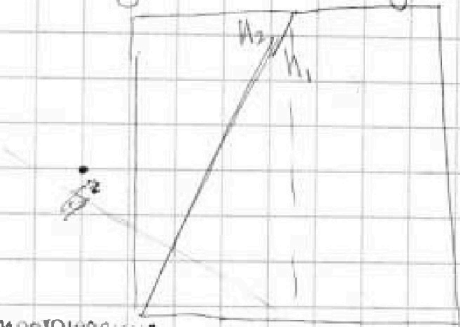
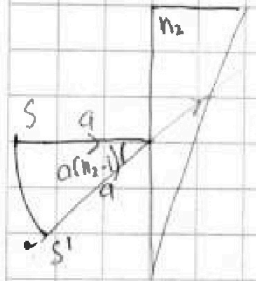
таким образом лучи, прошедшие  
 через призму повернутся на  
 $\Delta \varphi = \alpha(n_2 - 1)$

$l = \alpha \cdot \Delta \varphi$  т.к. угол малый, или как будто  
 просто повернули систему  
 на малый угол  $\Delta \varphi$

$l = 100 \text{ см} \cdot 0,07 = 7 \text{ см}$

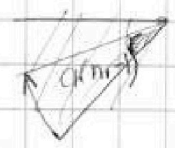
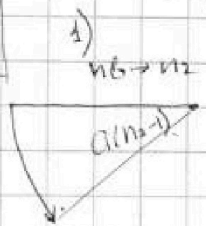
3) при  $n_2 = 1,7$   $n_1 = 1,4$

рассмотрим последовательные ходы луча



аналогично углам выше  
 $\sin \delta n_2 = n_1 \sin \beta$   
 $\sin(\delta + \beta) n_2 = n_1 \sin \varphi$   
 $\Delta \varphi = \varphi - \alpha - \delta =$   
 $= \frac{(\alpha + \beta) n_2}{n_1}$

проходиме  
 через  
 призму  
 $n_1$   
 аналогично  
 проходиме  
 через  $n_2$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

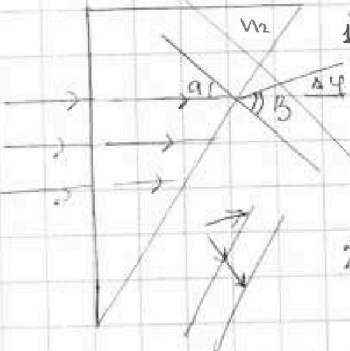
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

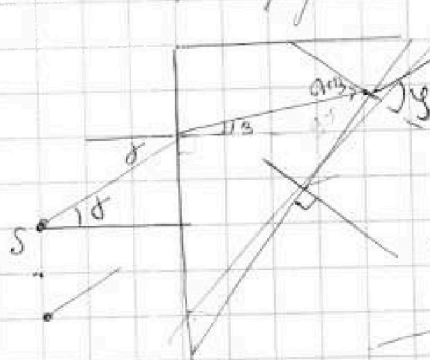
Задача 5.

Когда  $n_1 = n_2 = 1$ , каково второе преломление, не выходя на угол  $\alpha = \sin \alpha + \tan \alpha$



1)  $\sin \alpha n_2 = \sin \beta n_1$   
 $n_2 = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$   
 $\Delta y = \beta - \alpha = (n_2 - 1) \alpha$  отклонение луча  
 $\Delta y = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07$

2) рассмотрим параллельные лучи, идущие от источника



$n_2 \sin \delta = \sin \gamma n_1$   
 $\sin(\alpha + \beta) n_2 = n_2 \sin \gamma$

малые углы

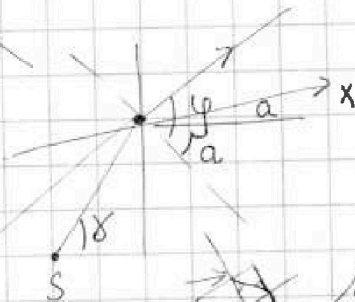
$\delta = n_2 \beta$   
 $(\alpha + \beta) n_2 = \gamma$

введем ось x

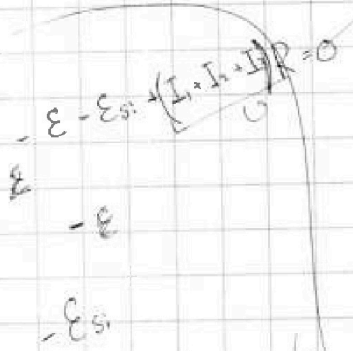
направленную по лучу

$\theta = (n_2 - 1)$

к горизонтальной



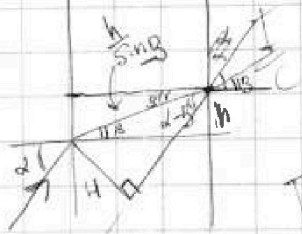
$\Delta y = \gamma - (a + \theta)$   
 $\delta = \theta$



$RC = c$

$LC = \frac{L}{R} = \frac{L}{c}$

$\frac{L}{R} = \frac{L}{c}$



$I = \frac{K_1}{\sin \alpha}$   
 $H = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha}$

$a + h = a + \frac{h}{n}$

$\frac{(n_2 - 1) \beta}{2}$

$0,03 \cdot 0,01 \cdot 100$

$\frac{14 \cdot 4}{14}$

$\frac{14 \cdot 0,4}{14}$

$\frac{14}{14}$

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!

Задача 5.

1) когда  $n_1 = n_2 = 1.0$ , то нахождение второй призмы не входит на ход луча

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

$$\alpha \approx \sin \alpha = \tan \alpha \approx \alpha \perp$$

т.к. угол малый

$$\alpha \cdot n_1 = \sin \beta$$

$$\sin \beta = 0,1 \cdot 1,7 = 0,17 \text{ рад}$$

$$\beta \approx \sin \beta \approx 0,17 \text{ т.к. это}$$

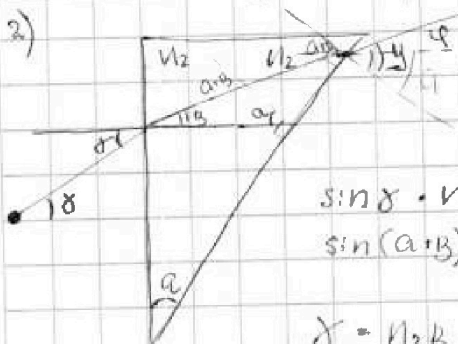
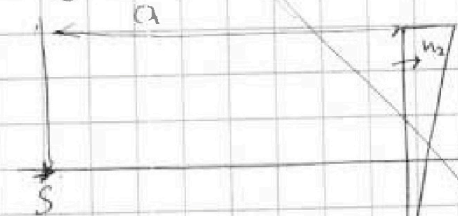
тоже малый  
угол



$$\Delta \delta = \beta - \alpha =$$

$$= 0,07 \text{ рад}$$

отклонение луча  
от параллельной  
направленной



рассмотрим  
параллельные  
лучи, идущие от  
источника

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

$$\sin(\alpha + \beta) n_2 = n_1 \cdot \sin \alpha$$

где  
малый  
угол

$$\delta = n_2 \beta$$

$$(n_1 + \beta) n_2 = \gamma$$

$$\delta$$

$$\varphi = \gamma - \alpha = \alpha n_2 \rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \beta$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta(n_2 - 1) n_2 = \alpha n_2 + \beta(n_2 - 1)$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

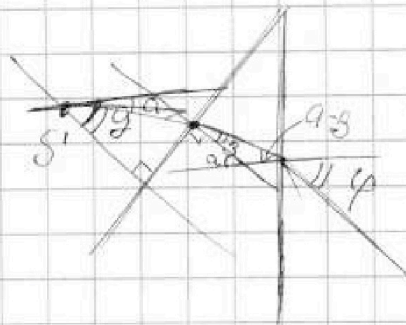
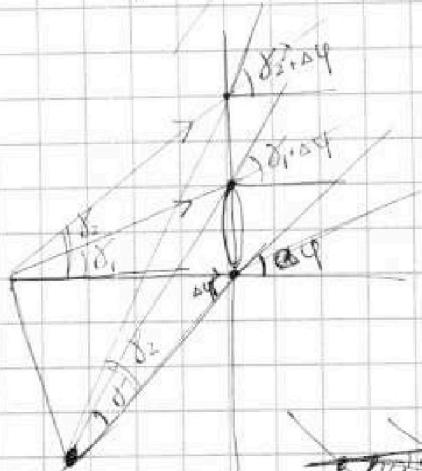
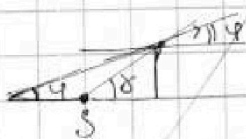
$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$

$$\rightarrow \alpha n_2 + \beta n_2 = \alpha$$



$$\Delta \varphi = \varphi - \alpha$$

$$\alpha n_1 - \beta n_2 = \alpha + \delta$$

$$\alpha(n_1 - 1) = \delta$$

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!

Задача 1.

касательная к кривой

$a(t) = \frac{dv}{dt}$  - это  $v$  касательная на графике в точке  $V$

1) чтобы найти ускорение шарика в начале разгона проводим касательную в нач. точке (види замечим, что на участке  $t=0$  до  $t=6$  сек график близок к прямой)  $a_0 \approx \frac{4 \frac{m}{c}}{6c} = \frac{2}{3} \frac{m}{c^2} \approx 0,67 \frac{m}{c^2}$

2)  $ma_0 = F_{тяги} - F_0$        $F_{тяги} = const \approx F_k = 200H$

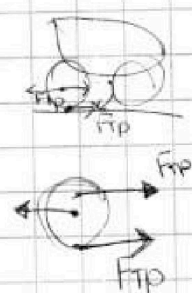
в конце разгона  $a \approx 0 (v = const)$

$ma_0 = F_k - F_0$

$200 = F_k - F_{тр}$

$F_0 = F_k - ma_0 = 200 - 240 \cdot \frac{2}{3} = 40H$

3)  $F_k$



$m \frac{dv}{dt} = F_{тяги} - F_{опр}$

$mvdv = Ndt - dF_{опр}v$

$F_{опр} = F_k \cdot k$

$mva = N - F_{опр}v$

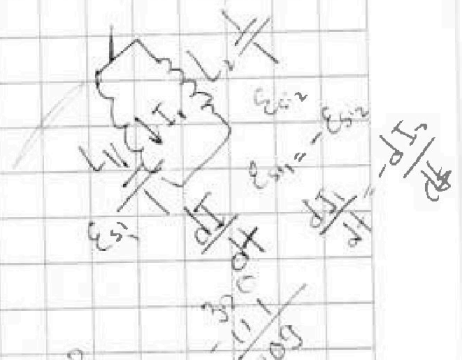
$N = mva + F_{опр}v$

$mvdv = Ndt - F_{опр}vdt$

$mva = N - F_{опр}v$

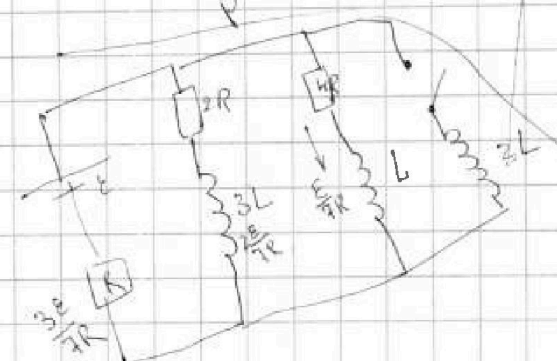
$N = F_k \cdot v_k$

$mva_0 = \frac{F_k v_k}{v_0}$



70 + 42

$\frac{P_{IV}}{P_{IV}} = \frac{200 \cdot 4}{32 \cdot 4} = \frac{16}{3}$



$dA = qEdx$   
 $\int dA = qEx = qU$   
 $50q = \frac{1}{4} Uq$   
 $= \frac{19}{4} Uq$