



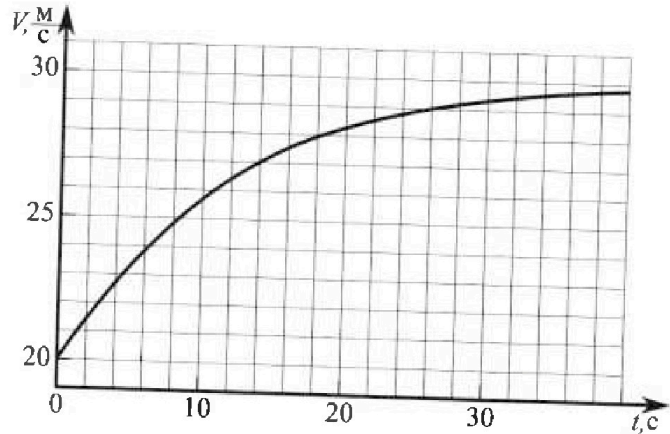
Олимпиада «Физтех» по физике, Февраль 2023

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.



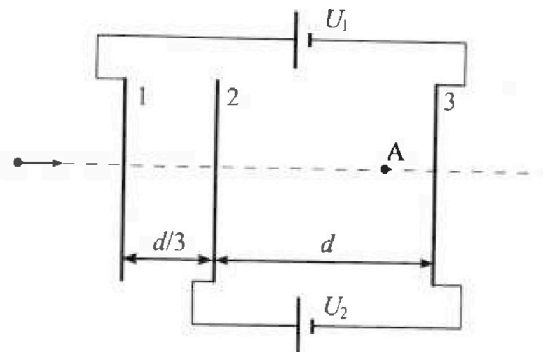
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 Δv 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/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

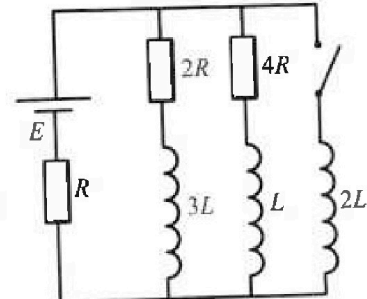
Вариант 11-04

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

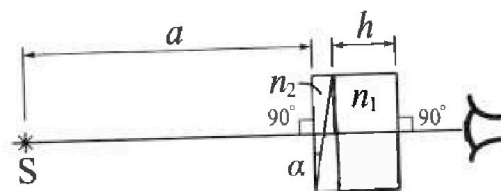


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
 - 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
 - 3) Какой 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

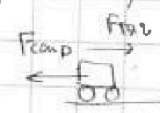


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1.

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

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:

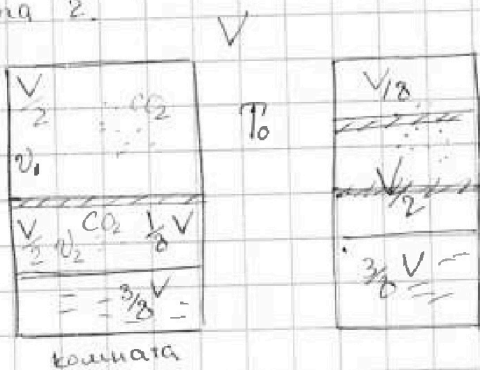


- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача 2.



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

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

при комнатной температуре (т.к. нет паров)

$$P \cdot \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$$

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

ν_2 - газ, не растворимый в воде

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

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

2) при этом растворимый в воде газ $\Delta \nu = k p \cdot 3V$ при установлении $T_{\text{нов}} = \frac{4}{3} T_0 = 373 \text{ K}$ 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 части.

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

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

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

$$\frac{16}{3} P \cdot \frac{7}{8} V = \left(\frac{PV}{8RT_0} + k p \cdot \frac{3V}{8} \right) \cdot R T'$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: $\nu_1 / \nu_2 = 4$

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



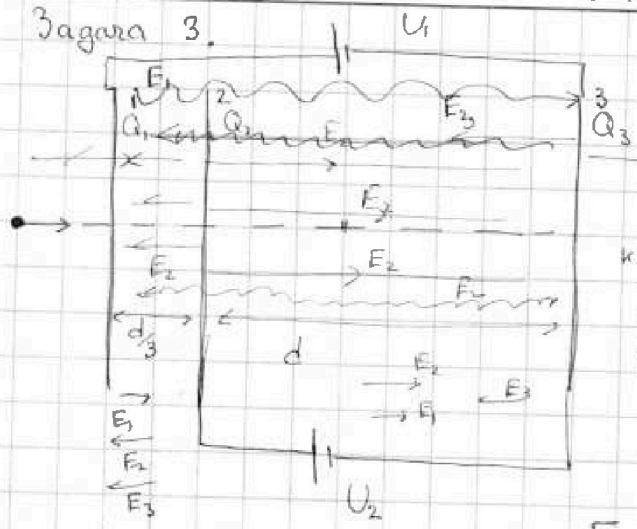
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

- 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

$E_{23} \cdot d = U_2$
 $E_{23} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$
 $E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} d = U_1$

$ma = F = qE$

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

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

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

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



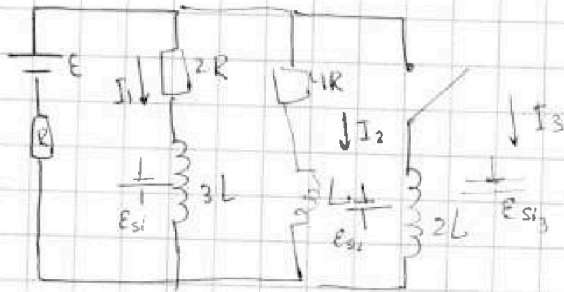
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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.



$$\mathcal{E}_{S1} = -L \frac{dI}{dt} \quad \text{в установившемся} \\ \text{режиме } \frac{dI}{dt} = 0$$

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

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

$$I_1 = 0 \quad I_2 = 0 \quad I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad dq_2 = I_2 dt \\ I_2 \cdot 4R - \mathcal{E}_{S1} = -\mathcal{E}_{S2} \\ I_2 \cdot 4R - L \frac{dI_2}{dt} = 2L \frac{dI_3}{dt} \quad | \cdot dt \quad \text{и проинтегрируем} \\ \text{до быстрого} \\ 4Rq_2 - L(0 - \frac{\mathcal{E}}{7R}) = 2L \cdot (\frac{\mathcal{E}}{R} - 0) \\ 4Rq_2 + \frac{L\mathcal{E}}{7R} = \frac{2L\mathcal{E}}{R} \\ 4Rq_2 = \frac{L\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{13}{7} \quad q_2 = \frac{13}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

Ответы: 1) $I_{20} = \mathcal{E}/7R$

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

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



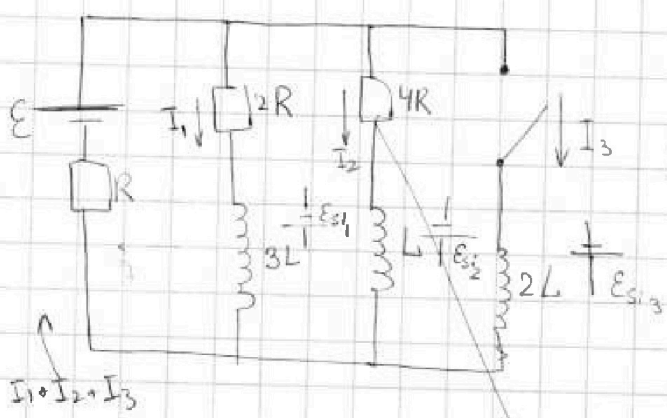
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

- 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 $\frac{dI}{dt} = 0$

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

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

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

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

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

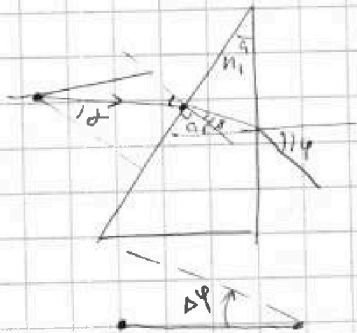
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 5 (продолжение)

$$B n_1 = \delta$$

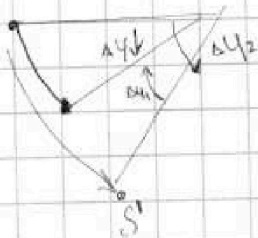
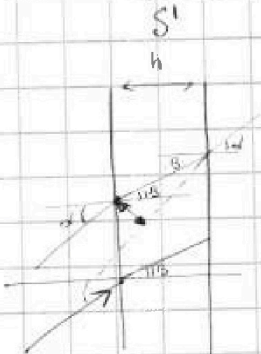
$$(a - b) n_1 = \varphi$$



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

Во параксиальном случае лучи конвергируются на этот угол

В этом случае продолжение системы



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

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

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

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

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

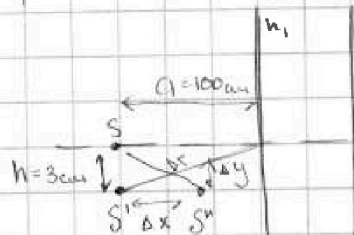
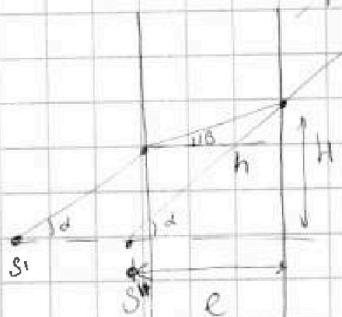
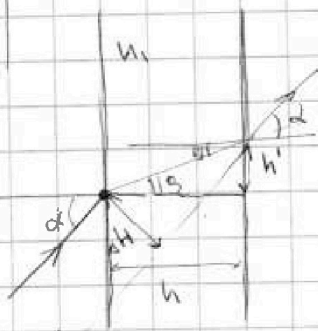
≈ 1

$$\sin \delta = n_1 \sin \beta$$

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

$$\Delta = n_1 \beta \cdot \text{для малых углов}$$

т.е. как будто из источника лучи падает на параллельную пластинку



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

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

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

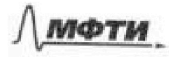
$$c = \frac{H}{\tan \alpha} = \frac{\sin \beta \cdot \tan \beta \cdot h + \tan \beta \cdot a}{\alpha} = \frac{d n_1 \cdot h + 2a}{n_1} + a$$

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



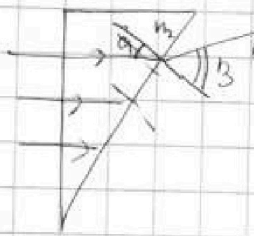
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

- 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!

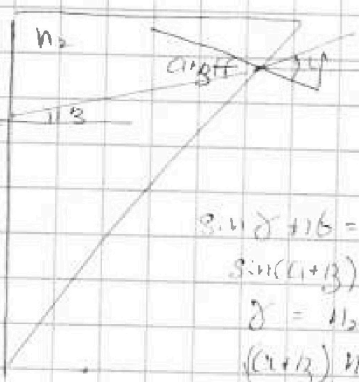
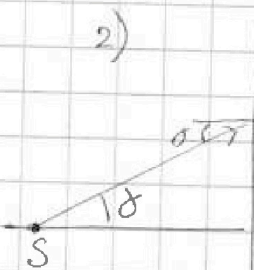
Задача 5. когда $n_1 = n_2 = 1,0$, то нашлось (второй) призма не
 бьет на ось g света.



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

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

2)

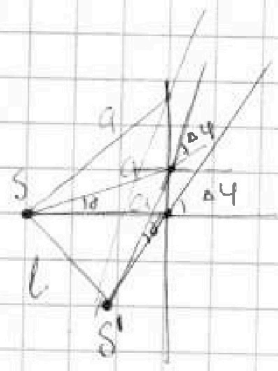


рассмотрим паракс
 лучи, идущие
 от источника к
 призме

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

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

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

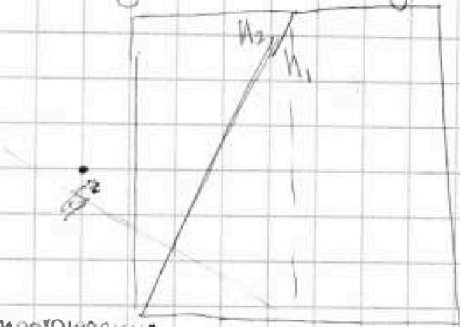
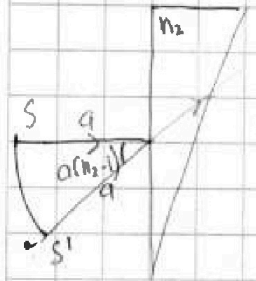


$l = \alpha \cdot \Delta \varphi$ т.к. угол малый, или как будто
 просто повернули систему
 на малый угол $\Delta \varphi$

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

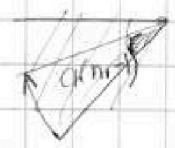
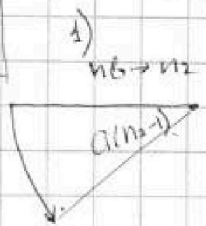
3) при $n_2 = 1,7$ $n_1 = 1,4$

рассмотрим последовательные ходы луча



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

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:

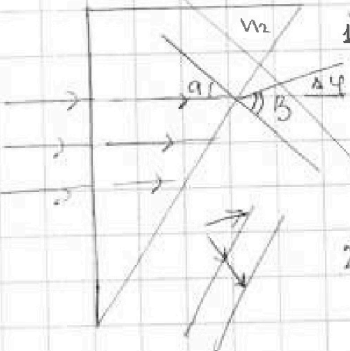
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача 5.

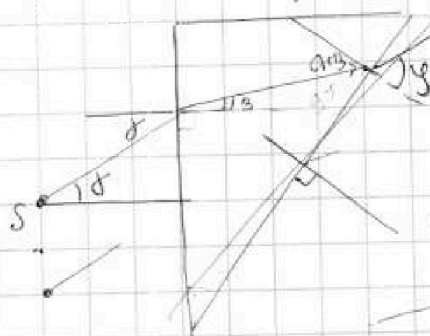
Когда $n_1 = n_2 = 1$, каково второе преломление, не выходя на угол α



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
 $\Delta y = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07$

$\alpha = \sin \alpha + \tan \alpha$

2) рассмотрим параллельные лучи, идущие от источника



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

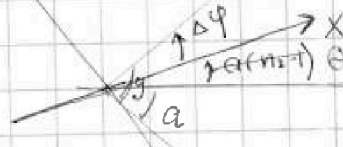
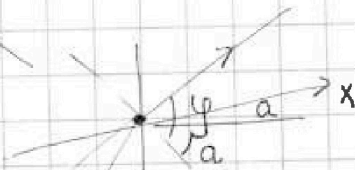
малые углы

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

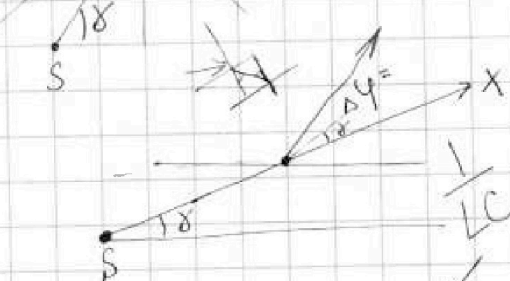
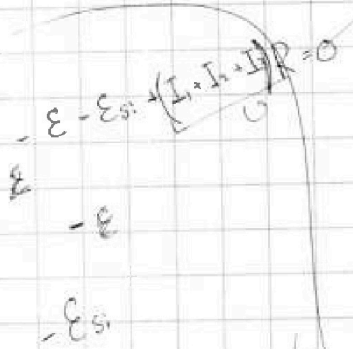
введем ось x

направленную по лучу

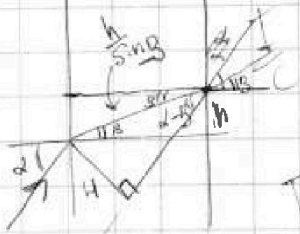
и к горизонтальной



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

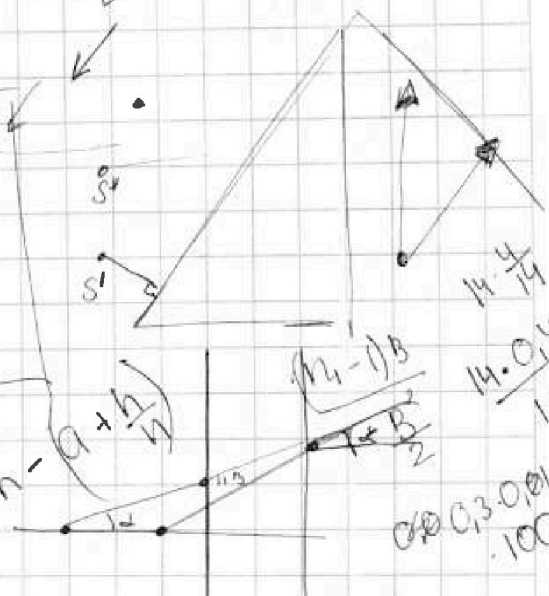


$RE = c$
 $LC = \frac{c}{n}$
 $\frac{L}{R} = \frac{c}{n}$



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

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



$\frac{14 \cdot 4}{14}$
 $\frac{14 \cdot 0,4}{14}$
 $0,3 \cdot 0,01$
 $\cdot 100$

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

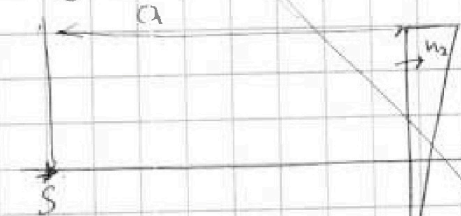
МФТИ

- 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 значение второй преломности не входит на ход луча



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

$$\alpha \approx \sin \alpha = \tan \alpha \approx \beta$$

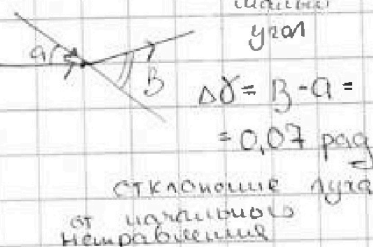
т.к. угол малый

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

$$\frac{\alpha}{n_1} = \sin \beta$$

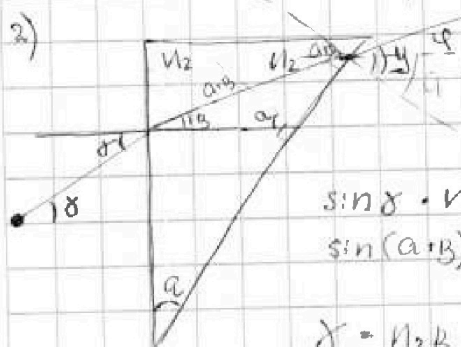
$$\sin \beta = 0,1 \cdot 1,7 = 0,17 \text{ рад}$$

$\beta \approx \sin \beta \approx 0,17$ т.к. это тоже малый угол



$$\Delta \delta = \beta - \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

отклонение луча от параллельного направления



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 α и β малые углы

$$\delta = n_2 \beta$$

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

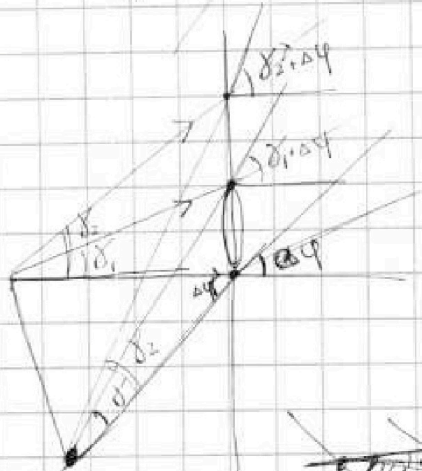
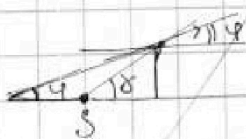
$$\varphi = \gamma - \alpha = \alpha n_2 - \beta$$

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

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

$$\text{т.к. } \tan \varphi \approx \frac{h}{l} \quad \tan \delta = \frac{h}{a} \quad \beta n_2 + \alpha (n_2 - 1)$$

$$\frac{\tan \varphi}{\tan \delta} = \frac{a}{l} = \frac{\varphi}{\delta}$$

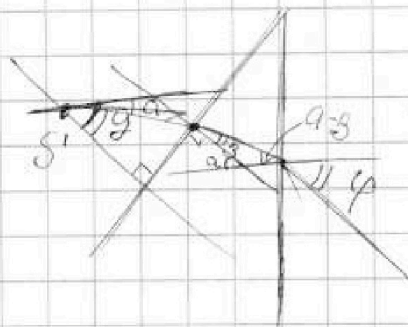


$$\delta = \varphi$$

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

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

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



$$\delta = n_2 \beta$$

$$(n_2 - 1) n_1 = \varphi$$

$$\Delta \varphi = \varphi - \beta (n_2 - 1)$$

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

$$\alpha (n_1 - 1)$$

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 1.

касательная к кривой

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

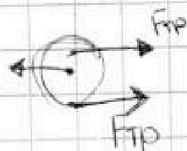
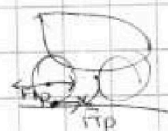
1) чтобы найти ускорение шарика в начале разгона проводим касательную в нач. точке (види замечим, что на участке $t=0$ до $t=6$ сек график близок к прямой) $a_0 \approx \frac{4 \frac{m}{c}}{6 c} = \frac{2}{3} \frac{m}{c^2} \approx 0,67 \frac{m}{c^2}$

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

$ma_0 = F_k - F_0$

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

3) F_k



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

$mvdv = Ndt - dF_{опор}v$

$F_{опор} = F_k \cdot k$

$mva = N - F_{опор}v$

$N = mva + F_{опор}v$

$mvdv = Ndt - F_{опор}vdt$

$mva = N - F_{опор}v$

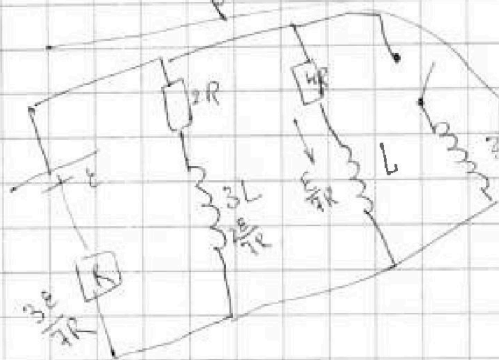
$N = F_k \cdot v_k$

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

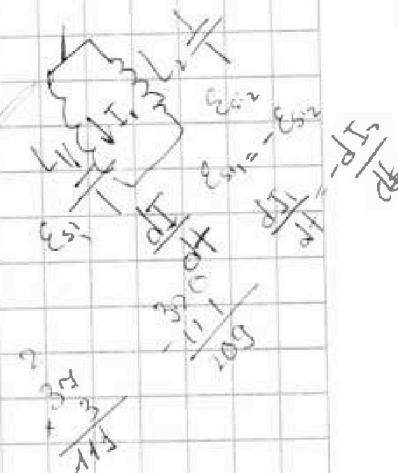
$dA = qE dx$

$\int dA = qEx = qU$

$50q = \frac{1}{4} Uq$
 $= \frac{19}{4} Uq$



$\frac{mva_0}{P_{опор}} = \frac{200 \cdot \frac{2}{3}}{320 \cdot \frac{2}{3}}$
 $P' = \frac{16}{3} P$



70 + 42