



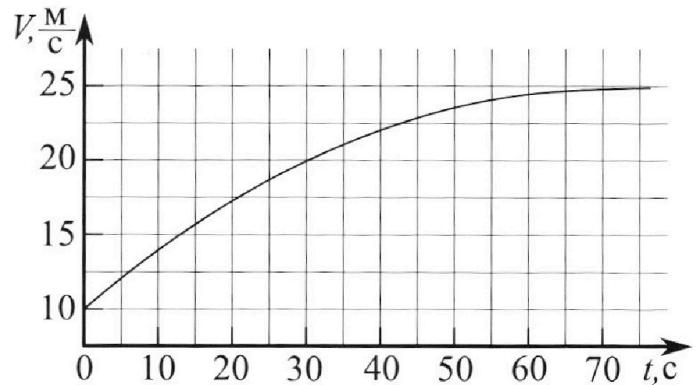
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $v_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости v_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости v_1 ?

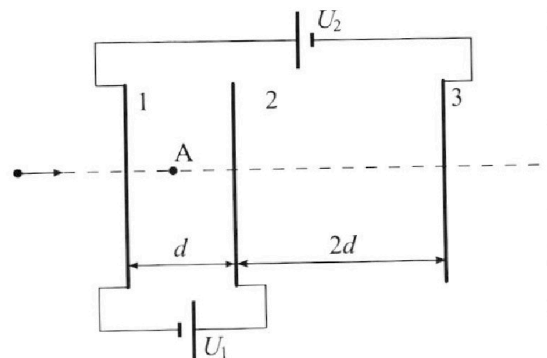
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 $V/4$. 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 v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp v$. 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.

- 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 $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжениями $U_1 = U$ 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.



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



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

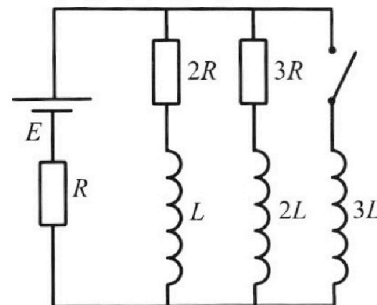


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 ч ислowymi 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 $a = 194$ 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.

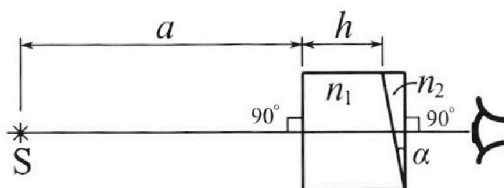


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

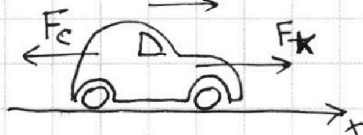
1 2 3 4 5 6 7

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

1) ускорение $a_1 = \frac{dv}{dt} \neq \frac{dv}{dt}$ в точке $v = 20 \text{ м/с}$ 1

проведем касательную к графику в точке $v = 20 \text{ м/с}$. Заметим, что коэффициент наклона касательной $k = \frac{dv}{dt} \approx \frac{2,5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} \approx 0,25 \text{ м/с}^2 = a_1$

Ответ: $a_1 \approx 0,25 \text{ м/с}^2$



2) Назовем k_c коэф. сопротивления движению, т.е. сила сопротивления: $F_c = k_c v$. По графику разгон прекратился к $v_k = 25 \text{ м/с}$. Тогда запишем второй закон Ньютона для автомобиля: $ma = 0 = F_k - F_c = F_k - k_c v_k$, т.к. машина прекратила разгон и не имеет ускорения. $F_k - k_c v_k = 0 \Rightarrow k_c \cdot v_k = F_k \Rightarrow k_c = \frac{F_k}{v_k} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ (на ось x как на рисунке)

Теперь запишем второй закон Ньютона на эту же ось для машины когда $v = v_1 = 20 \text{ м/с}$: $ma_1 = F_1 - F_{c1} = F_1 - k_c \cdot v_1 \Rightarrow F_1 = ma_1 + k_c v_1 = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \text{ м/с} = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$

Ответ: $F_1 = 850 \text{ Н}$

3) $P_1 = \frac{dA_1}{dt} = \frac{F_1 \cdot \Delta x}{dt} = \frac{F_1 \cdot v_1 \cdot dt}{dt} = F_1 v_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 17000 \text{ Н} \cdot \text{м/с}$

$= 17 \text{ кВт}$. Мощность подаваемая на колеса равна ^{отношению} работе колес идущей на преодоление сил сопротивления за малое время к этому малому времени. Заметим, что суммарная сила вращения колес равна силе тяги, а расстояние которое они пройдут за малое время $= \Delta x = v_1 dt$



Ответ: 17 кВт

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!



III.к. объемы разделены жестким поршнем, λ
но давление сверху и снизу поршня равны.
Пусть сверху будем P_B вызываемый
утолненным газом, а снизу P_H и также P_{ATM} ,
т.к. и вводящий при температуре 100°C или 373K имеет
давление $P_H = P_{ATM}$. То есть: $P_B = P_H + P_{ATM} = P_H + P_{ATM}$.
Запишем уравнения Менделеева ~~и Клапейрона~~
для утолненного газа сверху и снизу:

$$P_B V_B = \nu_B R T \Rightarrow P_B = \frac{\nu_B R T}{V_B}$$

$$P_H V_H = (\nu_H + \nu) R T \Rightarrow P_H = \frac{(\nu_H + \nu) R T}{V_H}$$

где P_B и V_B — давление и объем утолненного газа
сверху и снизу после нагрева, V_H постоянны
на рисунке. $\nu_B = \nu$ и $\nu_H = \nu_H + \nu$ по описанной причине.

$$\text{Теперь: } P_B = P_H + P_{ATM} \Leftrightarrow \frac{\nu_B R T}{V_B} = \frac{(\nu_H + \nu) R T}{V_H} + P_{ATM}$$

$$\Rightarrow 10 \nu_H \cdot \frac{R T}{V} = \frac{20}{11} \cdot \frac{9}{5} \nu_H \cdot \frac{R T}{V} + P_{ATM} \Rightarrow P_{ATM} = \frac{11 \nu}{20} \frac{110 - 36}{71} \nu_H \frac{R T}{V}$$

$$\Rightarrow \nu_H \frac{R T}{V} = \frac{11}{74} P_{ATM}$$

$$\text{Тогда } P_0 = P_B = P_H = \frac{\nu_H R T_0}{V_H} = \frac{\nu_H R \cdot \frac{4}{5} T_0}{\frac{4}{5} V} = \frac{16}{5} \frac{\nu_H R T}{V}$$

$$= \frac{176}{370} P_{ATM} = \frac{86}{185} P_{ATM} \approx \frac{17}{37} P_{ATM}$$

Ответ: $\frac{86}{185} P_{ATM}$

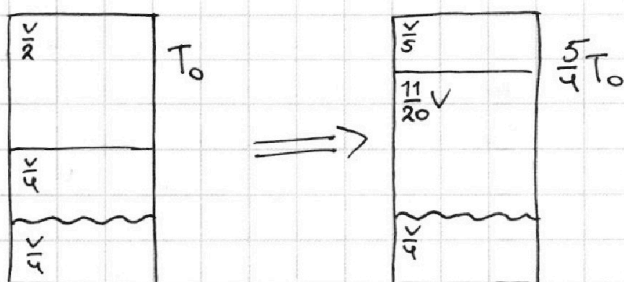
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) Углекислый газ CO_2 жидкий и имеет 3 атома, но они расположены почти на одной оси, поэтому его можно считать двухатомным (ведь имеет 5 степеней свободы). идеального газа
 Запишем уравнение состояния идеального газа для верхней гаски и нижней. Учитывая, что давление насыщенного пара при комнатной температуре очень мало, можно считать, что давления углекислого газа сверху и снизу равны: $P_B = P_H = P_0$

$$\begin{cases} P_B V_B = \nu_B R T_0 \\ P_H V_H = \nu_H R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_H} = \frac{V_B}{V_H} = \sqrt[2]{\frac{V}{V}} = 2$$

где P_B, V_B, ν_B это давление, объем и кол-во углекислого газа сверху и снизу.

Ответ: $\frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$ (растворенный газ не считаем газоданным состоянием, т.к. это молекулы в гидроксиде)

2) Заметим, что кол-во растворенного газа $\Delta \nu$ в начале опыта ~~с~~ перейдет в газ в момент.

$$T = \frac{5}{4} T_0, \text{ т.к. углекислый газ почти не растворяется в воде при } T, \text{ узнаем } \Delta \nu = k p \omega = k \cdot \frac{\nu_H R T_0}{V_H} \cdot V_B =$$

$$= k \cdot \frac{\nu_H R T_0}{V_H} \cdot \frac{V}{2} = k \cdot \frac{\nu_H R T_0}{V_H} = k \cdot \frac{\nu_H R}{V_H} \cdot \frac{4}{5} T = \frac{4}{5} \nu_H (k \cdot R T) = \frac{4}{5} \nu_H \left(\frac{1}{18} \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} \cdot 8 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \right) = \frac{4}{5} \nu_H \cdot 10^6 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 10^6 \nu_H$$

$$= \frac{4}{5} \nu_H$$

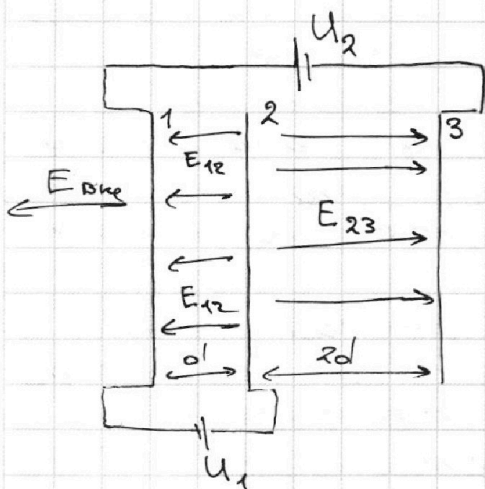
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1 В
Формула для напряженности
полевой пластины вблизи нее:

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q_n}{2\epsilon_0 S}$$

Так как пластины
не заряжены, то после подключения
источников на них установятся
заряды Q_1, Q_2, Q_3 , причем $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

Так же заметим, что $-U_1 = E_{12}d$ и $+U_2 = E_{12}d + E_{23}2d$
как разности потенциалов пластин.

$E_{23} = E_1 + E_2 - E_3$ $E_{12} = E_1 - E_2 - E_3$ по принципу
суперпозиции. где E_{12} и E_{23} - напряженности
поля между 12 и 23 соотв. А. $E_{1,2,3}$ - напря-
женности создаваемые пластинками 1, 2, 3
соотв.

1) В области между 1 и 2 существует
поле E_{12} , напряженность которого равна,
 $E_{12} = \frac{U_1}{d} = \frac{U}{d}$, тогда запишем второй закон
Ньютона для пластины в этом поле:
 $ma = E_{12} \cdot q \Rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot E_{12} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$, т.е. направлена влево

2) Запишем закон сохранения энергии.
Работа силы действующей на заряд будет равна
изменению ~~всего~~ кинетической энергии.
т.к. это единственная сила действующая на заряд.

$$A_c = \underbrace{E}_{F} q \cdot d = K_2 - K_1 = -\frac{U_1}{d} \cdot d \cdot q = K_2 - K_1 \Rightarrow K_1 - K_2 = U \cdot d$$

(Напряженность U , соответственно, сила (aq)
направлена влево, а значит и работа от
пластины 1 до 2 будет отрицательна)

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) Заметим, что т.к. $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$, а ~~сфера~~ 23
расстояния между пластин крайне малы,
то вне пластин напряженность поля ~~я~~ очень
мала, но за бесконечное время она совершит
большую работу, что все шарики увеличит
скорость.

Менее заметим, что потенциал может
на бесконечности нулевой (крайне далеки заряды
друг от друга). А так же, что ~~векторная~~
~~напряженность~~ ~~полей конденсаторов~~
равна на одинаковом расстоянии от 1
(влево) и 3 (вправо) пластины. \Rightarrow потенциал

~~Потенциал~~ ~~по образцу 10~~

Так же нулевой потенциал имеет и
пластина номер 3, ведь подключены и тожки
для нее ничего не случилось. Значит
скорость на бесконечности будет равна скорости
при пролете ^{(из 3СЭ) $mV_0^2 + 0 = mV_A^2 + 0$} нулевой пластины. Пребудем
только узнать изменение энергии между точкой
А и знаменой. Заметим 3СЭ:

$$A = \underbrace{E_{12} q \left(d - \frac{d}{3}\right)}_{A_{1 \rightarrow 2}} + \underbrace{E_{23} q (2d)}_{A_{2 \rightarrow 3}} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV_A^2}{2}$$

ΔK

$$\Rightarrow -\frac{u}{d} \cdot q \cdot \frac{2}{3}d + \frac{u_1 + u_2}{2d} \cdot q \cdot 2d = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = 5$$

$$5uq - \frac{2}{3}uq = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} \Rightarrow V_A^2 = \sqrt{V_0^2 - \frac{26q}{3m}u} = \sqrt{V_0^2 - \frac{26}{3} \frac{q}{m}u}$$

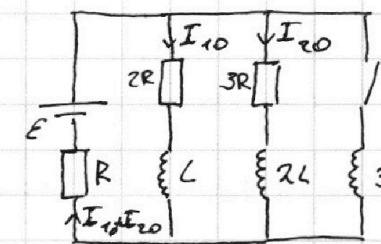
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) П.к. режим установившегося тока не изменяется, значит $\frac{dI}{dt} = 0$
в обмотках катушек $\Rightarrow L \frac{dI}{dt} = U_L = 0$
Тогда по законам Кирхгофа

$$\begin{cases} E = R(I_{10} + I_{20}) + 2R i_{10} \\ 2R i_{10} = 3R i_{20} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = \frac{5}{2} R I_{20} + 3R I_{20} \\ i_{10} = \frac{3}{2} I_{20} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{20} = \frac{2E}{11R} \\ I_{10} = \frac{3E}{11R} \end{cases}$$

\Rightarrow Ответ: $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

2) Заметим, что ток через катушку не меняется мгновенно иначе возникал $U_L = L \frac{dI}{dt} = \infty$.
Значит токи I_{10} и I_{20} останутся прежними.
Тогда, записав второе правило Кирхгофа для внешнего контура, получаем:

$$E = R(I_{10} + I_{20}) + 3L \frac{dI_3}{dt} \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = U_L = E - R(I_{10} + I_{20})$$

$$= E - \frac{5E}{11R} R = \frac{6E}{11} \Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$$

\Rightarrow Ответ: $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11L}$

3) Аналогично первому пункту, после установления тока, напряжения катушек будут равны нулю, соответственно напряжения на резисторах будут равны нулю, значит и ток через них будет постоянно равен нулю. По 2 правилу Кирхгофа для внешнего контура в установившемся режиме:

$$E = R I_3 + L \frac{dI_3}{dt} \Rightarrow I_3 = \frac{E}{R}$$

I_3 - установившийся ток на катушке $L = 3L$

$I_2 = I_1 = 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Теперь запишем 2 правую Кирхгофа для контура состоящего из $2R$, L и $3L$

$$2R \cdot I_{1i} + L \frac{dI_1}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt}, \text{ проинтегрируем домножив на } dt$$

$$\Rightarrow 2R \cdot (I_{1i} \cdot dt) + L dI_1 = 3L dI_3, \text{ заменим, что } I_1 dt - \text{ заряд прошедший за малое } dt \Rightarrow$$

$\Rightarrow 2R \cdot dQ_{1i} + L dI_1 = 3L \cdot dI_3$. проинтегрируем от момента замыкания ключа, до момента установившегося режима.

$$2R \cdot \sum dQ_{1i} + L \sum dI_1 = 3L \cdot \sum dI_3 \Rightarrow$$

$$2R \cdot Q_{\text{прошедший}} + L \cdot (0 - I_{10}) = 3L \cdot (I_3 - 0)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{прошедший}} = \frac{3L \cdot I_3 + L \cdot I_{10}}{2R} = \frac{3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} + L \cdot \frac{3\mathcal{E}}{11R}}{2R} = \frac{18}{11} \frac{\mathcal{E} \cdot L}{R^2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{18}{11} \frac{\mathcal{E} \cdot L}{R^2}$$

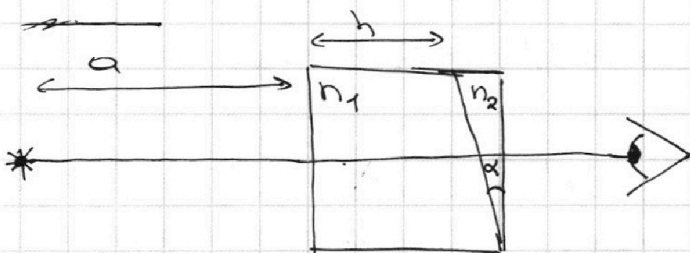
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

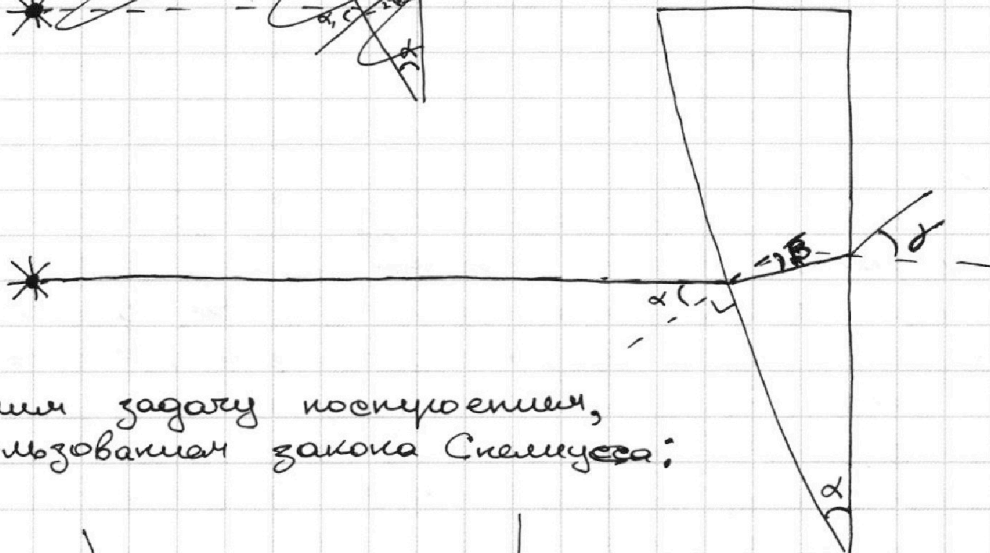
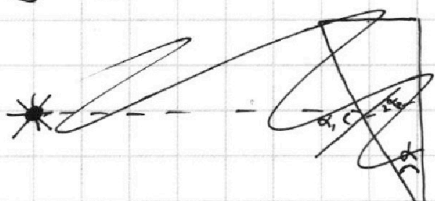
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

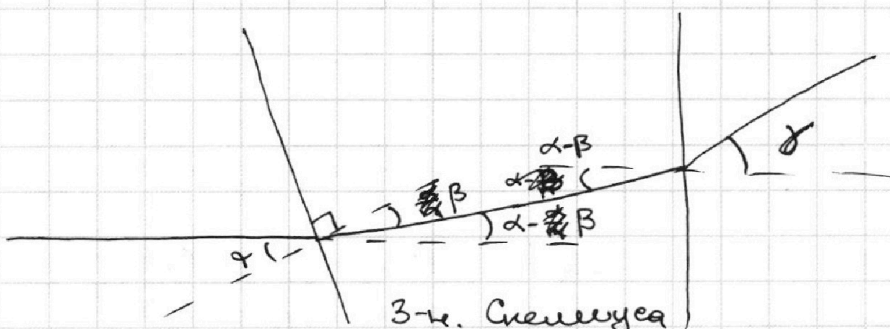
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) когда $n_1 = n_2 = 1$ можно просто проинтегрировать ~~за~~ левую часть и рассмотреть под углом только через правую:



Решим задачу построением,
с использованием закона Снеллиуса:



$\sin \alpha \approx \alpha$
при $\alpha \ll 1$

3-й. Снеллиуса)
1) $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \sin \beta \Rightarrow \beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n_2} \alpha$

тогда от первоначального направления он отклонится на $\alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$. Под этим же углом он будет падать и на правую часть правой части.

2) $n_2 \cdot \sin(\alpha - \beta) = n_2 \sin \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{n_2}{n_2} \cdot (\alpha - \beta) = n_2 \left(\alpha - \frac{\alpha}{n_2}\right) = \alpha(n_2 - 1)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

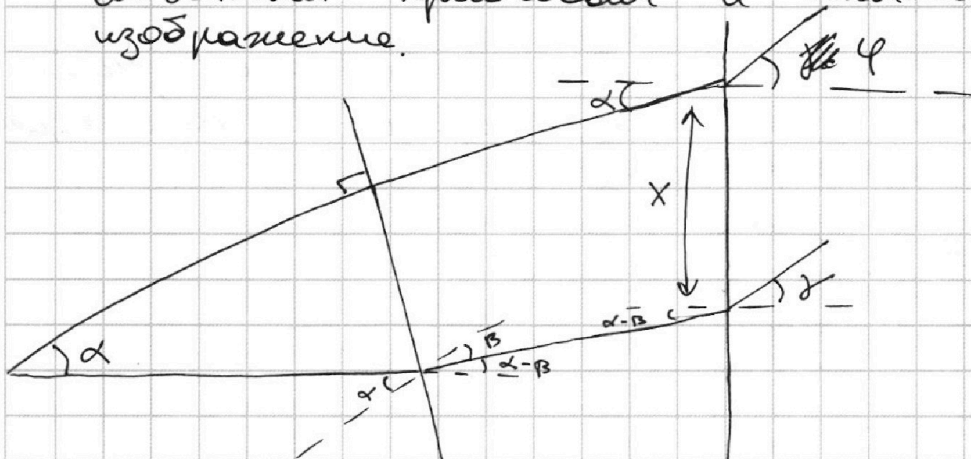
МФТИ

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

$= 0,07 \text{ рад} \Rightarrow$ Ответ: $\gamma = 0,7 \text{ рад}$

2

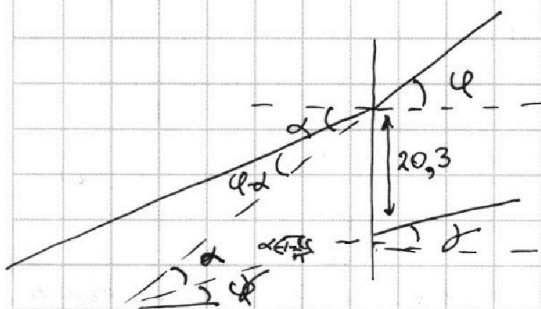
2) Аналогично первой задаче проведем луч под малым углом α , который будет являться преломленным и мы сможем создать изображение.



$\varphi = \alpha \cdot n$

$\gamma = \alpha \cdot (n - 1)$

Получаем такую систему. Изображение изображения будет ~~находиться~~ находиться на пересечении этих двух лучей, другие преломленные лучи будут пересекаться почти там же. Из-за малой мощности второй призмы, лучи почти не сместятся перпендикулярно оси, второй же сместятся на $x = (a + h) \sin \alpha = (a + h) \alpha = 203 \cdot 0,1 = 20,3 \text{ см}$.



$\varphi - \gamma = \alpha n - \alpha(n - 1) = \alpha$

Углы ~~лучей~~ лучей, преломляемых почти параллельными.

Заметим, что изогнальный.

прямоугольник лучей. и прямоугольник лучей изображения имеют одинаковый угол при вершине и одинаковые основания, тогда они находятся на взаимной окружности.

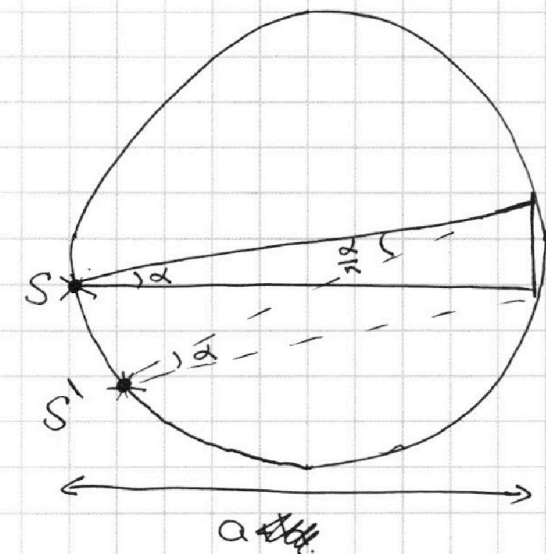
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



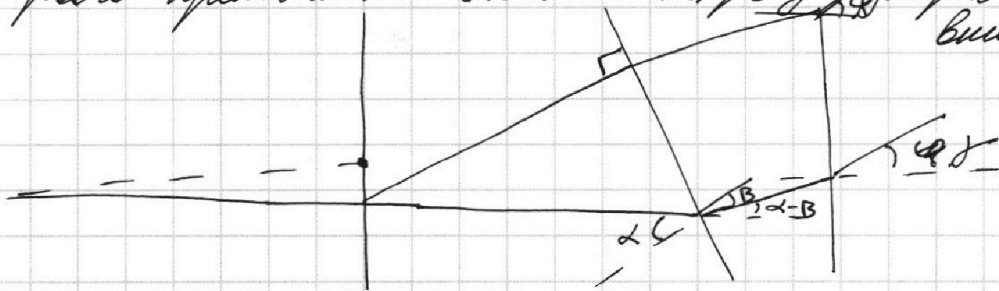
Тогда смещение
 изображения будет
 равно $(a + R) \sin \alpha$
 ~~$= (a + R) \frac{a}{R} = \frac{20,3}{1,7} = 11,9$~~

равно $a \cdot \frac{a}{R} = 20,3 \cdot \frac{19,4 \text{ см}}{1,7} = 228 \text{ см}$

Ответ: 12 см

3

3) Аналогично проведем лучи, один перпендикулярно первой грани, второй так, чтобы после первого преломления он шел перпендикулярно левой грани второй призмы



$$\gamma = (\alpha - \beta) \frac{n_2}{n_1} = (\alpha - \frac{\alpha}{n_1}) \frac{n_2}{n_1}$$

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

ищем изначальный угол преломления.

$$\omega = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$$

$$\varphi - \gamma = (\alpha - \frac{\alpha}{n_1}) \frac{n_2}{n_1} - \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} = -\alpha \frac{n_2}{n_1} + \alpha \frac{n_2}{n_1 n_1}$$

$$\Rightarrow \varphi - \gamma$$



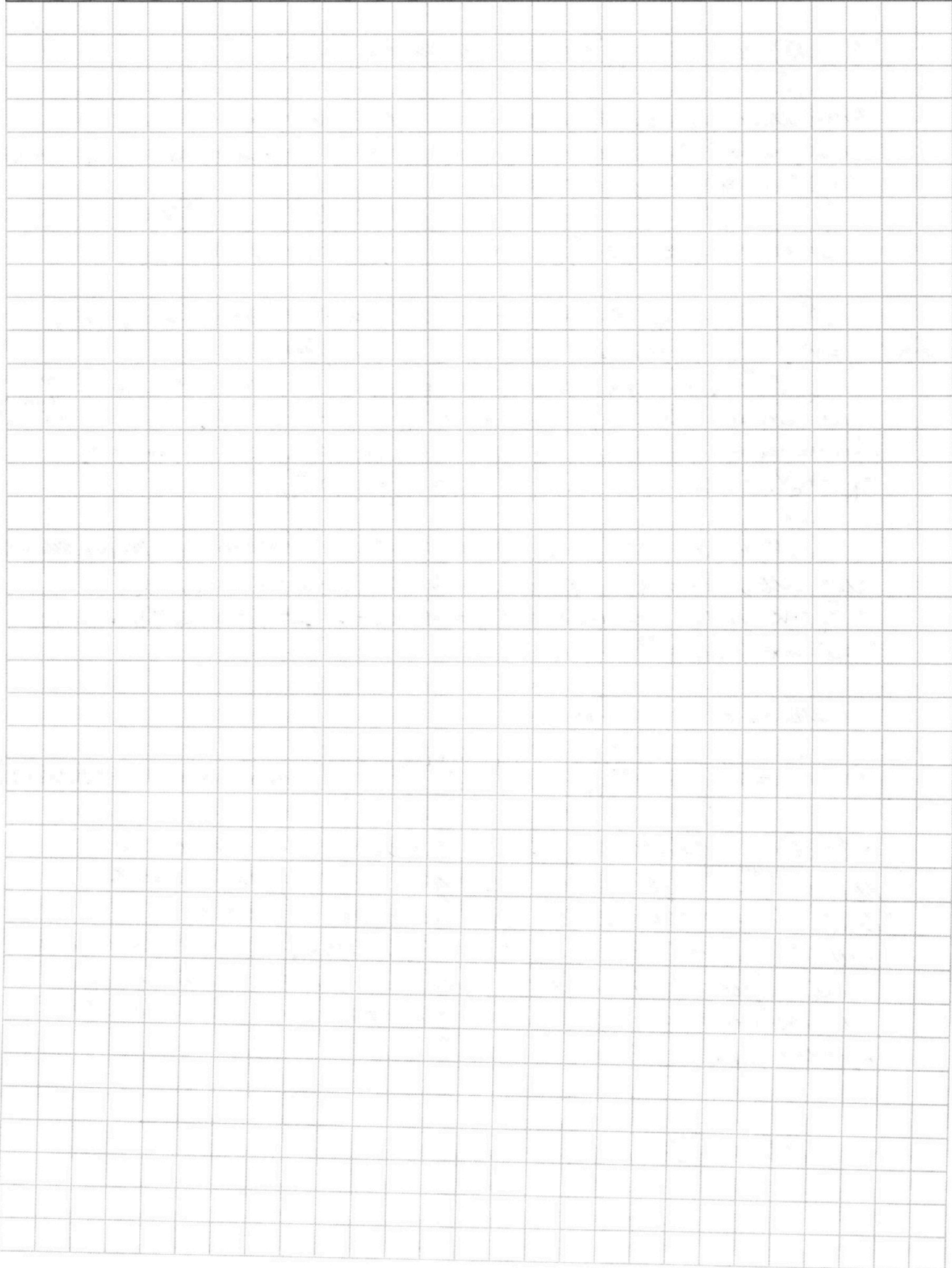
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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





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



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

