



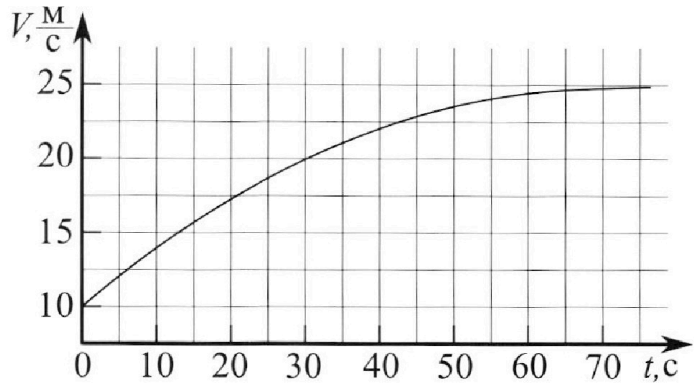
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой  $m = 1500$  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  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

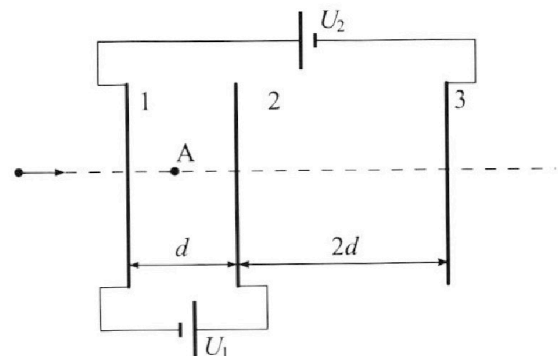
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$  ( $P_{\text{АТМ}}$  - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  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 отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 3U$ . 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  $d/4$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

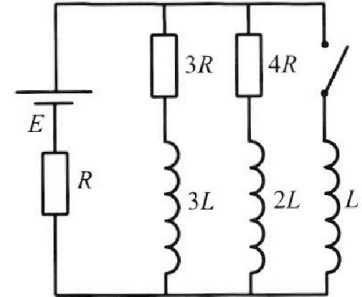
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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  $3R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  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.

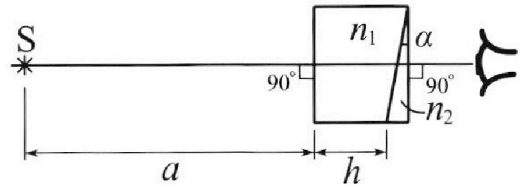


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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

МФТИ

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

№ 1.

В конце разгона ускорение автомобиля  $a = \frac{dv}{dt} \rightarrow 0$  (очень мало).  
Можно записать условие равновесия для движущегося автомо-  
биля:  $F_k = \alpha v_k$  (здесь  $v_k = 25 \text{ м/с}$  - скорость автомобиля в конце  
разгона,  $\alpha$  - коэффициент пропорциональности между силой сопротив-  
ления движению и скоростью). Отсюда находим  $\alpha = \frac{F_k}{v_k} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

Ускорение автомобиля в начальный момент времени определяется  
как тангенс угла наклона касательной к графику  $v(t)$  при  $t=0$ .

В первые 5 с скорость меняется почти линейно и в момент времени  
5 с составляет примерно  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{4}{5} \cdot 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , то есть изме-  
нение скорости  $\Delta v \approx 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , и ускорение  $a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5 \text{ с}} \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Запишем второй закон Ньютона для автомобиля в начальный  
момент времени:  $ma_0 = F_0 - \alpha v_0 \Rightarrow F_0 = ma_0 + \alpha v_0 = ma_0 + F_k \frac{v_0}{v_k} =$   
 $= 1500 \text{ кг} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 840 \text{ Н}$

Мощность двигателя идет на разгон автомобиля и работу  
против сил <sup>сопротивления</sup> трения ~~воздуха~~ воздуха (в начале разгона колеса не про-  
(у нижней точки колеса скорость не  $v_0$ , поэтому про неё можно сказать отдельно (силы не могут  
скальзывают, и мощность сил трения равна 0)  $\Rightarrow P_0 = m v \frac{dv}{dt} + \alpha v^2$  при  $v=v_0$  и  $a=a_0$  ищем мощность)

$$v=v_0 \text{ и } a=a_0 \quad P_0 = m v_0 a_0 + \alpha v_0^2 = F_0 v_0 \approx 8,4 \text{ кВт}$$

Ответ:  $a_0 \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ,  $F_0 \approx 840 \text{ Н}$ ,  $P_0 \approx 8,4 \text{ кВт}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

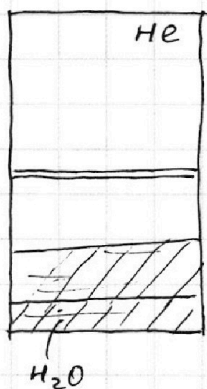
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



н 2.

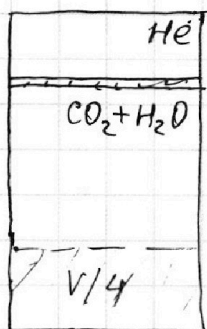


При комнатной температуре давление снизу создается только угл. газом (в газообразном состоянии), тогда его давление было равно  $P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$ ,

а для количества растворенного газа  $\Delta V = k \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \frac{1}{8} k P_{\text{атм}} V$ . Количество  $\text{CO}_2$  в газообразном состоянии

найдем из уравн. Менд.-Клап.:  $P_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_1 R T_0 \Rightarrow \nu_1 = \frac{P_0 V}{4 R T_0} = \frac{P_{\text{атм}} V}{8 R T_0}$

То есть полное количество  $\text{CO}_2$   $\nu_{\text{CO}_2} = \nu_1 + \Delta \nu = \frac{P_{\text{атм}} V}{8} \left( k + \frac{1}{R T_0} \right)$



В конечном состоянии следует учитывать давление насыщенного вод. пара (в равновесии с жидкостью), при  $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$ , равное  $P_{\text{атм}}$ .

Для гелия в начале и в конце:  $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} R T_0$

$P_k \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} R T \Rightarrow \frac{4}{5} \cdot \frac{P_k}{P_{\text{атм}}} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow P_k = \frac{5T}{4T_0} \cdot P_{\text{атм}}$

Давление  $\text{CO}_2$  снизу найдем из условия  $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = \left( \frac{5T}{4T_0} \cdot P_{\text{атм}} \right)$

$\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \cdot P_{\text{атм}}$ . Объем  $\text{CO}_2$  в конце  $V_k = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$ .

Так как при темп.  $T$   $\text{CO}_2$  не растворится, его кол-во в газообразном

состоянии равно  $\nu_{\text{CO}_2} \Rightarrow \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) P_{\text{атм}} \cdot \frac{11}{20} V = \frac{P_{\text{атм}} V}{8} \left( k + \frac{1}{R T_0} \right) \cdot R T$

Отсюда, сокращая на  $P_{\text{атм}} V$ , получим  $\frac{11}{20} \left( \frac{5T}{4T_0} - 1 \right) = \frac{1}{8} \left( k R T + \frac{T}{T_0} \right)$

$\frac{11}{16} \cdot \frac{T}{T_0} - \frac{11}{20} = \frac{k R T}{8} + \frac{1}{8} \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{9}{16} \frac{T}{T_0} = \frac{k R T}{8} + \frac{11}{20}, \frac{T}{T_0} = \frac{2}{9} k R T + \frac{44}{45} \text{ (E)}$



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!

№ 2 - продолжение

$$\Leftrightarrow \frac{2}{9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 + \frac{44}{45} = \frac{1}{3} + \frac{44}{45} = \frac{44+15}{45} = \frac{59}{45} \approx 1,3$$

Ответим теперь на первый вопрос. Температура газов сверху и снизу равна, т.к. поршень теплопроводящий. Уравнения М.-К.

для газов сверху и снизу:  $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{верх}} R T_0$ ,  $P_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4}\right) = \nu_{\text{ниж}} R T_0$

Тогда  $\frac{\nu_{\text{верх}}}{\nu_{\text{ниж}}} = \frac{P_0 V / 2}{P_0 V / 4} = 2$

Ответ:  $\frac{\nu_{\text{верх}}}{\nu_{\text{ниж}}} = 2$ ,  $\frac{T}{T_0} \approx \frac{59}{45} \approx 1,3$

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. Порча QR-кода недопустима!

н 3.

Так как размеры сеток много больше  $d$ , будем считать сетки идеальными конденсаторами, электрическое поле внутри которых однородно (но разное в областях 12 и 23) и направлено перпендикулярно пластинкам. Пусть поле в области 12 равно  $E_{12}$ , в области 23  $E_{23}$ . Тогда напряжение между пластинками 1 и 2  $U_1 = U = E_{12} d$  ( $E_{12}$  направлено влево, так как потенциал сетки 2 больше потенциала сетки 1)  $\Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}$ .

Значит в области 12 гасица будет тормозиться, и на неё действует сила  $F_{12} = E_{12} q = \frac{qU}{d} = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{qU}{md}$  - ускорение в области 12.

При пролёте от сетки 1 к сетке 2 потенциал ее возрос на  $U_1 = U$ . Тогда можно записать закон сохранения энергии:  $K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2$  (изменением энергии взаимодействия заряда с ветками пренебрежем)

Тогда  $K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU_1 = qU$ .

Суммарный заряд сеток равен нулю, поэтому, как и в случае плоского конденсатора, считаем поле вне пластин равным нулю. Тогда около пластины 1 скорость гасицы всё ещё равна  $v_0$ , и только при влёте в систему она начинает меняться.

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. Порча QR-кода недопустима!

№ 3 - продолжение

В положении на расстоянии  $\frac{d}{4}$  потенциал от сетки 1 потенциал больше, чем потенциал сетки 2, на  $E_{12} \frac{d}{4} = \frac{U}{4}$ .

Тогда закон сохранения энергии  $q\varphi_1 + \frac{mv_0^2}{2} = q(\varphi_1 + \frac{U}{4}) + \frac{mv^2}{2}$

Отсюда  $v^2 = v_0^2 - \frac{qU}{2m}$ , и  $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$  при  $v_0^2 \geq \frac{qU}{2m}$ . В противном случае частица не долетит до нулевого положения.

Ответ:  $a_1 = \frac{qU}{md}$ ,  $K_1 - K_2 = qU$ ,  $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$  при  $v_0^2 \geq \frac{qU}{2m}$  и

решения не существуют при  $v_0^2 < \frac{qU}{2m}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

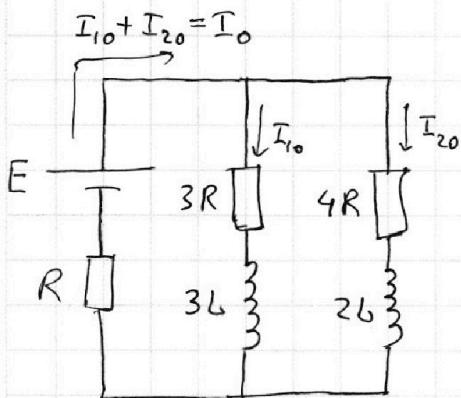
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



~ 4.



В установившемся режиме ток через катушки не меняется, значит напряжение на них равно нулю.

Пусть ток через  $4R$   $I_{20}$ , тогда

$$3RI_{10} = 4RI_{20} \text{ и } I_{20} = \frac{3}{4}I_{10}, \text{ и общий}$$

ток (через  $E$ )  $I_0 = I_{10} + I_{20} = \frac{7}{4}I_{10}$ . Закон Кирхгофа:

$$E = 3RI_{10} + R \cdot \frac{7}{4}I_{10} = \frac{19}{4}RI_{10} \Rightarrow I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

Токи  $I_{10}$  и  $I_{20}$  через катушки не могли поменяться мгновенно, значит не поменялся и ток через  $E$   $I_0$  (в катушке  $L$  в начальный момент ток тоже равен нулю). Тогда напряжение на катушке  $L$

$$U_L = E - I_0 R = I_{10} \cdot 3R = \frac{12}{19}E = L \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{12E}{19L}$$

В установившемся режиме напряжение на катушке  $L$  равно нулю, тогда конечный ток  $I_K$  удовл. условию  $E - RI_K = 0 \Rightarrow I_K = \frac{E}{R}$

Весь ток  $I_K$  течет через  $L$ , т.к. на каждой катушке напряж. 0 и напряж. на катушке + резисторе = 0  $\Rightarrow$  ток через резистор  $3R$  и  $4R$  0.

Закон Кирхгофа:  $3L \frac{dI_1}{dt} + 3RI_1 = L \frac{dI_L}{dt}$  (направл. токов совпадают).

Допишем на  $dt$ :  $3L dI_1 + 3RI_1 dt = L dI_L$ . Но  $I_1 dt = dQ$  - заряд, прошедший через резистор  $3R$  за время  $dt$ . Суммируем это выраж.



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!

~ 4 - продолжение

-шение:  $3L \Delta I_1 + 3R \Delta \varphi = L \Delta I_L$ . Но  $\Delta I_1 = I_{1K} - I_{10} = 0 - \frac{4E}{19R} = -\frac{4E}{19R}$

$\Delta I_L = I_K - 0 = \frac{E}{R}$ . Подставляем:  $-3L \cdot \frac{4E}{19R} + 3R \Delta \varphi = \frac{LE}{R}$

Отсюда  $3R \Delta \varphi = \frac{LE}{R} \left(1 + \frac{12}{19}\right) = \frac{31LE}{19R}$ . Выражаем  $\Delta \varphi = \frac{31LE}{57R^2}$

Ответ:  $I_{10} = \frac{4E}{19R}$ ,  $\frac{dI_L}{dE}(0) = \frac{12E}{19L}$ ,  $\Delta \varphi = \frac{31LE}{57R^2}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

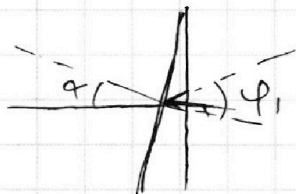
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



~ 5.



Излучение перпендикулярно левой грани луч

впервые преломляется на гипотенузе призмы.

Для этого преломление введём угол  $\varphi$  к нормали

гипотенузы, под кот. ~~выходит~~ ~~наступает~~ идёт луч внутри призмы.

Закон Снелля  $n_1 \alpha = n_2 \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{n_1}{n_2} \alpha < \alpha$  (рисунок сделан не

вполне корректно). Угол к нормали правой грани  $\varphi_2 = |\varphi_1 - \alpha| =$

$= \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$ . Закон Снелля для преломления на этой поверхности

$n_2 \varphi_2 = n_1 \varphi$ , где  $\varphi$  - искомый угол отклонения луча. Тогда

$$\varphi = n_2 \cdot \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \alpha (n_2 - n_1) = 0,07 \text{ рад}$$

Изображение находится в точке пересечения лучей от источника,

прошедших через призму. Можно рассмотреть луч, идущий пер-

пендикулярно гипотенузе (в таком случае он не будет на ней

преломляться). Призма с показ. прелом.  $n_1 = 1$  - воздух, и луч на ~~ней~~ <sup>ей</sup>

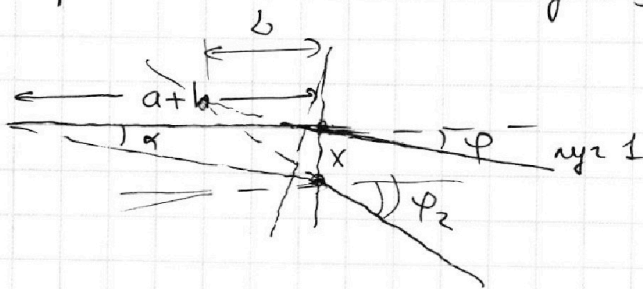
не преломляется. Для этого луча закон преломления  $n_2 \alpha = \varphi_2$

( $\varphi_2$  - угол, под которым

выходит второй луч)

Расстояние между точка-

ми преломления лучей  $x \approx (a+h)\alpha$ .



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 (продолжение)

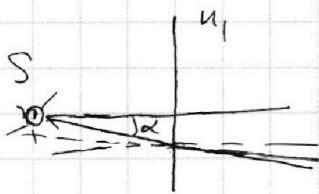
Пусть продолжения лучей пересекаются на расстоянии  $L$  от преломляющей поверхности. Тогда, поскольку углы малы:

$$L\varphi_2 - L\varphi = L(\varphi_2 - \varphi) = L(n_2\alpha - (n_2 - n_1)\alpha) = \alpha L = (a+h)\alpha$$

Отсюда  $L = a+h$ , то есть лучи пересекаются над источником.

$$\begin{aligned} \text{Высота изображения над источником } h &\approx \varphi L = \left(\frac{\alpha}{n_1}\right)(a+h) = \\ &= 0,07 \cdot 104 \text{ см} \approx 7,3 \text{ см}. \end{aligned}$$

Когда  $n_1 = 1,4$ , второй луч провести не так просто. Для этого построим изображение источника в призме с показателем преломления  $n_1$ . Оно находится в точке пересечения продолжений



лучей от источника. Перпендикулярный луч идет без преломления, вышедший под углом  $\alpha$  преломляется:  $\alpha = n_1\varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 = \frac{\alpha}{n_1}$  —

угол к нормали, под которым распространяется второй луч в среде  $n_1$ . Расстояние между точками входа в среду

$x = a \cdot \alpha$ , тогда продолжение пересекутся слева от границы

на расстоянии  $z$   $a^* = \frac{x}{\varphi_3} = n_1 a$  от нее. То есть можно считать,

что лучи изначально распространяются в среде с показателем преломления  $n_1$  от источника, находящегося на расстоянии

$n_1(a+h)$  от призмы  $n_2$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

и 5-продолжение

~~В та~~

В такой системе угол отклонения нормального луча

$\varphi^1 = \alpha(n_2 - n_1) = 0,03$  рад (по введенной формуле), перпендику-

лярного шпигелю  $\varphi_2^1 = \varphi_2 = n_2 \alpha$ , но расстояние между

точками преломления  $x^1 = (a^* + h) \alpha = (n_1 a + h) \alpha$ .

Для аналогичного расстояния  $L^1$  получим

$$L^1(\varphi_2^1 - \varphi^1) = L^1 \cdot n_1 \alpha = x^1 = (n_1 a + h) \alpha \Rightarrow L^1 = a + \frac{h}{n_1} -$$

- расстояние от границы  $n_2 = 1$  до ~~от~~ второго изображения

источника, который находится левее. Данное изображение

находится на  $a + h - a - \frac{h}{n_1} = h(1 - \frac{1}{n_1})$  ближе к наблюдателю по

горизонтали, а также имеет координату  $h_{\text{и}} = L^1 \cdot \varphi^1 = (a + \frac{h}{n_1})(n_2 - n_1) \alpha$

по вертикали. Т.е.  $L_x = 14 \text{ см} \cdot (1 - \frac{1}{1,4}) = 4 \text{ см}$  по горизонтали

и  $(90 + 10) \cdot 0,3 \cdot 0,1 \text{ см}$  по вертикали  $= 3 \text{ см}$  по вертикали.

Таким образом, расстояние до источника  $l_2 = \sqrt{3^2 \text{ см}^2 + 4^2 \text{ см}^2} = 5 \text{ см}$

Ответ:  $\varphi = 0,07$  рад,  $l_1 \approx 7,3 \text{ см}$ ;  $l_2 = 5 \text{ см}$ .