



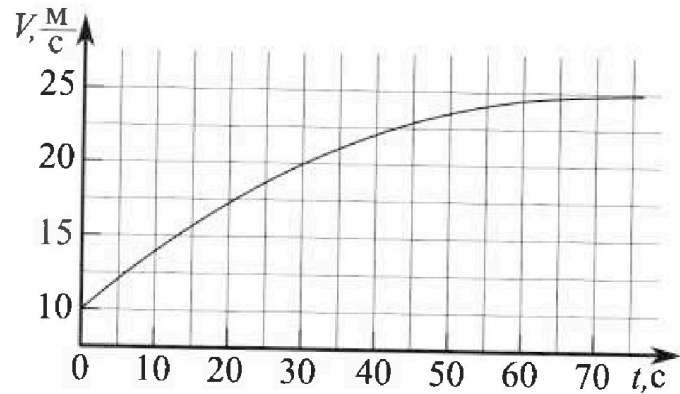
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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  $V_1$ ?

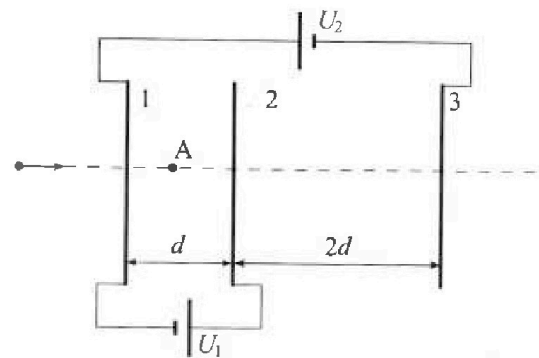
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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 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  $\Delta v$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  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 A на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

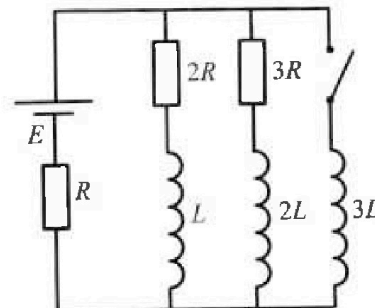
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



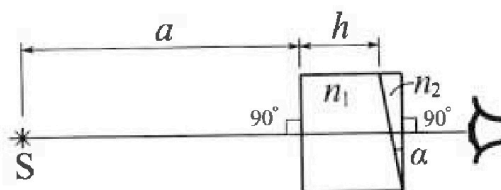
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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  $n_в = 1,0$ . 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.



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Тогда для конечного момента  $t_2$  2 закона Ньютона:

$$F_k - F_{\text{сопр.к}} = ma_k \Rightarrow F_k - dV_k = ma_k \quad (F_{\text{сопр.к}} - F_{\text{сопр}} \text{ для конеч. момента})$$
$$F_k - dV_k = 0 \quad d = \frac{F_k}{V_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Для момента  $t_1$  по 2 закону Ньютона:

$$F_1 - F_{\text{сопр.1}} = ma_1 \quad (F_{\text{сопр.1}} - F_{\text{сопр}} \text{ для момента } t_1)$$

$$F_1 = ma_1 + F_{\text{сопр.1}} = ma_1 + dV_1 = ma_1 + \frac{F_k V_1}{V_k} =$$

$$= 1800 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2200 \text{ Н}$$

Ответ:  $F_1 = 2200 \text{ Н}$

3)  $P_1 = \frac{\Delta l_1 \cdot F_1}{\Delta t}$ , где  $\Delta l_1$  - ~~разность~~ малое расстояние,

пройденное машинной за малое время  $\Delta t$  при

скорости  $V_1$ ) то есть  $P_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta t}$  ( $\Delta A_1 = F_1 \Delta l_1$  - работа

силы  $F_1$  за время  $\Delta t$ ), но т.к.  $\frac{\Delta l_1}{\Delta t} = V_1$ , то

$$P_1 = F_1 V_1 = 2200 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 44 \text{ кВт}$$

Ответ:  $P_1 = 44 \text{ кВт}$

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!

## Задача 1.

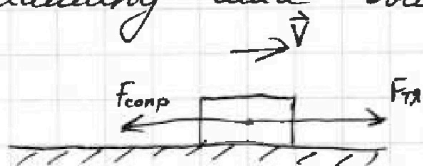
1) Т. к. ускорение - производная скорости по времени,  $a_1 = \dot{V}_1$ , где  $a_1$  - ускорение машины в момент, когда её скорость равна  $V_1$ . На графике видно, что касательная к нему в точке  $ВФМ(t_1; V_1)$ , где  $t_1$  - время, когда была скорость  $V_1$ , наклонена под углом, тангенс которого равен  $\frac{1}{2}$  клетка в клетках, т. е.  $\frac{10 \frac{м}{с}}{10 с} = 1 \frac{м}{с^2}$ .

Ответ:  $a_1 = 1 \frac{м}{с^2}$

2) Т. к. в конце ускорение скорости машины почти не изменилась, и стремилась к  $25 \frac{м}{с}$ , то конечные ускорение  $a_k$  и скорость  $V_k$  <sup>приближно</sup> равны:

$$a_k = 0 \quad V_k = 25 \frac{м}{с}$$

Т. к.  $a_k = 0$ , то в конце равнодействующая на машину сила была равна 0. Показем силы:



где  $V$  - скорость автомобиля,  
 $F_{тя}$  - сила тяги, а  $F_{сопр}$  - сила сопр.

Т. к. сила сопротивления пропорциональна скорости, запишем  $F_{сопр} = \alpha V$ , где  $\alpha$  - коэф. сопр.,  $\alpha = const$ .



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!

### Задача 2.

1) Т.к. поршень делит сосуд на 2 равные части, объём каждой из частей равен  $\frac{V}{2}$ , т.к.

в нижней части вода занимает  $\frac{V}{4}$ , то газа там тоже  $\frac{V}{4}$  ( $\frac{V}{2} - \frac{V}{4}$ ). Давление  $p_0$  газа сверху и снизу поршня одинаково, т.к. он невесомый.

Тогда, применяя уравнение состояния пара воды получим:

$$p_0 = \frac{\nu_H R T_0}{\frac{V}{4}} = \frac{\nu_B R T_0}{\frac{V}{2}}, \text{ где } \nu_H - \text{ количество газа снизу, а}$$

$\nu_B$  - сверху поршня), получаем  $4\nu_H = 2\nu_B \Rightarrow \nu_B = 2\nu_H$ ,

$$\frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$$

Ответ:  $\frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$

2) Т.к. при температуре  $T$  давление водяных паров равно  $p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$ , и углекислый газ почти не растворяется в воде, то в газобразном состоянии будет  $\nu_H + \Delta\nu_0$  моль газа,  $\Delta\nu_0$  - растворённая часть газа при  $T_0$ . Над поршнем все остальные  $\nu_B$  газа.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$(\nu_H + \Delta\nu_0) \cdot R \cdot T = p_{\text{жк}} \frac{V}{4} \left( V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} \right), \text{ где } p_{\text{жк}} - \text{ давление в}$$

моль газа над поршнем на поршень,

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!

каждый из сторон на поршень а  $V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}$  - объем  
затягиваемый газом под поршнем.

$p_k \frac{V}{5} = \nu_B RT$   $p_k$  - давление на поршень ~~на~~ с  
каждой из сторон при  $T$ .

$$p_k = p_{уk} + p_{атм}$$

$$\Delta V_0 = k p_0 \frac{V}{4}$$

Тогда подставим ~~в~~ всё это и приравняем  $p_k$ :

$$p_k = \frac{\nu_B RT}{\frac{V}{5}} = \frac{\left(\frac{\nu_B}{2} + k p_0 \frac{V}{4}\right) \cdot RT}{\left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5}\right)} + p_{атм}$$

$$\frac{5 \nu_B RT}{V} = \frac{20 \frac{\nu_B}{2} RT}{V} + \frac{k p_0 \frac{V}{4} \cdot 20 RT}{V} + p_{атм}$$

$$\text{Т.к. } p_0 = \frac{\nu_B RT}{\frac{V}{2}} = 2 \frac{\nu_B RT}{V}, \text{ то}$$

$$2,5 p_0 = \frac{5}{11} p_0 + \frac{5}{11} k p_0 \cdot RT + p_{атм}$$

$$p_0 \left(2,5 - \frac{5}{11} - \frac{5}{11} k RT\right) = p_{атм} \quad (kRT = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 1)$$

$$p_0 = \frac{p_{атм}}{2,5 - \frac{5}{11} - \frac{5}{11} k RT} = \frac{p_{атм}}{\frac{55}{22} - \frac{20}{22}} = \frac{p_{атм} \cdot 22}{35} = \frac{22}{35} p_{атм}$$

Ответ:  $\frac{22}{35} p_{атм}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

### Задача 3

1) Т.к. суммарный заряд сеток равен нулю, то при  $d$ , можно считать разность потенциалов сетки  $\sqrt{\text{напряжённость}}$  слева и справа от сеток будет равна 0.

~~Разность потенциалов  $U_2 - U_1 = \frac{Q_3}{2\epsilon_0} - \frac{Q_2}{2\epsilon_0}$~~

Тогда  ~~$U_2 - U_1 = \frac{Q_3}{2\epsilon_0} - \frac{Q_2}{2\epsilon_0}$~~

$U_2 - U_1 = E_{23} \cdot 2d$ ,  $E_{23}$  - напряжённость между 2 и 3

$U_1 = E_{12} d$  ~~напряжённость~~ сетками,  $E_{12}$  - между 1 и 2.

Т.к. напряжение - это разность потенциалов в точках, куда оно переведено.

Тогда между сетками 1 и 2 ускорение  $a_{12}$  на

частицу -  $a_{12} = \frac{E_{12} q}{m} = \frac{U_1 q}{d m} = \frac{U_1 q}{d m}$  Ответ:  $a_{12} = \frac{U_1 q}{d m}$

2) Т.к. напряжённость во всей системе 0,  $K_1 = \frac{m v_0^2}{2}$

по теореме об упр. кин. энергии  $K_2 = K_1 + A_{внеш.}$

$A_{внеш.} = E_{12} q \cdot d$ , т.к.  $E_{12}$  направлено вправо (т.к. на

ист.  $U_1$  вывод подключён к 2 сетке)

Отсюда  $K_2 - K_1 = E_{12} q \cdot d = \frac{U_1 q d}{d} = U_1 q$  ~~Ответ~~

Тогда  $K_1 - K_2 = -U_1 q$  Ответ:  $-U_1 q$



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)  $V_A$  - искомая скорость. По той же теореме:

$$K_A = \frac{E}{12} \frac{d}{3} + K_1 \quad K_A - \text{энергия элект. энергии в г. А.}$$

$$K_A = \frac{m V_A^2}{2}$$

$$V_A = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{U_1 d}{d \cdot 3} + \frac{m V_i^2}{2} \right)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{U_1}{3} + \frac{m V_i^2}{2} \right)} = \sqrt{\frac{2 U_1}{3 m} + V_i^2}$$

Ответ:  $V_A = \sqrt{\frac{2 U_1}{3 m} + V_i^2}$



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 4.

1) при разомкнутом ключе в цепи вышедшее  
решение напряжения на катушке отсутствует,  
ток через нее постоянный. Получается:

$E \approx I_{10} \cdot 2R + I_{20}$  если  $I_{20}$  - ток через резистор  $3R$ ,

то по правилу Кирхгофа:

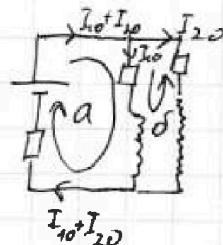
$$a) E = I_{10} \cdot 2R + (I_{20} + I_{10})R$$

$$b) 0 = I_{10} \cdot 2R - I_{20} \cdot 3R$$

$$I_{20} = \frac{3}{2} I_{10}$$

$$\frac{E}{R} = 2I_{10} + \frac{3}{2}I_{10} + I_{10} \quad 4,5I_{10} = \frac{E}{R} \quad I_{10} = \frac{2E}{9R}$$

Ответ:  $I_{10} = \frac{2E}{9R}$



2) Напряжение на катушке  $3L$  сразу после замыка-  
ния равно  $E - (I_{10} + I_{20})R$ . Напряжение на катушке

это скорость изменения тока на индуктивность.

$$\text{Отсюда } \dot{I}_{3L} \cdot 3L = E - (I_{10} + I_{20})R \quad \dot{I}_{3L} = \frac{E - \frac{5}{2}I_{10}R}{3L} = \frac{E}{3L} \left(1 - \frac{5 \cdot 2}{2 \cdot 9}\right)$$

$$= \frac{E}{3L} \left(\frac{4}{9}\right) = \frac{4E}{27L}$$

Ответ:  $\frac{4E}{27L}$

3) В случайный момент времени после замыка-  
ния ключа (индекс соотв. элементу, например  $I_{3L}$  -

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 checked="" 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. Поря QR-кода недопустима!

ток через катушку  $3L$ ):

~~#1~~  ~~$E = \mathcal{E}_{2R} + \mathcal{E}_{3L}$~~

$$\dot{I}_{3L} \cdot 3L = I_{2R} \cdot 2R + \dot{I}_{2R} \cdot L$$

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

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

Продифференцируем по времени:

$$(I_k - 0) \cdot 3L = g_{2R} \cdot 2R + (0 - I_{10}) \cdot L$$

$$I_k - \text{ток в уст. режиме. } I_k \cdot R = E \quad I_k = \frac{E}{R}$$

$$\frac{3EL}{R} = 2g_{2R} \cdot R - \frac{2EL}{9R}$$

$$g_{2R} = \frac{EL}{2R^2} \left( 3 - \frac{2}{9} \right) = \frac{EL}{2R^2} \cdot \frac{25}{9} = \frac{25}{18} \frac{EL}{R^2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{25}{18} \frac{EL}{R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

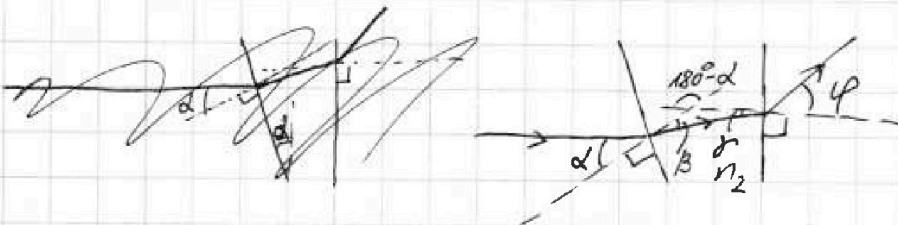
1  2  3  4  5  6  7

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

МФТИ

Задача 5

1) согласно закону преломления, т.к.  $n_1 = n_2$ , ~~и~~  
лучи с показателем  $n_1$  выйдут на другую  
будет так же, как её отсутств. рассмотрим  
луч через призму " $n_2$ ":



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

$$\gamma = 180^\circ - (180^\circ - \alpha) - \beta$$

$$\sin \varphi = n_2 \sin \gamma$$

~~Угол~~ угол падения  $\alpha$ , т.к.

угол преломления  $\beta$ , угол между перпендикулярами  
к граням тоже  $\alpha$ , значит ~~связанной~~  $180^\circ - \alpha$ .

Т.к. углы малые,  $\sin \alpha$ ,  $\sin \beta$ ,  $\sin \gamma$  и  $\sin \varphi$  равны

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$  соответственно. Получаем:

$$\beta = n_2 \alpha \quad \gamma = 180^\circ - 180^\circ + \alpha - n_2 \alpha$$

$$\varphi = n_2 (\alpha - n_2 \alpha) = 1,17 (0,1 \text{ рад}) - 1,17 (0,1 \text{ рад}) = n_2 \alpha - \alpha = 0,17 - 0,1 \text{ рад}$$

$$\varphi = 0,07 \text{ рад}$$

Ответ:  $\varphi = 0,07 \text{ рад}$ .

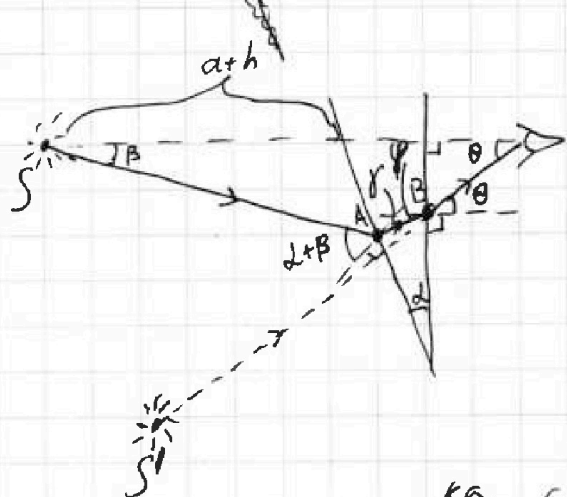
2) ~~Итак~~ ~~кажется~~ путь луча от источника вверху:

1  2  3  4  5  6  7

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



2) Показатель преломления луч из источника в глаз:



Если  $\beta > \alpha$ , то луч не попадет на ось.

Точки A и B почти совпадают, тогда

$SA \approx S'B$ . Получается

$SS'$  - основание р/б треугольника

ка с боковой стороной  $a+h$

$SA = \frac{a+h}{\cos \beta}$ . Рассмотрим углы падения и преломления слева направо:  $\alpha + \beta = n_2 \gamma$

$$\varphi = 180^\circ - (180^\circ - \alpha) - \gamma = \alpha - \gamma$$

$$n_2 \varphi = \theta \quad \theta = n_2 \left( \alpha - \frac{\alpha + \beta}{n_2} \right) = n_2 \alpha - \alpha + n_2 \beta$$

Получается  $SS' = \frac{SA \sin(\theta + \beta)}{2} = \frac{SA(\alpha + \beta)}{2}$

$= \frac{SA(\alpha(n_2 + 1) + \beta(n_2 - 1))}{2}$  Т.к.  $a+h \gg (a+h) \sin \beta$ ,

S и S' расположены примерно друг над другом.

Тогда  $SS' = SA \sin \theta - SA \sin \beta = \frac{a+h}{\cos \beta} (\theta - \beta) =$

$$= (a+h) (n_2 \alpha - \alpha + \beta - \beta) = (a+h) \alpha (n_2 - 1) = 205 \text{ см} \cdot 0,1 \cdot 0,4 =$$

$$= 205 \text{ см} \cdot 0,04 = 14,35 \text{ см}$$

Ответ:  $SS' = 14,35 \text{ см}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

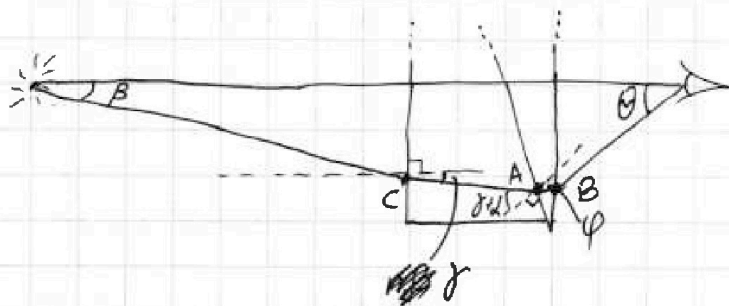
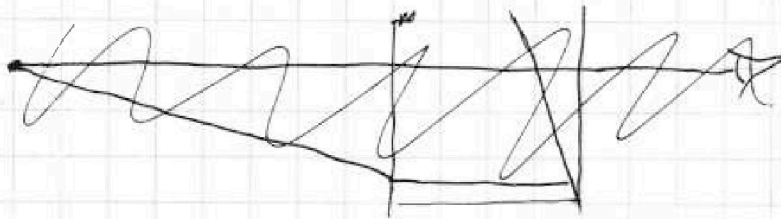
решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

МФТИ

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

3)



Затем первые 2 параллельные луча под углом

$\beta$  к оси:

$$\beta = n_1 \gamma \quad \gamma = \frac{\beta}{n_1} \quad n_2 \varphi = n_1 (\gamma + d)$$

$$\varphi = \frac{n_1}{n_2} \left( \frac{\beta}{n_1} + d \right) = \frac{\beta}{n_2} + \frac{n_1}{n_2} d \quad \text{Заметим, этот угол}$$

аналогичен углу  $\gamma$  из пункта 2. ( $\gamma$  — угол преломления луча под углом  $\beta$ ). Только теперь коэффициент перед  $d$  не  $\frac{1}{n_2}$ , а  $\frac{n_1}{n_2}$



$$\omega = d \varphi = d - \frac{n_1 d + \beta}{n_2}$$

$$\theta = n_2 \omega = n_2 d - n_1 d + \beta$$

$\theta$  аналогичен  $\theta$  из п. 2, но

коэф перед  $d$  больше  $\frac{1}{n_2}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

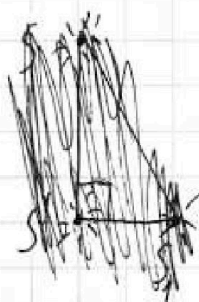
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Тогда  $SS'$  точно будет перпендикулярно оси,  
 $SS_1$  почти перпендикулярно оси. Его смещение обусловлено тем, что скорость света в среде  $n_1$  меньше  $c$ . Можно сказать, что:



Удобнее в этом случае будет  
тоже пойти на перпендикуляр к  
оси, но чуть ближе к  $S$ , т.к. угол  
наклона ~~угла~~ угла  $AS$  меньше, чем

$$SS'. \text{ Получается } SS' = \frac{a \sin \theta}{\cos \beta} (\sin \theta - \sin \beta) +$$

$$+ \frac{h (\sin \theta - \sin \beta)}{\cos \beta n_1} = a (\theta - \beta) + \frac{h (\theta - \beta)}{n_1} =$$

$$= a (n_2 d - n_1 d) + \frac{h (n_2 d - n_1 d)}{n_1} = \left( a + \frac{h}{n_1} \right) (n_2 - n_1) d =$$

$$= 0,1 \cdot 0,2 \cdot \left( 1,5 + \frac{9}{1,5} \right) = 0,02 \cdot 200 = 4 \text{ см}$$

Ответ: ~~4 см~~ 4 см