



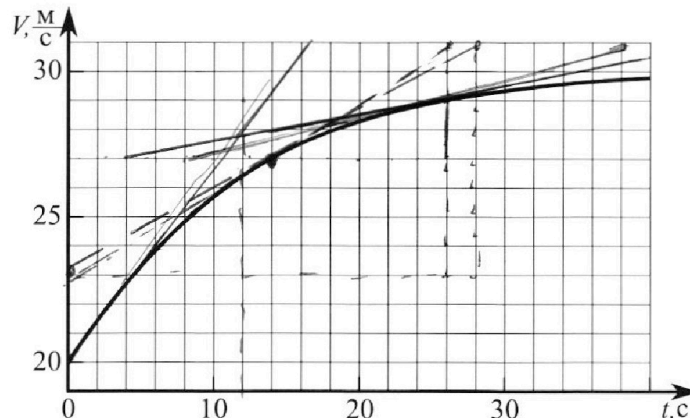
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  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  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $v_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $v_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $v_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

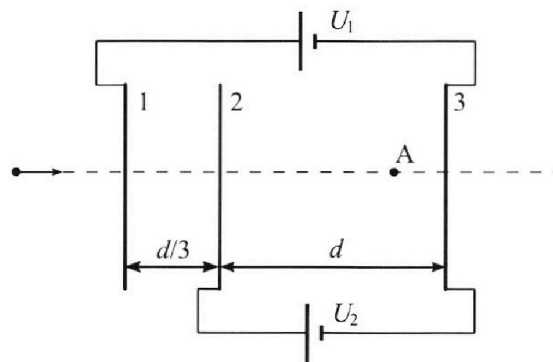
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) Определите конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $U_1 = 2U$  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 A на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

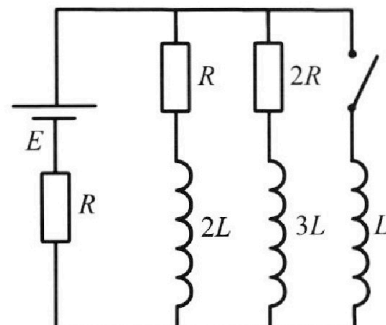
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



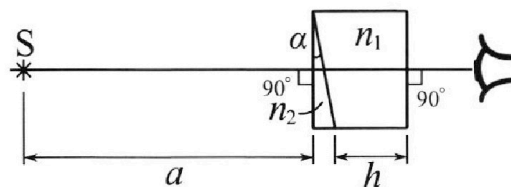
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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

Отв еты 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  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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

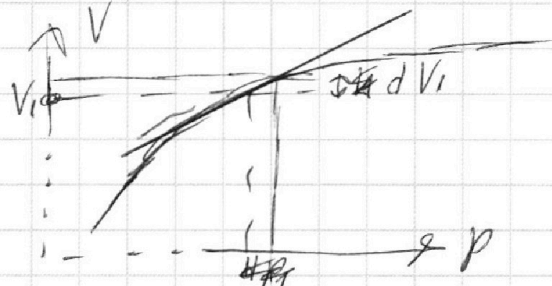


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) стрыжка касательную к графику в точке где  $v = v_1 = 27 \mu / c$ , и находим  $\frac{dv}{dt}$  в этой точке, это будет  $a_1$ .

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt_1} = \frac{27 \mu / c}{6c} = \frac{1}{3} \mu / c^2$$

$$a_1 = \frac{1}{3} \mu / c^2$$



2)  $p = \text{const}$

$$p = v \cdot (F_g) \quad \text{и} \quad (am = F_g - F) \quad \text{и} \quad dp$$

$$F_g = (am + F)$$

$$p = v \cdot (am + F)$$

сила сопротивления  $F$ , которая всегда зависит от скорости  $F(v)$ .

когда  $a_0$ , то как же найти, как  $a_1$

$$a_0 = \frac{78 \mu / c}{12c} = \frac{2}{3} \mu / c^2$$

$$p = v_0 \cdot a_0 \cdot m + F_0 \cdot v_0 = v_1 \cdot a_1 \cdot m + F_1 \cdot v_1 = v_k \cdot F_k$$

$$\left( \frac{v_k F_k - F_0 \cdot v_0}{v_0 \cdot a_0} \right) = \left( \frac{v_k F_k - F_1 \cdot v_1}{v_1 \cdot a_1} \right)$$

~~$dp = p dv = 27 dv + F \cdot v \cdot dv$~~   
~~иногда из графика 2 предать мне, что  $v_k = 30 \mu / c$~~

~~мыго  $p = v_k F_k$~~   
~~иногда  $v_k = 29 \mu / c$ ,  $a_2 = \frac{2}{22} \approx \frac{1}{11} \mu / c^2$~~

~~если  $a_1 = a_0 = \frac{a_2 - a_1}{v_2 - v_0}$~~

~~иногда~~

иногда и то, что график сходится к  $v = 30 \mu / c$



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"/>



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

переформулирование задачи №1  
~~Условие задачи~~ переформулируем, пусть  $v_k = 30 \text{ км/ч}$ ,  
тогда  $p = 405 \text{ руб}$ ,  $p = v_k \cdot F_k = 12150 \text{ (руб)}$

$$p = a_i \cdot m \cdot v_i + F_i \cdot v_i \Rightarrow F_i = \frac{p - a_i \cdot m}{v_i}$$

$$a_i \cdot m \approx 100 \text{ руб}$$

$$\frac{p}{v_i} \approx \frac{v_k}{v_i} \cdot F_k \approx \frac{10}{9} F_k \approx \frac{10 \cdot 405}{9} = 450 \text{ руб}$$

$$F_i = \left( \frac{p}{v_i} - a_i \cdot m \right) = 450 - 100 = 350 \text{ руб}$$

$$3) \eta \approx \frac{F_i \cdot v_i}{p} = \frac{27 \cdot 350}{12150} \approx \frac{9 \cdot 35}{405} \approx \frac{35}{45} \approx \left( \frac{7}{9} \right)$$

Ответ: 1)  $v_i \approx \frac{1}{3} \text{ км/ч}$ , 2)  $F_i \approx 350 \text{ руб}$ , 3)  $\eta \approx \left( \frac{7}{9} \right)$



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!

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

N2

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

$$P_1 = P_2 = P_0$$

$$1) P_1 = P_A$$

$$P_2 = P_{B_1} + P_{CO_2}$$

$$PV = \nu RT = ?$$

$$P_1 = \frac{\nu_A R T_0}{V_A} = \frac{2 \nu_A R T_0}{V}$$

$$P_{B_1} = \frac{\nu_B \cdot R \cdot T_0}{V_{CO_2}} = \frac{4 \nu_B R T_0}{V}$$

$$P_{CO_2} = \frac{\nu_{CO_2} \cdot R \cdot T_0}{V_{CO_2}} = \frac{4 \nu_{CO_2} R T_0}{V}$$

$$P_1 = P_{B_1} + P_{CO_2} = ?$$

$$= ? \frac{2 \nu_A R T_0}{V} = \frac{4(\nu_B + \nu_{CO_2}) \cdot R T_0}{V} = ?$$

$$\eta = \frac{\nu_A R T_0}{\nu_B + \nu_{CO_2}} = 2, \text{ в верхней части больше баллонов}$$

меньше газа.  $P_{B_1} \approx 0 \Rightarrow \eta = \frac{\nu_A}{\nu_{CO_2}} = 2$

$$2) P_2^* V_2^* = \nu_A \cdot R T = 2 \nu_{CO_2}^* R T$$

при  $T = 373^\circ \text{ K}$ , газы имеют одинаковую температуру

$$P_{B_2}^* = P_{атм.}$$

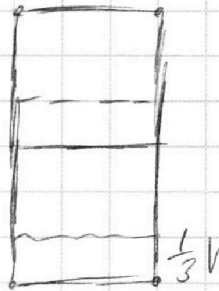
$$\Delta \nu_{CO_2} = \kappa p W = \frac{1}{4} \nu_{CO_2}^* R T_0$$

$$P_2^* = P_{B_2}^* + P_{CO_2}^* = P_{атм.} + P_{CO_2}^* = P_0^*$$

$$P_2^* = \frac{\nu_A \cdot R \cdot T}{V_2^*} = \frac{6 \cdot \nu_A \cdot R \cdot \frac{4}{3} T_0}{V} = \frac{8 \nu_A R T_0}{V} = 4 P_0$$

$$P_{CO_2}^* \cdot V_{CO_2}^* = (\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) \cdot R T$$

$$V_{CO_2}^* = V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} = \frac{7}{12} V$$



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!

продолжение задачи №2

$$p_{CO_2}^* = \frac{(V_{CO_2} + \Delta V_{CO_2}) \cdot RT}{V_{CO_2}^*} = \frac{12 \cdot RT}{4 \cdot RT} = 3$$

$$p_{CO_2}^* = \frac{12}{7} \cdot \frac{V_{CO_2} RT}{V} + \frac{12}{7} \frac{\Delta V_{CO_2} RT}{V} = p_0^* - p_{атм} = 3p_0^* - p_{атм}$$

$$p_{CO_2}^* p_0^* = \frac{12 V_{CO_2} RT_0}{7V} + \frac{12 \cdot (\frac{1}{4}V) \cdot K \cdot p_0^* RT}{7V} - p_{атм} = \frac{1}{7} p_0^* + \frac{3 \cdot K \cdot p_0^* \cdot RT}{28} - p_{атм}$$

$$\frac{3 \cdot K \cdot p_0^* \cdot RT}{28} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-4}}{7 \cdot 8} = \frac{p_0^* \cdot 27}{280}$$

$$p_0^* = \frac{1}{19} p_0^* + \frac{p_0^* \cdot 27}{280} + p_{атм}$$

$$p_0^* \left( \frac{280 - 14}{280} \right) = p_{атм}$$

$$\frac{3 \cdot K \cdot p_0 - RT}{28} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4} \cdot 2}{7 \cdot 2 \cdot 20} = \frac{27}{140}$$

$$p_0^* = \frac{1}{7} p_0^* + \frac{27}{190} p_0^* + p_{атм}$$

$$p_0^* \cdot \frac{(140 - 20 - 27)}{140} p_0^* = p_{атм}$$

$$p_0^* = \frac{140}{93} p_{атм}$$

Ответ: 1)  $n = \frac{\Delta A}{V_{CO_2}} = 2$ , 2)  $p_0^* = \frac{140}{93} p_{атм}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

N 3

1) Запишем 2, 3, Ньютона:

$$m a_{23} = F_{k23}$$

$$F_{k23} = qE$$

$$E \cdot d = \varphi \Rightarrow E = \left( \frac{\varphi}{d} \right)$$

$$F_{k23} = \frac{q\varphi}{d}$$

$$a_{23} = \frac{F_k}{m} = \left( \frac{q\varphi}{d m} \right)$$

2) Запишем 3, с.э.:

$K_2 = K_3 - A_{23}$ , где  $A_{23}$  - работа эл. поля между пластинами 2 и 3

$$A_{23} = F_k \cdot d = (q\varphi) \Rightarrow$$

$$K_2 = K_3 - q\varphi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = q\varphi$$

$$(K_3 - K_2) = q\varphi$$

3) Запишем 3, с.э.:

$\frac{V_0^2 \cdot m}{2} = \frac{V_A^2 \cdot m}{2} - A_{12} - A_{2A}$ , где  $A_{12}$  - работа эл. поля между 1 и 2 обкладками, а  $A_{2A}$  - между 2 обкладкой и обкладкой А

$$A_{12} = F_{k12} \cdot \frac{d}{3}, F_{k12} = E_{12} \cdot q, E_{12} = \left( \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d/3} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q = \varphi \cdot q$$

$$A_{23} = F_{k23} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{2}{3} q\varphi$$

$$\frac{V_0^2 \cdot m}{2} = \frac{V_A^2 \cdot m}{2} + \frac{2}{3} q\varphi + q\varphi = \frac{V_A^2 \cdot m}{2} + \frac{5}{3} q\varphi \Rightarrow$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{10q\varphi}{3m}}$$

$$\text{Ответ: 1) } a_{23} = \frac{q\varphi}{d m}, 2) (K_3 - K_2) = q\varphi, 3) V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{10q\varphi}{3m}}$$



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!



N 4

1) при замыкании выключателя ток:  $E_{2L} = 0, E_{3L} = 0$ .

Запишем 1 закон

Кирхгофа:

$$I_0 = I_1 + I_2$$

Запишем 2 закон Кирхгофа:

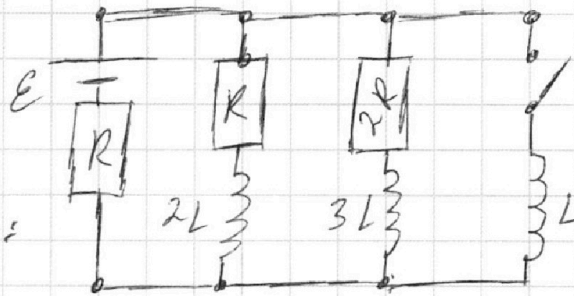
$$\left. \begin{aligned} E - I_0 \cdot R - I_1 \cdot R &= 0 \\ E - I_0 \cdot R - I_2 \cdot R &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1 = 2 I_2$$

$$I_0 = 3 I_2 \Rightarrow E - 3 I_2 \cdot R - I_2 \cdot R \cdot 2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 5 I_2 \cdot R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{E}{5R}$$



$$2) I_0 = 3 I_2 = \frac{3E}{5R}$$

Запишем 2 закон Кирхгофа:

$$E_0 - R I_0 - \dot{I}_L \cdot L = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_0 - \frac{3E}{5} = \dot{I}_L \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{I}_L = \frac{2E}{5L}$$

3) В начале ток идет только через катушку с(L), тк у неё не будет сопротивления.

2 закон Кирхгофа:

$$E_0 - I_0 \cdot R - I_1 \cdot R - \dot{I}_2 \cdot L = 0$$

$$E_0 - I_0 \cdot R - I_2 \cdot 2R - \dot{I}_3 \cdot L = 0$$

$$E_0 - I_0 \cdot R - \dot{I}_L \cdot L = 0$$

$$\Rightarrow I_1 \cdot R + \dot{I}_2 \cdot L = I_2 \cdot 2R + \dot{I}_3 \cdot L = \dot{I}_L \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dQ_2}{dt} \cdot 2R + \frac{dI_3}{dt} \cdot 3L = \frac{dI_L}{dt} \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_0^{Q_2} dQ_2 \cdot 2R = \int_{I_{20}}^{I_{2K}} dI_3 \cdot 3L + \int_0^{I_{LK}} dI_L \cdot L$$

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. Порча QR-кода недопустима!

продолжение задачи №4

$$I_{3X} \geq 0$$

Каждый  $I_{LX}$  через 2 заволок как 2 вольты:

$$E - I_{LX} \cdot R \geq 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{LX} \leq \frac{E}{R}$$

$$Q_2 \cdot 2R = I_{20} \cdot 3L + I_{LX} \cdot L = \frac{3LE}{5R} + \frac{EL}{R}$$

$$Q_2 \geq \frac{8LE}{5R} \cdot \frac{1}{2R} = \left( \frac{4LE}{5R^2} \right)$$

Ответ: 1)  $I_{20} = \frac{E}{5R}$ , 2)  $I_L = \frac{2E}{5L}$ , 3)  $Q_2 = \left( \frac{4LE}{5R^2} \right)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

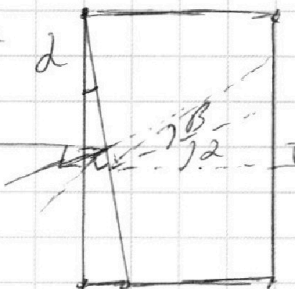
МФТИ

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



№ 5

1) Матрица  $B$  входит в первую призму под углом  $30^\circ$ , так передызерек её грани, на границе между призмой и стеклом под углом  $(\alpha)$  к второй грани.



используем закон Снеллиуса:

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

$$2 \cdot \sin(30^\circ) = \sin(\beta) \cdot 2, \text{ где } \beta, \text{ так же}$$

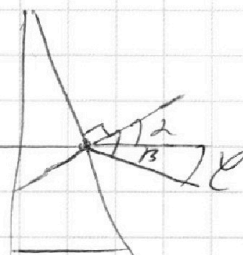
$$2 \cdot n_2 = \beta \cdot n_1$$

$$\beta = \frac{2 \cdot n_2}{n_1} = 1,6 \cdot 2$$

при выходе из призмы с  $(n_2)$  луч не будет преломляться, так  $n_1 = n_2$ .

и так выстроены поверхности угол после прохождения между лучами.

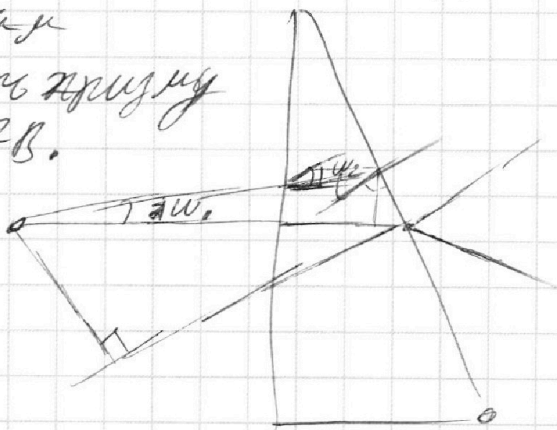
$$\gamma = (\beta - \alpha) = (n_2 - n_1) \cdot \alpha = 0,6 \cdot \alpha = \frac{0,6}{20} \approx \frac{3}{100} \text{ рад}$$



2) угол  $\alpha$  к границе  $n_1 = n_2$ , так  $n_1 = n_2$ .

лучи проходят через первую стенку

и отражаются от  $(S_1^*)$



$$d \cdot \sin(\omega_1) = S_1^* \cdot \sin(\omega_2)$$

$$\sin(\omega_1) \cdot n_1 = \sin(\omega_2) \cdot n_2 \quad \left. \vphantom{\sin(\omega_1) \cdot n_1} \right\} \approx 21$$

$$S_1^* = \frac{n_2 \cdot d}{n_1} = 1,6 \cdot d = 320 \text{ см.}$$



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. Порча QR-кода недопустима!



программные задачи №5

исход из закон косинусов  
и теорема синусов  
прямая линия,  
каковы, что

$$\frac{OS^{**}}{OS^*} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{OS}{OS^*} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\cos(\alpha) \approx 1$$

$$\Rightarrow OS^{**} = OS \cos(\alpha) \cdot (OS^* - OS) =$$

$$= 0,6 \cdot 200 \cdot 0,995$$

$$= \frac{0,6 \cdot 200}{20} = 6 \text{ см.} \Rightarrow$$

$$OS^{**} = 6 \text{ см.}$$

~~Ответ~~

В

Ответ: 1)  $\alpha \approx \frac{3}{100} \text{ рад} \approx 0,03 \text{ рад}$ , 2)  $OS^{**} = 6 \text{ см.}$

