



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Аношин Матвей Антонович**

Класс: **11**

Технический балл: **89**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

ШИФР РАБОТЫ	1685412
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	3	5	4	89
З	12	20	20	20	

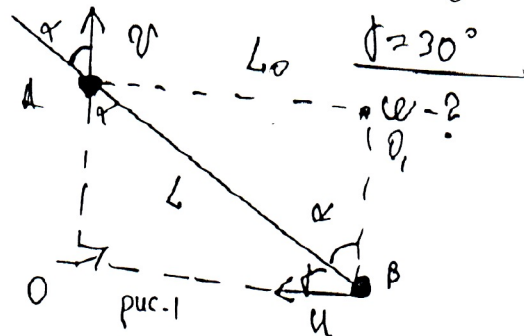
Степаньешу Константин Викторович
Местенкова Наталья Игоревна

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:89

1685412

Задача 101

Вопрос:



$L = 60$ см) $v \perp u$ (из условия и рисунка)
 $v = 1,5 \cdot 10^8$ м/с $\Rightarrow O_1$ - мгновенный центр вращения
 $\alpha = 60^\circ$ (т.к. $O_1 A \perp v$ и $O_1 B \perp u$)
 $\beta = 30^\circ$

и u определяют угловую скорость:

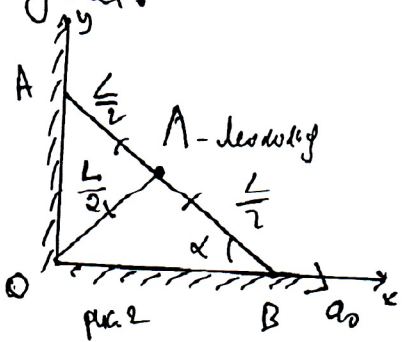
$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{v}{L_0}$$

$$L_0 = L \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\omega = \frac{1,5 \cdot 10^8}{60 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{5 \cdot 10^8}{60 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{5 \cdot 10^8}{6 \sqrt{3}} \approx 4,8 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$$

Ответ: $\frac{5\sqrt{3}}{3} \approx 2,9 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$

Задача:



$\vec{v}, \vec{a} = ?$

Дано:

$a_0 = \text{const}$

$L = \text{const}$ - радиус движения

$\alpha = 45^\circ$

$$t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$$

1) Из базового равенства:

$OA = AB = OB$ - верно, т.к. OA -

мгновенный центр вращения $\Rightarrow$ по теореме Пифагора $OA = AB = OB = \frac{L}{2}$

$$\cos \alpha = \frac{OB}{L}$$

$O(0;0)$

$B(x)$, где $x = x_0 + \frac{at^2}{2}$

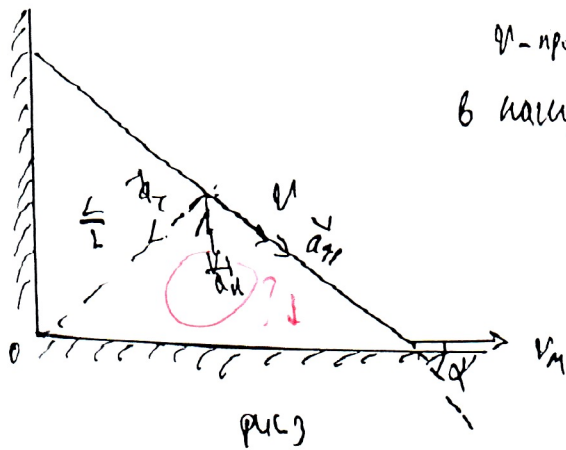
$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{x_0 + \frac{at^2}{2}}{L}$$

$$\text{т.к. движение } t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$$

$$\cos \alpha = \frac{x_0 + \frac{L}{2a_0} - \frac{L}{2}}{L} = \frac{x_0 + \frac{L}{4}}{L}$$

Итого v и

и u и ω



v - проекция скорости на касательную - косинус
в наклоне

$$v = v_y \cos \alpha$$

$$v_y = a_0 t \rightarrow v = a_0 t \cos \alpha$$

$$\text{тогда } v \text{ и время } t = \sqrt{\frac{L}{a_0}}$$

$$v = a_0 \sqrt{\frac{L}{a_0}} \sqrt{\frac{a_0}{2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{L \cdot a_0}{2 \cdot 2}} = \frac{\sqrt{L \cdot a_0}}{2}$$

$a_{||}$ - ускорение по касательной плоскости $a_0 \cos \alpha =$

$$a_{||} = a_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

($a_{\perp}$ - нормальная ускорения $a_{\perp} = \frac{v^2}{R} = \frac{L \cdot a_0}{4 \cdot \frac{L}{2}} = \frac{a_0}{2}$

$$\Rightarrow a_n = a_{||}^2 + a_{\perp}^2 = \frac{a_0^2}{4} + a_0^2 \frac{1}{2} = a_0^2 \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow a_n = a_0 \frac{\sqrt{5}}{2}$$

- Проверка $v = \frac{\sqrt{L \cdot a_0}}{2}$ +

$$a = a_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

-

используя листы 2 43 10

Задача 102

Вопрос:

Температура в МКТ - мера средней кинетической энергии хаотического движения молекул газа

$$E_k = \frac{\sum m_i \langle v_i^2 \rangle}{2} = \frac{\gamma}{2} \cdot K T$$

γ - коэффициент степени свободы
для ориентации газа 3

K - постоянная Больцмана

$$T = \frac{\sum m_i \langle v_i^2 \rangle}{2 \gamma K} = \frac{\sum m_i \langle v_i^2 \rangle}{\gamma K}$$

Абсолютная шкала температур - шкала температур, где за 0 берется абсолютный 0, при котором отсутствует тепловое движение молекул

$$0 K = -273,15^\circ C$$

$$\text{При этом, } \Delta 1 K = 0,1^\circ C (!)$$

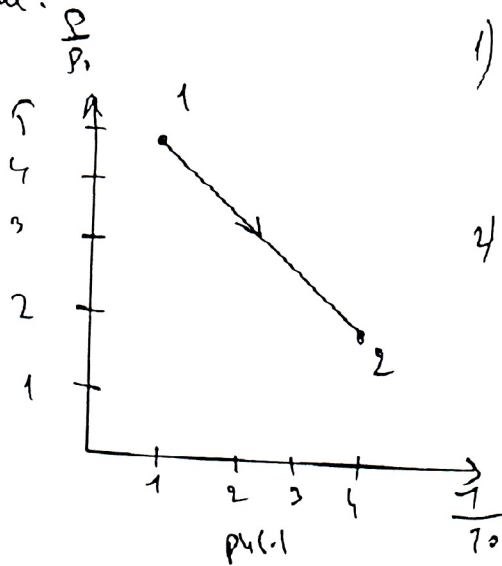
$$\text{Итак } 0^\circ C = 273,15 K$$

температура в комнате $\approx 300 K$

используя

лист 3 из 10

Задача:



1) Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{PV}{T} = \nu R$$

2) масса $\rho = \frac{m}{V}$

Молярная масса $\nu = \frac{m}{M}$

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M} R$$

$$\frac{PM}{RT} = \frac{m}{V} = \rho$$

$$\Rightarrow \rho \propto P$$

$$\rho = \frac{1}{T}$$

в точке 1:

1:

$$\frac{P}{P_0} = 5$$

$$\frac{T}{T_0} = 1$$

В обеих точках при P_0 и T_0

$$\rho_0 = \frac{P_0}{T_0} \frac{M}{R}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\frac{P}{T} \frac{M}{R}}{\frac{P_0}{T_0} \frac{M}{R}}$$

$$\text{или } T = T_0 \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{P}{P_0} = 5 \Rightarrow P = 5P_0$$

$P_1 = P_{\text{атм}}$, или это может быть

в точке 2:

$$\frac{T}{T_0} = 4$$

$$\frac{P}{P_0} = 2$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{\frac{P}{T}}{\frac{P_0}{T_0}} = \frac{P}{T} \frac{T_0}{P_0} \Rightarrow$$

$$8P_0 = P_2$$



атмосфера

массы и температуры

остановиться проверит, можно ли достичь 2 -го уровня с минимальными затратами

зависит $\frac{P}{P_0} = \alpha \left(\frac{T}{T_0} \right) + \beta$ где T_{max}

или $\frac{P}{T} \cdot \frac{T}{P_0} = \alpha \cdot \frac{T}{T_0} + \beta$ $\frac{P}{P_0} = 6$

или $\alpha = 1$

$\Rightarrow \frac{P}{P_0} = 6 - \frac{T}{T_0}$

$\frac{P}{T} \cdot \frac{T_0}{P_0} = 6 - \frac{T}{T_0}$

$\frac{P}{T} \cdot \frac{T_0}{P_0} + \frac{T}{T_0} = 6 \quad | \cdot T$

$P \cdot \frac{T_0}{P_0} + \frac{T^2}{T_0} - 6T = 0 \quad | \cdot P_0 \cdot T_0$

$P T_0^2 + T^2 \cdot P_0 - 6 T T_0 P_0 = 0$

~~или~~ $P T_0^2 + P T_0^2 \cdot P_0 - 18 T_0^2 P_0 = 0$

$2T \cdot P_0 - 6T_0 P_0 = 0 \Rightarrow T_{max P} = 3T_0$

$P T_0^2 + P T_0^2 \cdot P_0 - 18 T_0^2 P_0 = 0$

$P_{max} = P_0 \cdot \frac{P T_0^2}{T_0^2} = P P_0$

$\Rightarrow P_{max} > P P_0 \Rightarrow$

$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{P}{5}$



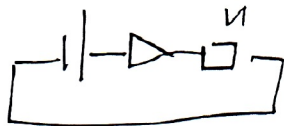
Ответ: $\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{P}{5}$

Умножение

Минимум 43 10

Задача 103

Вопрос:



узнать вычитаемый ток там:

U_D 2-го прибора Кирхгофа

$$\mathcal{E} = I R + U_D$$

правильно решить для $U_D(I)$ (там через D и через вычитаемый ток сопротивлений ординары, т.е. сами формулы посчитываем (!))

Визуально можно (графики не осязает читать)

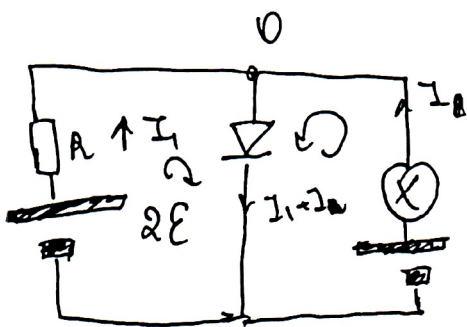
$$I \approx 0,6 \text{ A}$$

$$U \approx 1,5 \text{ B} \quad (\text{что-то поработать})$$

$$\mathcal{E} \approx 2,4 + 1,5 \approx 3,9 \text{ (B)}$$



Задача:



на левом $I = I_0 \sqrt{\frac{U}{E}}$

2-ое правило Кирхгофа для первого контура

$$\mathcal{E} = U_R + U_D$$

2-ое правило Кирхгофа для второго контура

$$2\mathcal{E} = I_1 R + U_D$$

1-ое правило Кирхгофа перед точкой 0

$$I_1 + I_2 = I_0$$

числовик ответ 6 43 10

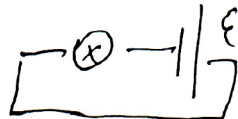
Вопросы

U_1 мот I_{A1}

$$I_{A1} = I_0 \sqrt{\frac{U_1}{E}} \Rightarrow I_{A1}^2 = I_0^2 \frac{U_1}{E}$$

$$U_1 = E \frac{I_{A1}^2}{I_0^2}$$

или мот U_{A1} и E



$$I_E = I_0 \sqrt{\frac{E}{U_1}}$$

$\Rightarrow I_0$ - мот I_{A1} мот U_1 и E

мол:

$$E = E \frac{I_{A1}^2}{I_0^2} + U_D$$

$$2E = I_1 R + U_D$$

$$I_A + I_1 = I_D$$

~~мол~~ - $I_D(U_D)$ - мот U_D

мол: $E = I_1 R - E \frac{I_1^2}{I_0^2}$

$$I_1 = \frac{E}{R} \left(1 + \frac{I_1^2}{I_0^2} \right)$$

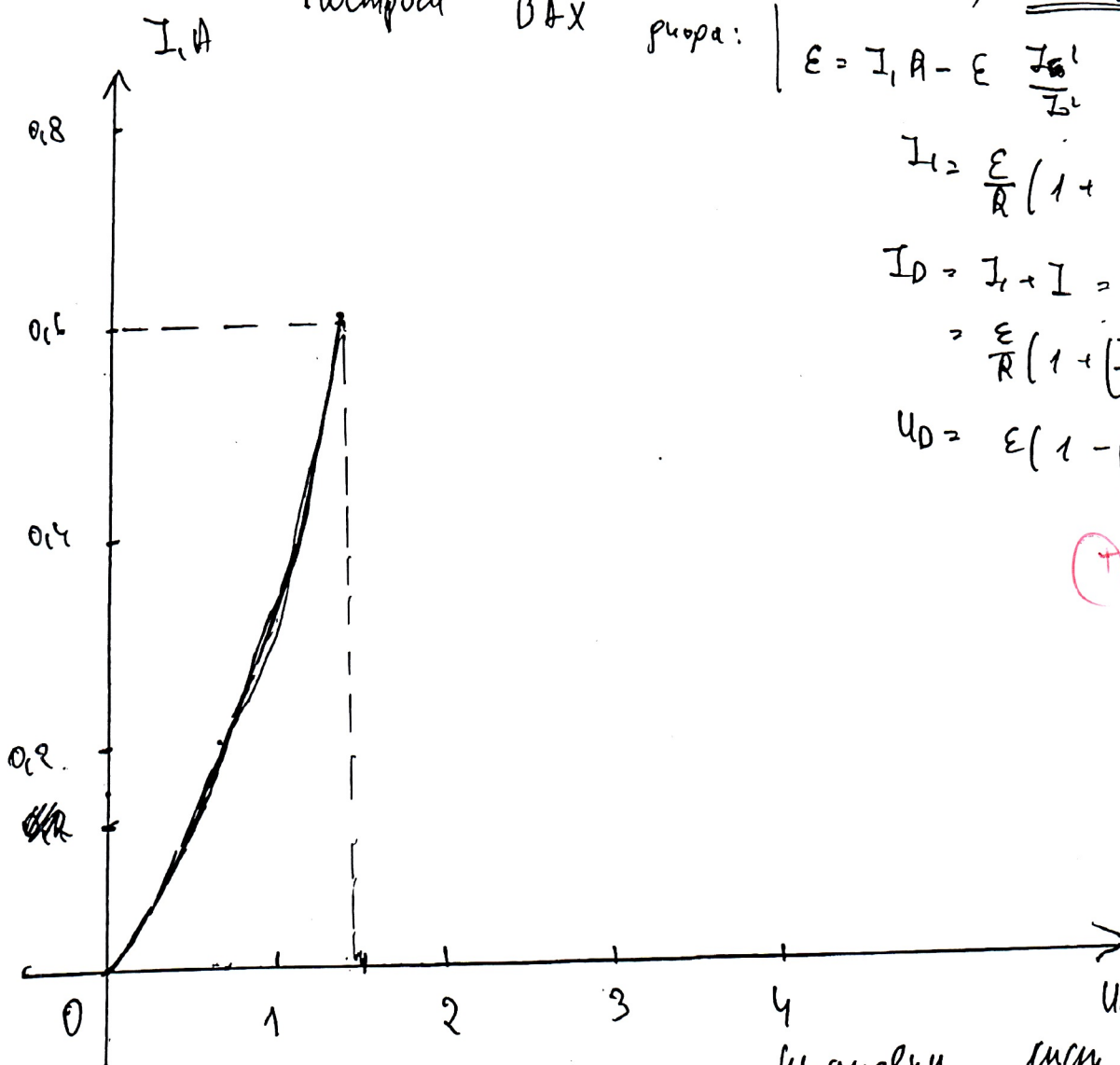
$$I_D = I_1 + I =$$

$$= \frac{E}{R} \left(1 + \left(\frac{I}{I_0} \right)^2 \right) + I$$

$$U_D = E \left(1 - \left(\frac{I}{I_0} \right)^2 \right)$$

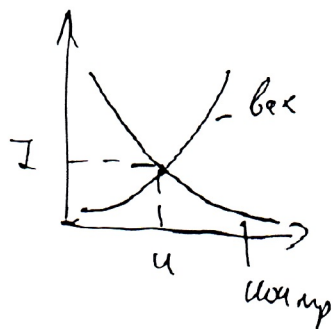
(7)

молм ВДХ



молм мот 7 мот 10

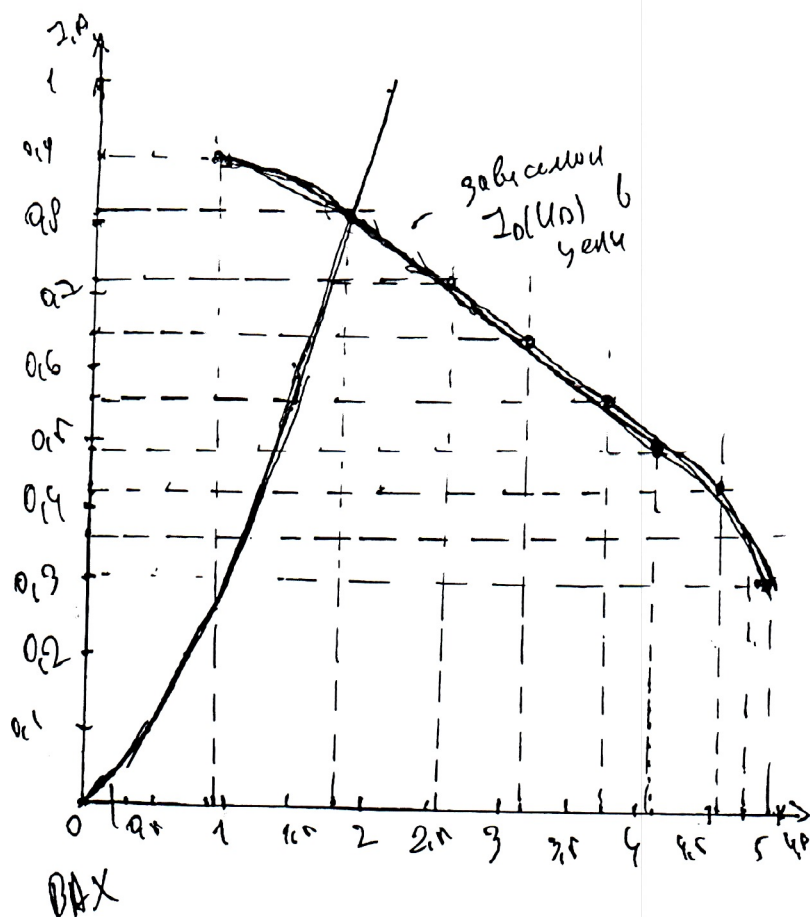
Нужно построить график для поиска в программе предельно и ВДХ и найти их пересечение



$P = 4.7$ мВт точка пересечения:

Точки при компрессии

I_1, A	I_0, A	U, B
0,05	0,30	4,85
0,10	0,36	4,8
0,15	0,42	4,65
0,2	0,48	4,2
0,25	0,56	3,75
0,30	0,64	3,2
0,35	0,72	2,65
0,40	0,81	1,8
0,45	0,90	0,95
0,5	1,0	0



Точка пересечения при этом в

$$I = 0.8 \text{ A}$$

$$U = 1.8 \text{ B}$$

$$\Rightarrow P = I \cdot U = 1.8 \cdot 0.8 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} = 1.44 (\text{Вт})$$

(+)

Ответ: $P = 1.44 (\text{Вт})$

или см. рис

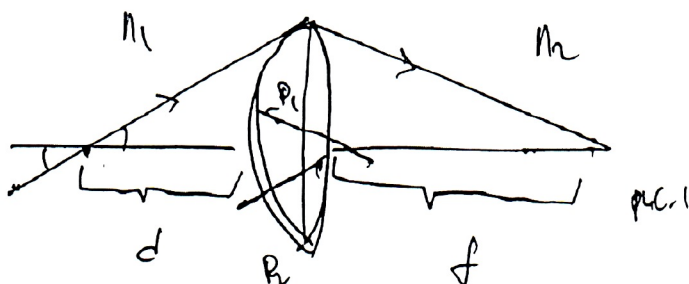
макс 8 4310

Задача 104

Вопрос:

1) На сколько изменится длина излучения при переходе из воздуха в воду?

$$\frac{n_1}{d} + \frac{n_2}{f} = \frac{n_1 - n_1}{R_1} + \frac{n_1 - n_2}{R_2}$$



если же т. линза в воздухе

$$\frac{n_{\text{в}}}{d} + \frac{n_{\text{л}}}{f} = \frac{n_1 - n_{\text{в}}}{R} + \frac{n_1 - n_{\text{л}}}{R}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_1 \Rightarrow D_1 = \frac{n_1 - n_{\text{л}}}{n_{\text{в}}} \left(\frac{2}{R} \right)$$

если же т. линза в воде

$$\frac{n_{\text{сп}}}{d} + \frac{n_{\text{сп}}}{f} = \frac{n_1 - n_{\text{сп}}}{R} + \frac{n_1 - n_{\text{сп}}}{R} \Rightarrow$$

$$D_2 = \frac{n_1 - n_{\text{сп}}}{n_{\text{сп}}} \cdot \frac{2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{D_2}{D_1} = \frac{(n_1 - n_{\text{сп}}) \cdot n_{\text{в}}}{n_{\text{сп}} (n_1 - n_{\text{л}})} = \frac{n - n_{\text{сп}}}{n_{\text{сп}} (n - 1)}$$

$$\text{так как } n_1 = n$$

$$n_{\text{л}} = 1$$

т.к. $n_{\text{сп}} > 1 \Rightarrow$

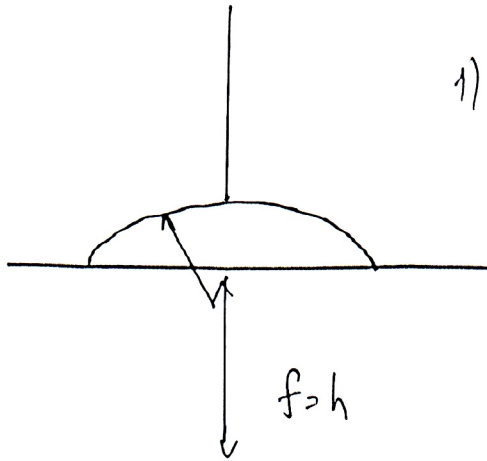
$$\frac{n - n_{\text{сп}}}{n - 1} = 1 + \frac{1 - n_{\text{сп}}}{n - 1} \geq 1 \Rightarrow \text{меньше}$$

Уменьши
лучи в 10

$$\text{Ответ: } \frac{D_2}{D_{\text{воздух}}} = \frac{n - n_{\text{сп}}}{n - 1} \cdot \frac{1}{n_{\text{сп}}}$$

D_2 - уменьшится

Задача:



1) Из формулы тонкой линзы
исходящих лучей плоской
среды:

$$\frac{n_{\text{возд}}}{d} + \frac{n_{\text{стекл}}}{h} = \frac{n - n_{\text{возд}}}{R_1} + \frac{n - n_{\text{стекл}}}{R_2}$$

$$R_2 \rightarrow \infty, \text{ т.е.}$$

второй поверхностью плоской
 $\frac{1}{R_2} \rightarrow 0$

$d \rightarrow \infty$, т.е. лучи параллельны
из бесконечности
 $\frac{1}{d} \rightarrow 0$

$$\frac{n_{\text{возд}}}{h} = \frac{n - n_{\text{возд}}}{R_1}$$

2) Оптическая сила в вакууме

$$D = \frac{n - n_{\text{возд}}}{n_{\text{возд}}} \cdot \frac{1}{R_1} \Rightarrow$$

$$\frac{n - n_{\text{возд}}}{R} = D \cdot n_{\text{возд}} \Rightarrow$$

$$\frac{n_{\text{возд}}}{h} = D \cdot n_{\text{возд}} \Rightarrow$$

$$n_{\text{возд}} = D \cdot h \cdot n_{\text{возд}} =$$

$$= 1 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \cdot 20 =$$

$$= 14$$



Ответ: 14

материал

мат 10 из 10

Задание 4:

См р 11

Задание 1

Вопрос: Из формулы можно ли найти n и $n_{\text{ср}}$ при d и f ?

$$\frac{n_{\text{ср}}}{d} + \frac{n_{\text{ср}}}{f} = \frac{n - n_{\text{ср}}}{R}$$

$$D = \frac{n - n_{\text{ср}}}{n_{\text{ср}}} \cdot \frac{1}{R}$$

при d в вакууме $n = 1$

d в воде $n = 1,33$

$$D_1 = \frac{n - 1}{1} \cdot \frac{2}{R}$$

$$D_2 = \frac{n - 1,33}{1,33} \cdot \frac{2}{R}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{n - 1,33}{n - 1} \cdot \frac{1}{1,33} \quad \text{при}$$

$n = 2$

$$\frac{2 - 1,33}{2 - 1} \cdot \frac{1}{1,33} = \frac{1}{3}$$

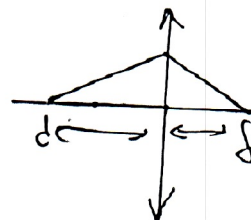
Задача 104 : Вопрос:

Линза 2 см 12

Составить уравнение для линзы:

$$\Rightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{n_1 - 1}{R} + \frac{n_1 - 1}{R}$$

или $n_{\text{возд}} = 1$



линза

линза 2 см

Составить уравнение для линзы

$$\frac{n_2}{d} + \frac{n_2}{f} = \frac{n_1 - n_2}{R} + \frac{n_1 - n_2}{R} =$$



~~$\Rightarrow D = (n_1 - 1) \left(\frac{2}{R} \right)$~~
 ~~$D = (n_1 - n_2) \left(\frac{2}{R} \right)$~~ $\Rightarrow \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 - 1}$

$\omega \cdot r = v \cos \alpha$ (т.к. скорости перпендикулярны)

Задача 3
Смр 13

в с.о с v_1 по направлению

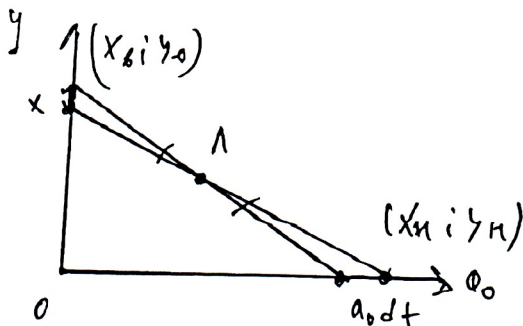
$$v_1 = v_2 \frac{\omega \cdot r}{\omega \cdot L} = v \frac{L}{L} = v \Rightarrow v_1^2 + v_2^2 = 3v_1^2 + v_2^2 \Rightarrow (2v)^2$$



$$\frac{v_1}{L} = \omega \Rightarrow$$

$$v_2 = \frac{2v}{L} = \frac{2 \cdot 1.6}{60 \cdot 10^{-1}} =$$

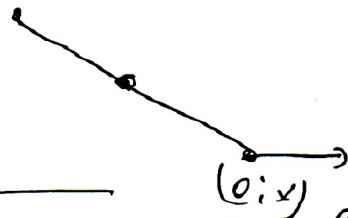
$$= \frac{2}{0.6} = \frac{20}{0.1} = 200 \text{ c}^{-1}$$



$$y_{m1} = \sin v = 0$$

$$x_{m1} = \sin v = 0$$

(0; y)



$$\sqrt{x^2 + y^2} = \cos t = l - r$$

или
смысл не имеет

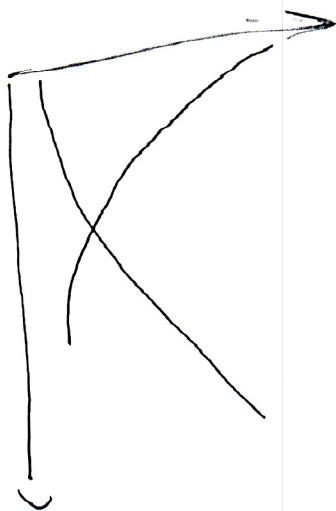
$$x = x_0 + \frac{at^2}{2} \Rightarrow$$

$$y^2 = l^2 - x^2$$

$$\left(\frac{dy}{dt} y = - \frac{dx}{dt} x \right)$$

— сходимся

Уравнение 9 Comp 14



$$I = 0,05 = \frac{R}{20} \left(1 + \frac{I}{I_0} \right)$$

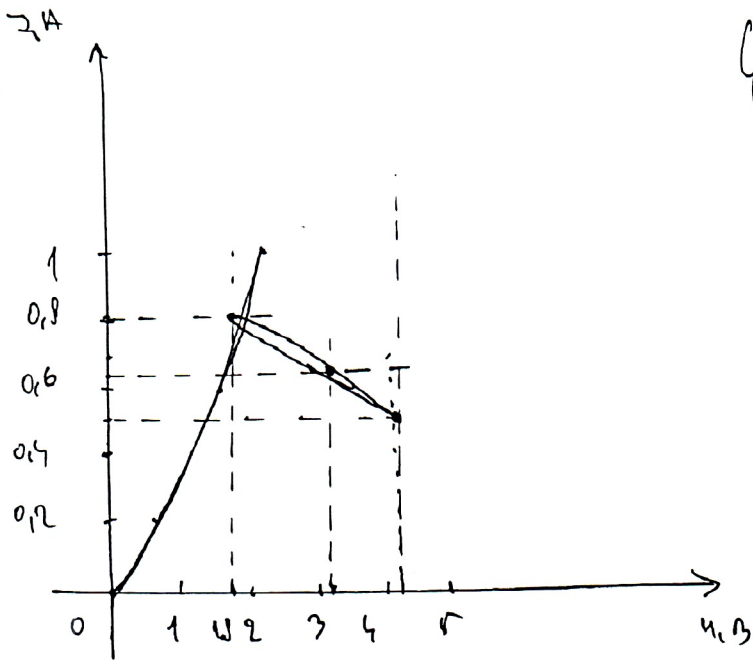
$$0,05 = 1 + \frac{I}{I_0}$$

$$I = -0,05 I_0$$

$$I_D, I_1, I_2$$

$$\approx 0,05$$

Задача 5 смп 16



$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 18 \\ \hline 154 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 6.9 \approx 3.3 \cdot 2 \\ \text{или } 4.2 \end{array}$$

проблемы задачи не

срочная 8
смп 16

$$V_1 \cos \alpha = V_2 \cos \alpha_2 \Rightarrow$$

$$4 \cdot 1,5 \sqrt{2} = V_2$$

$$\sqrt{2}$$

$$V_2 = \frac{6}{\sqrt{2}} = 6\sqrt{2} \text{ м/с}$$