

42-76-62-84
(191.1)



Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 1037700258694
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
www.fnm.msu.ru
№ _____ ОТ _____

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

+ 1 мес

Вариант _____

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Нанотехнологии - шаг в будущее!

по физике

Добрякова Юлия Михайловна

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

«26» марта 2016 года

Подпись участника

[Signature]

ЛИСТ УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ

2015/16 учебный год
НАНОТЕХНОЛОГИИ
ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ



**ДОБРОХОТОВ
ЮРИЙ
МИХАЙЛОВИЧ**

11 класс
02.03.1998 г.
дата рождения

Время и место проведения
заключительного этапа олимпиады:

дата и время не указаны

Главное здание

Ленинские горы, д. 1

запуск участников в корпус прекращается за 30 минут до начала олимпиады



0 291310 100393

подпись сотрудника оргкомитета

УРТМ МГУ НИВЦ МГУ АИС "ОЛИМПИАДА" 24.03.2016 22:25:47



0 427662 840001

42-76-62-84
(191.1)

42-76-62-84

(191,1)

Задача №7 Беливик

На графике видно видна
интерференционная картина.

Тогда, воспользуемся формулой $2d \sin \alpha = k\lambda$,
каждым отношением $\frac{d}{\lambda}$:

Нижний край:

пикс для $2\theta \in \{3,125; 3,875; 3,5\}$ (содержит пикс)

$$\begin{cases} d_1 \sin \frac{3,5}{2} = k\lambda \\ d_1 \sin \frac{3,125}{2} = (k-1)\lambda \\ d_1 \sin \frac{3,875}{2} = (k+1)\lambda \end{cases}$$

$$\frac{k+1}{k} = \frac{\sin(\frac{3,875}{2})}{\sin(\frac{3,5}{2})} = \frac{0,033809}{0,030539} = 1,107$$

$$\frac{k}{k-1} = \frac{\sin(\frac{3,5}{2})}{\sin(\frac{3,125}{2})} = \frac{0,030539}{0,027227} = 1,1199$$

из этих соотношений, с условием $k \in \mathbb{N}$

$k = 10$, тогда

$$d_1 \sin(\frac{3,5}{2}) = 10\lambda$$

$$\frac{d_1}{\lambda} = \frac{10}{\sin(\frac{3,5}{2})} = \frac{10}{0,030539} = 327,5$$

Верхний край:

возможна пика при $2\theta \in \{2, 3, 4\}$, отсюда формула
формула на 5 пиков, т.о.:

$$\begin{cases} d_2 \sin \frac{3}{2} = k\lambda \\ d_2 \sin \frac{2}{2} = (k-5)\lambda \\ d_2 \sin \frac{4}{2} = (k+5)\lambda \end{cases} \rightarrow \begin{cases} d \cdot 0,02618 = k\lambda \\ d \cdot 0,01745 = (k-5)\lambda \\ d \cdot 0,014899 = (k+5)\lambda \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Downarrow \\ \frac{k+5}{k} &= 1,333 \\ \frac{k-5}{k} &= 1,5 \end{aligned}$$

Физ. соображения В. М. М. Козлов М. М.

54) ИСТОРИЯ РЕШЕНИЯ

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|----|---|----|---|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| - | 5 | 6 | 6 | 05 | - | 18 | 4 | 39,5 |

Отка

отсюда находим, что при $k \in \mathbb{N}$ $k=15$

$$d_2 \sin \frac{\alpha}{2} = 15k$$

$$d_2 \cdot 0,02618 = 15k$$

$$\frac{d_2}{\lambda} \approx 573$$

т.о., находим, что при $\lambda = \text{const}$,

а $\frac{d_2}{\lambda} > \frac{d_1}{\lambda}$, то верхний порядок соответствует более малому значению, т.е. $d_1 = 10 \text{ нм}$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{d_2}{\lambda} : \frac{d_1}{\lambda} = \frac{573}{327,5} = 1,75$$

$$d_2 = 10 \cdot 1,75 = 17,5 \text{ нм} \quad \star$$

Найдём длину волны:

$$\frac{d_1}{\lambda} = 327,5, \quad d_1 = 10 \text{ нм}$$

$$\lambda = \frac{10}{327,5} \approx 0,03053 \text{ нм} \approx 30,53 \cdot 10^{-12} \text{ м} \quad \pm$$

интервал угловых чисел - $0,25^\circ - 5^\circ$
интервал синусов $0,004 - 0,0872$

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \alpha}, \quad d_{\text{зад}} = \frac{1 \cdot 30,53 \cdot 10^{-12}}{0,004} \approx 7,635 \text{ нм} \quad \pm$$

18

Задача 2

Дано:

$L = 5 \text{ м}$

$M = 40 \text{ кг}$

$d = 10^{-3} \text{ м}$

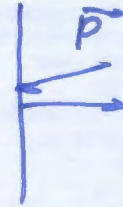
$v = 20 \text{ м/с}$

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$

$l = ?$

$\frac{l}{l_0} = ?$

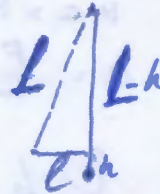
~~$V = \frac{4}{3} \pi R^3$
 $m = \rho V$
 $S = \pi R^2$
 $F = P \cdot S = \rho v^2 S$
 $ma = F$
 $a = \frac{F}{m}$~~



$\Delta p = \rho v^2$

$\Delta m v = MV$

$V = \frac{\Delta m v}{M}$



~~$\frac{MV^2}{2} = \rho g h M$~~

~~$\frac{4 m^2 v^2 M}{M^2} = 2 M g h$~~

~~$\frac{2 m^2 v^2}{M^2} = g h$~~

$h = \frac{2 m^2 v^2}{M^2 g}$

по т. Пифагора

$l = \sqrt{L^2 - (L-h)^2} = \sqrt{L^2 - (L^2 - 2Lh + h^2)} = \sqrt{2Lh + h^2}$

$h^2 \ll 2Lh$, упрощаем.

$l = \sqrt{2Lh}$

$l = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 m^2 v^2 L}{M^2 g}} = \frac{2 m v}{M} \sqrt{\frac{L}{g}}$

$m = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{8} \cdot \rho = \frac{\pi d^3 \rho}{6}$
 $= \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 7800}{6} = 4,08 \cdot 10^{-18} \text{ кг}$

$l = \frac{2 \cdot 4,08 \cdot 10^{-18} \cdot 20^2}{40} \cdot \sqrt{\frac{5}{9,8}} = 58,286 \cdot 10^{-18} = 5,829 \cdot 10^{-17} \text{ м}$

5

$$\frac{L}{L_0} = 5,829$$

Задача 3

Дано:

$$h = 0,25 \text{ м}$$

$$R = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\rho = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$H = 1,75 \text{ м}$$

$$g = 2330 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

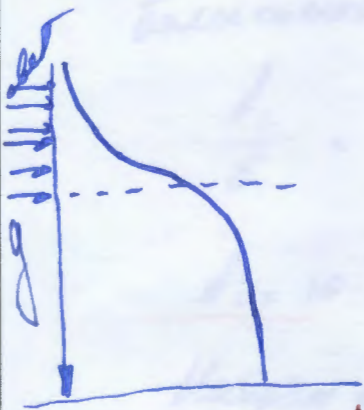
$$m = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$S = \pi R^2$$

$$F = P \cdot S = \pi R^2 P$$

$$ma = F$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{\pi R^2 P}{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho} = \frac{3P}{4\rho R}$$



$$\textcircled{1} h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t^2 = \frac{2h}{g}$$

$$u_1 = at = a \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$S_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{a \cdot 2h}{2g} = \frac{ah}{g}$$

$$\textcircled{2} H-h = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$a(H-h) = gt^2$$

$$t^2 = \frac{2(H-h)}{g}$$

$$S_2 = u_1 t = a \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$= \frac{2a}{g} \sqrt{h(H-h)}$$

$$S_{\Sigma} = S_1 + S_2 = \frac{ah}{g} + \frac{2a}{g} \sqrt{h(H-h)}$$

$$= \frac{a}{g} (h + 2\sqrt{h(H-h)}) = \frac{3P}{4\rho g R} (h + 2\sqrt{h(H-h)})$$

$$= \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^5}{4 \cdot 2330 \cdot 9,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9}} \cdot (0,25 + 2\sqrt{0,25 \cdot 1,5})$$

$$= 0,5255 \cdot 1,4747 = 0,775 \text{ м}$$

42-76-62-84
(191.1)

Задача 4

Беловик

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 103770258694
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
www.fnm.msu.ru

Дано:

$S = 4 \cdot 10^{-4}$
 $\epsilon = 10$
 $\epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
 $d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $\rho = 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$
 $U = 10 \text{ В}$
 $Q = ?$
 $I_{\text{max}} = ?$

$$C = \frac{d}{4}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{S}$$

$$\frac{d}{4} = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{S}$$

$$d = \frac{\epsilon \epsilon_0 d^2}{S} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 40 \cdot 10^{-16} = 4 \cdot 10^{-16} \text{ Ф} \quad 35$$

$$I_{\text{max}} = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho \cdot \frac{d}{S}} = \frac{US}{\rho d} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 20 \cdot 10^{-8} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ А} \quad 35$$

Задача 5

П.к. частица уже сформирована, и не тратит энергию на её нагрев и формирование (плавление), а только на работу против сил тяжести.

т.о., $Q = mg \Delta z$,

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$Q = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g \Delta z =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 125^3 \cdot 10^{-27} \cdot 19300 \cdot 9,8 \cdot 10 \cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1953125 \cdot 19300 \cdot 9,8 \cdot 20 \cdot 10^{-33} =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1953125 \cdot 193 \cdot 9,8 \cdot 2 \cdot 10^{-30} =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1,953 \cdot 193 \cdot 9,8 \cdot 2 \cdot 10^{-24} =$$

$$= 3,095 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

плавление

9

0,5

Задача 8

Юано:

$$L = 4 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$P = 40 \text{ Вт}$$

$$\lambda = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$y = 17 \cdot 10^{-21}$$

$$r = 10^{-6} \text{ м}$$

I - ?

Каждый радиус кода волны, которую создаёт прав. волна по сравнению с обычной сателлитом

$$\Delta d = \frac{L}{y}$$

Каждый Δ сдвиг фаз, который создаёт волна:

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi \Delta d}{\lambda}$$

$$\Delta d = k\lambda$$

$$\frac{L}{y} = k\lambda$$

$$k = \frac{L}{y\lambda}$$

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi L}{y\lambda}$$

Светодетекторная машинка даёт свет на два радиуса по мощности луча,

$$P_g = P_1 \sin \varphi_1 + P_2 \sin \varphi_2 ; P_1 = P_2 = \frac{P}{2}$$

$$P_g = \frac{P}{2} (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$$

т.к. все волны два луча в интерференции, при этом, то

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi_2 = \frac{3\pi}{2}$$

$$P_g = \frac{P}{2} \left(\sin \frac{\pi}{2} + \sin \left(\frac{3\pi}{2} + \Delta \varphi \right) \right) =$$

$$= \frac{P}{2} \cdot \left(1 + \sin \left(\frac{3\pi}{2} + \Delta \varphi \right) \right)$$

$$I = \frac{P_g}{S} = \frac{P_g}{\pi R^2} = \frac{P}{2\pi R^2} \left(1 + \sin \left(\frac{3\pi}{2} + \Delta \varphi \right) \right) =$$

$$= \frac{P}{2\pi R^2} \cdot \left(1 + \sin \left(\frac{3\pi}{2} + \frac{2\pi L}{y\lambda} \right) \right)$$

(h)

Федеральное государственное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
 ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
 ОГРН 1037700258694
 119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
 тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
 www.fnm.msu.ru

$$\frac{mv^2}{2}$$

н.д.

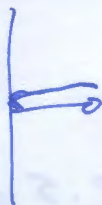
Умножим

$$v = kv$$

$$m \cdot c \frac{mv}{m \cdot c^2} \cdot m = \frac{mv}{c}$$

$$v = \frac{3kv}{2}$$

$$\Delta L = L_0 = 5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$



$$p = mv$$

$$d(mv) = M V^2$$

$$dp = d(mv)$$

$$dp = d(mv)$$

$$dp = d(mv)$$

$$d(mv) = M V$$

$$V = \frac{2d(mv)}{M}$$

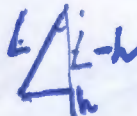
$$\frac{4}{3} \pi R^3 = 6$$

Дано:

L, L

d, v

$$C = \frac{\epsilon_0 d}{s}$$



$$\frac{\left(\frac{2mv^2}{M}\right)^2}{2} = Mgh$$

$$h = \frac{2mv^2}{Mg}$$

$$\frac{2mv^2}{M^2} = 2gh$$

$$\frac{2mv^2}{M^2} = gh$$

$$\sqrt{L - (L-h)}$$

$$\sqrt{L - (L^2 - 2Lh + h^2)}$$

$$\sqrt{2Lh + h^2}$$

$$L = \sqrt{2} \sqrt{2lh + h^2} \approx \sqrt{2} \sqrt{2lh}$$

$$h = \frac{d m^2 v^2}{M g}$$

20

$$m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$d = 100 \mu\text{m} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 10^{-4} \text{ м}$$

$$= 10^{-5} \cdot 10^{-2} \text{ м} = 10^{-7} \text{ м}$$

$$0,1 \text{ мм} = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$= 0,1 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-5}$$

$$m = \frac{4}{3} \pi \cdot (10^{-5})^3 \cdot 2,8 = 32,656 \cdot 10^{-15} \text{ кг}$$

$$= 32,656 \cdot 10^{-18} \text{ кг}$$

$$L = \sqrt{\frac{2 \cdot (32,656 \cdot 10^{-18})^2 \cdot 20^2}{40^2 \cdot 9,8} \cdot 2 \cdot 5}$$

$$= L = \sqrt{2lh} = \sqrt{\frac{2L \cdot 2m^2 v^2}{M^2 g}} = \frac{2mv^2}{M} \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$= \frac{2 \cdot 32,656 \cdot 10^{-18}}{40} \cdot \sqrt{\frac{5}{9,8}}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,7143 \cdot 32,656 \cdot 10^{-18}}{40}$$

$$= 1,17 \cdot 10^{-18} \text{ м}$$

$$L_0 = 5 \cdot 10^{-18}$$

$$1: 42,7$$

37

$h = 0,25 \text{ м}$

$\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

$P = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$

$H = 1,75 \text{ м}$

$g = 2330 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$V = \frac{4}{3} \pi R^3$

$m = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$

$S = \pi R^2$

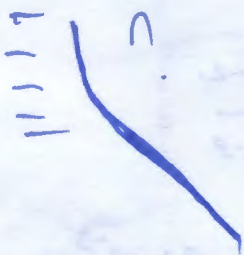
$F = P \cdot S = \pi R^2 P$

$ma = F$

$a = \frac{F}{m} = \frac{\pi R^2 P}{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho} = \frac{3P}{4\rho R}$

$\frac{h}{a} = \frac{h}{\frac{3P}{4\rho R}} = \frac{4\rho R h}{3P}$

$k = \frac{v}{c} = \frac{h}{m \cdot c} = \frac{h}{\frac{h}{a} \cdot c} = \frac{a}{c}$



$h = \frac{a t^2}{2}$

$2h = a t^2$

$\frac{2ah}{a} = t^2$

$t^2 = 2h$

$g t^2 = 2h$

$t^2 = \frac{2h}{g}$

$S_1 = v_1 t = a \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$S_2 = a \frac{t^2}{2} = \frac{a \cdot 2h}{2g} = \frac{ah}{g}$

$S_1 + S_2 =$

$= \frac{ah}{g} + \frac{2a}{g} \sqrt{h(k-h)}$

$= \frac{a}{g} (h + 2\sqrt{h(k-h)}) =$

$= \frac{3P}{4g\rho R} \cdot (h + 2\sqrt{h(k-h)}) =$

$= \frac{4 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 2330 \cdot 9,8 \cdot 2,5 \cdot 10^3} \cdot (0,25 + 2\sqrt{0,25 \cdot 1,5}) = 0,774978 \text{ м}$

$h(k-h) = (k-h)h$

$k-h = \frac{g t^2}{2}$

$2(k-h) = g t^2$

$t^2 = \frac{2(k-h)}{g}$

$S_2 = v_1 t = a \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2(k-h)}{g}} =$

$= \frac{2a}{g} \sqrt{h(k-h)}$

$$C = \frac{q}{U} \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{s}$$

$$\frac{q}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{s}$$

$$q = \frac{\epsilon \epsilon_0 d U}{s} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 200 \cdot 10^{-9}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{16 \cdot 10^{-24} \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 200 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{(4 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{16 \cdot 10^4 \cdot 10^{-24}}{16 \cdot 10^{-4}} = 10^{-16} \text{ Ф}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho \cdot \frac{d}{s}} = \frac{U s}{\rho d} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{10^{-7} \cdot 200 \cdot 10^{-9}}$$

$$= \frac{40 \cdot 10^{-5}}{200 \cdot 10^{-2}} = 0,2 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ А}$$

$$V = 125 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$$

$$(F_{\text{up}} - F_{\text{g}}) \cdot m \cdot C + m \cdot \lambda = Q_1$$

$$Q_2 = \Delta Z m \rho$$

$$Q_2 = m [\Delta Z \cdot g + (F_{\text{up}} - F_{\text{g}}) \rho C + \lambda] =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (125 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 19300 [20 \cdot 10^{-6} \cdot 9,8 +$$

$$+ 264 \cdot 129 +$$

$$+ 67000]$$

$$1,578 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-27} \cdot [165556]$$

$$1,578 \cdot 10^{-16} \cdot 165556 = 261,25 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

42-76-62-84
(191,1)

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 1037701258664
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0398
www.fnm.msu.ru

Черновик

$$L$$

$$\Delta d = \frac{L}{\gamma}$$

$$\Delta d = k\lambda$$

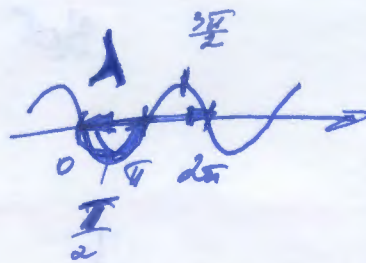
$$P_{\Sigma} = \frac{P}{2}$$

$$P_{\Sigma} = P_{12} \cdot \sin(\varphi)$$

$$\frac{L}{\gamma} = k\lambda$$

$$S = \pi r^2$$

$$I = \frac{P}{S_p}$$



$$k = \frac{L}{\gamma \cdot \lambda}$$

ρ, v

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi L}{\gamma \lambda} =$$

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot \sin \varphi_1 + P_2 \cdot \sin \varphi_2$$

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2}, \varphi_2 = \frac{3\pi}{2}$$

$$= \frac{2\pi \cdot 4 \cdot 10^3}{(1+10^{-21}) \cdot 10^{-6}} =$$

$$= \frac{8\pi \cdot 10^3 \cdot 10^9}{1+10^{-21}} =$$

$$\Delta \varphi = k \cdot \Delta x =$$

$$= \frac{2\pi L}{\gamma \lambda}$$



$$c = \lambda \nu$$

$$= \frac{8\pi \cdot 10^9}{1+10^{-21}}$$

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot \sin(\varphi_1 + \Delta \varphi) + P_2 \cdot \sin(\varphi_2) =$$

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

$$d = \frac{k \lambda}{\sin \alpha}$$

$$d = \frac{k \lambda}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{P}{2} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi L}{\gamma \lambda}\right) + \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right) \right) =$$

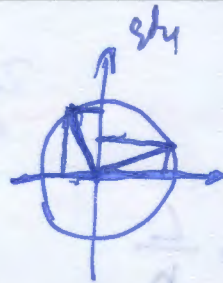
$$= \frac{P}{2} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi L}{\gamma \lambda}\right) - 1 \right)$$

$$= \frac{8\pi \cdot 10^9 - 8\pi \cdot 10^9 (1+10^{-21})}{2(1+10^{-21})} \approx \frac{8\pi \cdot 10^9 \cdot 10^{-21}}{2(1+10^{-21})} \approx 8\pi \cdot 10^9 \cdot 10^{-21} =$$

$8\pi \cdot 10^9 \cdot 10^{21} \quad 8\pi \cdot 10^{-12}$

$\Delta \varphi$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + 8\pi \cdot 10^{-12}\right) = \cos(8\pi \cdot 10^{-12})$$



$\rho = \frac{ka}{ka + b}$

ЗКС

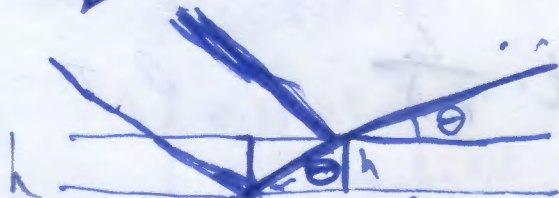
$\rho_{in} = \frac{ka}{ka + b}$

$\frac{ka}{ka + b}$

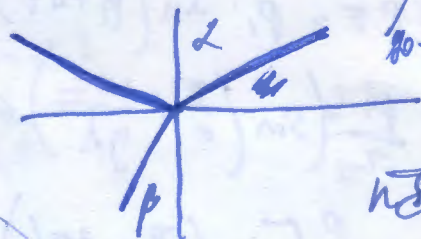
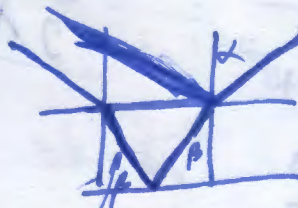
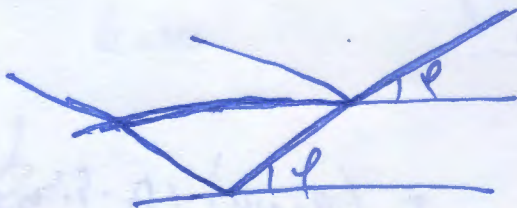
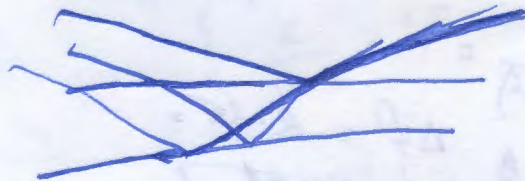
$\frac{ka}{ka + b}$



$\frac{ka}{ka + b}$



$\frac{h}{n} = \frac{h}{c} = \sin \theta$
 $\frac{h}{\sin \theta} = c$



$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$

$\sin \alpha = n \sin \beta$
 $\sin 2^\circ = n \sin 30^\circ$
 $\sin 2^\circ = n$

$$2d \sin \alpha = \frac{2h}{\sin \alpha}$$

$$\frac{2h}{\sin \alpha} = \lambda$$

$$h = \frac{\sin \alpha \lambda}{2}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\sin \alpha_1 \lambda}{\sin \alpha_2 \lambda}$$

$$\frac{2h}{\sin \alpha} = k \lambda$$

$$\frac{2h}{\sin \alpha k} = \lambda$$

~~$$\frac{20}{0.0087} = \dots$$~~

~~$$\frac{20}{0.0087} = \dots$$~~

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

$$d \cdot 0,030539 = 10 \lambda$$

$$\lambda = 327,45$$

$$d \cdot 0,02727 = 9 \lambda$$

$$\lambda = 330$$

$$\frac{0,030539}{0,02727} = \frac{k}{k-1}$$

$$\frac{k}{k-1} = 1,1199$$

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

$$d \sin \frac{3,5}{2} = k \lambda$$

$$d \sin \frac{3,875}{2} = (k+1) \lambda$$

$$d \sin \frac{3,125}{2} = (k-1) \lambda$$

$$\frac{\sin 1,75}{\sin 1,9375} = \frac{k}{k+1}$$

$$\frac{0,030539}{0,033809} = \frac{k}{k+1}$$

$$\frac{k+1}{k} = 1,1107$$

$$k = 10$$

$$k+1 = 11$$

$$k-1 = 9$$

Верхняя граница.

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

$$d \sin \frac{\alpha}{2} = k \lambda$$

$$d \sin \frac{3,1875}{2} = (k+1) \lambda$$

$$?$$

$$d \sin \frac{\alpha}{2} = k \lambda$$

$$d \sin \frac{2,25}{2} = (k+1) \lambda$$

$$d \sin \frac{1,8125}{2} = (k-1) \lambda$$

$$d \sin \frac{3}{2} = k \lambda$$

$$d \sin \frac{\alpha}{2} = (k-5) \lambda$$

$$d \sin \frac{\alpha}{2} = (k+5) \lambda$$

$$k+5 = 1,333k$$

$$k = 1,5k - 7,5$$

$$k = 10$$

~~$$\frac{d}{\lambda}$$~~

$$d \cdot 0,02618 = 15 \lambda$$

$$\frac{d}{\lambda} \approx 572,9$$

$$d \cdot 0,02618 = k \lambda$$

$$d \cdot 0,01745 = (k-5) \lambda$$

$$d \cdot 0,034899 = (k+5) \lambda$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{k+5}{k} = 1,333 \\ \frac{k}{k-5} = 1,5 \end{array} \right.$$

$$\frac{3k+15}{k} = 4$$

$$3k+15 = 4k$$

$$3k = k - 5$$

$$k = 15$$

$$\frac{2k}{k-5} = 3 \quad 2k = 3k - 5$$

$$k = 5$$