

# Оптика 1. Геом. оптика

Консультация №4

$$n = \sqrt{\epsilon \mu}, \mu = 1 \text{ (почти всегда)}$$

$$\text{Опт. путь } L_{\text{опт}} = n_1 l_1 + n_2 l_2$$

Принцип Гюйгенс-Френеля: каждый опт. путь г.д. **эквивалентен** фронсу волны линзы.

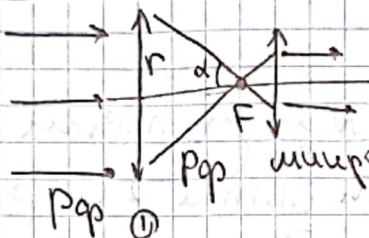
$$\text{Фронт волны линзы: } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$a < 0 \Rightarrow$  мнимый из. (сход. пучок)

$b < 0 \Rightarrow$  мнимое изображение

$f < 0 \Rightarrow$  рассеивающая линза

4А(2019)



свет-поток фотонов  $\Rightarrow$   $\Rightarrow$  давит на стенки.

после прох. и/л ① излучение

фотонов не излучает.

справа и слева - вакуум.

Уш. напря.

$r \ll F$  //  $\omega \mu \rho$

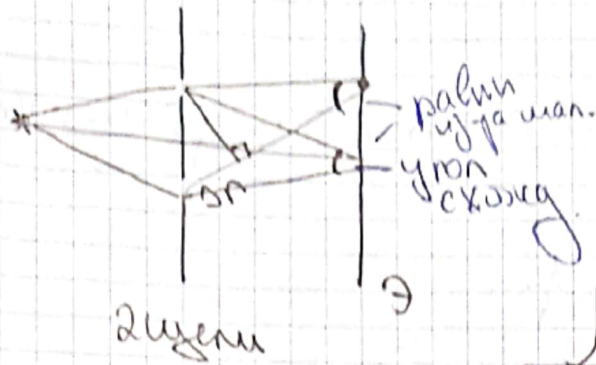
$$\Delta p_{\perp} = p(1 - \cos \alpha) = p_F \cdot \frac{1}{2} \alpha^2 = \frac{p_F}{2} \left( \frac{r}{F} \right)^2 = \frac{E}{c}$$

$$\text{Умтмб} - E/(tS) = \frac{\Delta p_{\perp}}{t} \cdot \frac{E}{S}$$

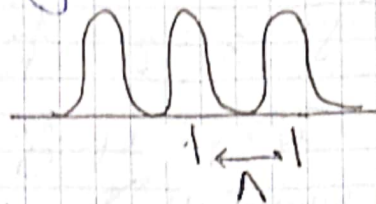
$$f_{\perp} = \frac{I}{c} \int_0^R 2\pi r dr \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{r}{F} \right)^2 = \frac{I}{c} \cdot \frac{\pi R^4}{4F^2} = 2,6 \cdot 10^{-17} \text{ Н}$$

$$t = \sqrt{\frac{2r}{a}}$$

# Интерференция Схема Юнга



утол. экватор макс.  
 $\Delta = \frac{\lambda}{\alpha}$   
 $\Delta = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha / 2}$   
 $\alpha \ll 1$

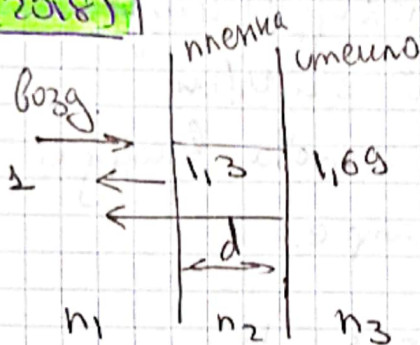


$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos k\Delta$$

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

$$I \sim E^2$$

ЗА(2018)



поиск толщины пленки  
 так, чтобы инт-д 2 отр.  
 был равен 0 - просветление  
 оптики

1)  $r_{12} = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$  - коэф. отр. 12

$$r_{23} = \frac{n_3 - n_2}{n_3 + n_2}$$

Для  $E = 0$  ( $I = 0$ )  $r_{12} = r_{23}$  ( $r_{12} A_0 = A_{12} = A_{23} = r_{23} A_0$ )

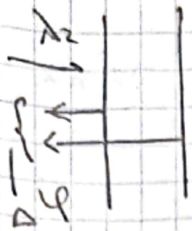
отр. волн

$$\Rightarrow n_2 = \sqrt{n_1 n_3}$$

2)  $k\Delta = 2\pi m$  ( $\Delta = \lambda m, m \in \mathbb{Z}$ ) - макс  $I_z$  (макс. инт. по лучу)  
 $k\Delta = \pi m \Rightarrow \Delta = \frac{\lambda}{2} m, m \in \mathbb{Z} \Rightarrow \min. I_z$  (мин. инт. по лучу)  
 $2dn_{nn} = \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow d = \frac{\lambda_1}{4n_{nn}}$  (где  $\lambda_1, I_z = 0$ )



3)  $\lambda_2$ :  $\Delta\varphi_2 = 2k_2 n_{nn} d = \frac{4\pi}{\lambda_2} n_{nn} \cdot \frac{\lambda_1}{4n_{nn}} = \pi \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{3}{2}\pi$



$\Rightarrow \frac{I_{\text{отр}}}{I_0} = r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos \Delta\varphi_2 = 2 \left( \frac{n_{nn}-1}{n_{nn}+1} \right)^2 \sim 3\%$

25(2010) Плазма.

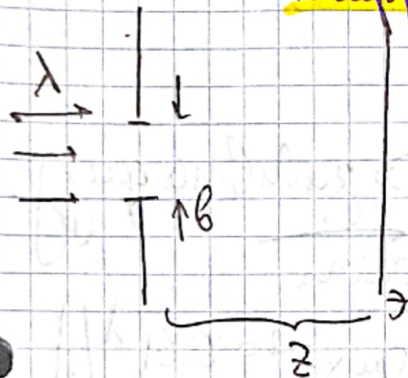
$\omega_p = \frac{4\pi N e^2}{m_e} \sim 1,8 \cdot 10^7 \text{ Гц} \ll \omega = 10^9 \text{ Гц} \Rightarrow$

$n(\omega) = \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2} \approx 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2$

$\Delta\varphi = \omega \Delta t = \omega \left( \frac{H}{c} - \frac{H}{v} \right) = \frac{\omega H}{c} (1 - n) \approx \frac{4,2}{2} \text{ рад}$

На сколько больше сдвиг. лит. картина:  $\Delta = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = 0,6$

Дифракция



волновой параметр

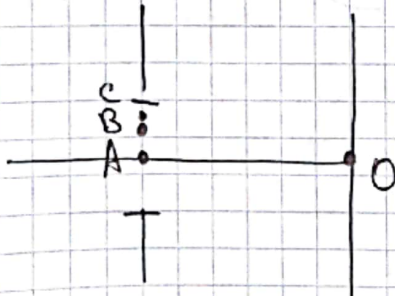
$p = \frac{\sqrt{\lambda z}}{b}$

•  $p \ll 1 \Rightarrow$  геом. опт. ( $\lambda \sim 0$ )

•  $p \sim 1 \Rightarrow$  Френель

•  $p \gg 1 \Rightarrow$  Фраунгофер

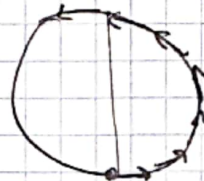
Френель — Гюйгенс Френель: Кт. ул. до волны



AO

$BO > AO \Rightarrow$  лев. нек. сдвиг фазы

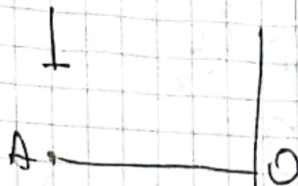
$CO > BO \Rightarrow$  еще сдвиг фазы



1 зона Френеля  $\Delta\varphi = \pi$

2 —//—  $\Delta\varphi = 2\pi$

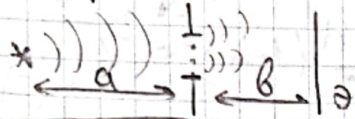
Равномер. освещение: в свобод. прве  $\sim$  много зон отщ.



отсюда светит в О  
на такую же,  
как и у А

$$r_n = \sqrt{n\lambda \frac{ab}{a+b}}$$

полюс  $\Rightarrow a \rightarrow \infty$



$\Rightarrow$  можно оценить I  
в фокусе линзы.

Линза: в в-ра

распределено

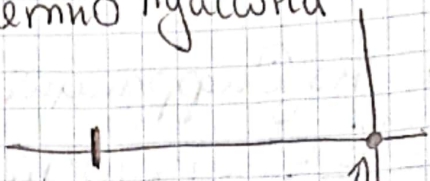
поддерживаю форму, чтобы  
 $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$

спираль



равномерная

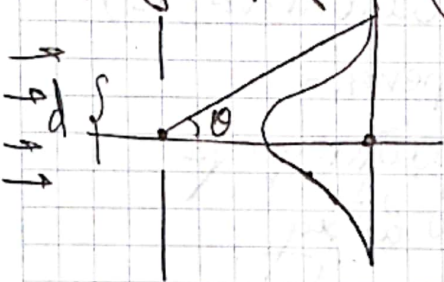
// почти нулевая



диск  
23 пр.

засветка, т.к.  
выкинули 1 круг,  
и так на что  
не вынес

Рациональный



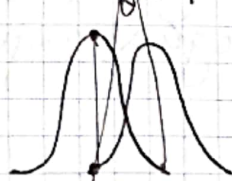
лучи от и.а.  $\Rightarrow$  забив на форму.

$$\theta = \frac{\lambda}{d}$$

если диаметр круглая  $\theta = 0,61 \lambda / d$   
(при Бесселе)

Крит. Реле

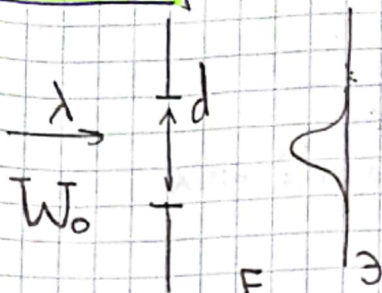
$$\theta = \lambda / d$$



Хуже  $\Rightarrow$  неразн



3A (2007)



$S \rightarrow 2S$

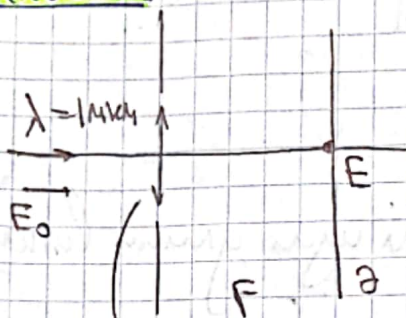
$$r_{\theta} = \frac{1}{d} \cdot F$$

$$W_0 = IS \sim E^2 S \quad \text{с тем же } n \text{ и } \lambda \text{ в 2 р.}$$

$$\frac{E_{\text{нов}}^2}{E_0^2} = \frac{2W_0/S_{\text{нов}}}{W_0/S_0} = \frac{(1/d_2 F)^2}{W_0/(\frac{1}{d_1} F)^2}$$

$$= 2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 = 4$$

2A (2008)

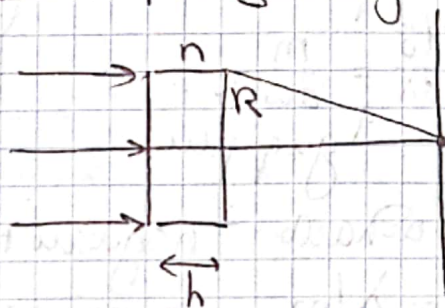


гипотенуза,  
диск тонкий  $h = 0,5 \text{ см}$ .  
 $n_0 = 1,5$  вверх  
 $n = 1,1$  вниз

$R \ll F$

$$n_0 h + F = nh + \sqrt{F^2 + R^2}$$

$$n_0 h = nh + \frac{R^2}{2F} \Rightarrow F = \frac{R^2}{2(n_0 - n)h}$$



① Фраунгофер

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{\frac{I}{I_0}} = \frac{R}{r_{\theta}} =$$

$$0,61 \frac{\lambda}{d} F$$

$$= \frac{2(n_0 - n)h}{0,61\lambda} = 6500$$

② Френель.

Сколько зон Френеля откуп?

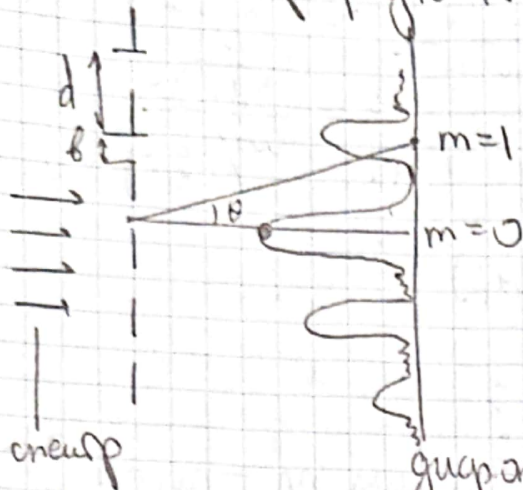
$$R = \sqrt{m\lambda F} \Rightarrow m = \frac{2(n_0 - n)h}{\lambda} = 4000$$

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{m} = 13000$$

для оценки порн.

## Спектр. прибор

(раскл. набор разных длин волн)



$$d \sin \theta = m \lambda$$

напр-е на  $m$ -й макс.

дискрет период. интерр  
и от угла

## Хар-ки спектр. приборов

1) Ум. дисперсия (насколько угл. укл при угл. длин волн)

$$D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \theta}$$

↑  
дисперсия

2) Дисп. способ - падает на решетку набор  $\lambda_1 \dots \lambda_n \Rightarrow$   
 $\Delta \lambda = \lambda / m \Rightarrow m$ -й пик

показ, будет ли перекрытие полос  
от  $\lambda$  и  $\lambda + \Delta \lambda$

$$|\lambda_1 - \lambda_2| < \Delta \lambda \Rightarrow \text{разреш.}$$

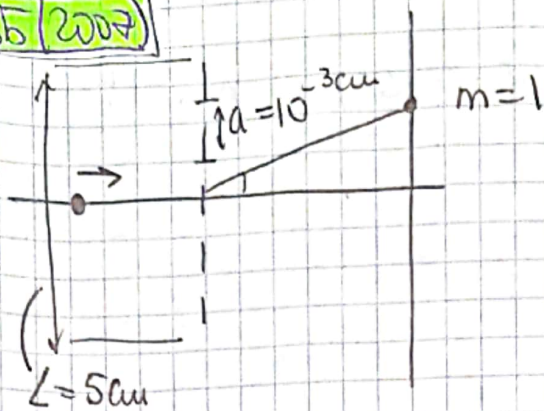
3) Разреш. способ - насколько хорошо разр. 2 длины волн

$$R = \frac{\lambda}{\delta \lambda} = m N$$

г.р. ↑  $\pm 1/d$



35 (2007)



Когда можно получить 2-й максимум в 1-м max.

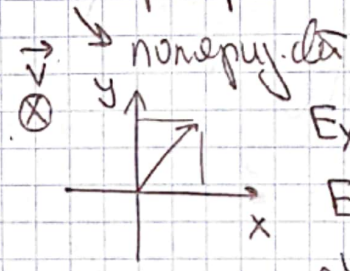
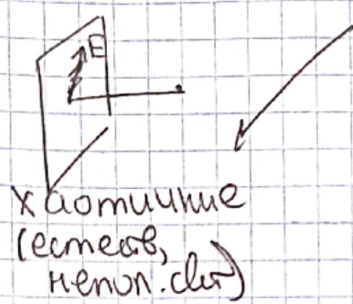
$$R = mN = \frac{L}{a} = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

Эффект Доплера (перен)

$$\lambda = \lambda_0 (1 + v/c), \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{1 - v/c} = \lambda_0 / (1 - v/c) \Rightarrow \frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \Rightarrow \frac{a}{L} = \frac{v}{c} \Rightarrow v = 2 \cdot 10^{-4} \text{ c} //$$

### Поларизация

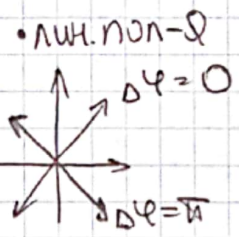
Свет - ЭМ волна. Вплотн 1 распр



$$E_x = E_{0x} \cos \omega t$$

$$E_y = E_{0y} \cos(\omega t + \Delta\varphi)$$

$\Delta\varphi = \text{const} \Rightarrow$  поларизован



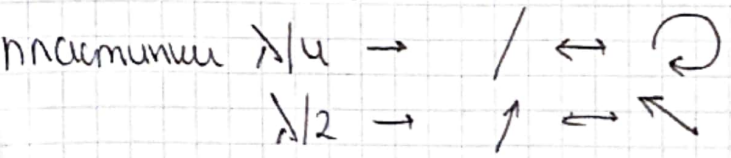
• линейно-д  $\Delta\varphi = 0$   
• круговое поле  $\Delta\varphi = \pi/2, 3\pi/2$

Получение ч/у поля:

отразить ЭМ волну под углом Брюстера

пропустить ч/у поля на кристалл  
нейтрон. кристалл  
свет расщ. на 2

Получение поля: в кристалле путь вдоль 1-го обнм. осей



ЗРБ (2007)



$\frac{3}{4} I_0$

$\alpha$ -доля мн. пог. - ?

мн. пог.  
+  
естеств.

Потеря энергии в виде  $\frac{1}{2} I_0$  естеств. ( $\langle \cos^2 \rangle = \frac{1}{2}$ )

После преломления и поглощения:

$$\frac{3}{4} I_0 = \underbrace{\alpha I_0}_{\text{мн. пог.}} + \underbrace{(1-\alpha) \frac{I_0}{2}}_{\text{естеств. преломление}}$$

Реш задачи по оптике - в 2-х пр.  
переводимых в задачи.