

9.8. (2) Зонная пластинка состоит из трех наложенных друг на друга соосных цилиндров, изготовленных из стекла с показателем преломления  $n$  и имеющих одинаковые высоты  $h$  и радиусы  $r_1 = 2$  мм,  $r_2 = 4$  мм и  $r_3 = 6$  мм. Определить максимальное фокусное расстояние  $f_{\max}$  пластинки для света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Указать, при какой толщине  $h$  интенсивность в фокусе будет наибольшей. Какова величина интенсивности  $I_{\max}$  в этом случае, если интенсивность падающего света равна  $I_0$ ?

Литература

Г.С. Ландсберг. Оптика. М.: Наука, 1976, гл. 8, §§ 34, 35.

$$r_1 = 2 \text{ мм}$$

$$r_2 = 4 \text{ мм}$$

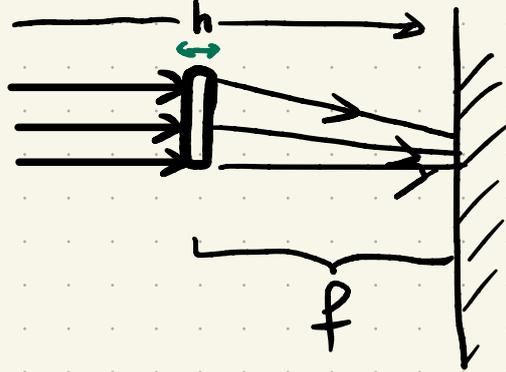
$$r_3 = 6 \text{ мм}$$

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$n = 1.5$$

$$f_{\max} - ? \quad I_{\max} - ?$$

1) Рассмотрим падение плоских волн на 1 стекленную пластину.



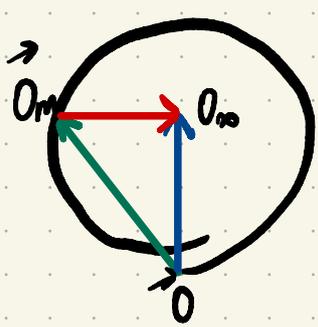
Соотношение между радиусом и кол-вом зон Френеля:  $m = \frac{R^2}{\lambda f}$

Имеем разность фаз:

$$\Delta\varphi = \omega \Delta t = \omega \left( \frac{hn}{c} - \frac{h}{c} \right) = \omega \frac{h}{c} (n-1) =$$

$$= k h (n-1) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot h \cdot (n-1)$$

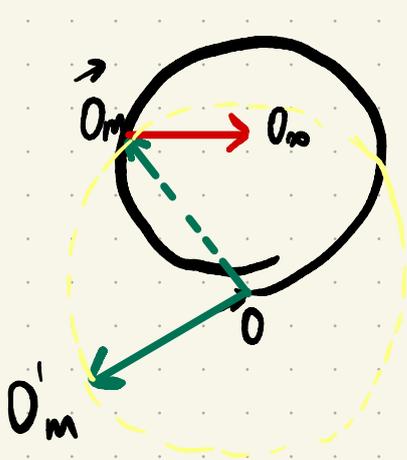
Пусть пластина покрывает 1,5 зона  $\varphi$ .



$$u(P) = \vec{OO}_m + O_m \vec{O}_0 = \vec{OO}_0$$

← это если пластина кем

Когда есть пластина - есть разность фаз.  $\Rightarrow OO_m$  повернется на  $\Delta\varphi$



$$u(P) = \vec{OO}'_m + O_m \vec{O}_0$$

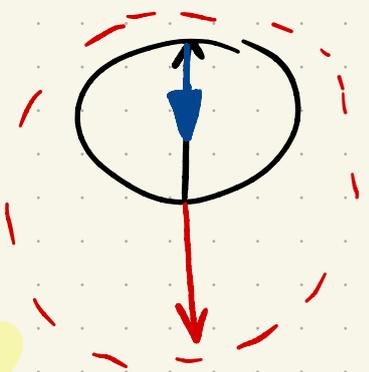
Найдем макс. интенсивность:  $\vec{OO}'_m \uparrow \uparrow O_m \vec{O}_0$   
 $O_m \vec{O}_0 \rightarrow \text{max при } m - \text{мм.}$

Возьмем  $m$  - нечетн.  $m = 1, 3, 5 \dots 2l+1$

$$|OO_m| = 2 |OO_0| = 2\sqrt{I_0}$$

$$\Delta\varphi = \pi, 3\pi, \dots (2q+1)\pi$$

$$\Rightarrow f = \frac{2\pi}{\lambda f} = \frac{2\pi}{\lambda(2l+1)} \quad h = \frac{\lambda(2q+1)}{2(n-1)}$$



2) Теперь 3 пластины:

$$m_1 = \frac{r_1^2}{\lambda f}$$

$$m_2 = \frac{r_2^2}{\lambda f}$$

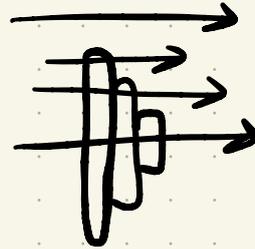
$$m_3 = \frac{r_3^2}{\lambda f}$$

$$m_2 = 4m_1 \quad m_3 = 9m_1$$

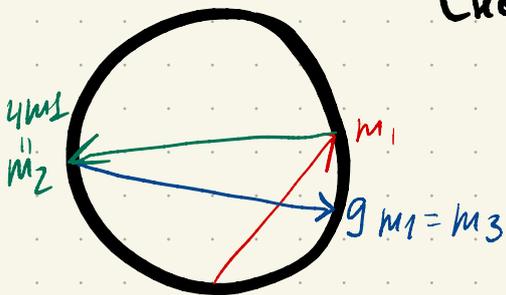
$$\Delta\varphi_{01} = k(n-1)3h = 3\Delta\varphi_0$$

$$\Delta\varphi_{12} = k(n-1)2h = 2\Delta\varphi_0$$

$$\Delta\varphi_{23} = k(n-1)h = \Delta\varphi_0$$

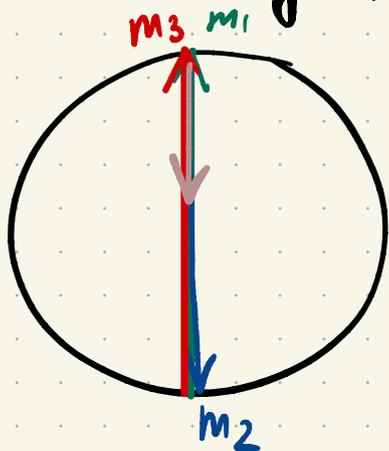


Снова без пластинок



С пластиной поворачиваем катг. вектор.

Снова подбираем:



$m_1$  - черная

$$\Delta\varphi_{23} = \Delta\varphi_0 = \pi$$

$m_2$  - черная

$$\Delta\varphi_{12} = 2\Delta\varphi_0 = 2\pi$$

$m_3$  - черная

$$\Delta\varphi_{01} = 3\pi$$

Для  $f_{\max}$

$$m_1 = 1, m_2 = 4,$$

$$m_3 = 9$$

$$\Rightarrow f_{\max} = \frac{r_1^2}{m_1 \lambda} = \frac{2^2 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = \frac{4}{5} \cdot 10^0 = 8 \text{ м.}$$

$$I_{\max} = (3 \cdot 2\sqrt{I_0} + \sqrt{I_0})^2 = 49 I_0$$