

15.02– 21.02	3	Интерференция монохроматических волн	3.3 01 02
-----------------	---	---	-----------------

§3.3.

**3.3.** Найти длину волны  $\lambda$  монохроматического излучения, если в опыте Юнга расстояние от центральной полосы до первого интерференционного максимума  $x = 0,05$  см. Данные установки (рис. 386):  $a = 5$  м,  $d = 0,5$  см.

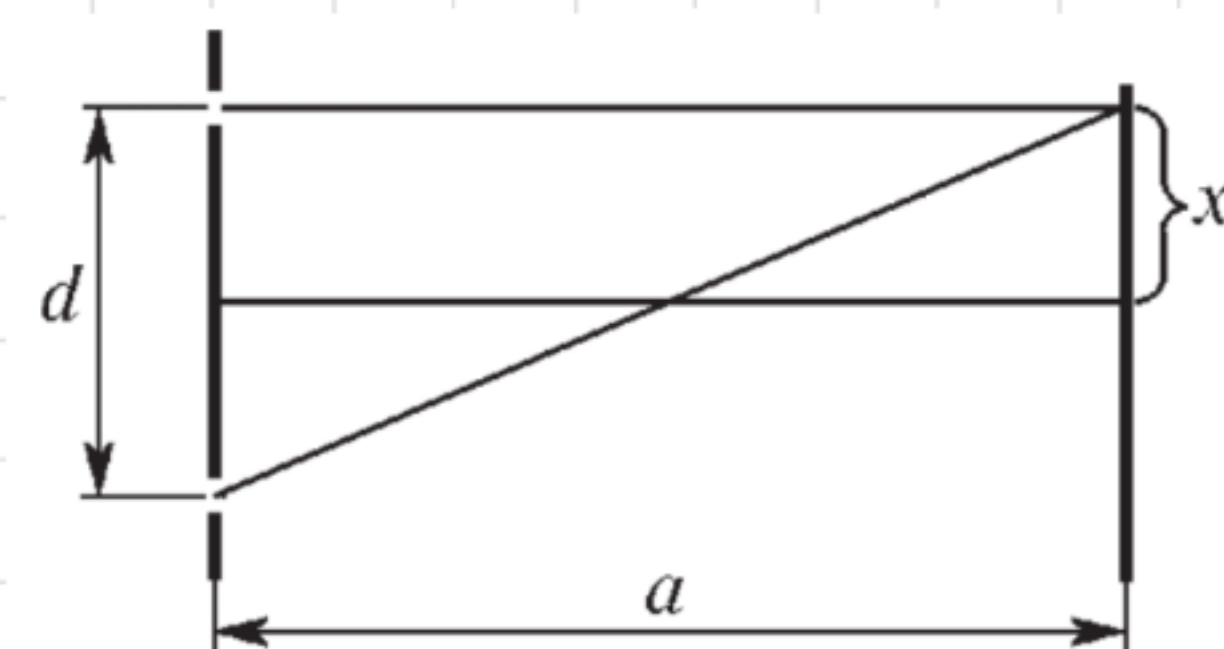


Рис. 386

Дано:

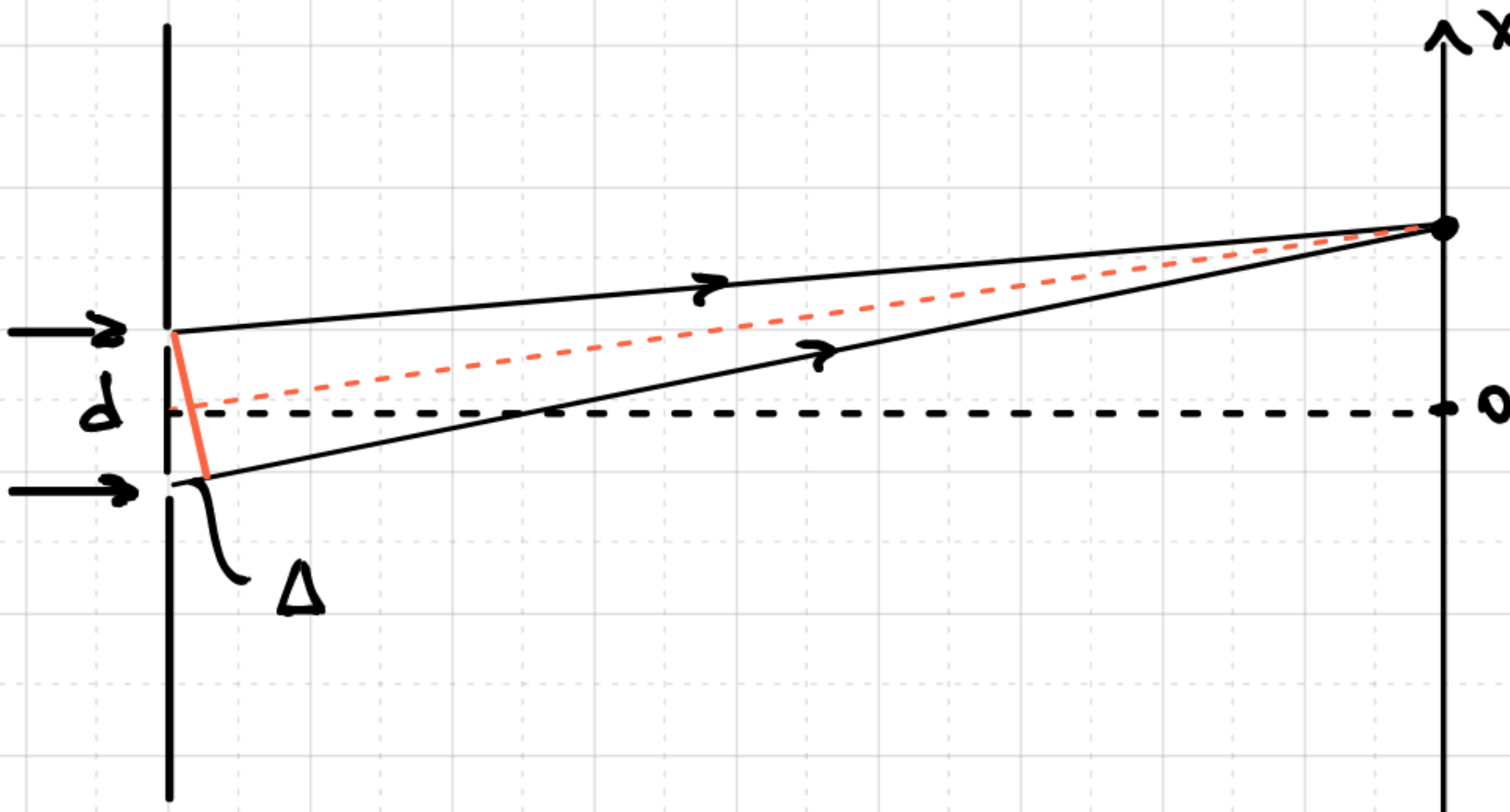
$$x = 0,05 \text{ см}$$

$$d = 0,5 \text{ см}$$

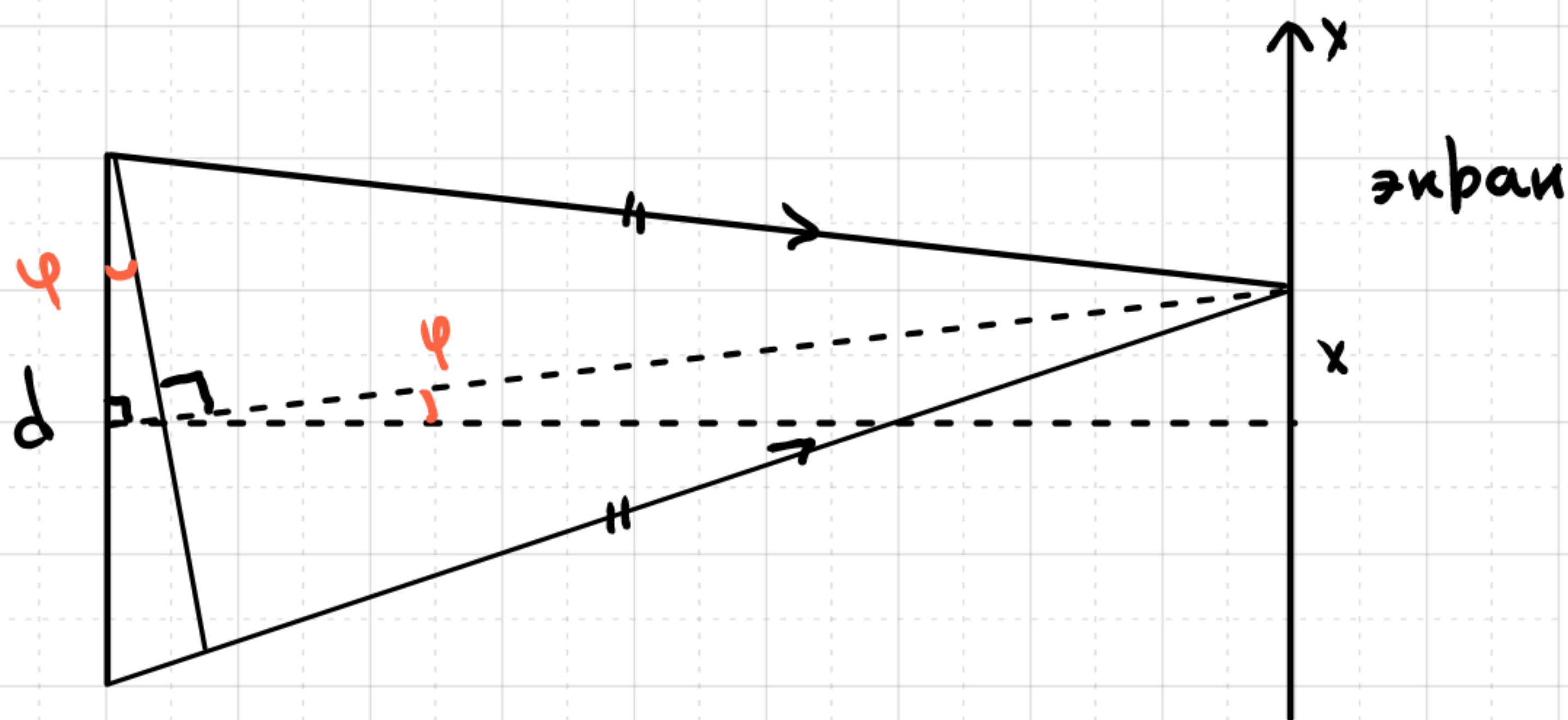
$$a = 5 \text{ м}$$

$$\lambda = ?$$

Решение:



Максимумы  $\Leftrightarrow$  оптическая разность хода лучей  $\Delta = n\lambda$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$



$$\Delta \approx d \sin \varphi = n\lambda = \lambda \quad (n=1 - \text{первый максимум}).$$

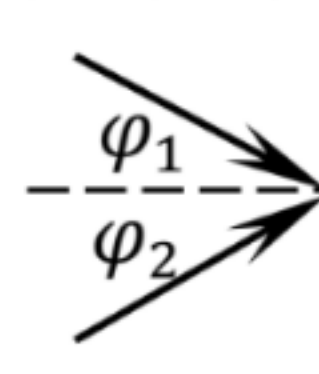
$$\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{x}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{dx}{a} = \frac{0,5 \cdot 0,05}{5} \cdot 10^4 = \frac{5 \cdot 5 \cdot 10^7}{5} = 5 \cdot 10^7 \text{ м} = 500 \text{ нм}$$

Ответ: 500 нм



51°

1. На экран падают две плоские волны с равными амплитудами  $A$  под малыми углами  $\varphi_{1,2} = \pm 0,01$  рад. Длина волны  $\lambda = 500$  нм, нормаль к экрану и волновые векторы волн лежат в одной плоскости, см. на экране. Определите ширину интерференционных полос (см. рисунок).

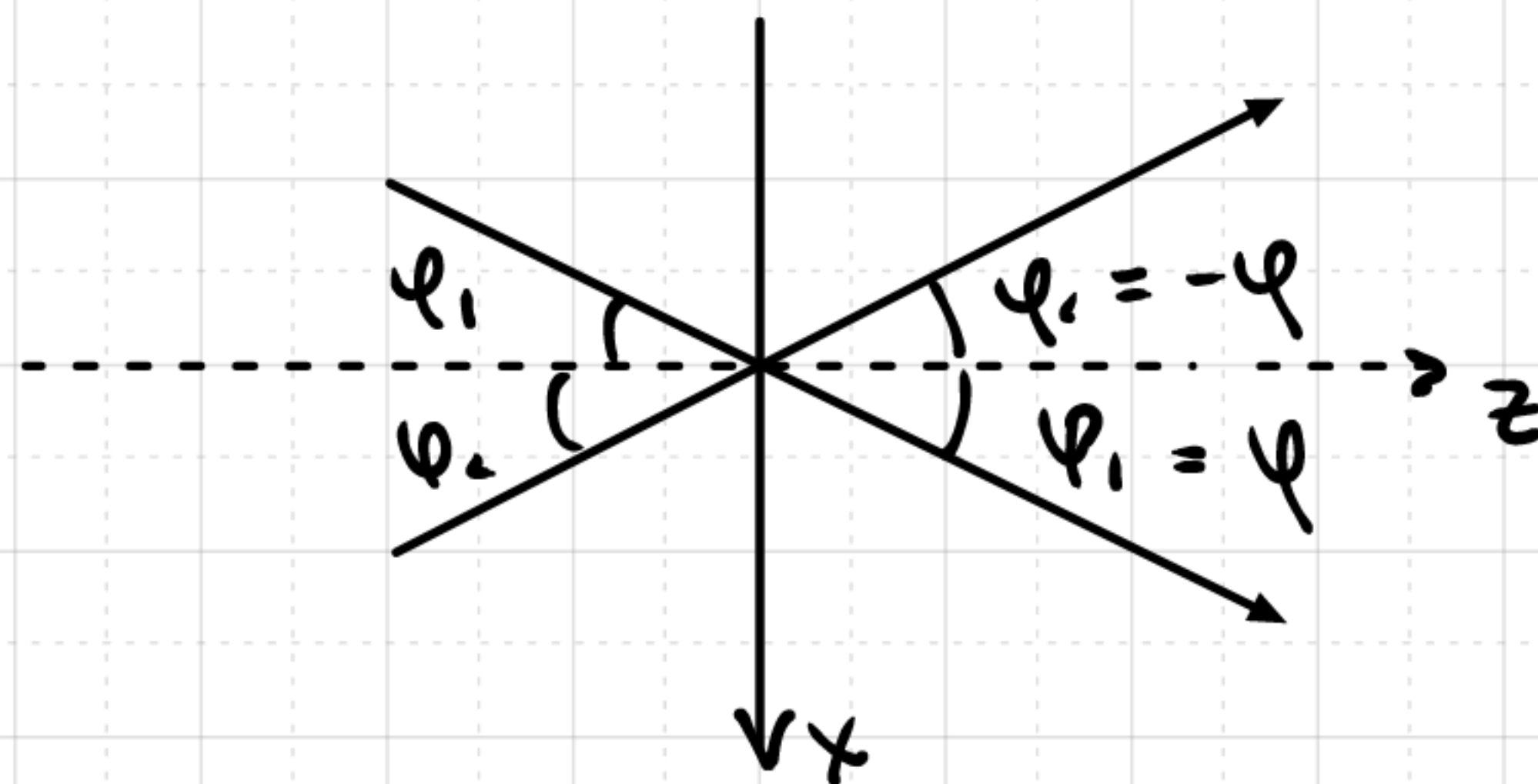


Ответ: 25 мкм.

Дано:  
 $\varphi_{1,2} = \pm 0,01 \text{ рад}$   
 $\lambda = 500 \text{ нм}$   
 $\Delta = ?$

Решение:

$$\varphi = 0,01 \text{ рад}$$

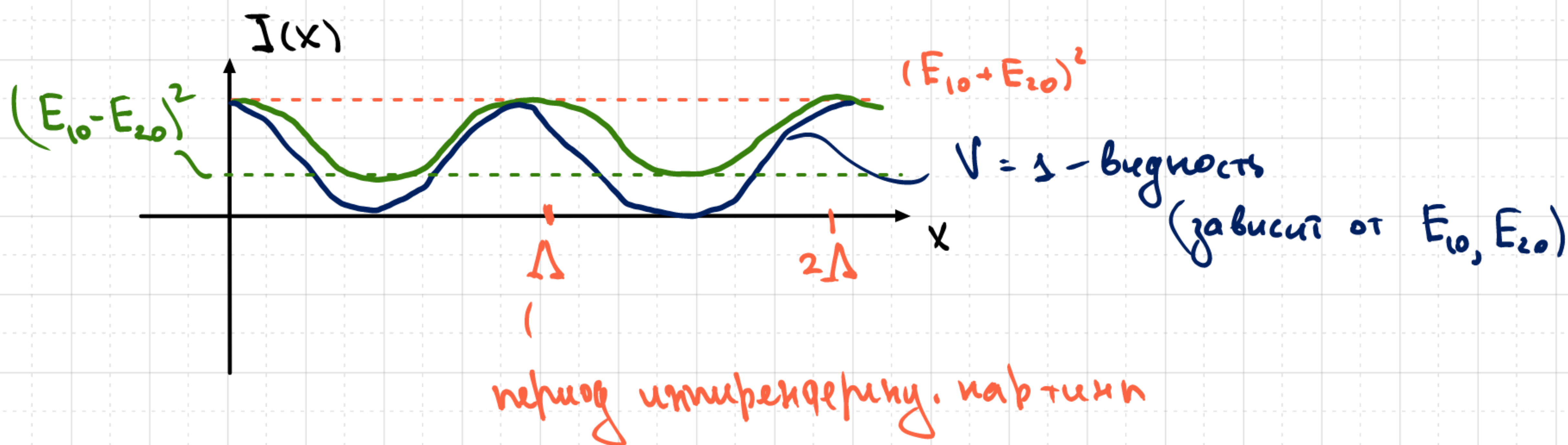


$$E_1 = E_{10} e^{-ikx \sin \varphi_1}, \quad E_2 = E_{20} e^{-ikx \sin \varphi_2} \rightarrow \text{эффективные значения напряженностей}$$

$$I(x) = (E_1 + E_2)(E_1 + E_2)^* = I_1 + I_2 +$$

$$+ E_{10} E_{20} (e^{-i(kx \sin \varphi_1 - kx \sin \varphi_2)} + e^{i(kx \sin \varphi_1 - kx \sin \varphi_2)}) =$$

$$= I_1 + I_2 + 2E_{10} E_{20} \cos[kx(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)] = E_{10}^2 + E_{20}^2 + 2E_{10} E_{20} \cos \frac{2\pi}{\Delta} x$$



$$\text{как видно, } \frac{2\pi}{\Delta} = k(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2) = 2k \sin \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \Delta = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi} \approx \frac{500}{2 \cdot 0,01} =$$

$$= 250 \cdot 10^3 \text{ нм} = 25 \text{ мкм}$$

Ответ: 25 мкм,



§30

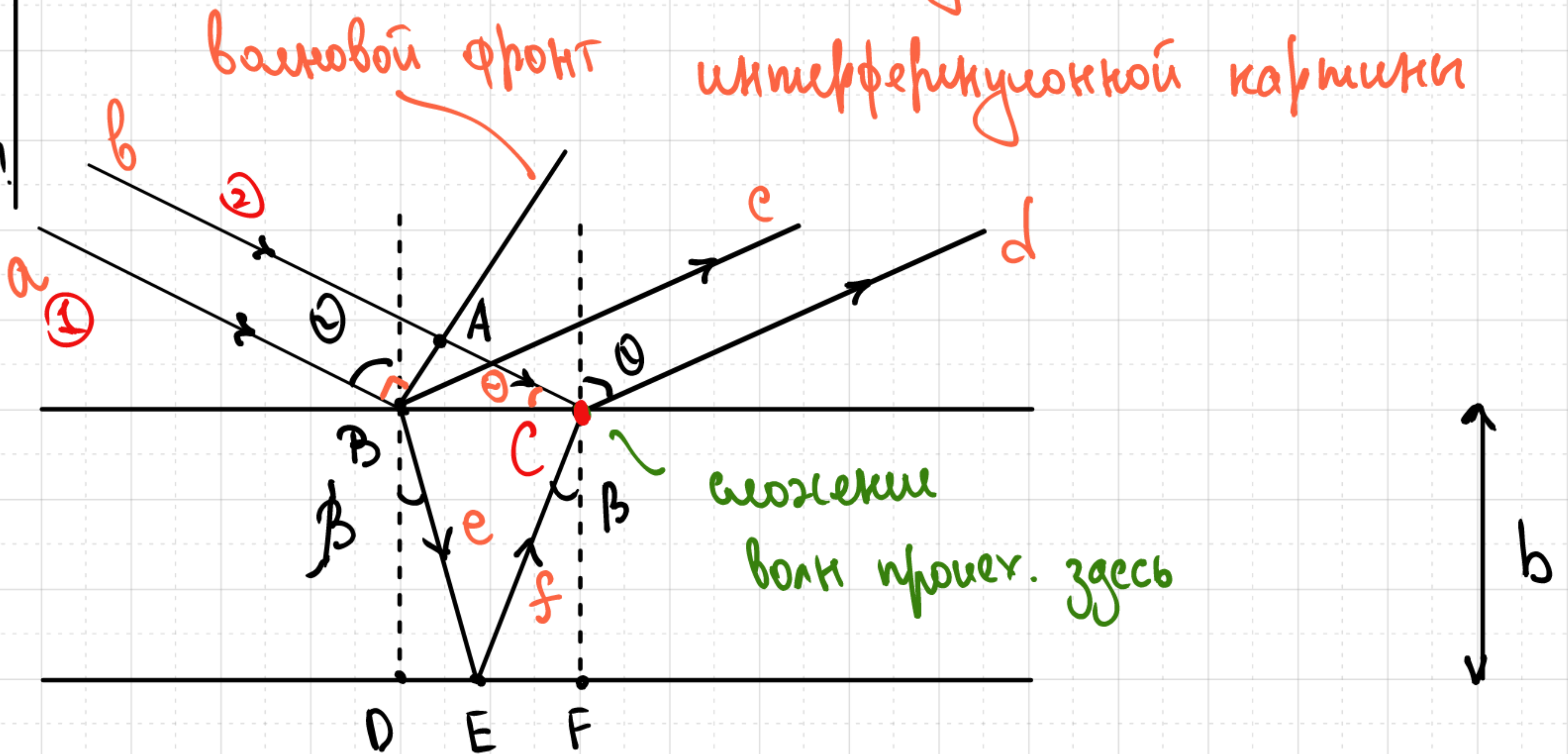
2. На тонкую пленку с показателем преломления  $n$  падает пучок белого света под углом  $\theta$  к нормали. При какой минимальной толщине  $b_{\min}$  и в какой цвет будет окрашена пленка в отраженном свете?

Дано:

$\theta, n$   
 $b_{\min}$ , цвет - !

Решение:

Найти: условие максимума интерференционной картины



Р/и сложение двух волн в точке C (лучей  $bd$  и  $aefd$ ).

Отметим, что точка C выбрана произвольно, поэтому

для всех точек пленки будет одинаковая картина.

Найдем разность хода лучей  $bd$  и  $aefd$  (опишемся!)

• Замечание: при отражении света от пленки (от опт. более плотной среды, фаза волны сдвигается на  $\pi$ . Происходит "попере" попуолки)


попере попуолки

$$\Delta = (BE + EC)n - (AC - \frac{\lambda}{2}) = 2 \frac{b}{\cos \beta} n - (BC \cos \theta - \frac{\lambda}{2}) =$$

опт. ход луча ①    опт. ход луча ②



$$= \frac{2nb}{\cos\beta} - 2b\sin\beta\cos\theta + \frac{\lambda}{2}$$

• Замечание:  $\frac{2nb}{\cos\beta} - 2b\sin\beta\cos\theta > 0$   
 $\sin\beta\cos\beta\cos\theta < n$   
 Но  $n > 1 > \sin\beta\cos\beta\cos\theta \rightarrow$  верно! 

В каждой точке  $m$ -ые волны складываются в одной фазе

$\Leftrightarrow \Delta = m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots$  (усл. максимума интерференц. картины).

$$\frac{2nb}{\cos\beta} - 2b\sin\beta\cos\theta + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

3-я ссылка:  $\sin\theta = n\sin\beta \rightarrow \sin\beta = \frac{\sin\theta}{n}; \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\theta}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}{n}$

$\Rightarrow$  усл. максимума интерф. картины:

$$b \left( \frac{2n^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}} - \frac{2\sin\theta\cos\theta}{n} \right) = \lambda \left( m - \frac{1}{2} \right)$$

$$b \left( \frac{2n^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}} - \frac{\sin 2\theta}{n} \right) = \lambda \left( m - \frac{1}{2} \right)$$

$$\Rightarrow b = \frac{\lambda \left( m - \frac{1}{2} \right)}{\frac{2n^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}} - \frac{\sin 2\theta}{n}}, m = \cancel{0}, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

$0$  не м.б., т.к.  $\sin\theta > 0$  (см. выше)

$\Rightarrow$  максимумы интерференционной картины для света с длиной волны

$\lambda$  будут достигаться при определенных значениях  $b$  (см. (1)).

• Замечание: для конкретного  $\lambda$  есть  $\infty$  кол-во вариантов толщины пластины  $b$ .

Как видно, чем больше  $\lambda$ , тем больше г.д. толщина пластины



для наблюдения максимума или минимума.

Проводя линейный эксперимент, постепенно карауливая толщину пленки  $b$ , приходим к выводу, что первый интерферирует свет с кин. длиной волны, при этом  $m = 1$ . Кин. длина волны у фиолетового света.

Ответ:

$$b = \frac{\lambda(m - \frac{1}{2})}{\frac{2n^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} - \frac{\sin 2\theta}{n}}, \quad m = \begin{matrix} 0 \text{ не м.д., т.к. } \lambda_{\text{кин}} > 0 \\ \text{ (см. выше)} \\ \cancel{0}, 1, 2, 3, \dots \end{matrix} \quad (1)$$

$= 0 \text{ (при } \theta \rightarrow 0)$

$$b_{\min} = \frac{\lambda_{\text{ф.к.}} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{2n^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} - \frac{\sin 2\theta}{n}}$$

- кин. толщина пленки, при которой будет виден первый максимум интерференции.