

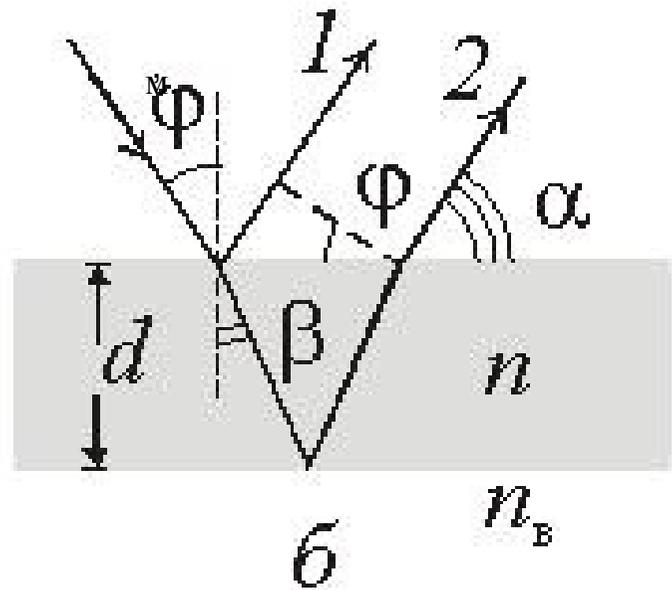
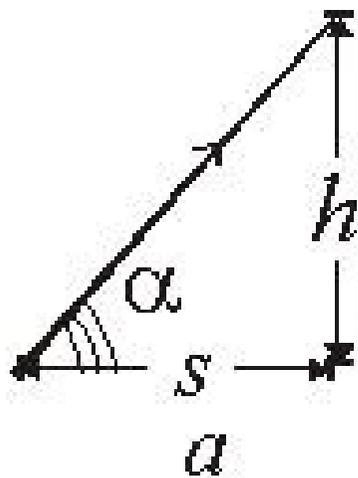
**Интерференция и дифракция
света. Задачи вступительных
экзаменов и олимпиад по
физике**

Доцент

Погожев Владимир Александрович

Задача 1

- Человеку, идущему по горизонтальному участку дороги в пасмурный безветренный день, небольшая лужа, видневшаяся вдалеке на дороге, показалась синего цвета. На каком расстоянии s от этой лужи она будет казаться человеку зеленой? Считать, что глаза человека находятся все время на высоте $h=1,85$ м от дороги. Показатель преломления очень тонкой пленки бесцветного масла на поверхности лужи равен $n=1,5$, а воды – $n_v=1,33$. Длину волны света синего цвета считать равной $\lambda_c=0,43$ мкм, а зеленого – $\lambda_z=0,53$ мкм.



$$\Delta = \frac{2nd}{\cos \beta} - 2d \operatorname{tg} \beta \sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

$$\text{при } s \rightarrow \infty \quad 4d \sqrt{n^2 - 1} = \lambda_c \quad (4)$$

$$\sin \varphi = n \sin \beta \quad (2)$$

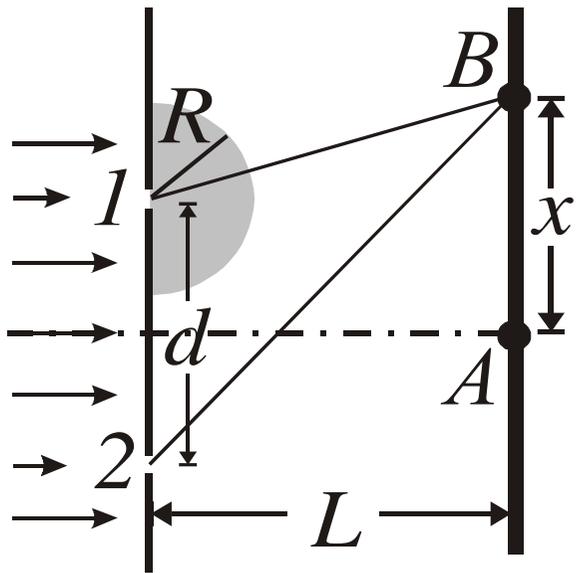
$$\cos^2 \alpha_3 = n^2 - (n^2 - 1) \left(\frac{\lambda_3}{\lambda_c} \right)^2 \approx 0,351$$

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \cos^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

$$\text{ответ } s = h \operatorname{ctg} \alpha_3 = \frac{h}{\sqrt{\cos^{-2} \alpha_3 - 1}} \approx 1,36$$

Задача 2

- На тонкий непрозрачный лист с двумя малыми параллельными щелями, находящимися на расстоянии $d=10$ см друг от друга, нормально падает параллельный пучок белого света. При этом на параллельном листу экране, находящемся на расстоянии $L=2$ м от него, наблюдается интерференционная картина. На сколько сместится центр белой полосы на экране, если к первой щели со стороны экрана прижать вплотную стеклянный полуцилиндр радиусом $R=2$ см так, чтобы ось цилиндра совпадала с этой щелью? Показатель преломления стекла равен $n=1,4$.



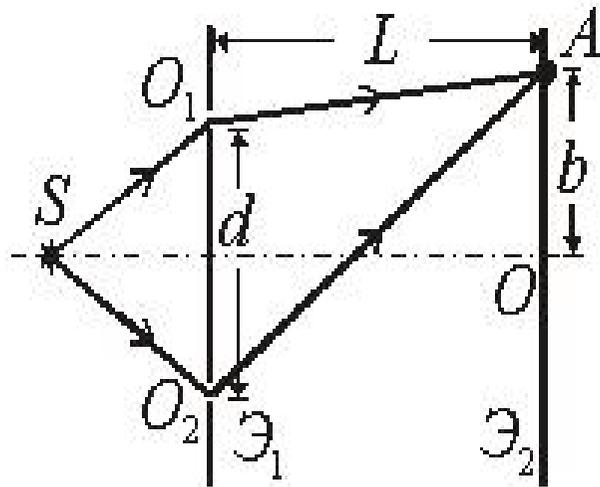
$$(n-1)R + \sqrt{L^2 + (x-d/2)^2} = \sqrt{L^2 + (x+d/2)^2}$$

$$L \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{x+d/2}{L} \right)^2 - 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{x-d/2}{L} \right)^2 \right] = \frac{xd}{L}$$

ответ $x \approx (n-1) \frac{RL}{d} = 16 \text{ см.}$

Задача 3

- Излучение с длинами волн $\lambda_1=589,0$ нм и $\lambda_2=589,6$ нм от точечного источника падает на экран с двумя малыми отверстиями, расположенными симметрично относительно оси, проходящей через источник перпендикулярно плоскости экрана. На расстоянии $L = 0,7$ м за этим экраном расположен второй экран, параллельный первому. На втором экране интерференционные полосы исчезают первый раз на расстоянии $b = 5$ см от центра картины, там, где максимум, соответствующий одной длине волны, накладывается на минимум от другой. Найти расстояние d между отверстиями.



$$O_1A = \sqrt{L^2 + (b - d/2)^2}, \quad O_2A = \sqrt{L^2 + (b + d/2)^2}.$$

$$\delta = O_2A - O_1A.$$

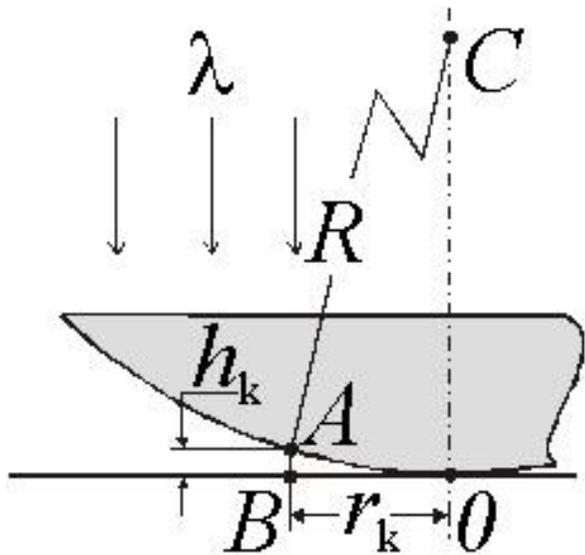
$$\delta \approx \left[1 + 0,5 \left(\frac{b + d/2}{L} \right)^2 - 1 - 0,5 \left(\frac{b - d/2}{L} \right)^2 \right] L = \frac{bd}{L}$$

$$\delta = \frac{2n + 1}{2} \lambda_1 = n \lambda_2 \quad \text{т.к.} \quad n = \lambda_1 / [2(\lambda_2 - \lambda_1)]$$

ОТВЕТ $d \approx \frac{L \lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1) b} \approx 4 \text{ мм.}$

Задача 4

- Плосковыпуклую линзу, лежащую выпуклой стороной на стеклянной пластинке, освещают нормально падающим параллельным пучком света, импульс фотона которого равен импульсу электрона, движущегося со скоростью $v=0,5$ км/с. Найти радиус $k^{\text{го}}$ ($k=2$) светлого кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете, если радиус кривизны линзы равен $R=0,5$ м.



Пусть $\angle ACO = 2\alpha$, тогда $\angle AOB = \alpha$,

$$AO = 2R \sin \alpha / 2 = R \alpha, \quad h_k = AO \sin \alpha = R \alpha^2,$$

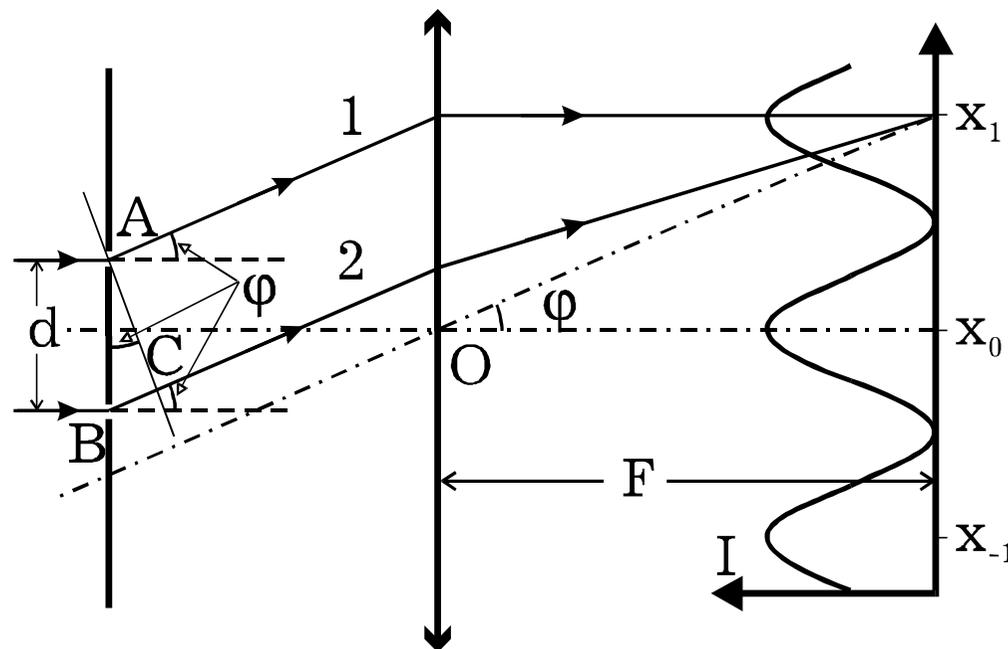
$$r_k = h_k / \operatorname{tg} \alpha = R \alpha.$$

т.к. $\delta_k = 2h_k + \lambda/2 = k\lambda$

ответ $r_k = \sqrt{\frac{2k-1}{2} R \lambda} = \sqrt{\frac{2k-1}{2mv}} R h \approx 1,05 \text{ мм}$

Задача 5

- На дифракционную решетку с периодом $d=64$ мкм нормально падает параллельный пучок света, энергия фотона которого равна $W=4 \cdot 10^{-19}$ Дж. За решеткой, параллельно её плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F=5$ см, а за ней в фокальной плоскости находится экран. Найти расстояние между главными максимумами первого порядка на экране.

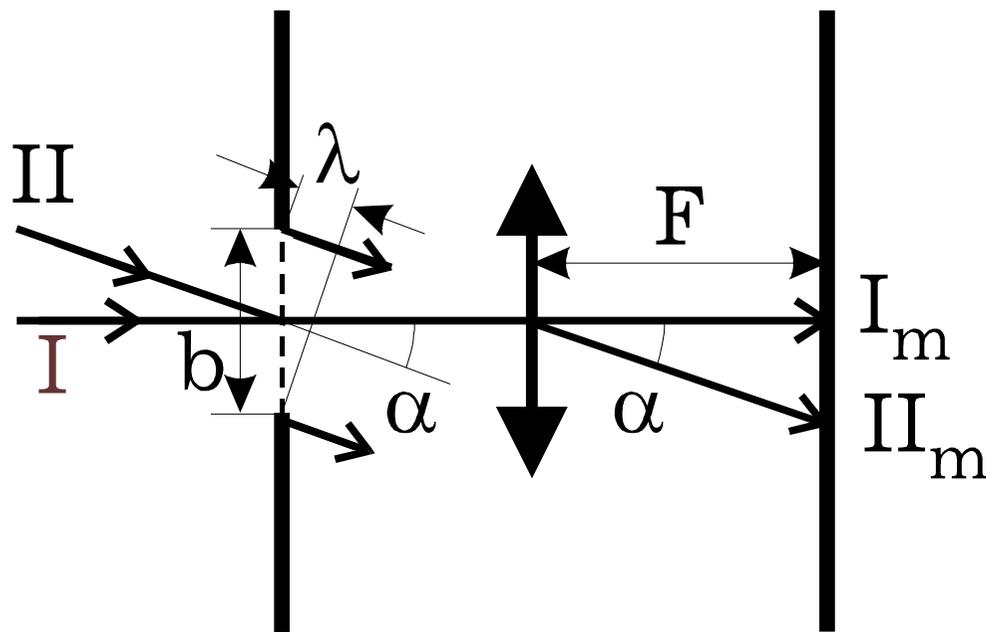


т.к. $\lambda = d \sin \varphi$ и $\lambda = hc/W$

ответ $\Delta x = 2F \operatorname{tg} \varphi \approx 2Fhc/(Wd) \approx 0,78 \text{ мм.}$

Задача 6

- Щель шириной $b=1$ мм в плоском экране освещают двумя лазерами, дающими пучки света с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм. Плоскость экрана перпендикулярна оси первого пучка. За щелью находится собирающая линза, главная оптическая ось которой совпадает с направлением первого из освещающих пучков. Найти наименьший угол α между осями освещающих пучков, при котором центральный дифракционный максимум одного пучка совпадает с минимумом другого.



ответ $\alpha = \lambda/b = 5 \cdot 10^{-4}$ рад