

第三章 光的干涉

例题选

例1: 双缝 $d=0.2mm$, $D=100cm$, $\lambda=6\times 10^{-5}cm$

求: 中央明纹附近 $I = \frac{I_{\max}}{2}$ 点的位置

解: $I = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}$

$$I_{\max} = 4I_0$$

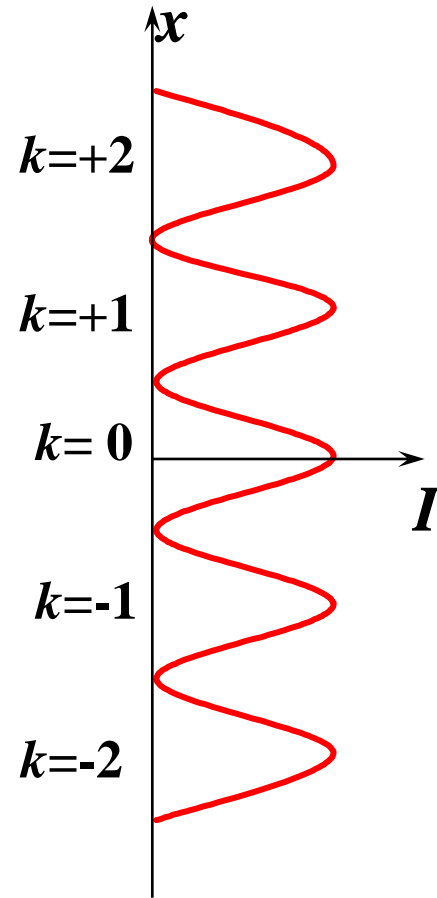
$$I_{\min} = 0$$

$$I(P) = \frac{I_{\max}}{2} \rightarrow \cos^2 \frac{\delta}{2} = \frac{1}{2}$$

$$\delta = \pm \frac{\pi}{2}, \pm \frac{3\pi}{2}, \dots$$

明纹附近: $\delta(P) = \pm \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \rightarrow \Delta_P = \pm \frac{\lambda}{4}$

$$x_P = \frac{D}{d} \Delta_P = \pm 0.75mm$$



讨论：双缝干涉，屏上P点处出现第4级明纹，现将缝间距 d 缩小一倍

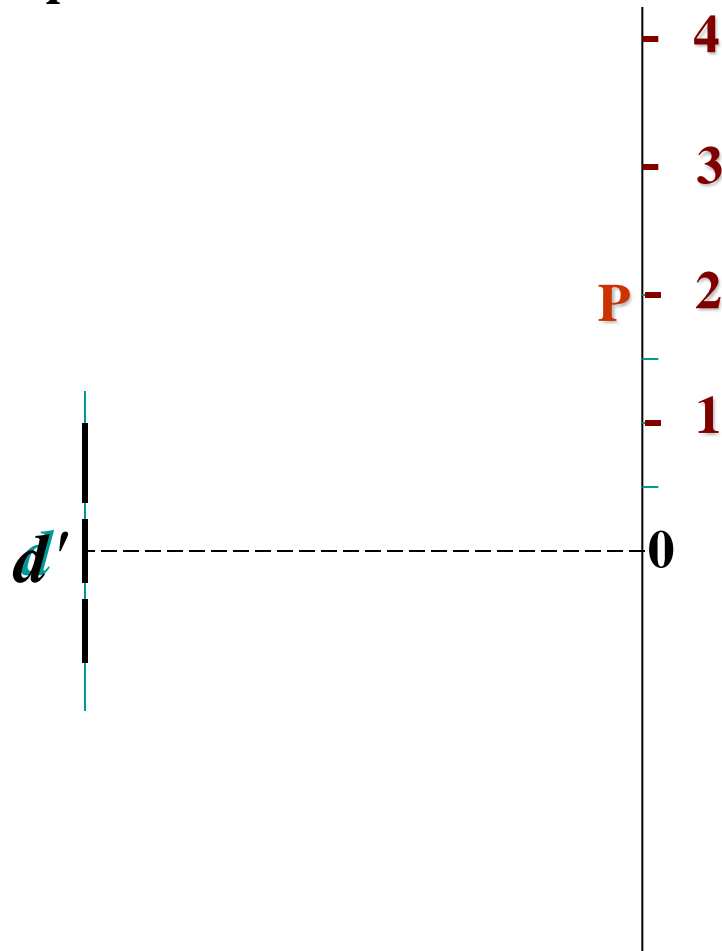
问：第4级明纹现在的位置？ $k = 4 \rightarrow x' = ?$

P点处现在是第几级条纹？ x_P 处 $\rightarrow k' = ?$

解： $x_P = \frac{D}{d} 4\lambda$ 当 $d' = \frac{d}{2}$

$$x' = \frac{D}{d'} \cdot 4\lambda = \frac{D}{d} \cdot 8\lambda$$

$$x_P = \frac{D}{d} \cdot 4\lambda = \frac{D}{d'} \cdot k'\lambda \rightarrow k' = 2$$



例2：杨氏双缝实验中，在上缝 S_1 处放一厚度 l 的云母片

1) 原中央0级明纹将如何移动（上、下移）？

2) 若0级明纹移至原5级明纹位置处， n 已知，则 $l=?$

1) 0级明纹 $\rightarrow \delta = 0, \Delta = 0$

真空中： $\Delta = (r_2 - r_1) = 0 \rightarrow x_0 = 0$ 0级明纹上移

S_1 处放 n ： $\Delta = r_2 - (r_1 - l + nl) = r_2 - r_1 - (n-1)l = 0$

$$r_2 - r_1 = (n-1)l > 0 \rightarrow r_2 > r_1$$

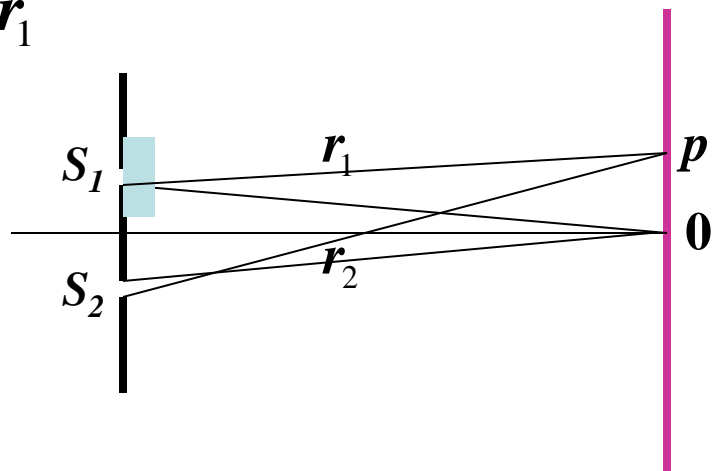
2) P点：原第5级明纹处

$$\Delta(P) = r_2 - r_1 = 5\lambda$$

现0级明纹

$$\Delta'(P) = r_2 - r_1 - (n-1)l = 0$$

$$(n-1)l = 5\lambda \rightarrow \therefore l = \frac{5\lambda}{n-1}$$



例3：光束SA来自光源，SCA经镜面反射，SA // 镜面

$$\lambda = 0.5\mu\text{m}, L = 1.0\text{m}, h = 2.0 \times 10^{-3}\text{m}$$

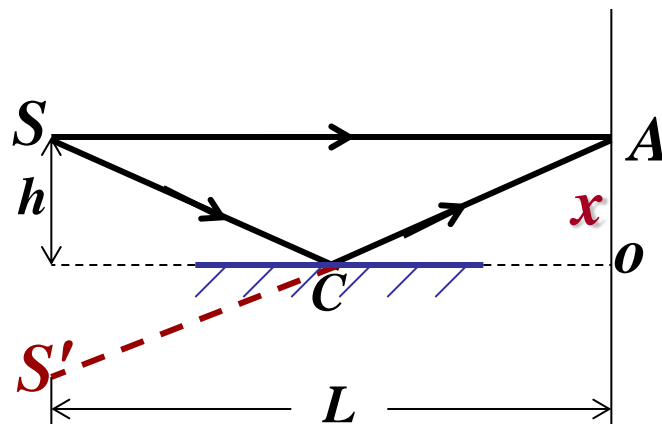
求：在A点观察到的干涉结果

解： $\frac{\Delta}{d} = \frac{x}{D}$

$$\Delta_A = x_A \frac{d}{D} + \frac{\lambda}{2} = h \frac{2h}{L} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta_A = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta_A = 33\pi$$

在A点观察到暗条纹



例4: $\lambda = 500nm$, 垂直照射两光学平板玻璃构成的空气劈尖。观察反射光干涉条纹, 在距棱边 $d = 1.56cm$ 的A处是从棱边数起的第四条暗纹中心。

求: 1) 劈尖角 θ

2) 若 $\lambda' = 600nm$, A处条纹明还是暗?

从棱到A范围内有几条明? 几条暗?

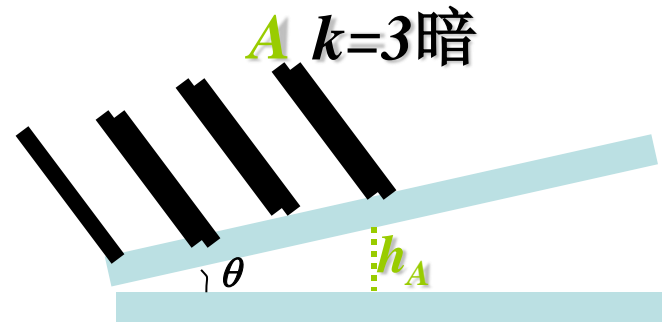
解: 1) $\Delta = 2h + \frac{\lambda}{2}$ **第N条 \neq 第N级**

棱边: $h = 0 \rightarrow 0$ 级暗纹中心

$$A \text{ 处: } \Delta_A = 2h_A + \frac{\lambda}{2} = (2 \times 3 + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore h_A = \frac{3}{2} \lambda = 750nm \rightarrow \theta \approx \frac{h_A}{d} = 4.8 \times 10^{-5} rad$$

$$2) \lambda' = 600nm \rightarrow \Delta'_A = 2h_A + \frac{\lambda'}{2} = \begin{cases} k\lambda' \rightarrow \text{明} \\ (2k+1)\frac{\lambda'}{2} \rightarrow \text{暗} \end{cases}$$

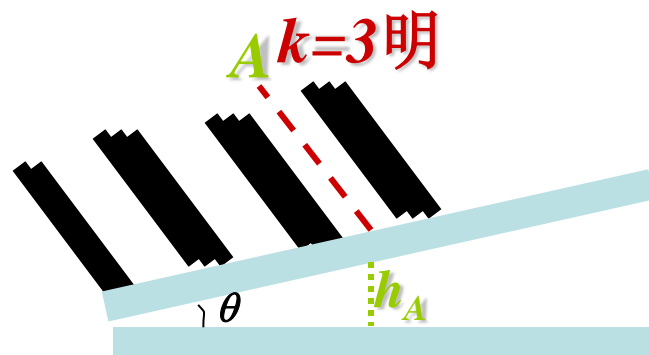


$$\frac{\Delta'_A}{\lambda'} = \frac{2h'_A}{\lambda'} + \frac{1}{2} = 3$$

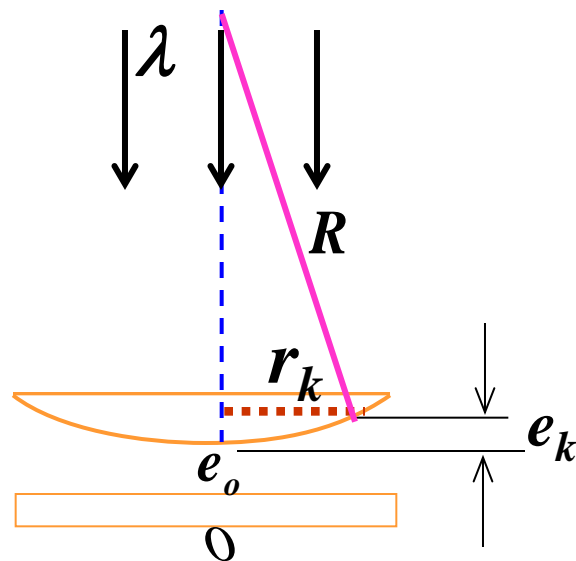
棱边： $h = 0 \rightarrow 0$ 级暗

A处：第3级明纹

棱边 \rightarrow A：3条明纹，3条暗纹



例5：牛顿环装置的平凸透镜 R 与平板玻璃间有一小缝隙 e_o ，现用波长 λ 的单色光垂直照射。求反射光形成的牛顿环各暗环半径 $r_k=?$



解： $r_k^2 = R^2 - (R - e_k)^2 \approx 2 R e_k$

$$\delta_k = 2e_k + 2e_o + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad (\text{暗环})$$

对应 $r_k = \sqrt{2 R e_k} = \sqrt{R(k\lambda - 2e_o)}$

$$k > \frac{2e_o}{\lambda} \quad (\text{取整数})$$

$$r_{k+m}^2 - r_k^2 = mR\lambda$$

$$D_{k+m}^2 - D_k^2 = 4mR\lambda$$

——> 实验测量 R 或 λ

讨论：在牛顿环装置的透镜和平板玻璃间充入介质后，原第三级明环处变为第四级暗环。求介质的折射率。

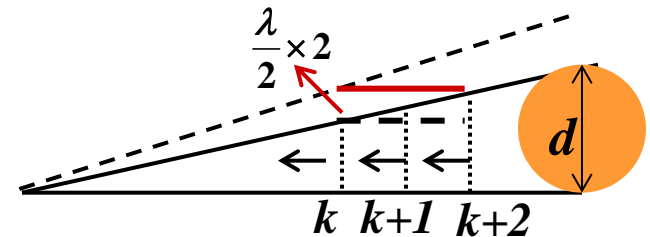
$$\left. \begin{array}{l} \text{解： 空气层： } \Delta = 2h + \frac{\lambda}{2} = 3\lambda \\ \text{介质层： } \Delta' = 2nh + \frac{\lambda}{2} = (2 \times 4 + 1)\frac{\lambda}{2} \end{array} \right\} \therefore n = 1.6$$

例6: $\lambda = 500nm$, \perp 入射到空气劈上, 金属丝通电后,
 劈尖中点处明条纹从明 \rightarrow 暗 \rightarrow 明, 变化2次。
 求: 金属丝直径变化多少?

解: $\theta \uparrow \rightarrow$ 条纹向棱边移动, 间距变小。

中点处: k 级明纹 $\rightarrow k+2$ 级明纹

$$\Delta e = 2 \times \frac{\lambda}{2} \rightarrow \Delta \delta = 2\lambda \rightarrow \Delta d = 2\Delta e = 1000nm$$



例7：将凹透镜与平板玻璃组成空气层，入射光波长 λ ，垂直入射，形成等厚干涉圆环。现看到中心为亮斑，共5个暗环。求空气层最大厚度。

解：中心处： $h = h_m$

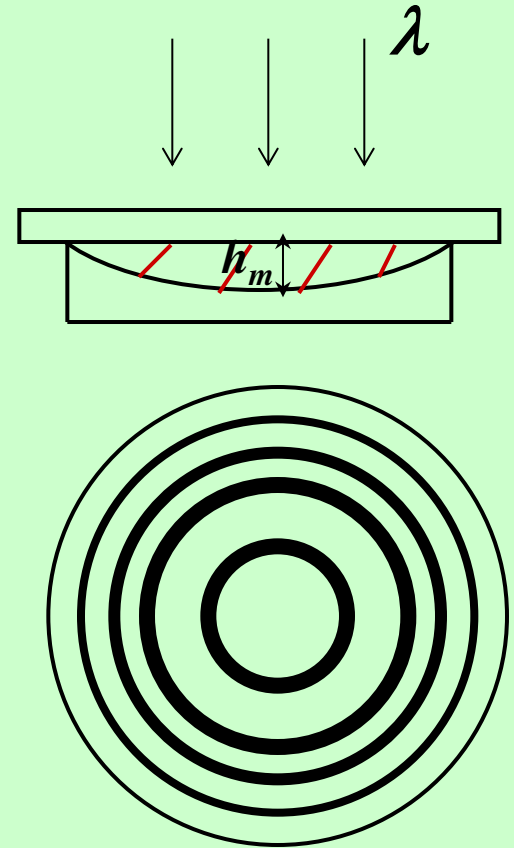
$$\Delta_m = 2h_m + \frac{\lambda}{2} \quad \text{级数最高}$$

边缘处： $h = 0$

$$\Delta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{0级暗纹}$$

\therefore 中心亮斑为 $k=5$ 级明纹：

$$2h_m + \frac{\lambda}{2} = 5\lambda \rightarrow h_m = \frac{9}{4}\lambda$$

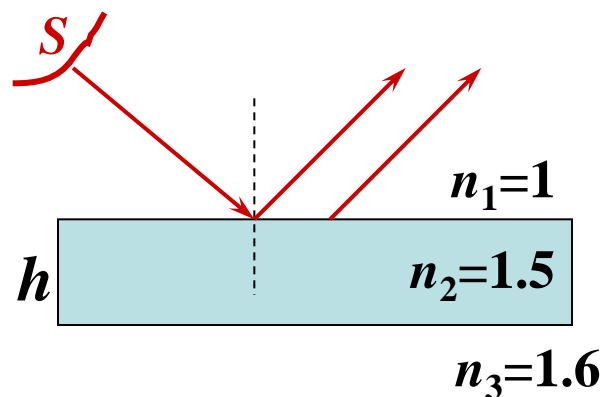


***若充入介质后，看到6个暗环，且中心暗斑，求 $n=?$**

例8：平行薄膜厚 $h=200\lambda$ ，面光源入射光波长 λ 。
屏上呈圆环状干涉条纹，中心亮斑。

问：1) 中心亮斑向外第5个明环的级数？
2) 该明环对应的倾角？

解：1) 等倾干涉
级数内高外低



$$\Delta = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = k\lambda \quad \text{明}$$

$$\text{中心亮斑: } \alpha=0 \rightarrow \Delta = 2n_2h = k_o\lambda \rightarrow k_o = 600$$

$$\text{中心向外第5个明环: } k=595$$

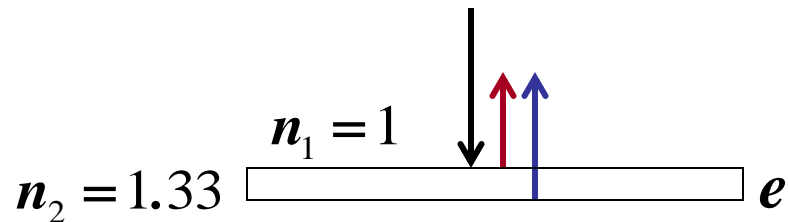
$$2) \quad \Delta = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} = 595\lambda$$

$$\sin \alpha = 0.1924 \rightarrow \alpha = 11^\circ 6'$$

例9：平行平面肥皂膜， $n=1.33$ ，膜厚 $0.32\mu m$ ，
白光 \perp 照射，观察反射光是什么颜色？

解： $\Delta = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

$$\alpha = 0 \rightarrow 2n_2h + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$



$$\lambda = \frac{2n_2h}{k - \frac{1}{2}} \quad (k = 1, 2, 3...)$$

$$k = 1, \lambda_1 = 1700nm$$

$$k = 2, \lambda_2 = 567nm \longrightarrow \text{绿色}$$

$$k = 3, \lambda_3 = 341nm$$

\vdots

讨论1: 考虑光的时间相干性及空间相干性，那么在杨氏双缝干涉实验中，屏上中心位置处条纹的清晰度主要取决于哪种因素？而远离中心处，条纹的清晰度又取决于哪种因素？

屏中心处： $\Delta_0 = 0$

清晰度取决于光源的空间相干性

当 $bd \geq R\lambda \rightarrow$ 条纹消失

离中心越远， $\Delta \uparrow$ ，时间相干性问题越严重

讨论2: 钨丝发光经虑光片后, 可得到中心波长690nm的准单色光. 现将窄带钨丝作为双缝干涉实验的光源, 已知双缝间距 $d=0.4\text{mm}$, 与双缝平行的发光钨丝宽度 $b=0.24\text{mm}$, 钨丝逐渐向双缝移近, 当干涉条纹刚好消失时, 钨丝到双缝的距离为多少?

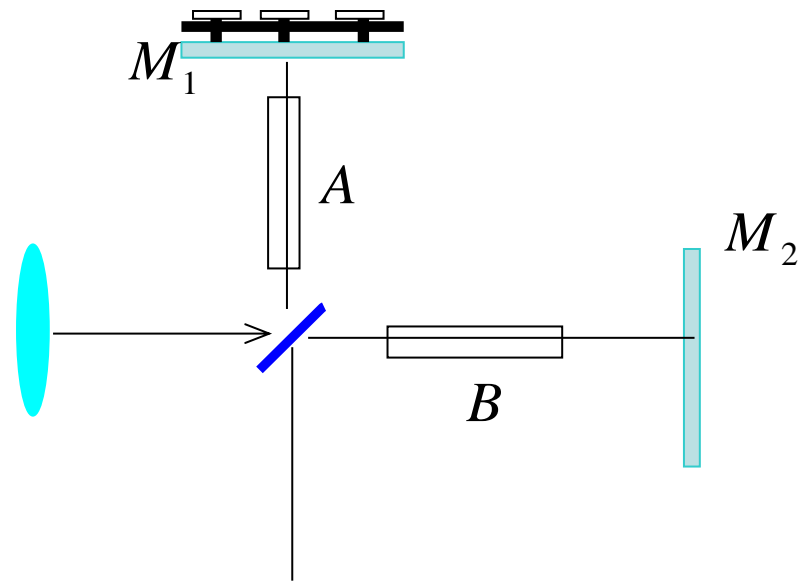
$$b \leq \frac{R}{d} \lambda \rightarrow R \geq \frac{bd}{\lambda} = 13.9\text{cm}$$

例10：迈克耳孙干涉仪的应用

在迈干仪的两臂中分别引入
10 cm长的玻璃管 **A**、**B**，
其中一个抽成真空，另一个
在充以一个大气压空气的
过程中观察到**107** 条条纹移动，
所用波长为**546nm**。

求空气的折射率？

S



解：设空气的折射率为 n $d\Delta = 2nl - 2l = 2l(n - 1)$

条纹移动一条时，对应光程差的变化为一个波长

$$\therefore 2l(n - 1) = 107 \times \lambda$$

$$n = \frac{107 \times \lambda}{2l} + 1 = 1.00029$$