

光学

- 第一章. 光学导言
- 第二章. 光的干涉
- 第三章. 光的衍射
- 第四章. 光的偏振





第一章. 光学导言

§ 1.1 光学发展简史

§ 1.2 光的电磁特性、波的数学描述

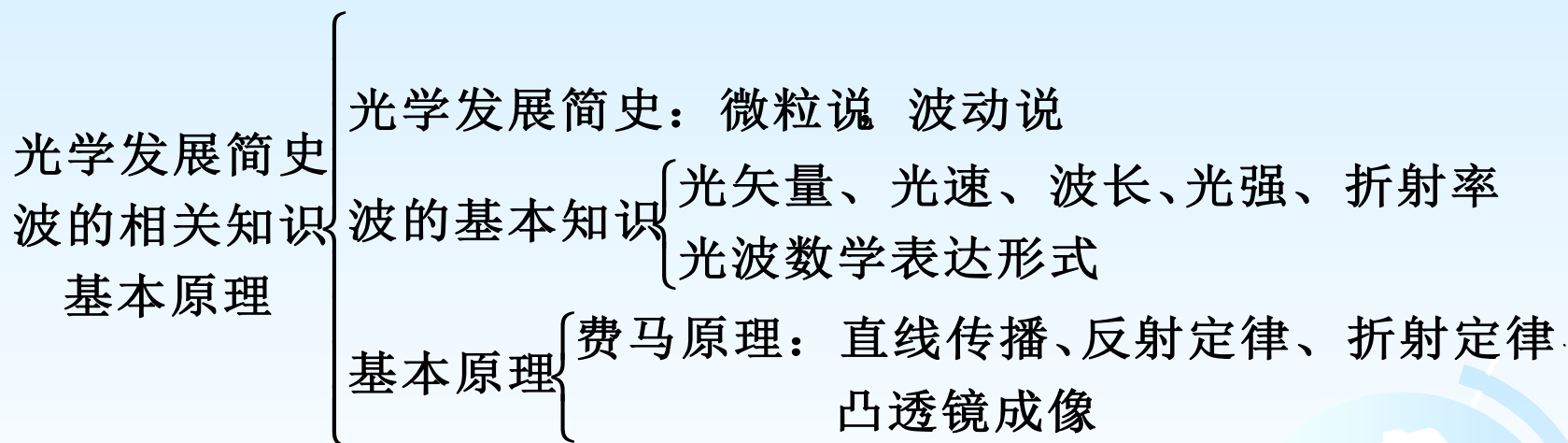
§ 1.3 费马原理、透镜的等光程性

重点：光程、光程差、惠更斯原理





理论内容总结





光程、光程差

定义光程： $L = n r$

真空中：光程 = 几何路程

光程差： $\delta = L_2 - L_1$

相位差和光程差的关系：

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

λ_0 ——光在真空中波长

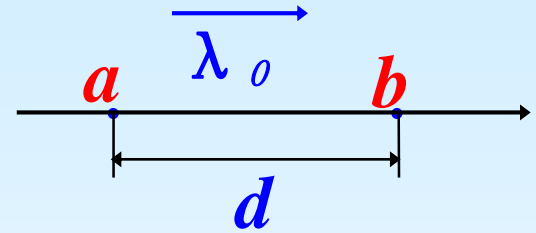




1. 一束光传播到不同点

- 真空中

$$\Delta\varphi = \varphi_b - \varphi_a = \frac{2\pi}{\lambda_0} d = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

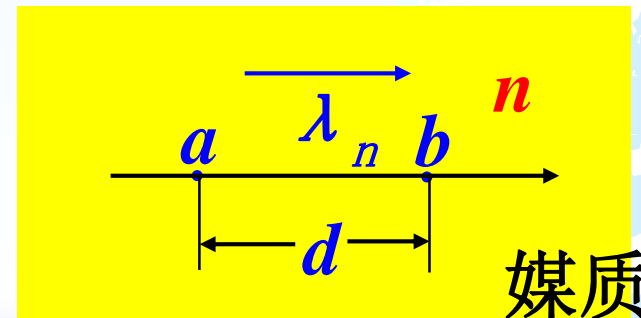


- 媒质中

$$\Delta\varphi = \varphi_b - \varphi_a = \frac{2\pi}{\lambda_n} d = \frac{2\pi}{\frac{1}{n}\lambda_0} d = \frac{2\pi}{\lambda_0} nd = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

$$\therefore \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

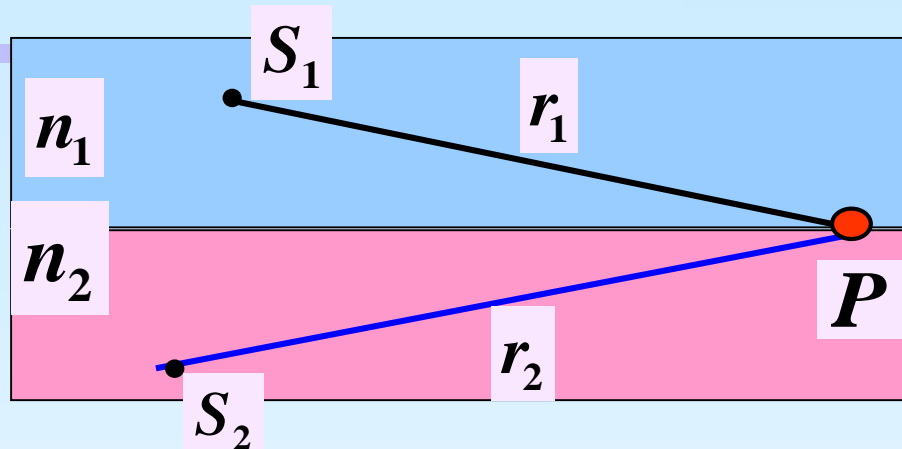
λ_0 — 真空中波长



2. 两列相干光波经不同路径相遇在同一点

P点的光程差

$$\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$$



若 S_1 , S_2 两相干光源初相相同, 则两束光在 P 点的位相差

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_2} r_2 - \frac{2\pi}{\lambda_1} r_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_2 r_2 - n_1 r_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

总之:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta$$

λ_0 ——光在真空中波长



补充题

(07-08-1)

一、选择题（将正确答案的字母填在空格内，每题3分，共30分）

*4、在真空中波长为 λ 的单色光，在折射率为 n 的透明介质中从A沿某路径传播到B，若A、B两点相位差为 3π ，则此路径AB的光程为

- (A) 1.5λ . (B) $1.5 \lambda/n$.
(C) $1.5 n \lambda$. (D) 3λ .

[A]





第一章 光学导言

1.1 频率为 4.5×10^{14} Hz 的红光在真空中的波长是多少？在折射率为 1.5 的玻璃中的速率是多大？

解 $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.0 \times 10^8}{4.5 \times 10^{14}} \text{ m} = 6.7 \times 10^{-7} \text{ m} = 6.7 \times 10^2 \text{ nm},$
 $v = \frac{c}{n} = \frac{3.0 \times 10^8}{1.5} \text{ m/s} = 2.0 \times 10^8 \text{ m/s}.$

本题旨在通过具体计算熟悉有关光波传播的基本公式。





1.3 对眼睛最灵敏的光波($\lambda=5500 \text{ \AA}$ ^①)穿过厚度为 0.11 mm 的空气层时,在空气层厚度内包含多少个完整波形?同样的光波穿过同样厚度的熔凝石英片时,在石英片厚度范围内大约包含多少个完整的波形?熔凝石英的折射率 $n=1.46$.

解
$$N = \frac{l}{\lambda} = \frac{1.1 \times 10^{-4}}{5.5 \times 10^{-7}} = 200,$$

$$N' = \frac{l}{\lambda/n} = \frac{1.1 \times 10^{-4} \times 1.46}{5.5 \times 10^{-7}} = 292.$$

本题旨在通过计算加深认识,光波在不同介质中的波长是不同的.



1.5 已知一平面波的波动表示式为

$$U = A \cos \left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} x + \frac{1}{2} z \right) \right],$$

(1) 求该平面波传播方向与 x, y, z 轴的夹角;

(2) 空间一点 $P(2\sqrt{3}\lambda, 5\lambda, 9\lambda)$ 的振动相位比原点落后多少?

当原点振动的瞬时值是最大时, P 点的瞬时值等于多少?

波的传播方向

解: (1) $U = A \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi) = A \cos(\omega t - (k_x x + k_y y + k_z z) + \varphi)$

$$k_x = k \cos \alpha, \quad k_y = k \cos \beta, \quad k_z = k \cos \gamma \quad \text{波矢: } \vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{n}$$

$$\therefore U = A \cos \left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} (\cos \alpha x + \cos \beta y + \cos \gamma z) + \varphi \right]$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \cos \beta = 0, \quad \cos \gamma = \frac{1}{2},$$

所以 $\alpha = 30^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 60^\circ$.



第一章 光学导言

(2) P 点振动比原点落后的相位为

$$k \cdot r = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2\sqrt{3}\lambda + 0 + \frac{1}{2} \cdot 9\lambda \right) = 15\pi.$$

原点瞬时值最大时, $\omega t = 2k\pi$, P 点振动的瞬时值为

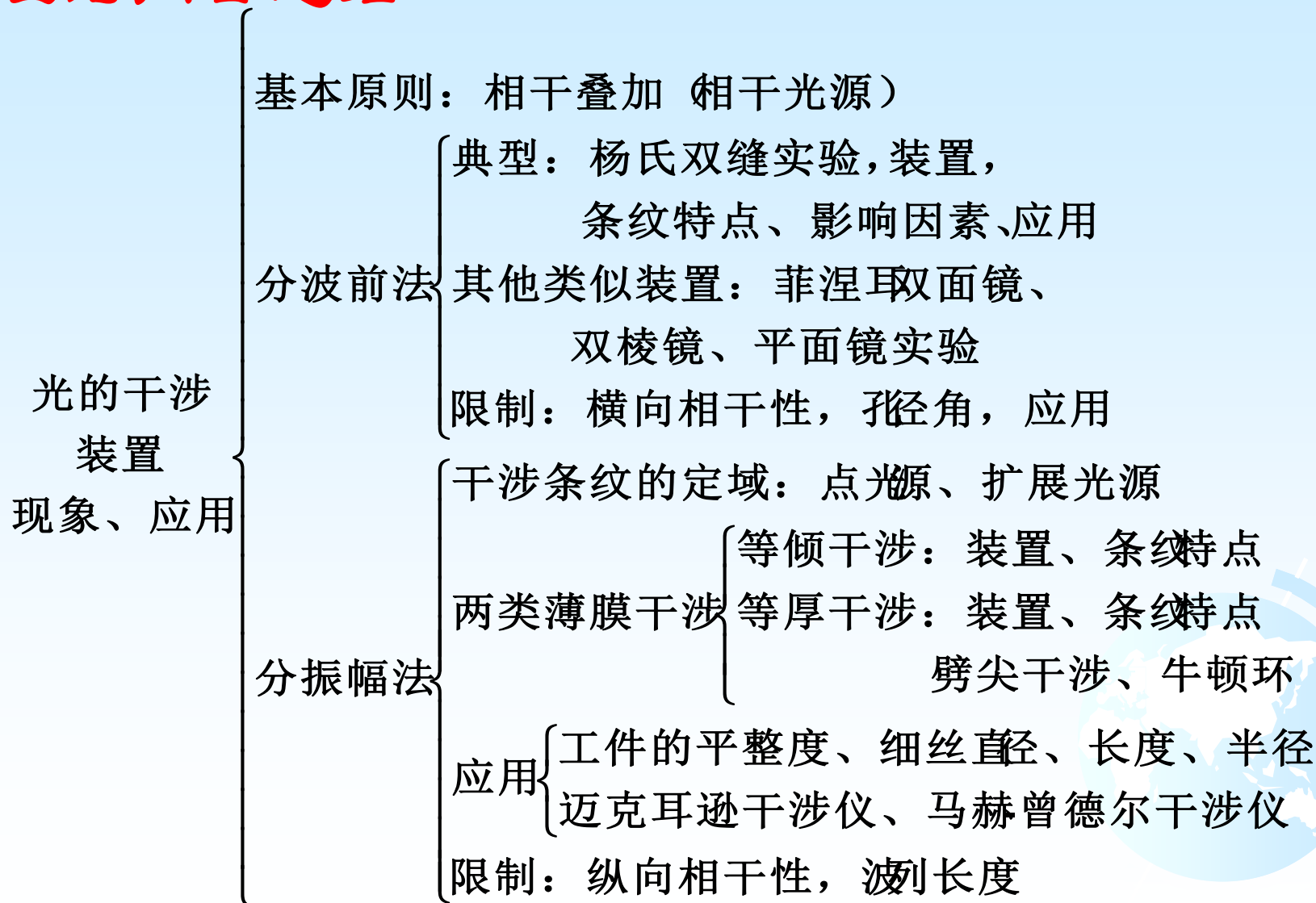
$$U_P = A \cos[\omega t - k \cdot r] = A \cos(2k\pi - 15\pi) = -A.$$

本题旨在熟悉波动数学表示式以及它能告诉我们些什么信息.





理论内容总结

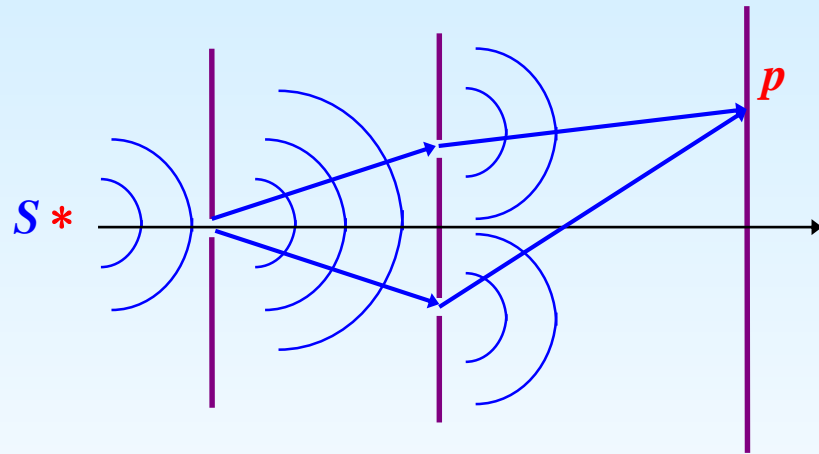




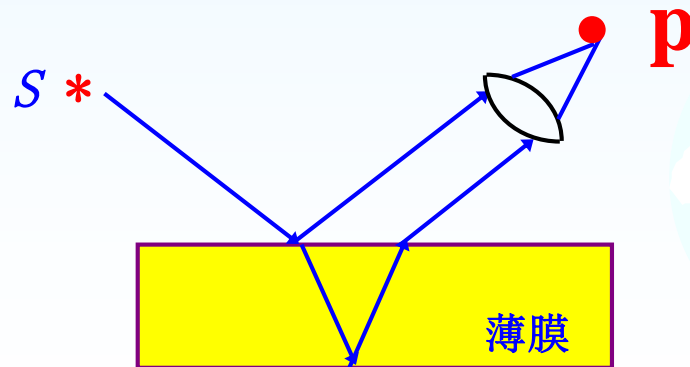
一.光的干涉

1.获得相干光的方法

- 分波面方法

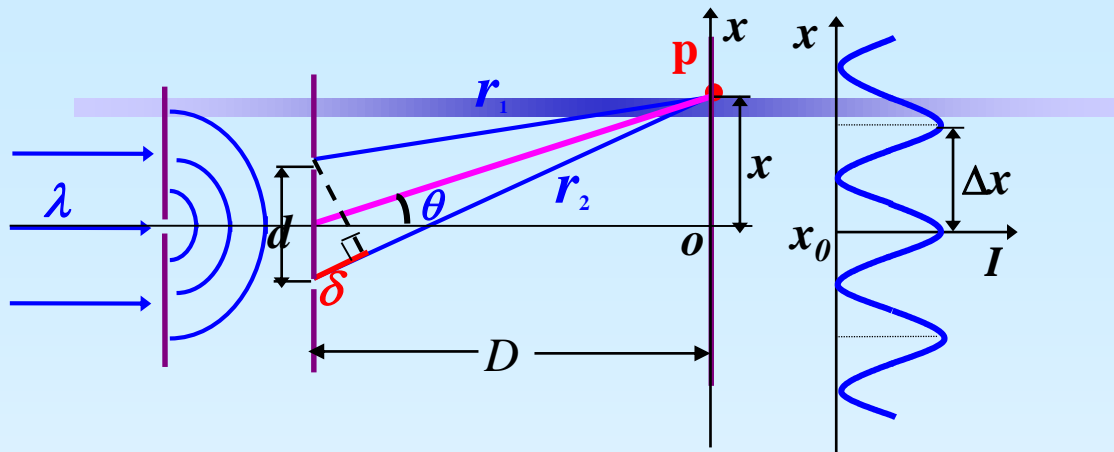


- 分振幅方法



2. 杨氏双缝干涉

光程差



$$\delta = r_2 - r_1 = d \cdot \frac{x}{D}$$

明纹 $\delta = \pm k\lambda, \quad x_{\pm k} = \pm k \frac{D}{d} \lambda, k = 0, 1, 2 \dots$

暗纹 $\delta = \pm(2k-1)\frac{\lambda}{2}, \quad x_{\pm(2k-1)} = \pm(2k-1)\frac{D}{2d} \lambda, k = 1, 2, \dots$

条纹间距 $\Delta x = \frac{D}{d} \lambda$

光强 $I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda} \delta\right) = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda D} x\right)$



缝光源S位置偏移对称轴的情况

光源 $S \rightarrow S'$, 偏移量为 ξ , 条纹何

关键: 计算光线1, 2之间的光程差 (注: S_1 和 S_2 不在同一波面上)

$$\begin{aligned}\Delta &= (R_2 + r_2) - (R_1 + r_1) \\ &= (R_2 - R_1) - (r_2 - r_1) \approx d \frac{\xi}{R} + d \frac{x}{D}\end{aligned}$$

零级亮纹位置: $\Delta = 0$

$$\therefore d \frac{\xi}{R} + d \frac{x}{D} = 0 \rightarrow x = -\frac{D}{R} \xi$$

表明: 新零级亮纹在 $x = -D\xi/R$ 处

当 $S \rightarrow S'$ 时, 条纹整体向下平移

条纹间距不变, 为什么?

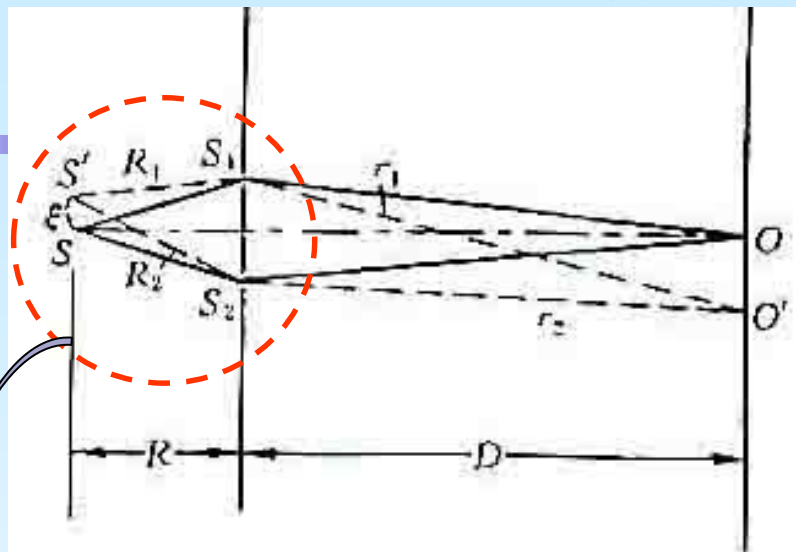
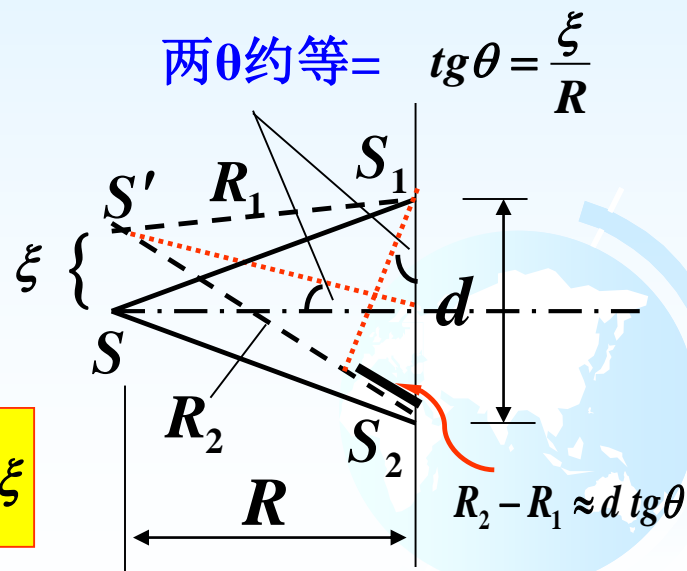


图 2-6 光源横向移动对干涉条纹的影响

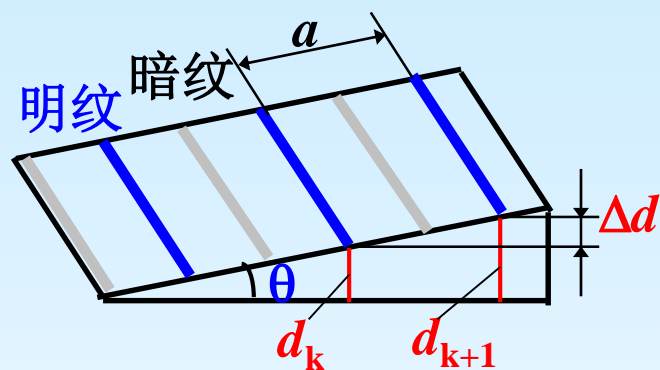
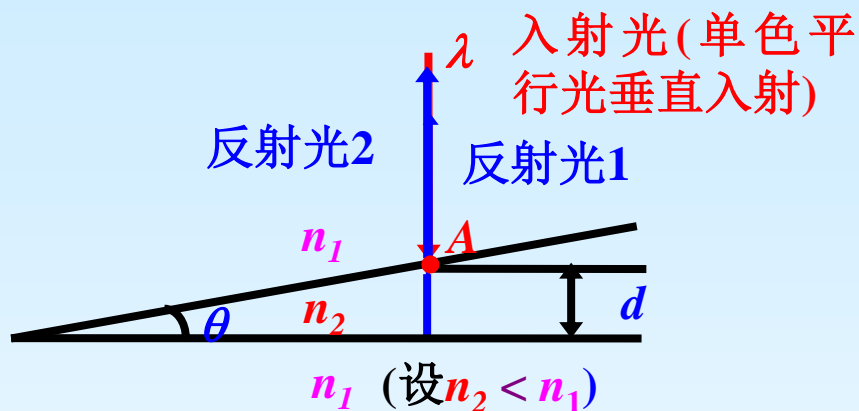


两θ约等= $\text{tg } \theta = \frac{\xi}{R}$

$R_2 - R_1 \approx d \text{tg } \theta$

3. 薄膜干涉

(1) 劈尖干涉 (空气层 $n_2=1$)



A点的光程差: $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2}$

$$\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} 2k \cdot \frac{\lambda}{2} & k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{明纹} \\ (2k + 1) \frac{\lambda}{2} & k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{暗纹} \end{cases}$$

$$\Delta d = d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2}$$

(2) 牛顿环

光程差: $\delta = 2d + \frac{\lambda}{2}$ $d = \frac{r^2}{2R}$

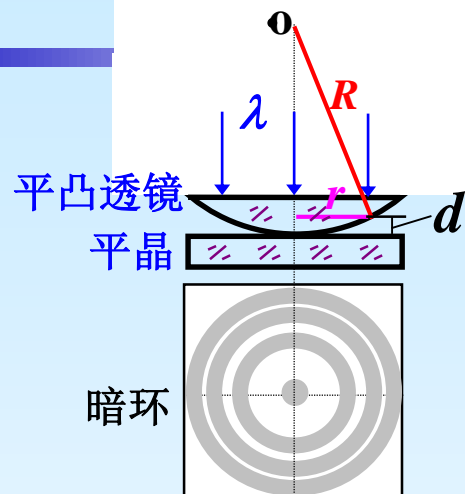
$$\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} 2k \cdot \frac{\lambda}{2} & k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{明纹} \\ (2k + 1) \frac{\lambda}{2} & k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{暗纹} \end{cases}$$

第 k 个明环半径

$$r_k = \sqrt{(2k - 1) \frac{R\lambda}{2}} \quad (k = 1, 2, \dots)$$

第 k 个暗环半径

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} \propto \sqrt{k} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$





(3) 迈克耳逊干涉仪

1. $M_1 \perp M_2 \Rightarrow M_1' \parallel M_2, \Rightarrow$ **等倾干涉**

$$\delta = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}$$

$$\delta = 2d \cos \gamma = \begin{cases} k\lambda \\ (2k+1)\lambda/2 \end{cases}$$

明纹

暗纹

半透半反膜

\Rightarrow 干涉条纹是一组**同心圆**.

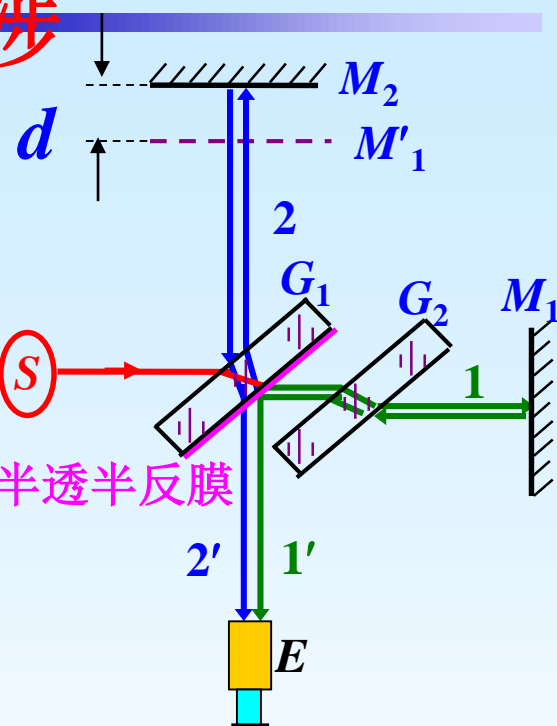
2. $M_1 \nabla M_2 \Rightarrow M_1' \nparallel M_2 \Rightarrow$ **等厚干涉**

$$\delta = 2d = \begin{cases} k\lambda \\ (2k+1)\lambda/2 \end{cases}$$

明纹

暗纹

\Rightarrow 干涉条纹是一组**平行条纹**.





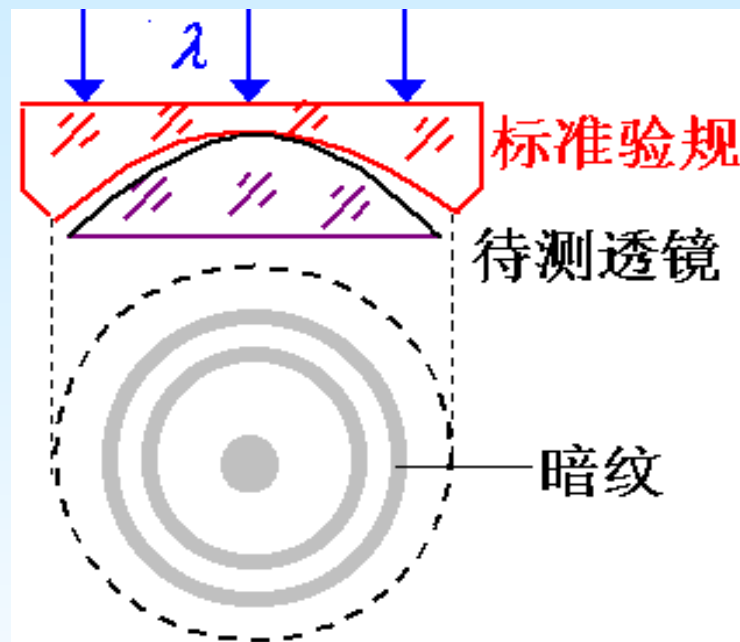
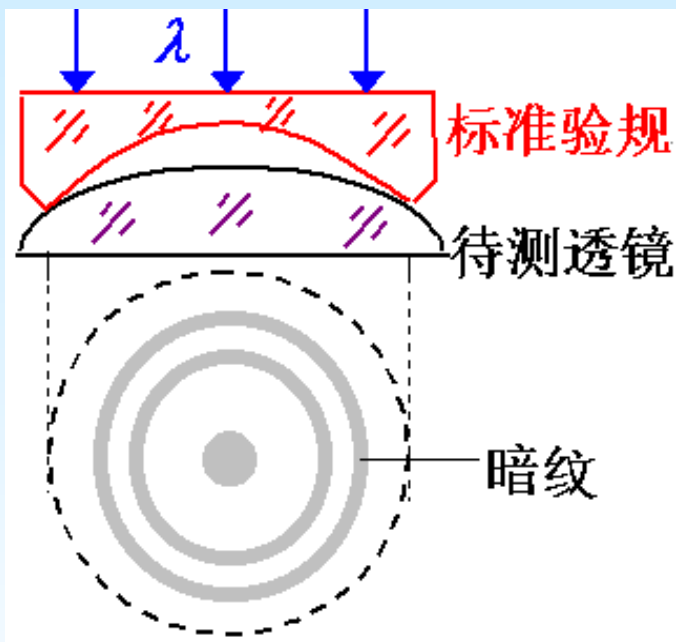
第二章 光的干涉

例题：若把牛顿环实验装置(都是用折射率1.52的玻璃制成的)由空气搬入折射率为1.33的水中，则干涉条纹 [C]

- (A) 中心暗斑变亮斑 (B) 变疏
(C) 变密 (D) 间距不变



思考：若待测透镜表面已确定是球面,现检测其半径大小是否合乎要求,如何区分如下两种情况？



轻轻加压

若环变小 \Rightarrow 磨边缘；

若环变大 \Rightarrow 磨中间。



例

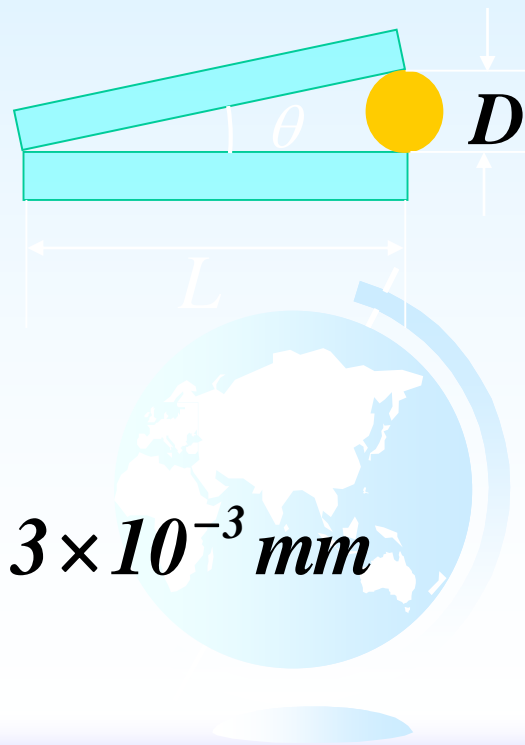
为了测量一根细的金属丝直径 D ，按图办法形成空气劈尖，用单色光照射形成等厚干涉条纹，用读数显微镜测出干涉明条纹的间距，就可以算出 D 。已知单色光波长为 $589.3nm$ ，测量结果是：金属丝与劈尖顶点距离 $L=28.880mm$ ，第1条明条纹到第31条明条纹的距离为 $4.295mm$

求 金属丝直径 D

解 $\sin \theta \approx \frac{D}{L} \quad a \cdot \frac{D}{L} = \frac{\lambda}{2} \quad D = \frac{L}{a} \cdot \frac{\lambda}{2}$

由题知 $a = \frac{4.295}{30} = 0.14317mm$


直径 $D = \frac{L}{a} \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{28.880}{0.14317} \times \frac{1}{2} \times 0.5893 \times 10^{-3}mm$
 $= 0.05944mm$




例 一平面单色光波垂直照射在厚度均匀的薄油膜上，油膜覆盖在玻璃板上，所用光源波长可连续变化，观察到 500nm 和 700nm 这两个波长的光在反射中消失。油的折射率为 1.30 ，玻璃的折射率为 1.50

求 油膜的厚度

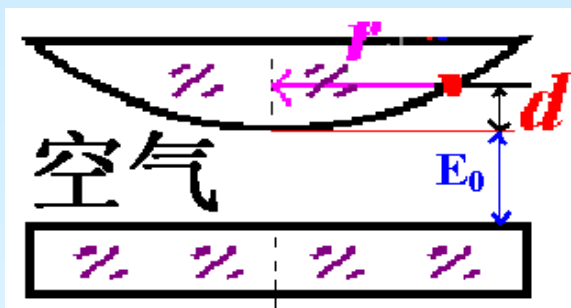
解 根据题意，不需考虑半波损失，暗纹的条件为


$$\left\{ \begin{array}{l} 2nd = (2k + 1) \frac{\lambda_1}{2} \\ 2nd = [2(k + 1) + 1] \frac{\lambda_2}{2} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2n(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{500 \times 700}{2 \times 1.30 \times (700 - 500)} \\ &= 6.73 \times 10^2 \text{ (nm)} \end{aligned}$$


例 如图牛顿环装置,单色光垂直入射,已知 λ, R, E_0 (凸镜底到平面镜间距离),**求:反射干涉所形成的牛顿环各暗纹半径。**

解:注意本题与牛顿环有区别



$$\because \delta = 2(d + E_0) \cdot 1 + \lambda/2 = (2k+1) \cdot \lambda/2$$

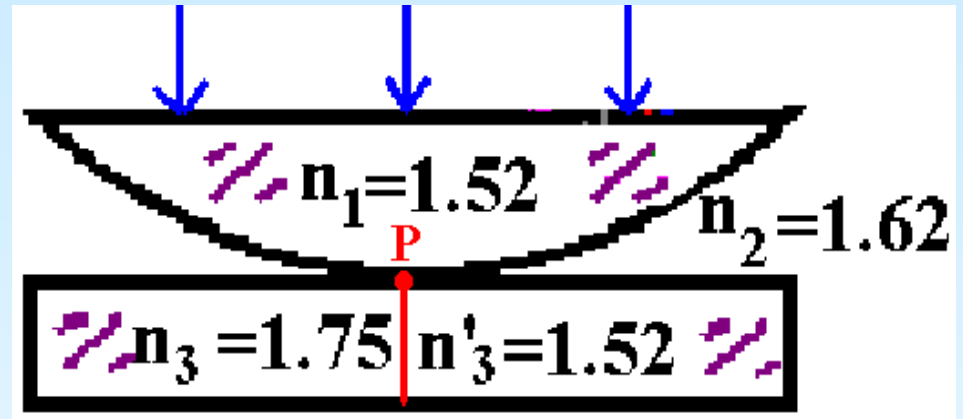
$$\text{又} \because r^2 = 2Rd$$

$$\therefore r = \sqrt{k\lambda R - 2E_0R}$$



例 如图:一单色光垂直入射牛顿环,则在顶点P所形成的圆环为:

- A、全明**
- B、全暗**
- C、左暗右明**
- D、左明右暗**

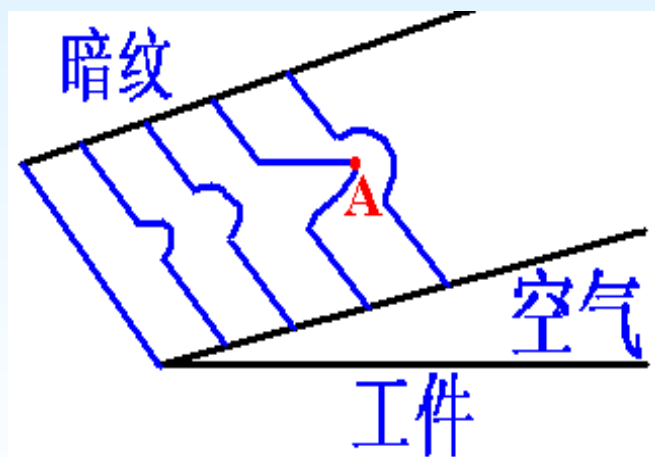


解: 因左边有两个半波损,相当于无半波损,故为明,右边只有一个半波损,故为暗,所以选**D**。

例：以 $\lambda=500\text{nm}$ 的单色光垂直入射劈尖,看到如图反射条纹,变形最大处正好与其右边条纹直线部相切,则工件表面缺陷为____,变形最大高度为____, A点所对应的空气膜厚度 $d_A=$ _____.

解：

- A、凸型的
- B、 $500/2 \text{ nm}$
- C、 $3*500/2=750 \text{ nm}$





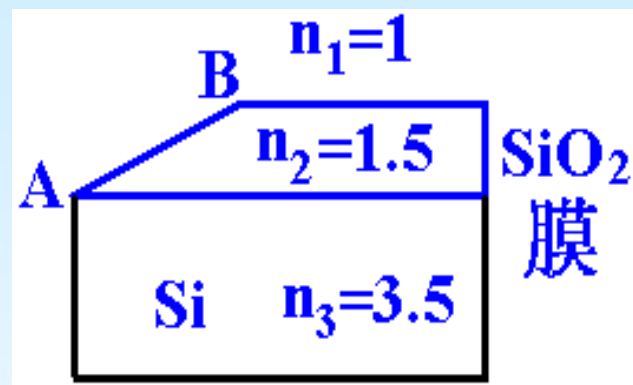
例：如图 $\lambda=6000\text{\AA}$ 垂直入射,表面形成反射干涉,观察到AB段共有8条暗纹,且B处正好为一暗纹,求：膜厚度。

解： 因 $k=7$,

$$\therefore 2dn_2 = (2k+1)\lambda/2$$

$$\therefore d = \frac{(2 \cdot 7 + 1) \cdot 6000 \cdot 10^{-10} / 2}{2 \cdot 1.5}$$

$$\therefore d = 1.5 \times 10^{-6} m$$



[例题] 迈克耳孙干涉仪用波长为 589.3nm 的钠黄光观察，视场中心为亮点，此外还能看到10个亮环。今移动一臂中的反射镜，发现有10个亮环向中心收缩而消失，即中心级次减小10，此时视场中除中央亮点外还剩5个亮环。试求开始时中央亮点的干涉级，反射镜移动的距离，以及反射镜移动后视场中最外那个亮环的干涉级。

[解] 设 θ_{\max} 表示相应于视场中所能看到的最外那个亮环的光线的倾角，视场中该亮环的级别是最低的，上述过程表明：

$$2nd_1 = k_1\lambda \quad 2nd_1 \cos \theta_{\max} = (k_1 - 10)\lambda$$

$$2nd_2 = k_2\lambda = (k_1 - 10)\lambda$$

$$2nd_2 \cos \theta_{\max} = (k_2 - 5)\lambda = (k_1 - 15)\lambda$$

得：

$$\frac{k_1}{k_1-10} = \frac{k_1-10}{k_1-15}$$

即 $k_1=20, \quad k_2=10$

$$2n(d_1-d_2)=10\lambda \quad \text{即} \quad d_1-d_2 = \frac{10\lambda}{2n} = 2.947 \mu m$$

所以，开始时中央亮点的干涉级为**20**，反射镜移动的距离为 **$2.947 \mu m$** ，反射镜移动后视场中最外那个亮环的干涉级为**5**。





2.5 用单色光垂直照射到两块玻璃板构成的楔形空气薄膜上观察反射光形成的等厚干涉条纹. 入射光为钠黄光($\lambda = 5893 \text{ \AA}$)时测得相邻两暗纹间的距离为 0.22 mm . 当以未知波长的单色光照射时, 测得相邻两暗纹间的距离为 0.24 mm , 求未知波长.

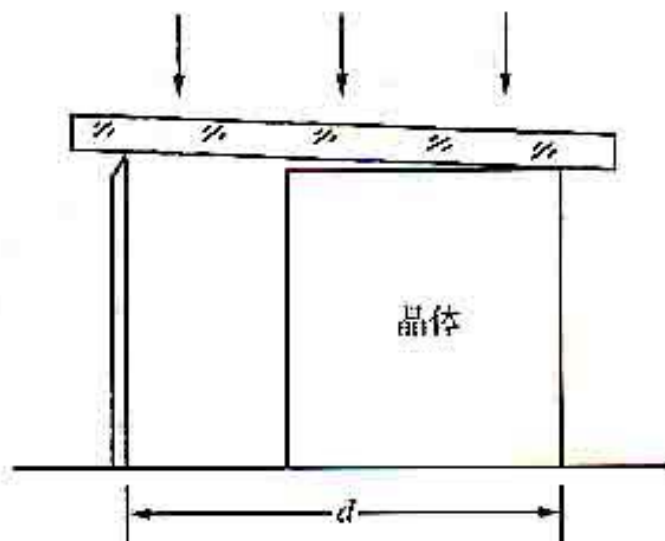
解 根据楔形薄膜上形成等厚干涉条纹间距公式 $l = \frac{\lambda}{2n\alpha}$, 条纹间距与波长成正比, 因此

$$\lambda_2 = \frac{l_2}{l_1} \lambda_1 = \frac{0.24}{0.22} \times 5.893 \times 10^{-7} \text{ m} = 6.4 \times 10^2 \text{ nm}.$$





2.7 如图所示,玻璃平板的右侧放置在长方体形晶体上,左侧架于高度固定不变的刀刃上,于是在玻璃平板与晶体表面间形成一空气尖劈.玻璃板与晶体的接触线至刀刃的距离 $d=5.00\text{ cm}$. 今以波长 $\lambda=6000\text{ \AA}$ 的单色光垂直入射,观察由空气尖劈形成的等厚条纹.当晶体由于温度上升而膨胀时,观察到条纹间距从 0.96 mm 变到 1.00 mm ,问晶体的高度膨胀了多少?



题 2.7





解 设刀刃的高度为 H , 晶体原来的高度为 h_1 , 并令 $x_1 = H - h_1$, 晶体温度上升膨胀后的高度为 h_2 , 并令 $x_2 = H - h_2$. 晶体高度膨胀的距离为 $h_2 - h_1 = x_1 - x_2$. 根据空气薄膜中的比例关系有

$$\frac{x_1}{d} = \frac{\lambda/2}{l_1}, \quad \frac{x_2}{d} = \frac{\lambda/2}{l_2},$$

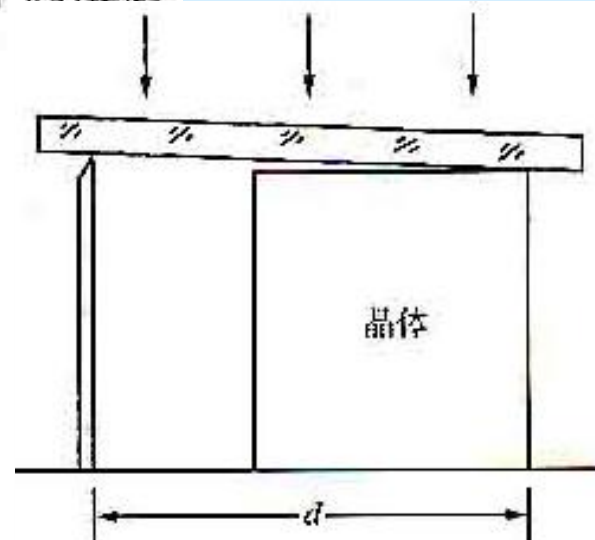
所以

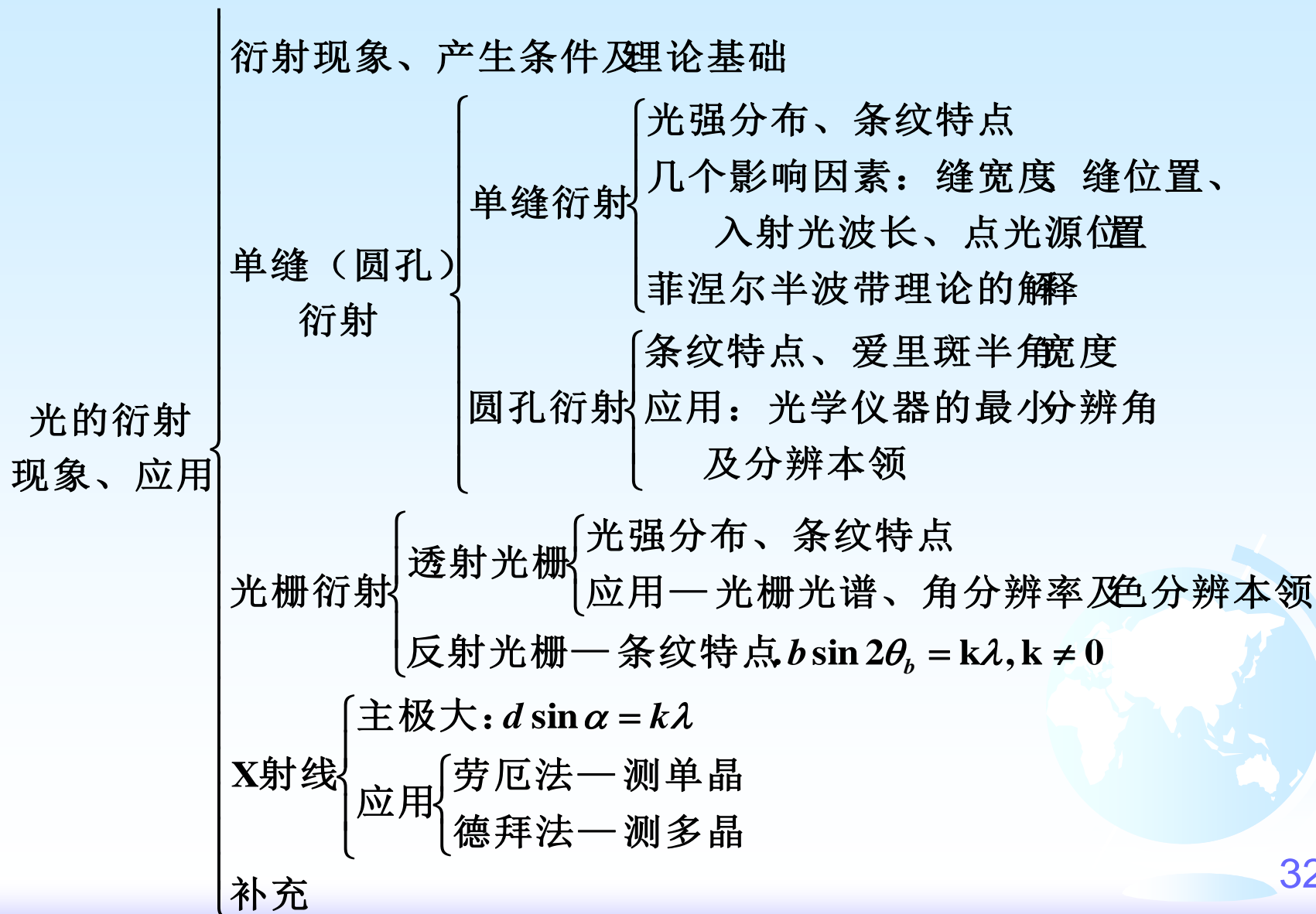
$$x_1 = \frac{\lambda d}{2l_1}, \quad x_2 = \frac{\lambda d}{2l_2},$$

所以

$$\begin{aligned} h_2 - h_1 &= x_1 - x_2 = \frac{\lambda d}{2} \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2} \right) \\ &= \frac{6.0 \times 10^{-7} \times 5.00 \times 10^{-2}}{2} \cdot \left(\frac{1}{0.96 \times 10^{-3}} - \frac{1}{1.00 \times 10^{-3}} \right) \text{m} \\ &= 0.63 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

本题介绍了干涉计量法的另一种实际应用.





1. 惠更斯——菲涅耳原理

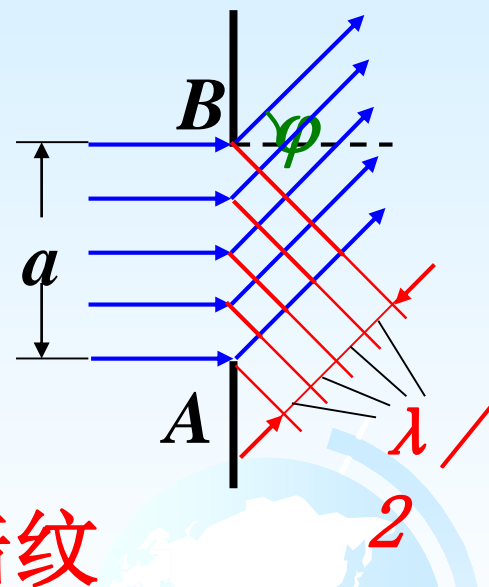
从同一波前上各点发出的子波是相干波，经传播而在空间某点相遇时的叠加是相干叠加。

2. 单缝的夫琅禾费衍射、半波带法

$$a \sin \varphi = 0 \quad \text{——中央明纹(中心)}$$

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{——暗纹}$$

$$a \sin \varphi = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad \text{——明纹(中心)}$$



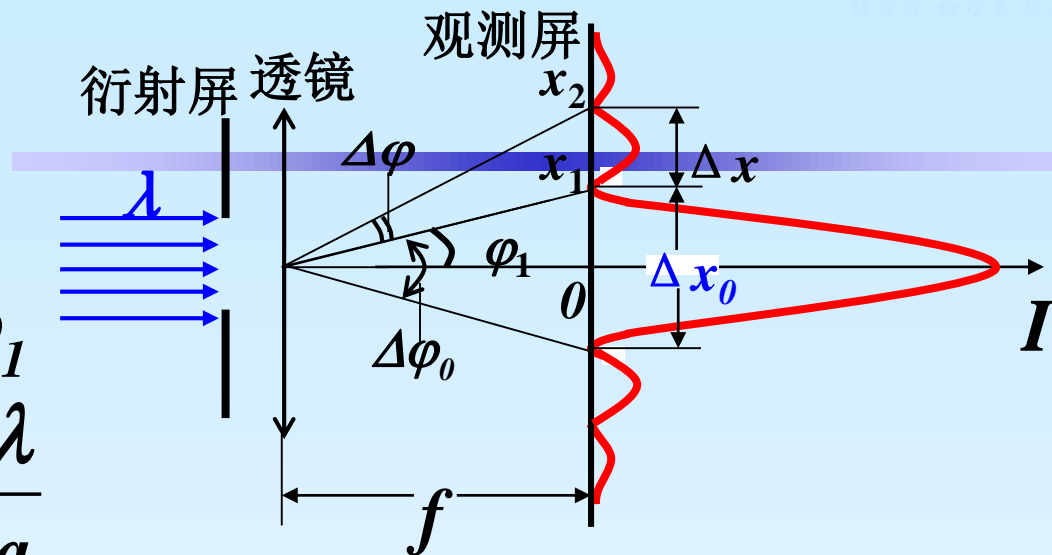
衍射条纹宽度

(1) 中央明纹

∵ $a \gg \lambda$ 时, $\sin \varphi_1 \approx \varphi_1$

角宽度 $\Delta\varphi_0 = 2\varphi_1 \approx 2\frac{\lambda}{a}$

线宽度 $\Delta x_0 = 2f \cdot \tan \varphi_1 = 2f\varphi_1 = 2f\frac{\lambda}{a} \propto \frac{\lambda}{a}$



(2) 其他明纹(次极大)

$$\Delta x \approx \frac{f\lambda}{a} = \frac{1}{2} \Delta x_0$$

• 衍射光强 $I = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$, 其中 $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \varphi$

3. 衍射光栅

光栅衍射是多缝干涉和单缝衍射的综合结果。

$d=a+b$ — 光栅常数

- 光栅衍射明纹(主极大)的位置和条件:

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda \quad k = 0, 1, 2, 3 \cdots$$

——光栅方程

φ 很小时, $x = f \operatorname{tg} \varphi \approx f \sin \varphi$

- 当 $d=(a+b)$ 与 a 成整数比时, 将产生缺级现象:

缺级级次:

$$k' = \frac{a+b}{a} k \quad (k = 1, 2, 3, \cdots)$$

●光栅衍射暗纹条件

：

$$d \sin \varphi = \frac{\pm k'}{N} \lambda \quad (k' \neq Nk, \quad k \neq 0)$$

相邻主极大间有 $N-1$ 个暗纹和 $N-2$ 个次极大。

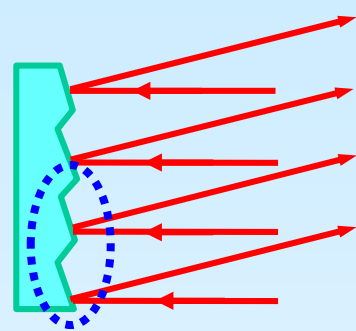
●光栅衍射光强：

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{\sin \frac{N\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}} \right)^2$$

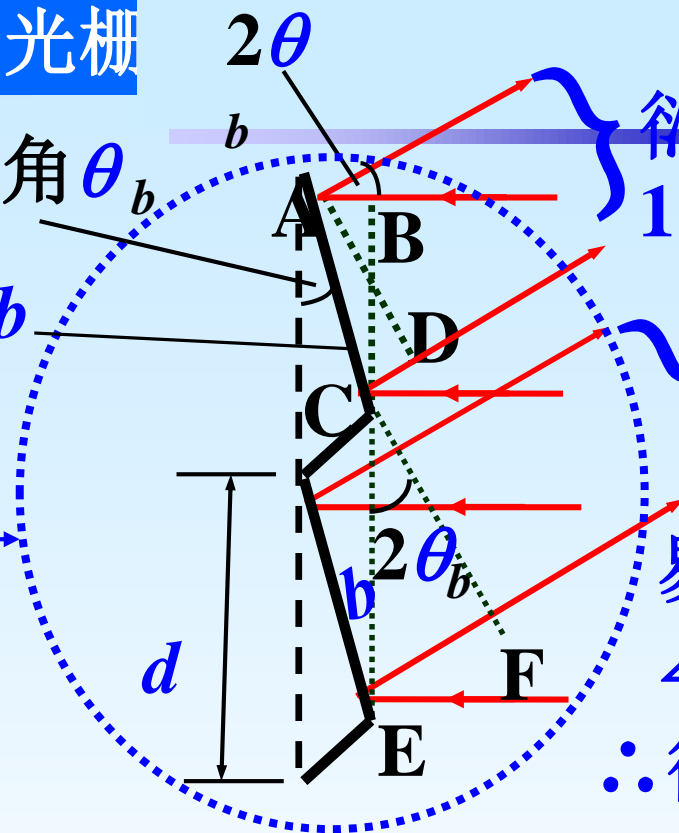
其中 $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \varphi$, $\delta = \frac{2\pi(a+b)}{\lambda} \sin \varphi$.



反射光栅----闪耀光栅



闪耀角 θ_b
槽面 b



衍射

1

干涉

衍射

2

易证:

$$\angle ECF = 2\theta_b$$

\therefore 衍射角 $2\theta_b$ 方向的

衍射束 1, 2 光程差:

$$\Delta = \overline{EF} = d \sin 2\theta_b$$

表明 k' 级外, 其它主极大全缺级。

若 $\Delta = d \sin 2\theta_b = k'\lambda$,

则 k' 级干涉条纹能量多



4. 瑞利判据

- 最小分辨角:

$$\delta\varphi = \varphi_I \approx 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

- 光学仪器的分辨本领

$$R \equiv \frac{I}{\delta\varphi} = \frac{D}{1.22\lambda}$$

- 光栅的色分辨本领

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$$

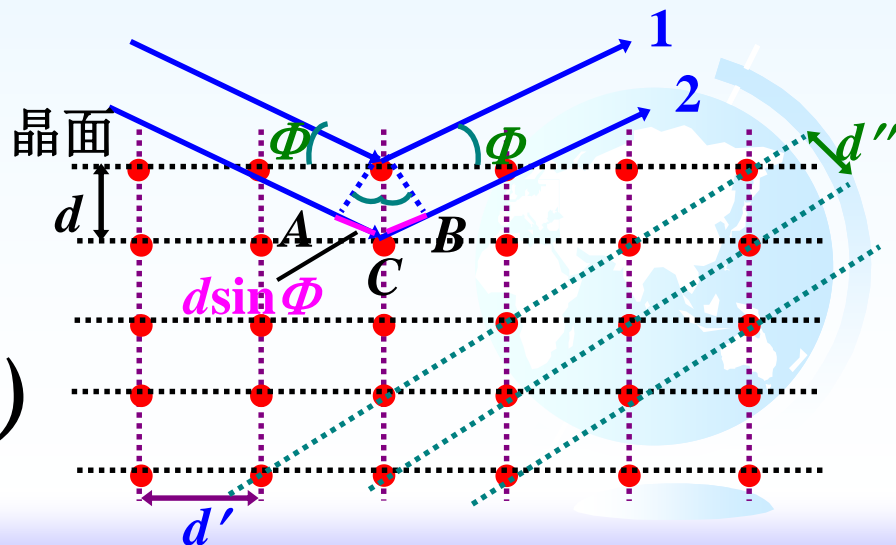
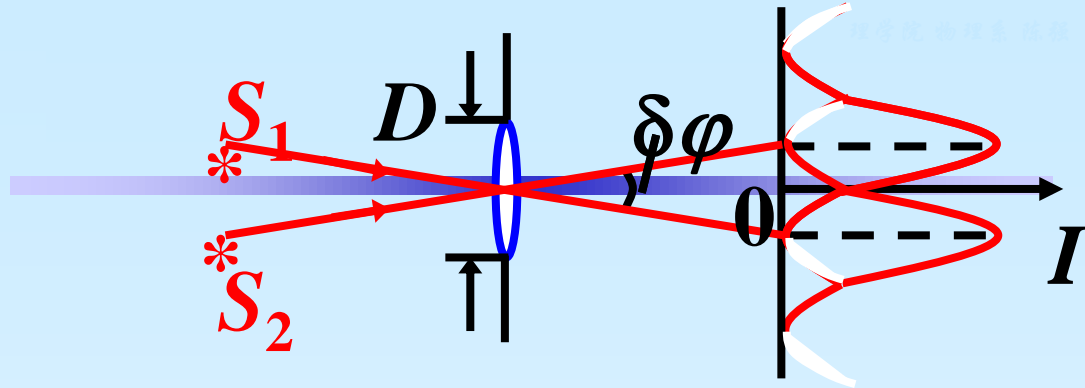
- X射线的衍射

散射光干涉加强条件:

$$2d \sin \Phi = k\lambda$$

$$(k = 1, 2, \dots)$$

—布喇格公式





第三章 光的衍射

3.1 在夫琅禾费单缝衍射实验中,以钠黄光为光源, $\lambda = 589 \text{ nm}$,平行光垂直入射到单缝上.

(1) 若缝宽为 0.10 mm ,问第一级极小出现在多大的角度上?

(2) 若要使第一级极小出现在 0.50° 的方向上,则缝宽应多大?

解 (1) 根据原书单缝衍射强度极小的位置公式

$$b \sin \theta = k\lambda,$$

$$\sin \theta = \frac{k\lambda}{b} = \frac{5.89 \times 10^{-7}}{0.10 \times 10^{-3}} = 0.00589.$$

所以

$$\theta = 0.34^\circ.$$

$$(2) b = \frac{k\lambda}{\sin \theta} = \frac{5.89 \times 10^{-7}}{\sin 0.50^\circ} \text{ m} = 6.7 \times 10^{-5} \text{ m} = 67 \mu\text{m}.$$

本题只是通过简单的练习熟悉夫琅禾费单缝衍射的基本公式,并对现象的数量级有一个初步印象.





第三章 光的衍射

3.3 钠黄光的波长 $\lambda = 5893 \text{ \AA}$, 用作夫琅禾费单缝衍射实验的光源, 测得第二级极小至衍射花样中心的线距离为 0.30 cm . 当用波长未知的光作实验时, 测得第三级极小离中心的线距离为 0.42 cm , 求未知波长.

解 设钠黄光的波长为 λ_1 , 未知波长为 λ_2 , 根据单缝衍射基本公

式有

$$b \sin \theta_1 = k_1 \lambda_1, \quad b \sin \theta_2 = k_2 \lambda_2,$$

所以

$$\begin{aligned} \frac{k_2 \lambda_2}{k_1 \lambda_1} &= \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{0.42}{0.30}, \\ \lambda_2 &= \frac{k_1 \lambda_1}{k_2} \frac{0.42}{0.30} = \frac{2 \times 5.89 \times 10^{-7} \times 0.42}{3 \times 0.30} \text{ m} \\ &= 5.5 \times 10^{-7} \text{ m} = 5.5 \times 10^2 \text{ nm}. \end{aligned}$$





第三章 光的衍射

3.5 为使望远镜能分辨角间距为 $3.00 \times 10^{-7} \text{ rad}$ 的两颗星,其物镜的直径至少应多大?为了充分利用此望远镜的分辨本领,望远镜应有多大的角放大率?假定人眼的最小分辨角为 $2.68 \times 10^{-4} \text{ rad}$,光的有效波长为 550 nm .

解 根据圆孔衍射分辨本领基本公式,有

$$\varphi = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 3.00 \times 10^{-7},$$

所以
$$D = \frac{1.22\lambda}{\varphi} = \frac{1.22 \times 5.50 \times 10^{-7}}{3.00 \times 10^{-7}} \text{ m} = 2.24 \text{ m}.$$

该望远镜的角放大率 B 应为

$$B = \frac{2.68 \times 10^{-4}}{3.00 \times 10^{-7}} = 893.$$





第三章 光的衍射

3.7 画出缝数 $N=6$, $d=1.5b$ 的平面透射光栅的强度分布曲线, 并指出缺级. 假定单色光垂直入射.

解 根据光栅强度分布公式, 各缝间干涉主极大位置

$$\sin \theta = \frac{k\lambda}{d}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots;$$

极小值位置

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{Nd}, \quad m \text{ 为整数, } m \neq kN.$$





第三章 光的衍射

因此在两个相邻的主极大之间共有等间隔的 $N-1$ 个极小值,其强度为零;在两个相邻的极小值之间有一个次极大,在两个相邻的主极大之间共有 $N-2$ 个次极大;各缝间干涉强度分布受到单缝衍射强度分布的调制,单缝衍射的极小值位置

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{b}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots;$$

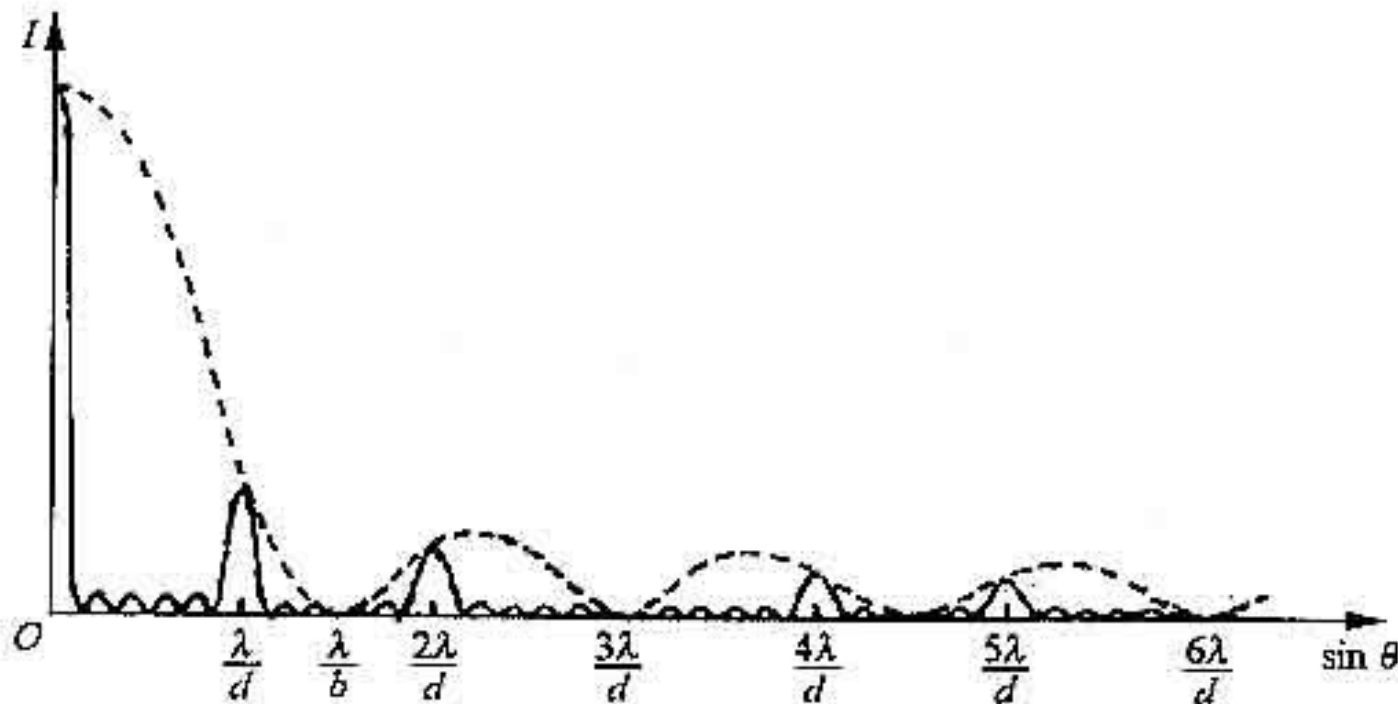
当光栅常数 d 与缝宽 b 成简单整数比时,会产生主极大的缺级.

对于题给情形, $N=6, d=1.5b$, 两个主极大之间有 5 个极小值, 4 个次极大;由于 $\frac{k}{n} = \frac{d}{b} = \frac{3}{2}$, 因而缺级情况是 $k = \pm 3, \pm 6, \pm 9, \dots$





缺级. 作出的光栅强度分布图如图. 由于此强度分布图左右两边是对称的, 因此只需画出一半就可以了.



题 3.7

这是一道关于光栅强度分布的习题, 它把有关光栅强度分布的概念都概括在内了, 这对于学生掌握光栅强度分布颇多裨益.





第三章 光的衍射

3.9 He-Ne 激光器发出的红光, $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, 垂直入射到一平面透射光栅上, 观察其夫琅禾费衍射花样. 测得第一级极大出现在 38° 的方向上, 求光栅常数. 能否看到其二级光谱?

解 根据光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$, 得

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \theta} = \frac{1 \times 6.328 \times 10^{-7}}{\sin 38^\circ} \text{ m} = 1.03 \times 10^{-6} \text{ m} = 1.03 \mu\text{m},$$

$$\sin \theta = \frac{2\lambda}{d} = 1.229 > 1, \quad \text{无解.}$$

故不可能看到其二级光谱.

