

光的衍射和干涉现象研究

【实验目的】

1. 观察光学实验中的各种衍射和干涉现象。
2. 学会利用光栅衍射测定激光的波长。
3. 学会利用单缝衍射测定单缝的宽度。
4. 学会利用双缝干涉测定双缝的间距

【实验原理】

1. 单缝衍射

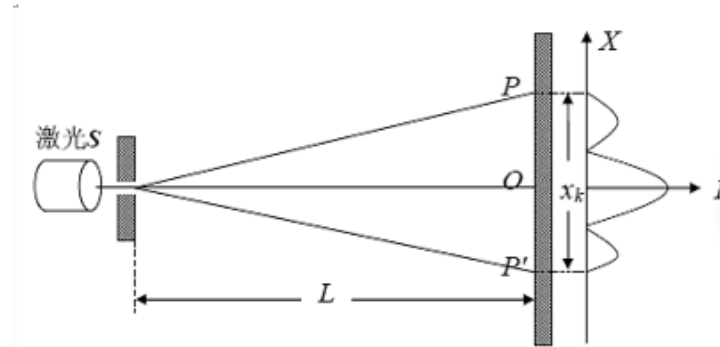


图 11-1 单缝衍射原理图

单缝夫琅和费衍射要求光源和接收衍射图样的屏幕都远离衍射物——单缝。这样做的好处是用简单的计算就可以得到正确的结果，其光路图如图 11-1 所示。S 为波长为 λ 的单色光源，作为平行光束垂直照射到缝宽为 a 的单缝上，在其光屏 P 处，呈现出一组对称的明暗相间按一定规律分布的衍射条纹。由于

$$I = I_0 \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{\lambda} a \sin \varphi\right)}{\frac{\pi}{\lambda} a \sin \varphi} \right]^2 \quad (11-1)$$

当 $I=0$ 时（呈现暗条纹）， $a \sin \varphi = k\lambda$ ， $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ，(11-2)

k 级暗条纹所对应的衍射角为

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{x}{2L} \quad (11-3)$$

2. 光栅衍射

光栅和棱镜一样，是重要的分光光学元件，已广泛应用在光栅光谱仪、光栅单色仪等仪器中。光栅是一组数目极多的等宽、等距和平行排列的狭缝。它分为透射光栅和反射光栅两种。本实验用的是平面投射光栅。

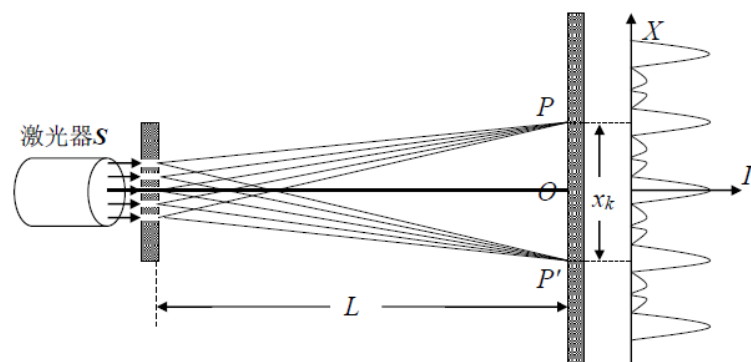


图 11-2 夫琅和费光栅衍射原理图

描述光栅特征的物理量是光栅常数 d ，其大小等于狭缝宽度与狭缝间不透光部分之和。由于习惯上用单位毫米里的狭缝数目 N 来描述光栅特性。光栅常数 d 等于 N 的倒数。根据夫琅和费衍射理论，平行光束垂直入射到光栅平面时，透射光将形成衍射现象，图 11-2 为形成光栅衍射的原理图，在一些方向上由于光的相互加强后光强度特别大，而其他方向上由于光的相消后光强度很弱就几乎看不到光。

而这些亮条纹所在的方位由光栅方程所确定，方程为

$$d \sin \phi = k \lambda \quad (11-4)$$

其中， d 为光栅常数， k 为衍射级别， λ 为入射波长， ϕ 为衍射角（光栅法线与衍射方位之间的夹角）。

3. 双缝干涉

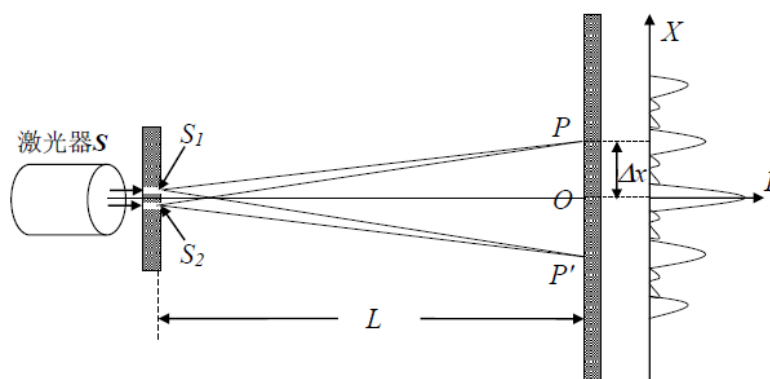


图 11-3 夫琅和费光栅衍射原理图

杨氏双缝干涉光路原理如图 11-3 所示，其中 S 为光源，S1 和 S2 为双缝，P 为观察屏。如果 S 在 S1 和 S2 的中线上，则可以证明双缝干涉的光程差为

$$\Delta = r_2 - r_1 = b \sin \theta = \frac{bx}{L} \quad (11-5)$$

式中， b 为双缝间距， θ 是衍射角， L 是双缝至观察屏的间距。当

$$\Delta = \frac{bx}{L} = \begin{cases} k\lambda \\ (k + \frac{1}{2})\lambda \end{cases} \quad (11-6)$$

观察屏上显示出明纹或暗纹，由干涉原理可得，相邻明纹或相邻暗纹的间距可以证明是相等的，为

$$\Delta x = \frac{L}{b} \cdot \lambda \quad (11-7)$$

【实验仪器】

激光光源、磁性底座、干涉和衍射元件（可调单缝、双缝、圆孔、光栅等）、相屏、游标卡尺、米尺、具有照相功能的移动设备（自备）。

【实验内容】

一. 观察各种衍射物的干涉和衍射图样，并描绘出单缝、双缝、多缝、光栅、圆孔、矩形孔的衍射或干涉图样（也可拍照描绘）。

二. 用光栅衍射测激光波长

1. 按照图 11-2 光路图生成光栅衍射图样，并记录光栅常数 d ;
2. 用游标卡尺分别测出衍射图样的 $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ，级亮纹之间的间距 x_k ，用米尺测出衍射距离 L ;
3. 改变衍射距离 L ，重复上述步骤测量两次;
4. 求出激光波长 λ ，与标准值比较分析相对误差。

$$\lambda = \frac{d \sin \phi}{k} = \frac{d}{2L} \cdot \left(\frac{x_k}{k} \right), \text{ 其中 } \overline{\frac{x_k}{k}} = \frac{1}{k} \left(\frac{x_1}{1} + \frac{x_2}{2} + \frac{x_3}{3} + \dots + \frac{x_k}{k} \right).$$

三. 用单缝衍射测单缝宽度

1. 记录可调单缝宽度 a_0 ，按照图 11-1 光路图生成单缝衍射图样;
2. 用游标卡尺分别测出衍射图样的 $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ，级暗纹之间的间距 x_k ，用米尺测出衍射距离 L 。

3. 改变衍射距离 L ，重复上述步骤测量两次。
4. 求出单缝宽度 a ，与 a_0 比较分析相对误差。

$$a = \frac{\lambda k}{\sin \varphi} = 2\lambda L \cdot \left(\frac{\overline{x_k}}{k} \right)^{-1}$$

四. 用双缝干涉测双缝间距 b

1. 按照图 11-3 光路图生成双缝干涉图样；
2. 用游标卡尺测出若干组相邻明纹（或暗纹）的间距 Δx ，用米尺测出干涉距离 L ；
3. 改变干涉距离 L ，重复上述步骤测量两次；
4. 求出双缝间距 b ，与标准值比较分析相对误差。

$$b = \frac{L}{\Delta x} \cdot \lambda$$

【注意事项】

1. 严禁拿激光灯照射别处，眼睛不能直视激光，否则失明。
2. 严禁用手直接触摸固定的单缝、单孔及双缝玻片上的图案，容易刮伤图案。

【思考题】

1. 单缝衍射的主要特点有哪些？
2. 菲涅耳衍射和夫琅和费衍射的区别是什么？本实验为哪种类型？
3. 影响本实验的测量结果的因素有哪些？
4. 若以矩形孔代替单缝，其衍射图样在长边AB方向开得宽，还是在短边AD上开得宽？为什么？
5. 双缝干涉与单缝衍射图像有什么不同？
6. 双缝干涉与光栅衍射图像又有什么区别？