

实验 18 单缝和双缝衍射的光强分布

引言

意大利的物理学家格里马迪(1618 — 1664),在他的 1665 年出版的《关于光、颜色的物理数学研究、颜色和数》一书中,描述了他对干涉与衍射现象的观察.他让通过百叶窗的一束光线照在一棵木棍上,结果发现,小棍的影子不仅加宽,而且出现了许多彩带,光的强度分布不均匀且没有截然的边界,不能用当时通行的光的微粒说来解释。

荷兰物理学家惠更斯在 1678 年提出惠更斯原理,用波动说解释了光的衍射现象。

实验目的

- 1、通过对夫朗禾费单缝和双缝衍射的光强分布曲线的制作，加深对光的衍射现象和理论的理解。
- 2、学习光强分布的光电测量方法。
- 3、测量单缝宽度。

实验原理

衍射是波动光学的重要特征之一。衍射通常分为两类：一类是满足衍射屏离光源或接收屏的距离为有限远的衍射，称为菲涅耳衍射；另一类是满足衍射屏与光源和接收屏的距离都是无限远的衍射，也就是照射到衍射屏上的入射光和离开衍射屏的衍射光都是平行光的衍射，称为夫琅和费衍射。

单缝夫琅禾费衍射及其衍射图阵如图 1 所示当使用氦氖激光器作为光源及屏缝间距 D 远大于狭缝宽度 a 时，凸透镜 l_1 和 l_2 可以省略，如图 2 所示。

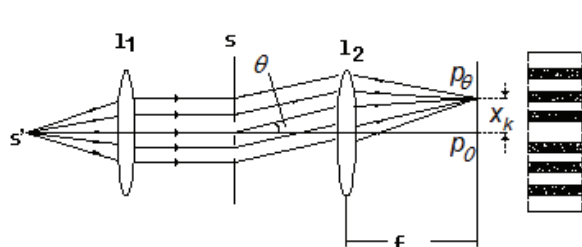


图1

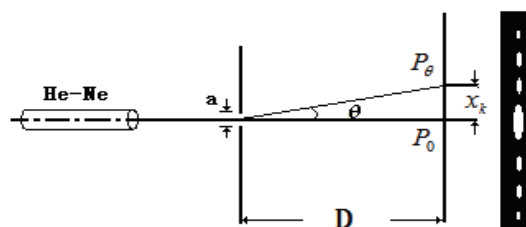


图2

由理论计算可得，垂直入射于单缝平面的平行光经单缝衍射后光强分布的规律为

$$I = I_0 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2}, \quad \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

式中， a 是狭缝宽度， λ 是波长。其光强分布如图 3 所示。

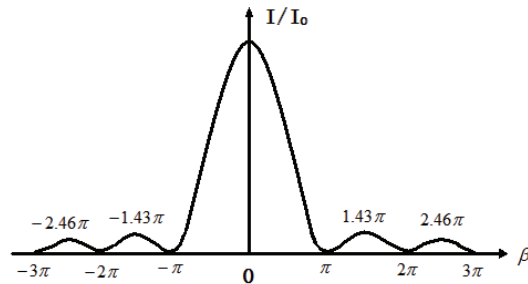


图 3

(1) 当 $\beta = 0$ (即 $\theta = 0$) 时， p_θ 处的光强 $I_\theta = I_0$ 是最大值，称为主极大。

(2) 当 $\beta = m\pi$ ($m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$)，即 $a \sin \theta = m\lambda$ 时， $I_\theta = 0$ 出现暗条纹。

(3) 除主极大外，在 $\beta = \pm 1.43\pi, \pm 2.46\pi, \pm 3.47\pi \dots$ 处出现次极大，其相对主极大的光强依次为 0.047、0.017、0.008 \dots 。

夫琅禾费双缝衍射，如图 4 所示

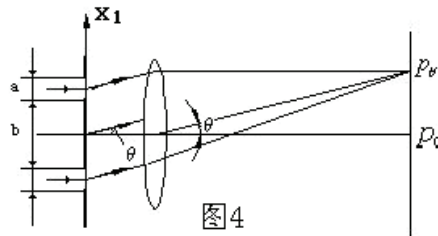


图 4

缝宽 a ，缝间不透光部分宽度 b ，缝距 $d = a + b$ ，屏上 p_θ 处的光强为

$$I = 4I_0 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \cos^2 \nu$$

式中 $\beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$ ， $\nu = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$

$\frac{\sin^2 \beta}{\beta^2}$ 是单缝衍射因子， $\cos^2 \nu$ 是双光束干涉因子。因此夫琅禾费衍射是单缝衍射光强调制下的双缝干涉。

如果这两个因子中有一个为零，则合光强为零。因此，当某一级干涉最大出现在衍射最小的位置上时，合光强为零，这样就发生了干涉条纹缺级现象。双缝衍射光强分布曲线及衍射图样如图 5 所示。

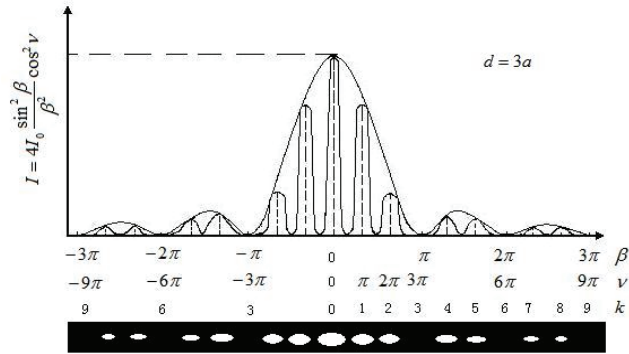


图 5

实验仪器

导轨、激光电源、激光器、单缝、双缝、二维调节架、小孔屏、一维光强测量装置、WJF 型数字式检流计

实验内容

1. 测量夫琅禾费单缝衍射光强分布：

(1) 按图 6 安放实验仪器。

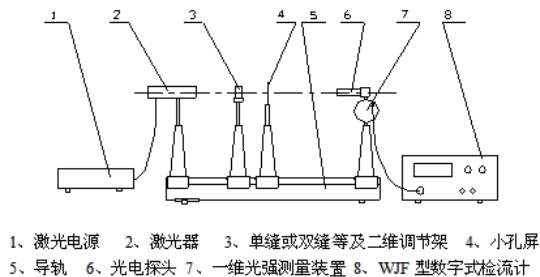


图 6

打开激光器和检流计开关预热 30 分钟。调节激光器使激光束垂直照射于狭缝平面上。

(2) 调节狭缝支架，使屏上衍射图样清晰、对称、最亮且条纹间距适当。方法是用光电探头测 ±1 级次极大的光电流是否相等，若不相等，可调节狭缝位置。

(3) 测量光强分布。转动一维光强测量装置的手轮，使光电探头逐点扫描，每隔 0.2mm (或 0.5mm) 记录一次光电流，并注意记录极大值和极小值。

(4) 作光强分布曲线。在坐标纸上作出相对光电流 i/i_0 (即相对光强 I/I_0) 与位置 X 的关系曲线，并与理论结果进行比较。

2.测量狭缝宽度。

根据暗纹条件 $a \sin \theta = m\lambda$ ，因为 θ 很小，所以 $\theta = \frac{x_m}{D}$ ，式中 D 是狭缝到光电探头的距离， x_m 是 m 级暗纹相对主极大的位置，那么狭缝的宽度

$$a = \frac{mD\lambda}{x_m}$$

3.换上双缝，测量双缝衍射光强分布曲线。

思考题

- 1.什么叫夫琅禾费衍射？用 He-Ne 激光做光源是否满足夫琅禾费衍射条件，为什么？
- 2.当缝宽增加一倍时，衍射图样的光强和条纹宽度将会怎样改变？如缝宽减半，又怎样改变？

注意事项

- 1.不要用眼睛正对着激光束观察。
- 2.注意光电探头的暗电流和周围杂散光所引起的光电流，测量前应先测出这部分光电流值，以便对数据作出修正。