

实验十五 光栅的衍射

光的衍射现象是光的波动性的一种表现。光栅是重要的分光元件,广泛应用于单色仪、摄谱仪等光学仪器中。研究光栅的衍射现象不仅有助于加深对光的波动性的理解,也有助于进一步学习近代光学实验技术,如光谱分析、全息照相、光学信息处理等。

[实验目的]

- 1) 观察光栅的衍射现象,加深对光栅分光原理的理解;
- 2) 测定汞灯在可见光范围内几条光谱线的波长;
- 3) 进一步熟悉分光计的调节和使用。

[实验原理]

如以单色平行光垂直照射在光栅面上,则透过各狭缝的光线因衍射将向各个方向传播,经透镜汇聚后相互干涉,并在透镜焦平面上形成一系列被相当宽的暗条纹隔开的、间距不同的明条纹。

按照光栅衍射理论,光谱中明条纹的位置由下式决定:

$$(a+b)\sin\varphi_K = \pm K\lambda$$

或
$$d\sin\varphi_K = \pm K\lambda, K = 0, 1, 2, \dots \quad (15-1)$$

式中, $d = a + b$ 称为光栅常数, λ 为入射光的波长, K 为明条纹级数; φ_K 是第 K 级明条纹的衍射角。

如果入射光不是单色光,则由式(15-1)可以看出,光的波长不同,同一级条纹的衍射角也不相同,于是复色光将被分解;而在中央位置 $\varphi_K = 0$ 处,各色光仍重叠在一起,组成中央明条纹;在中央明条纹两侧对称地分布着 $K = 0, 1, 2, \dots$ 级光谱,按波长大小的顺序依次排列成一组彩色谱线,这样就把复色光分解为单色光。各色谱线的分布与光波波长和光栅常数有关。

[实验方案]

利用分光计,实现用平行光垂直入射光栅表面的要求,观察衍射条纹的分布,准确测出某种颜色第 K 级明条纹的衍射角 φ_K ,将 φ_K 及光栅常数 d 代入式(15-1),就可算出该明条纹所对应的单色光的波长。

[实验仪器]

JJY-1'型分光计、低压汞灯、透射式全息光栅、光学平行平板。

〔内容及要求〕

1. 分光计调节

要求:

- 1) 望远镜聚焦无穷远;
- 2) 平行光管发出平行光;
- 3) 望远镜和平行光管的光轴共轴且同时垂直于分光计的中心转轴。

具体调节方法见实验十四。

2. 光栅位置的调节

实验时,要求光栅满足:

- 1) 入射光垂直照射光栅表面;
- 2) 光栅狭缝与平行光管狭缝相互平行。

此步调节应在调好分光计的基础上进行。具体步骤:

① 调节光栅表面垂直入射光:

a) 将望远镜对准平行光管,使平行光管的狭缝像与望远镜分划板竖线重合,并固定望远镜。

b) 将光栅如图 15-1 所示放在载物台上,转动载物台,使光栅面与望远镜和平行光管的光轴大致垂直。

c) 以光栅表面作为反射面,微调(转动)载物台,使光栅面反射回来的叉丝像与望远镜分划板竖线重合。

d) 用自准法调节载物台下方底脚螺丝 b_1 或 b_3 ,使光栅面与望远镜的光轴完全垂直。要求:使光栅面反射回来的小十字像与分划板上十字线重合。(思考:此时能否调节望远镜水平螺丝?)此时,光谱线的中央明条纹对准望远镜的中心。

② 调节光栅狭缝与平行光管狭缝平行:

转动望远镜,观察衍射光谱的分布情况,注意中央明条纹两侧的衍射光谱是否在同一水平面内。如果观察到光谱线有高低变化,说明狭缝与光栅刻痕不平行。此时可调节载物台的螺丝 b_2 ,直到中央明条纹两侧的光谱线在同一水平面内为止。此时平行光管的狭缝就与光栅狭缝相互平行了。

3. 测量汞灯蓝、绿、黄 1、黄 2 四种颜色谱线的衍射角

为了提高测量准确度、测量第 K 级光谱时,应测出 $+K$ 和 $-K$ 级光谱的角位

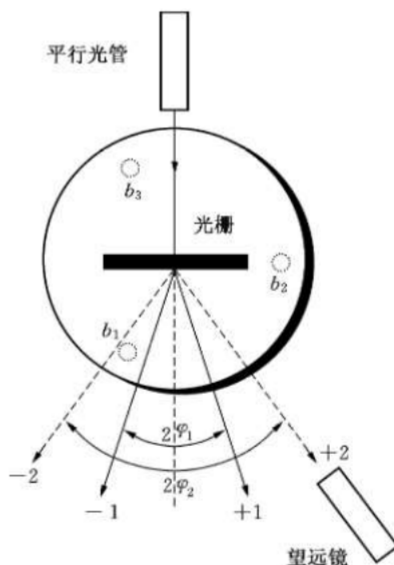


图 15-1 光栅的放置

置,两个角位置的差值之半即为第 K 级谱线的衍射角。

提示:测量时应该① 使用望远镜微动螺丝对准光谱线;② 消除分光计刻度盘的偏心误差。

4. 自己设计实验数据表格,记录数据并进行处理

数据处理要求:由测得的衍射角,计算出相应的光波波长,并将 λ 的测量值与公认值比较,求出相对误差。

注意:

- 1) 光栅是精密光学元件,严禁用手触摸刻痕,以免弄脏或损坏。
- 2) 汞灯的紫外光很强,不可直观,以免灼伤眼睛。

[归纳与小结]

光栅衍射实验要求对分光计的调整和操作有比较高的技巧;实验时对入射光、光栅位置及其与入射光的几何关系有特殊要求,实验时应特别注意这些条件是否满足。

[思考题]

1. 如果光栅面和入射平行光不严格垂直,对实验有什么影响?
2. 光栅光谱和棱镜光谱有何不同?
3. 如何利用本实验装置测定光栅常数?

[附录 I] 光栅简介

光栅是根据多缝衍射原理制成的一种分光元件。实际上,光栅就是一组数目极多的等宽、等距和平行排列的狭缝。它能产生谱线间距离较宽的匀排光谱,所得光谱线的亮度比用棱镜分光计要小些,但光栅的分辨本领比较大。光栅不仅适用于可见光,还能用于红外和紫外光波,常用在光谱仪上。光栅在结构上有平面光栅、阶梯光栅和凹面光栅等几种;同时根据工作方式不同又分为透射光栅和反射光栅两类。

本实验选用的是透射式全息光栅。它是利用照相的方法,使两束相干光干涉在干板上感光而制成,干板冲洗后,上面留有相互平行的干涉条纹。当光照射在光栅上时,由于有条纹处不易透光,光线只能在条纹间的狭缝中通过。

[附录 II] 汞灯的谱线波长表

波 长/nm	颜 色	亮 度
404.7	蓝紫 1	暗
407.8	蓝紫 2	暗
435.8	蓝	明

(续表)

波 长/nm	颜 色	亮 度
491.5	绿蓝	暗
548.1	绿	明
577.0	黄 1	明
579.1	黄 2	明
623.4	橙	暗