

利用光栅测量光谱

陈依皓

(北京师范大学 物理学系, 北京 100875)

摘要: 本次实验的目的是: 了解光栅衍射的规律和光谱仪的工作原理; 学习用光栅测量光谱的方法。

关键词: 光栅衍射, 光谱仪

中图分类号: Oxx

文献标识码: A

文章编号: 1000-0000(0000)00-0000-00

1 引言

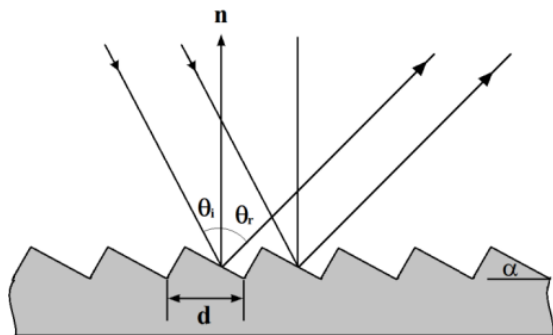
光谱分析是一种非常重要的物理研究手段。光谱分析的基础是分光, 即把复色光中不同波长的分量在空间中分开。

2 实验原理

2.1 光栅

光栅相对容易获得高的光谱分辨率, 是常见的分光器件。反射式光栅有两个重要的参数: 光栅常数和闪耀角。

光栅常数指的是相邻两个槽之间的距离; 闪耀角指的是刻槽的长反射边与光栅平面的夹角。对给定的入射角和出射角, 选择合适的闪耀角, 可以保证在感兴趣波长附近的光具有很高的衍射效率。



2.2 光栅衍射

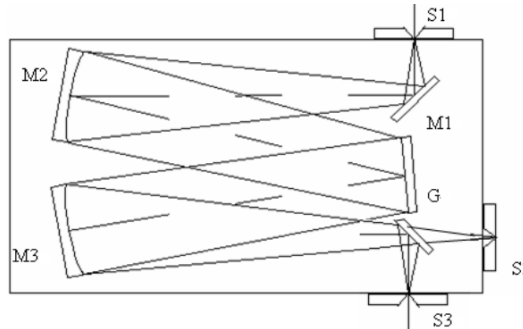
单色平行光入射光栅, 在的一些特定的出射角度, 由于来自不同槽的衍射光的相位相同, 总体的衍射光强会出现极大值, 有光栅方程

$$d(\sin\theta_r - \sin\theta_i) = k\lambda$$

式中 θ_i 与 θ_r 分别为入射角与衍射极大角当 $k \neq 0$ 时, 不同波长的光在不同的出射角度出现衍射极大, 这样就实现了分光。

2.3 光谱测量

将光栅用于光谱测量, 需要考虑的基本问题有色散本领、波长分辨率和衍射效率等。如图是一种光谱仪光路。在这种结构中, 入射光与衍射光的夹角是固定的, 出射光的波长需要通过改变光栅的角度实现。



设入射光与衍射光的夹角为 $2\theta_0$, 光栅法线的角度为 θ , 那么 $\theta_r = \theta_0 + \theta$, $\theta_i = \theta_0 - \theta$, 带入光栅方程, 有

$$2d\cos\theta_0\sin\theta = k\lambda$$

3 实验内容

3.1 调节分光计和光栅

调节过程中应当注意:

注意平面镜与光栅在载物台上的摆放方法, 令镜面在载物台上的投影与其中任意两个螺丝的连线平行。这样只需要调节一个螺丝即可完成调节。再将镜面在载物台上的投影与另外两个螺丝的连线平行, 重复调节操作。

3.2 观察光栅衍射规律, 测量 Hg 灯一系列谱线的 1 级衍射角。

光栅角度的零点位置, 测量三次

狭缝像 θ_a	绿十字像 θ_b
197°8'	229°3'30''

197°8'30''	229°3'30''
197°8'	229°3'

取平均得

狭缝像 θ_a	绿十字像 θ_b
197°8'	229°3'

由

$$\theta_b - \theta_a = \theta_0$$

得

$$\theta_0 = 31.92^\circ$$

连续转动光栅，观察不同颜色衍射光，把某条衍射线调到与分划板中心竖线重合，确定光栅转过的角度。

三次测量取平均得

谱线颜色	刻度盘 1 读数	刻度盘 2 读数	载物台角度 θ_c
蓝光	89°11'	269°10'	179°10'
青光	86°43'	266°47'	176°45'
绿光	84°24'	264°25'	174°25'
橙黄 1	83°5'	263°4'	173°5'
橙黄 2	82°30'	262°56'	172°57'

一级衍射角

$$\theta = \theta_c - \theta_a$$

谱线颜色	一级衍射角
蓝光	17.97°
青光	20.38°
绿光	22.71°
橙黄 1	24.05°
橙黄 2	24.18°

3.3 用绿色谱线(波长5460.7 Å)定标，计算其它谱线的波长以及光栅常数。

光栅常数

$$d = \frac{\lambda}{2\cos\theta_0\sin\theta}$$

式中， θ 为一级衍射角

带入定标绿色谱线波长

$$\lambda_{green} = 5460.7 \text{ Å}$$

对应的一级衍射角为

$$\theta_{green} = 22.71^\circ$$

得

$$d = 8332.14 \text{ Å}$$

对于其他谱线的波长

$$\lambda = \frac{\lambda_{green}}{\sin\theta_{green}} \sin\theta$$

谱线颜色	波长/Å	标准波长/Å	相对误差
蓝光	4363.83	4358.4	0.12%
青光	4925.73	4916.0	0.19%
绿光	5460.7	5460.7	0%
橙黄 1	5764.33	5769.6	0.09%
橙黄 2	5793.63	5790.7	0.05%

实验值与标准值符合较好。

4 复习思考题

4.1 分析本实验测量波长的主要误差来源。

1. 实验中利用绿光标定光栅常数，但是标定所用的绿光波长并非对应着我们实际测得的绿光波长，标定的光栅常数可能存在偏差。
2. 分光计测量的误差，载物台不水平导致光栅平面有俯仰角；入射光与光栅平面法线有水平夹角。
例如转动光栅时，绿十字的横线长绿线无法完全与分划板的上水平线重合，衍射角测量时存在误差。
3. 部分光谱的光强较弱，光谱线可能没有完全与与分划板中心竖线重合，测量时存在一定误差。

4.1 为了减小波长测量误差，可以在哪些方面进行改进本实验装置？

1. 利用不同颜色的光对光栅常数进行标定，利用多组数据保证光栅常数标定的准确性。
2. 改变 θ_0 的值测量多组数据。

参考文献

- [1] 北京师范大学物理实验教学中心. 普通物理实验讲义 II，2023