

衍射光栅实验报告

专业 工科试验班 姓名 史峰源 学号 2412526
分组及座号 H-12 实验日期 周二上午

衍射光栅实验报告

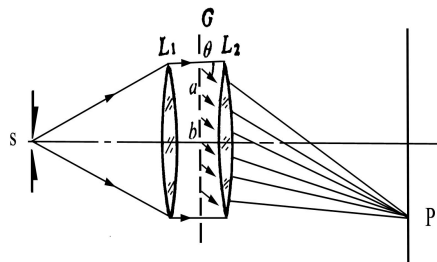
1 实验目的

- 1. 了解光栅的分光特性
- 2. 测量光栅常量

2 仪器用具

分光仪, 平面投射光栅, 平面反射镜, 低压泵灯

3 实验原理



二元光栅是平行等宽、等间距的多狭缝, 它的分光原理如图所示。狭缝 S 处于透镜 L_1 的焦平面上, 并认为它是无限细的; G 是衍射光栅, 它有 N 个宽度为 a 的狭缝, 相邻狭缝间不透明部分的宽度为 b 。如果自透镜 L_1 出射的平行光垂直照射在光栅上, 透镜 L_2 将与光栅法线成 θ 角的光会聚在焦平面上的 P 点。光栅在 θ 方向上有干涉主极大的条件为:

$$(a + b)\sin\theta = k\lambda \quad (1)$$

这是垂直入射条件下的光栅方程。式中, k 为光谱的级次、 λ 是波长、 θ 是衍射角、 $(a + b)$ 是光栅常数。光栅常数通常用 d 表示, $d = a + b$ 。当入射光不是垂直照射在光栅上, 而是与光栅的法线成 ϕ 角时, 光栅方程变为

$$d(\sin\phi \pm \sin\theta) = k\lambda \quad (2)$$

式中“+”代表入射光和衍射光在法线同侧, 用“-”代表在法线两侧。光栅的衍射角 θ 仍定义为与光栅表面法线的夹角。在复色光以相同的入射角照射到光栅, 不同波长的光对应有不同的 θ 角, 也就是说在经过光栅后, 不同波长的光在空间角方向上被分开了, 并按一定的顺序排列。这就是光栅的分光原理。

4 实验内容

• 1. 调节分光仪

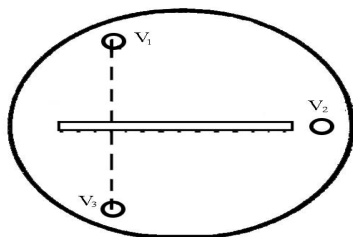
按上次实验方法调节分光仪到可用的状态

• 2. 调节光栅

实验中的光栅需调节到以下状态

- 平行光垂直照射在光栅表面
- 光栅的刻度垂直于刻度盘表面, 即与仪器转轴平行
- 狭缝与光栅刻度平行

将光栅按图所示的方式放置在载物台上。光栅平面与 V_1, V_3 的连线垂直。用汞灯照亮狭缝, 使望远镜的叉丝对准狭缝象。这样望远镜的光轴与平行光管的光轴共线。将游标盘与载物台锁定在一起, 转动载物台, 找到平面光栅反射回来的叉丝象, 调节 V_1, V_3 使叉丝象与叉丝重合, 随即锁住游标盘, 并保持 V_1, V_3 不动。这时就达到光栅与入射的平行光垂直的要求。转动望远镜观察位于零级谱两侧的一级或二级谱线, 调节 V_2 和稍微旋转狭缝, 使两侧的谱线均与叉丝的中心横线垂直, 并上下对称。这时光栅的刻痕就与仪器转轴平行, 同时狭缝也与刻痕平行。



• 3. 误差来源及解决方案

在完成了上述调节后, 表面上达到了测量所需的所有要求, 但有光栅这一因素没有考虑在内。实验中所用的透射光栅是做在一个全息干板上, 全息干板基片玻璃的两个表面不可能完全平行。这时无无论利用那一个面来调节, 都无法让平行光真正与光栅表面垂直, 利用垂直照明的光栅方程测量显然是不合适的。为解决这一问题, 在斜入射的情况下, 光栅法线两侧同一级光谱的衍射角分别为,

$$\sin\phi - \sin\theta_- = -\frac{k\lambda}{d} \quad (3)$$

$$\sin\phi + \sin\theta_+ = \frac{k\lambda}{d} \quad (4)$$

$$(5)$$

两式相减, 并考虑到 $|\theta_+ - \theta_-| = \phi$, 当 ϕ 很小时, $\cos\frac{\phi}{2} \approx 1$, 因此,

$$|\theta_+ - \theta_-| = \phi \quad (6)$$

$$\sin\frac{\theta_+ - \theta_-}{2} \cos\frac{\phi}{2} = \frac{k\lambda}{d} \quad (7)$$

$$\sin\frac{\theta_+ - \theta_-}{2} = \frac{k\lambda}{d} \quad (8)$$

所以在实验中只要测量对应正负级光谱之间的夹角, 就可以减小这一因数对测量结果的影响。

5 数据处理

5.1 测定光栅常量

波长(nm)	级数 k	衍射角位置			角度 $2\varphi_k$	无偏心差角度 $2\varphi_k$	光栅常量(nm)
		游标号	$+k$ 级	$-k$ 级			
546.1	1	1	13°10′	32°05′	18°55′	18°52′30″	3330.454
		2	193°10′	212°02′	18°52′		
	2	1	3°16′	41°47′	38°31′	38°29′30″	3313.493
		2	183°15′	221°43′	38°28′		

表 1: 测定光栅常量的实验数据

求得光栅常量为 $d = 3322nm$

5.2 测定泵光谱中两条黄线的波长

泵黄线	级数 k	衍射角位置			角度 $2\varphi_k$	无偏心差角度 $2\varphi_k$	波长 λ (nm)
		游标号	$+k$ 级	$-k$ 级			
黄 1	2	1	20°06′	61°5′	40°59′	40°48′00″	570.5
		2	199°52′	240°29′	40°37′		
黄 2	2	1	20°15′	61°10′	40°55′	40°58′00″	572.7
		2	200°11′	241°12′	41°01′		

表 2: 测定泵光谱中两条黄线的波长的实验数据

参考值分别为 577nm, 579.1nm, 计算误差得:

$$\Delta\lambda_1 = \frac{|577.0 - 570.5|}{577.0} \times 100\% = 1.1\% \quad (9)$$

$$\Delta\lambda_2 = \frac{|579.1 - 572.7|}{579.1} \times 100\% = 1.1\% \quad (10)$$

$$(11)$$

计算角色散得:

$$D = \frac{\Delta\phi}{2.1nm} = \frac{5'}{2.1nm} = 693rad/m = 6.93 \times 10^{-4}rad/nm \quad (12)$$

6 实验分析谈论及思考题

实验中如果没按要求将光栅放置在仪器转轴位置, 即仪器的转轴没有通过光栅平面时, 对测量衍射角有影响吗? 如有影响应采取什么方法解决?

答: 在本实验中, 若未按要求将光栅准确放置在仪器的转轴位置, 即仪器的转轴未通过光栅平面中心, 将引入系统性的偏心误差, 从而影响衍射角 $2\varphi_k$ 的准确测量。具体表现为, 正负 k 级的衍射角不再对称, 导致计算得到的衍射角偏离真实值。

为减小该误差,可采用以下两种方法加以修正与控制:(1)采用正负级平均法,分别测量正、负 k 级的衍射角,并计算其差值的一半,以消除偏心误差对测量结果的影响;(2)重新精确调整光栅位置,确保其平面垂直于仪器旋转转载物台轴线,且通过转轴中心。

7 分析总结

本次实验中使用了分光仪仪器,由于在上节课已经学习过分光仪的使用以及读数等相关知识,所以这节实验课进度较快,通过本实验,不仅提高了我对分光仪结构与调节原理的理解,还强化了数据处理与误差分析能力。在后续相关实验中,应更加注意光学元件的精确安装与对中操作,以保证实验数据的可靠性和物理意义的准确性。