

班号 2103206 学号 210320621 姓名 吴俊达 教师签字 _____

实验日期 2023.3.10 组号 10 预习成绩 _____ 总成绩 _____

分光计的调节和用衍射光栅测定光的波长

一、预习

1. 分光计调节的主要步骤与要点;
2. 如何调整望远镜光轴与分光计的中心轴垂直, 何为“各半调节法(对半调节法)”?
3. 衍射光栅测定光的波长工作原理是什么?

答: 1. ① 调节望远镜目镜, 直至能看清分划板上清晰的基准线;
② 调节望远镜物镜, 使望远镜聚焦到无穷远
③ 望远镜光轴与载物台转轴垂直(粗调)
④ 望远镜光轴与载物台转轴垂直(细调) } 此=步骤见第2问
⑤ 调整平行光管与望远镜光轴同轴.

2、先粗调再细调。

(1) 粗调: 放置双面反射镜, 使其与载物台上一条刻线重合, 镜面对望远镜。

调节望远镜俯仰调节螺钉和载物台的三只螺钉, 直至双面反射镜两个反射面反射回来的绿色十字像都能被观察到。

(2) 细调: 第一步使用“各半调节法”(具体见下), 第二步再将载物台连同双面反射镜转过 180° , 利用“各半调节法”调节反射镜另一面使之与望远镜光轴也保持垂直。

各半调节法: 先调节望远镜俯仰角, 使十字像的水平线与上基准线高度差减小一半, 然后调整载物台下方靠近望远镜的螺钉, 直至十字像的水平线与上基准线对齐。

3. 当光垂直入射到衍射光栅面上时, 根据单缝衍射和多光束干涉原理, 透过狭缝的光沿衍射各方向传播, 经透镜会聚后发生多光束干涉, 并在其焦平面上形成一系列明纹, 明纹空间位置用衍射角 φ_k 表示, 有光栅方程:

$$d[\sin(i) - \sin(\varphi_k)] = k\lambda \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

式中 d 为光栅常数, 即相邻狭缝的间距, λ 为光波长, i 为光线入射角。

本实验中, 通过调节使 $i=0$, 以上式简化为

$$d \sin(\varphi_k) = k\lambda \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

当正入射情形下第 $+k$ 级明纹与第 $-k$ 级明纹相对于光栅法线对称, 即衍射角大小相等,

已知光栅常数 d 时, 只需测量第 $+k$ 级明纹对应的衍射角 φ_k , 即可通过下式求得波长:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_k}{k}$$

二、原始数据记录

颜色	衍射级次 k	+		-		标准波长 (nm)
		θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	
绿	1	350°5'	170°8'	331°17'	151°19'	546.1
	2	359°50'	179°54'	321°34'	141°36'	
	3	10°10'	190°13'	311°17'	131°20'	
黄 1	1	350°39'	170°42'	330°44'	150°46'	577.0
	2	0°58'	181°0'	320°27'	140°29'	
	3	12°0'	192°2'	309°28'	129°29'	
黄 2	1	350°42'	170°45'	330°41'	150°43'	579.1
	2	10°2'	181°5'	320°23'	140°25'	
	3	12°8'	192°12'	309°19'	129°23'	

教师	姓名
签字	王国强

三、数据处理

1. 分别计算相应三种颜色的光（绿光、黄光 1、黄光 2）在衍射级次 $k=1, 2, 3$ 时波长的测量值 λ_k ，并计算波长平均值 $\bar{\lambda}$ ，将 $\bar{\lambda}$ 与汞灯波长的标准值相比较，计算测量的相对误差。要求写出完整的计算过程，包括所用公式和代入实验数据后的表达式。
2. 计算衍射光栅对黄光 1 和黄光 2 在衍射级次 $k=1, 2, 3$ 时的角色散率 D_k 。

解：1. 根据光栅方程可得波长的表达式为

$$\lambda = \frac{d \sin \psi_k}{k},$$

其中， d 为光栅常量（本实验中为 $1/300$ mm）， k 为衍射级次， ψ_k 为第 k 级衍射条纹对应的衍射角。

实验中为测衍射角 ψ_k ，测量的是 $\pm k$ 级衍射条纹对应的角度数据，而且为了避免偏心差，每条衍射条纹对应的角度都从两个间隔 180° 的游标各读取一个数值。分别计算每个游标两次读数之差，再取平均值，这样就得到去除偏心差后的 $\pm k$ 级衍射条纹之间的张角，将其再除以 2，就得到 $\pm k$ 级衍射条纹相对于中心明纹的衍射角 ψ_k 。用公式表为

$$\psi_k = \frac{\frac{1}{2}(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)}{2} = [(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)] / 4.$$

根据实验数据（见原始数据记录表），按照上述公式，计算结果如下：（计算时，实验数据中的 $0^\circ 58', 12^\circ 0', 1^\circ 2', 12^\circ 8', 10^\circ 10'$ 按照 $360^\circ 58', 372^\circ 0', 361^\circ 2', 372^\circ 8', 370^\circ 10'$ 来计算）

颜色	衍射级次 k	$\psi_k = [(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)] / 4$	波长 λ_k /nm	波长平均值/nm
绿	1	9.40	544.66	545.77
	2	19.14	546.51	
	3	29.44	546.15	
黄 1	1	9.96	576.68	576.84
	2	20.26	577.09	
	3	31.27	576.76	
黄 2	1	10.01	579.54	579.20
	2	20.33	579.02	
	3	31.41	579.04	

测量的相对误差分别为:

$$(1) \text{ 绿光: } E_1 = \frac{545.77 - 546.1}{546.1} \times 100\% = -0.06043\%;$$

$$(2) \text{ 黄光 1: } E_2 = \frac{576.84 - 577.0}{577.0} \times 100\% = -0.02773\%;$$

$$(3) \text{ 黄光 2: } E_3 = \frac{579.20 - 579.1}{579.1} \times 100\% = 0.01727\%。$$

2. 衍射光栅对某波长为 λ 的光束在衍射级次 k 时的角色散率 D_k 由下式给出:

$$D_k = \frac{k}{d \cos \psi_k}.$$

根据实验数据, 结合上述公式, 利用 Excel 计算得, 衍射光栅对黄光 1 和黄光 2 在衍射级次 $k=1, 2, 3$ 时的角色散率 D_k 如下表:

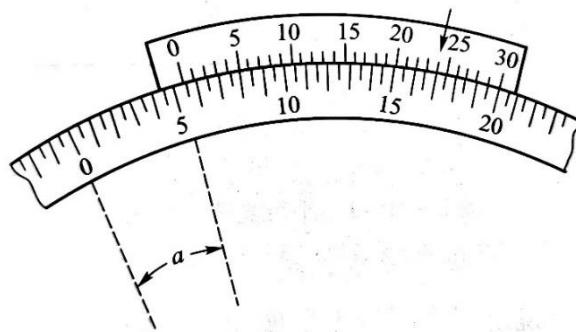
颜色	衍射级次 k	$\psi_k = [(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)] / 4$	角色散率 D_k (1/mm)
黄 1	1	9.96	304.59
	2	20.26	639.56
	3	31.27	1052.97
黄 2	1	10.01	304.64
	2	20.33	639.86
	3	31.41	1054.51

四、讨论题

1. 应用分光计进行测量之前, 应调节到何种状态?

- 答:** (1) 望远镜聚焦于无穷远(能接收平行光);
 (2) 望远镜光轴与载物台转轴垂直(经过粗调和细调);
 (3) 平行光管发射出平行光, 并与望远镜光轴同轴。

2. 按游标原理, 读出下图中的角度数。



答: 读数为 $5^\circ 24'$ 。