

班级



学号



姓名



教师签字



实验日期

2024.9.20 T5802

预习成绩

2

总成绩

分光计的调节及应用

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, 直至能看到分划板上清晰的基准线;
- ② 调节望远镜物镜, 从而使望远镜聚焦到无穷远处;
- ③ 调节望远镜及载物台, 使望远镜光轴与载物台转轴垂直(粗调);
- ④ 调节望远镜及载物台, 使望远镜光轴与载物台转轴垂直(细调);
- ⑤ 调节平行光管与望远镜光轴同轴。
2. 调整过程中需要先粗调再细调。
- ① 粗调: 放置双面反射镜, 使其与载物台上一条刻线重合, 镜面正对望远镜。调节望远镜俯仰调节螺钉和载物台的三颗螺钉, 直至双面反射镜的两个反射面反射回来的绿色十字像都能被观察到。
- ② 细调: 首先使用“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的高度差减小一半, 然后调整载物台下方靠近望远镜的那颗螺钉, 直至十字像的水平线与上基准线对齐。然后再将载物台连同双面反射镜转过180°, 利用“各半调节法”再调节反射镜另一面, 使之与望远镜光轴也保持垂直。
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可知, 透过狭缝的光发生衍射, 从而沿各方向传播, 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。明纹的空间位置用衍射角 $\psi_k$ 表示, 则有光栅方程
- $$\delta = d[\sin(i) - \sin(\psi_k)] = k\lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$
- 式中 $d$ 为光栅常数, 即相邻狭缝的间距,  $\lambda$ 为光波波长,  $i$ 为光线入射角。在本实验中, 通过调节使得 $i = 0$ , 则上式化为
- $$\delta = d\sin(\psi_k) = k\lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$
- 因此, 在正入射情形下第 $+k$ 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。故在已知光栅常数 $d$ 时, 只需测量第 $+k$ 级明纹对应的衍射角 $\psi_k$ , 即可通过公式
- $$\lambda = \frac{d\sin(\psi_k)}{k}$$
- 求得波长 $\lambda$ 。

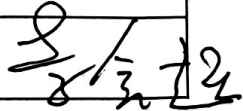
二、原始数据记录

表 1 用衍射光栅测定光的波长实验数据

颜色	衍射级次 $k$	+		-		标准波长 (nm)
		$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta'_1$	$\theta'_2$	
绿	1	115°32'	295°34'	134°26'	314°26'	546.1
	2	105°52'	285°54'	144°8'	324°8'	
	3	95°32'	275°35'	154°28'	334°26'	
黄 1	1	115°0'	295°3'	134°59'	314°58'	577.0
	2	104°44'	284°47'	145°15'	325°15'	
	3	93°35'	273°39'	156°17'	336°17'	
黄 2	1	114°59'	295°0'	135°0'	315°0'	579.1
	2	104°38'	284°40'	145°20'	325°20'	
	3	93°30'	273°30'	156°27'	336°25'	

表 2 测三棱镜材料折射率实验数据

操作	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta'_1$	$\theta'_2$
测三棱镜顶角	124°56'	304°58'	4°56'	184°57'
测三棱镜最小偏向角	180°10'	0°6' (360°以内)	128°47'	308°48'

教师	姓名
签字	

## 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  $\lambda_k$ ，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  $D_k$ 。
3. 计算三棱镜的顶角、绿光对应的最小偏向角，计算三棱镜材料对绿光的折射率，双黄光的折射率测量为选做内容。

答：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  $\frac{1}{300}$  mm）， $k$  为衍射级次， $\psi_k$  为第  $k$  级衍射条纹对应的衍射角。实验中为测衍射角  $\psi_k$ ，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  $180^\circ$  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  $\psi_k$ 。用公式表示即为

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

同时，有相对误差  $E$  计算公式

$$E = \frac{\bar{\lambda} - \lambda_0}{\lambda_0} \times 100\%$$

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：

颜色	衍射级次 $k$	$\psi_k = \frac{[(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)]}{4}$	$\lambda_k = \frac{d \sin \psi_k}{k}$ (nm)	波长平均值 $\bar{\lambda}$ (nm)	标准波长(nm)	相对误差 $E$
绿	1	9°26'	546.81	546.36	546.1	0.0479%
	2	19°7'	546.05			
	3	29°26'	546.22			

黄 1	1	9°58'	577.39	577.31	577.0	0.0542%
	2	20°14'	576.75			
	3	31°20'	577.80			
黄 2	1	10°0'	579.06	579.48	579.1	0.0651%
	2	20°20'	579.36			
	3	31°28'	580.00			

2. 衍射光栅对某波长为  $\lambda$  的光束在衍射级次  $k$  时的角色散率  $D_k$  可通过下式计算得出

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

根据实验数据，按照上述公式，可以计算得出衍射光栅对黄光 1 和黄光 2 在衍射级次  $k=1$ 、2、3 时的角色散率  $D_k$  如下：

颜色	衍射级次 $k$	$\psi_k = \frac{[(\theta_1 - \theta'_1) + (\theta_2 - \theta'_2)]}{4}$	$D_k = \frac{k}{d \cos \psi_k} \text{ (rad/nm)}$
黄 1	1	9°58'	304.60
	2	20°14'	639.51
	3	31°20'	1053.67
黄 2	1	10°0'	304.63
	2	20°20'	639.91
	3	31°28'	1055.17

3. (1) 计算三棱镜顶角的公式为

$$A = \pi - \frac{|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|}{2}$$

根据实验数据，按照上述公式，计算结果如下：

操作	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta'_1$	$\theta'_2$	$A$
测三棱镜顶角	124°56'	304°58'	4°56'	184°57'	59°59'

(2) 计算绿光对应的最小偏向角的公式为

$$\delta_{\min} = \frac{|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|}{2}$$

根据实验数据（数据记录表格中的  $0^\circ 6'$  在计算时作为  $366^\circ 6'$  进行处理），按照上述公式，计算结果如下：

操作	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta'_1$	$\theta'_2$	$\delta_{\min}$
测三棱镜最小偏向角	$180^\circ 10'$	$0^\circ 6'$	$128^\circ 47'$	$308^\circ 48'$	$54^\circ 20'$

即绿光对应的最小偏向角为  $54^\circ 20'$ ，根据公式

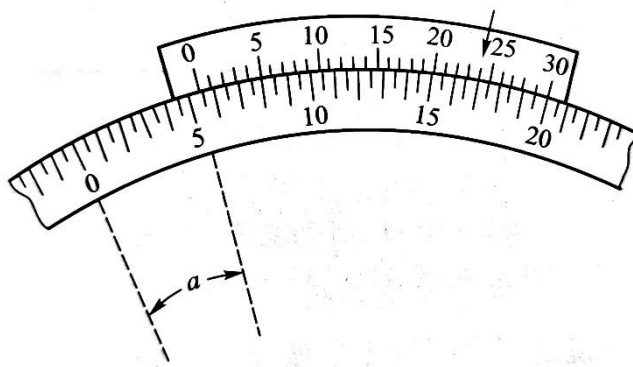
$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

可以计算出三棱镜材料对绿光的折射率为

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \approx 1.681$$

#### 四、讨论题

1. 应用分光计进行测量之前，应调节到何种状态？
2. 按游标原理，读出下图中的角度数。



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

2. 上图中角度的读数为  $5^\circ 24'$ 。