

18

# 实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光栅光谱实验 实验日期: 2024 年 10 月 20 日 晚上  
班 级: 2315 教学班级: 2302 学 号: 1120233629 姓 名: 陈保真

## 一、实验目的:

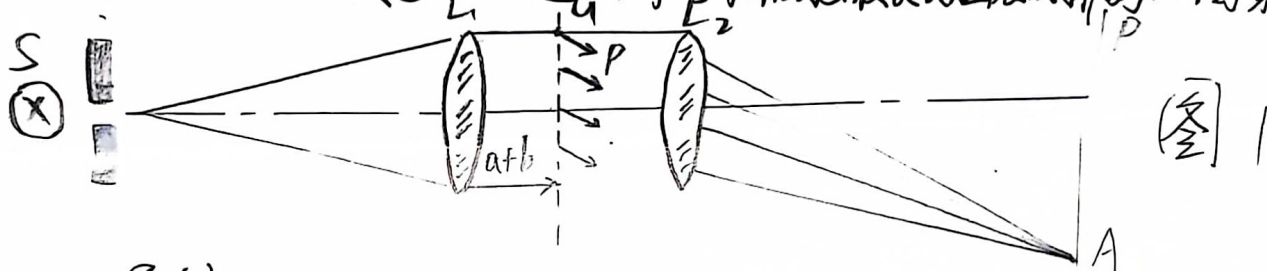
1. 观察光栅的衍射现象, 了解光栅衍射的主要特性

2. 测定光栅常数, 光波波长和光栅角色散率。

二、实验仪器: 分光计、汞灯、双面反射镜、光栅

三、实验原理: 当光射到光栅面上时, 在透光狭缝处光线可透过, 而在不透光处则不能透过, 若这些透光狭缝的宽度为  $a$ , 相邻狭缝间不透光部分宽度为  $b$ ,  $a+b=d$ , 称  $d$  为光栅常数。若在栅面上每毫米刻 1000 条光缝, 则  $d=0.001\text{mm}$

光栅光谱是指复色光经过光栅衍射后, 按波长长短依次排列的图案。



$L_1, L_2$  是凸透镜,  $S$  是被光源照亮的狭缝,  $G$  是光栅,  $P$  是接受屏。  $S$  位于  $L_1$  的前方焦面上, 复色光通过  $L_1$  后成为一束平行光, 垂直入射到  $G$  平面上。波长不同的单色光经  $G$  后被分开。波长为  $\lambda$  的单色光, 经过  $G$  平面后, 成为一束衍射角为  $\theta$  的平行光, 再经  $L_2$ , 汇聚到接受屏  $P$  上的  $A$  点。若  $S$  是狭缝, 则衍射像就是一条亮线, 在光谱学中称为谱线。衍射角的大小由光栅方程:  $d \sin \theta = \pm k \lambda$  ( $k=0, 1, 2, \dots$ ) (1) 所决定,  $k$  为主极大的级次, 也称光谱级次,  $\lambda$  为入射光波波长。

光栅对波长  $\lambda$  和  $\lambda + \Delta \lambda$  两条谱线的衍射角之差与这两条谱线波长差的比值称为角色散率:  $D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda}$  (2)

角色散率描述了光栅将不同波长分开能力的大小。将 (1) 式微分, 代入 (2) 式中, 得:  $D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \theta}$  (3)

由 (3) 式可知: (1) 光栅的角色散率与光栅常数  $d$  成反比, 选用  $d$  小的光栅可以增大

联系方式:

指导教师签字:



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

得大的角色散率

- (2) 光栅的角色散率与光谱级次  $k$  成正比, 光谱级次  $k$  越高, 角色散率越大, 光谱得越开, 但谱线强度随着  $k$  的增加而降低, 因而高级次光谱的利用受到限制
- (3) 在靠近光栅平面法线附近的角范围内, 衍射角  $\theta$  很小,  $\cos\theta \approx 1$ , (3) 式可写成:

$$D \approx \frac{k}{d} \quad (4)$$

此时角色散率  $D$  可以看作一个常量, 衍射角  $\theta$  与波长  $\lambda$  成线性关系

## 四、实验内容:

1. 分光计的调整: 为满足平行光入射的条件及衍射角的准确测量, 分光计的调整必须满足下述要求: 平行光管发出平行光, 望远镜对无穷远聚焦, 并且二者的光轴都垂直于分光计的主轴, 载物台水平。调节方法如下:
- (1) 粗调: 在侧面平视观察望远镜和平行光管, 目测是否大致处于水平状态, 否则调节各自下方的仰角调节螺钉, 使各处间距基本相等, 此时载物台台面即大体处水平。

- (2) 调节望远镜:
- ① 调节望远镜目镜焦距
  - ② 粗调望远镜物镜焦距
  - ③ 粗调望远镜仰角和载物台倾角
  - ④ 调节望远镜聚焦于无穷远
  - ⑤ 调节望远镜光轴与分光计主轴垂直

(3) 调节载物台与分光计主轴垂直

- (4) 调节平行光管:
- ① 调节平行光管发出平行光
  - ② 调节平行光管光轴与分光计主轴垂直

完成平行光管的调节后, 此后就不要再变动平行光管的恒焦手轮、仰角调节螺钉和狭缝调节螺钉。

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_

页

## 1. 调整读数装置

### 2. 光栅位置的调整:

对光栅位置的调整要求达到: 光栅平面与平行光管的光轴垂直; 光栅刻线与分光计主轴平行  
转动望远镜, 使竖直叉丝对准狭缝的像, 然后固定望远镜位置

松开望远镜制动螺丝, 向左右转动望远镜, 可以看到汞灯光谱线, 注意观察各谱线是否在同一水平面内, 在转动望远镜时如果观察到光谱线高度有变化, 说明刻痕与分光计主轴不平行, 此时调节载物台的螺丝C, 直至各条谱线基线在同一高度为止。

此时将望远镜对准平行光管, 观察绿色“十”字像是否与上方叉丝重合, 如果不再重合, 则反复重复第(1)、(2)步的调整, 直至满足要求

### 3. 测量二级衍射各谱线的衍射角

向左转动望远镜, 使竖直叉丝对准二级衍射中的绿色谱线, 记下两游标读数  $\theta_{1L}$  和  $\theta_{1R}$ , 再向右转动望远镜, 使竖直叉丝对准另一侧二级衍射中的绿色谱线, 记下两游标读数  $\theta_{2L}$  和  $\theta_{2R}$ , 填入表中, 重复对绿色谱线测量 3 次。

### 五、注意事项:

1. 不能用手直接接触摸双面反射镜、光栅、分光计目镜和物镜等光学表面。
2. 双面反射镜和光栅是易碎元件, 取放时应轻拿轻放, 小心滑落。
3. 调节分光计的螺丝钉和手轮时动作要轻缓, 不要转到极限位置
4. 汞灯打开后不要频繁开关。

联系方式: \_\_\_\_\_



数据表格

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页

光	次序	望远镜在位置1观测		望远镜在位置2观测	
		左游标 $\theta_{1L}$	右游标 $\theta_{1R}$	左游标 $\theta_{2L}$	右游标 $\theta_{2R}$
黄(I)	1	$108^{\circ}40'$	$288^{\circ}37'$	$68^{\circ}1'$	$247^{\circ}55'$
	2	$108^{\circ}40'$	$288^{\circ}39'$	$68^{\circ}3'$	$247^{\circ}56'$
	3	$108^{\circ}39'$	$288^{\circ}40'$	$68^{\circ}2'$	$247^{\circ}55'$
黄(II)	1	$108^{\circ}32'$	$288^{\circ}29'$	$68^{\circ}10'$	$248^{\circ}1'$
	2	$108^{\circ}33'$	$288^{\circ}31'$	$68^{\circ}11'$	$248^{\circ}4'$
	3	$108^{\circ}31'$	$288^{\circ}32'$	$68^{\circ}12'$	$248^{\circ}3'$
绿	1	$107^{\circ}30'$	$287^{\circ}31'$	$69^{\circ}12'$	$249^{\circ}10'$
	2	$107^{\circ}28'$	$287^{\circ}28'$	$69^{\circ}10'$	$249^{\circ}11'$
	3	$107^{\circ}27'$	$287^{\circ}29'$	$69^{\circ}11'$	$249^{\circ}10'$
蓝	1	$103^{\circ}36'$	$283^{\circ}35'$	$73^{\circ}14'$	$253^{\circ}10'$
	2	$103^{\circ}33'$	$283^{\circ}37'$	$73^{\circ}11'$	$253^{\circ}11'$
	3	$103^{\circ}37'$	$283^{\circ}29'$	$73^{\circ}12'$	$253^{\circ}14'$
四级蓝	1	$119^{\circ}10'$	$299^{\circ}38'$	$56^{\circ}40'$	$236^{\circ}35'$
	2	$119^{\circ}11'$	$299^{\circ}40'$	$56^{\circ}41'$	$236^{\circ}37'$
	3	$119^{\circ}13'$	$299^{\circ}41'$	$56^{\circ}39'$	$236^{\circ}33'$

联系方式: \_\_\_\_\_

# 数据处理

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

1. 测量绿光衍射角:

$$\bar{\theta}_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 107^\circ 28'$$

$$\bar{\theta}_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 287^\circ 29'$$

$$\bar{\theta}_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 69^\circ 11'$$

$$\bar{\theta}_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 249^\circ 10'$$

$$\theta_{\text{绿}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 19^\circ 9' \approx 19.15^\circ$$

$$k=2, \lambda=546.1 \text{ nm}$$

$$d \sin \theta_{\text{绿}} = k\lambda \Rightarrow d = 3329.4 \text{ nm}$$

$$\text{在 } 1 \text{ mm 上刻度数: } n = \frac{10^6}{d} = 300 \text{ 条}$$

光栅常量  $d = 3329.4 \text{ nm}$ , 每毫米 300 条刻线

2. ① 计算黄(I)波长:

$$\bar{\theta}_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 108^\circ 40'$$

$$\bar{\theta}_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 288^\circ 39'$$

$$\bar{\theta}_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 68^\circ 2'$$

$$\bar{\theta}_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 247^\circ 55'$$

$$\theta_{\text{黄(I)}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 20^\circ 20' \approx 20.34^\circ$$

$$d \sin \theta_{\text{黄(I)}} = k\lambda_{\text{黄(I)}} \Rightarrow \lambda_{\text{黄(I)}} = 578.6 \text{ nm}$$

$$\text{相对误差 } E = \frac{|\lambda_{\text{黄(I)}} - \lambda_{\text{理论}}|}{\lambda_{\text{理论}}} \times 100\% = 0.09\%$$

联系方式: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_

页

②计算黄(Ⅱ)光波长:  $\bar{\theta}_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 108^\circ 32'$

$$\bar{\theta}_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 288^\circ 31'$$

$$\bar{\theta}_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 68^\circ 11'$$

$$\bar{\theta}_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 248^\circ 3'$$

$$\theta_{\text{黄}(Ⅱ)} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 20^\circ 12' \approx 20.20^\circ$$

$$d \sin \theta_{\text{黄}(Ⅱ)} = k \lambda_{\text{黄}(Ⅱ)} \Rightarrow \lambda_{\text{黄}(Ⅱ)} = 574.8 \text{ nm}$$

相对误差:  $E = \frac{|\lambda_{\text{黄}(Ⅱ)} - \lambda_{\text{理论}}|}{\lambda_{\text{理论}}} \times 100\% = 0.38\%$

②计算蓝光波长:  $\bar{\theta}_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 103^\circ 35'$

$$\bar{\theta}_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 283^\circ 34'$$

$$\bar{\theta}_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 73^\circ 12'$$

$$\bar{\theta}_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 253^\circ 12'$$

$$\theta_{\text{蓝}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 15^\circ 11' \approx 15.1875^\circ$$

$$d \sin \theta_{\text{蓝}} = k \lambda_{\text{蓝}} \Rightarrow \lambda_{\text{蓝}} = 436.1 \text{ nm}$$

相对误差:  $E = \frac{|\lambda_{\text{蓝}} - \lambda_{\text{理论}}|}{\lambda_{\text{理论}}} \times 100\% = 0.07\%$

联系方式: \_\_\_\_\_



# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页

$$D = \frac{\Delta\theta}{\Delta\lambda} = \frac{20.34^\circ - 20.20^\circ}{2.1} \times \frac{\pi}{180} \times 10^9 \text{ rad/m} = 6.43 \times 10^5 \text{ rad/m}$$

思考题:

1. ①不同: 光栅分光可产生多级谱线, 且分光后谱线不连续, 从主极大向两侧光强递减, 而三棱镜分光只有一级谱线, 且各色光是连续的, 光强分布也大体相同。

②二者分光原理不同, 产生的光谱样式不同。光栅光谱分光原理是根据不同颜色的光波长不一样, 通过光栅后造成不同的光程差, 产生不同的衍射角从而分光; 而三棱镜分光是利用不同频率的光波在同一介质中折射率不同, 产生不同的折射角从而分光。

2. 可以发现。因为光栅的第三级谱线与第四级谱线重叠它是蓝光

$$d \sin\theta = k\lambda$$

$$\Rightarrow \lambda = 433.7 \text{ nm}$$

波长 433.7 nm

$$\theta_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 119^\circ 11'$$

$$\theta_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 299^\circ 40'$$

$$\theta_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 56^\circ 40'$$

$$\theta_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 236^\circ 35'$$

$$\theta = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 31^\circ 24' \approx 31.4^\circ$$

联系方式: \_\_\_\_\_

原始数据

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 页

位置 1

位置 2

黄 I

	$\theta_{1L}$	$\theta_{1R}$
1	$108^{\circ}40'$	$288^{\circ}37'$
2	$108^{\circ}40'$	$288^{\circ}39'$
3	$108^{\circ}39'$	$288^{\circ}40'$

	$\theta_{2L}$	$\theta_{2R}$
	$68^{\circ}1'$	$247^{\circ}55'$
	$68^{\circ}3'$	$247^{\circ}56'$
	$68^{\circ}2'$	$247^{\circ}55'$

黄 II

1	$108^{\circ}32'$	$288^{\circ}29'$
2	$108^{\circ}33'$	$288^{\circ}31'$
3	$108^{\circ}31'$	$288^{\circ}32'$

	$68^{\circ}10'$	$248^{\circ}1'$
	$68^{\circ}11'$	$248^{\circ}4'$
	$68^{\circ}12'$	$248^{\circ}3'$

绿

1	$107^{\circ}30'$	$287^{\circ}31'$
2	$107^{\circ}28'$	$287^{\circ}28'$
3	$107^{\circ}27'$	$287^{\circ}29'$

	$69^{\circ}12'$	$249^{\circ}10'$
	$69^{\circ}10'$	$249^{\circ}11'$
	$69^{\circ}11'$	$249^{\circ}10'$

蓝

1	$103^{\circ}36'$	$283^{\circ}35'$
2	$103^{\circ}33'$	$283^{\circ}37'$
3	$103^{\circ}37'$	$283^{\circ}29'$

	$73^{\circ}14'$	$253^{\circ}10'$
	$73^{\circ}11'$	$253^{\circ}11'$
	$73^{\circ}12'$	$253^{\circ}14'$

四级蓝

1	$119^{\circ}10'$	$299^{\circ}38'$
2	$119^{\circ}11'$	$299^{\circ}40'$
3	$119^{\circ}13'$	$299^{\circ}41'$

	$56^{\circ}40'$	$236^{\circ}35'$
	$56^{\circ}41'$	$236^{\circ}37'$
	$56^{\circ}39'$	$236^{\circ}33'$

联系方式: \_\_\_\_\_