

补写

实验报告

12

课程名称: 物理实验II 实验名称: 分光计测光栅常数 实验日期: 2023 年 9 月 28 日 下午
班 级: [] 教学班级: 衡成林老师班 号: []

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

本实验所用的是复制的“平面透射光栅”, 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的宽度为 b , $a+b=d$, 称 d 为光栅常量。若在栅面上每毫米划刻 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, 按波长的长短依次排列的图案。衍射装置如图所示。 L_1 、 L_2 是凸透镜, S 是被光源照亮的狭缝, G 是光栅, P



是受屏。 S 位于 L_1 的物方焦面上, 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 λ 的单色光, 经过 G 平面后, 成为一束衍射角为 θ 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, 在光谱学中也称为谱线。衍射角的大小由光栅方程 $d \sin \theta = \pm k \lambda$ ($k=0, 1, 2, \dots$) 所决定。式中 k 为主级次的级次, 也称光栅级次, λ 为入射光波的波长。

光栅对波长 λ 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 $D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda}$ 。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, 可以获得大的角色散率。
- (2) 光栅的角色散率与光栅级次 k 成正比, 光栅的级次 k 越高, 角色散率越大, 光谱的越开, 但谱线的强度随着 k 的增大而降低, 因而高级次光谱的利用受到限制。

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: _____

(3) 在靠近光栅平面法线附近的角范围内, 衍射角 θ 很小, $\cos \theta \approx 1$, (3) 式可写成 $D \approx \frac{b}{\lambda}$ (4) 此时角色散率 D 可以看作一个常量, 衍射角 θ 与波长 λ 成线性关系

四. 实验内容

1. 分光计的调整

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管, 目测是否大致处于水平状态, 否则调节自下方的仰角调节螺钉, 使其基本达到水平状态。转动载物台并做几次载物台两层极间各处的距离, 调节载物台下面的三颗螺钉, 使各处间距基本相等, 此时载物台面即大体处于水平状态。

(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

(5) 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。调节方法如下。

(1) 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。

(2) 松开望远镜制动螺丝

联系方式: _____

指导教师签字: _____

3. 测量二级衍射光谱线的衍射角。

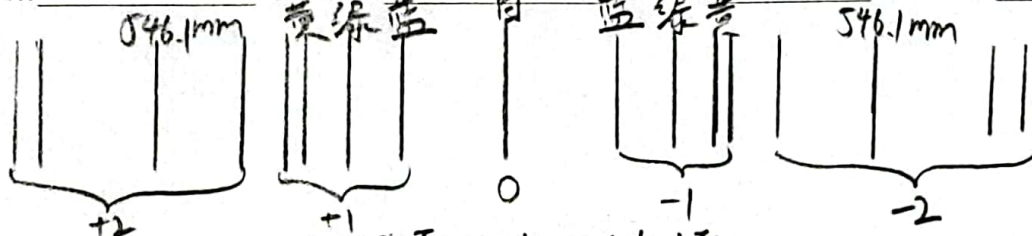
北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 81382088

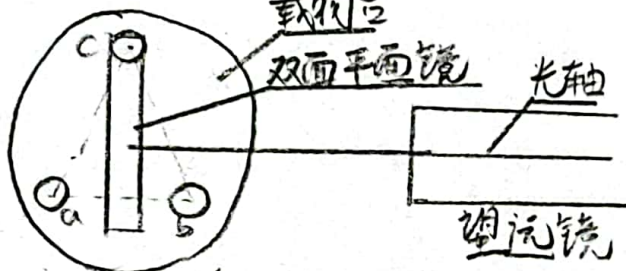
实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

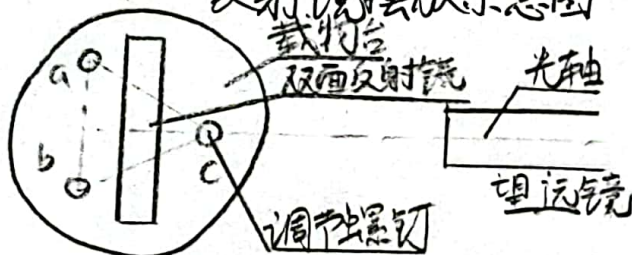
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____



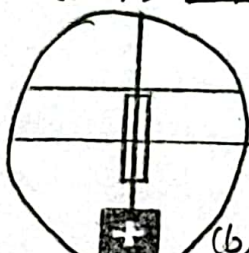
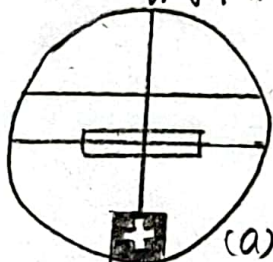
低压汞灯光栅光谱
载物台



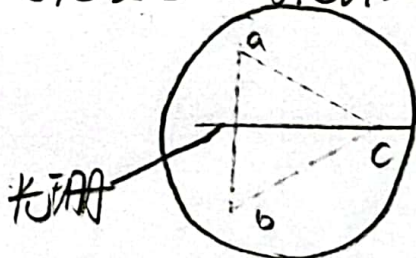
反射镜摆放示意图



调节载物台与主光轴垂直



调节平行光管垂直于望远镜光轴



光栅的摆放位置

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: _____

原始数据

望远镜在位置1观测

位置2观测

左游标 θ_{1L} 右游标 θ_{1R}

左游标 θ_{2L} 右游标 θ_{2R}

2级
黄(I) 1
2
3

110°18'
110°20'
110°23'
290°22'
290°20'
290°18'

69°12'
69°10'
69°8'
249°41'
249°42'
249°40'

黄(II) 1
2
3

110°13'
110°15'
110°10'
290°19'
290°22'
290°16'

69°30'
69°51'
69°21'
249°53'
250°0''
249°50'

绿 1
2
3

109°5'
109°2'
109°6'
289°7'
289°8'
289°10'

71°55'
71°53'
72°0'
252°3'
252°0'
252°8'

蓝 1
2
3

105°9'
105°5'
105°12'
285°11'
285°10'
285°15'

74°53'
74°51'
74°52'
254°54'
255°0'
254°57'

3级
未知 1
2
3

111°23'
111°20'
111°25'
291°30'
291°28'
291°28'
121°22'
301°24'
121°18'
301°21'
121°21'
301°23'

68°45'
68°43'
68°41'
248°43'
248°40'
248°42'
58°20'
238°25'
58°11'
238°18'
58°16'
238°22'

联系方式: _____

指导教师签字: 衡 9.28.

		望远镜在位置 1 观测		望远镜在位置 2 观测	
		左游标 θ_{1L}	右游标 θ_{1R}	左游标 θ_{2L}	右游标 θ_{2R}
黄 (I)	1	$110^{\circ}18'$	$290^{\circ}22'$	$69^{\circ}12'$	$249^{\circ}41'$
	2	$110^{\circ}20'$	$290^{\circ}20'$	$69^{\circ}10'$	$249^{\circ}42'$
	3	$110^{\circ}23'$	$290^{\circ}18'$	$69^{\circ}8'$	$249^{\circ}40'$
黄 (II)	1	$110^{\circ}13'$	$290^{\circ}19'$	$69^{\circ}30'$	$249^{\circ}53'$
	2	$110^{\circ}15'$	$290^{\circ}22'$	$69^{\circ}51'$	$250^{\circ}0'$
	3	$110^{\circ}10'$	$290^{\circ}16'$	$69^{\circ}21'$	$249^{\circ}50'$
绿	1	$109^{\circ}5'$	$289^{\circ}7'$	$71^{\circ}55'$	$252^{\circ}3'$
	2	$109^{\circ}2'$	$289^{\circ}8'$	$71^{\circ}53'$	$252^{\circ}0'$
	3	$109^{\circ}6'$	$289^{\circ}10'$	$72^{\circ}0'$	$252^{\circ}8'$
蓝	1	$105^{\circ}9'$	$285^{\circ}11'$	$74^{\circ}53'$	$254^{\circ}54'$
	2	$105^{\circ}5'$	$285^{\circ}10'$	$74^{\circ}51'$	$255^{\circ}0'$
	3	$105^{\circ}12'$	$285^{\circ}15'$	$74^{\circ}52'$	$254^{\circ}57'$

五、数据处理

1. 根据已知汞灯绿光波长 546.1nm ，用测量二级衍射得到的衍射角，利用 (1) 式计算光栅常量 d ，并判断所用光栅是每毫米多少刻线的光栅。
2. 根据得到的光栅常量 d ，用表 1 中的测量数据通过 (1) 式计算汞灯黄 (I)、黄 (II) 和蓝光的波长，并计算与已知准确波长之间的相对误差。
3. 已知黄 (I) 和黄 (II) 的波长差为 2.1nm ，用黄 (I)、黄 (II) 的二级谱线衍射角测量数据，通过 (2) 式计算光栅二级衍射的角色散率。

六、注意事项

1. 不能用手直接触摸双面反射镜、光栅、分光计目镜和物镜等的光学表面。
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. 调节分光计的螺钉和手轮时动作要轻缓，不要转到极限位置。

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: _____

数据处理

1. 根据已知汞灯绿光波长 546.1nm , 用测量二级衍射得到的衍射角利用 $d \sin \theta = \pm k \lambda$ 计算光栅常量 d , 并判断所用光栅是每毫米多少刻线的光栅。

光谱级次 k	左游标 θ_L	右游标 θ_R	$2\theta_L$	$2\theta_R$	$2\theta_L - \theta_R - \theta_R$
+2 (左位置)	① $109^\circ 5'$	① $289^\circ 7'$			
	② $109^\circ 2'$	② $289^\circ 8'$			
	③ $109^\circ 6'$	③ $289^\circ 10'$	① $37^\circ 10'$		① $37^\circ 4'$
-2 (右位置)	① $71^\circ 55'$	① $252^\circ 3'$	② $37^\circ 9'$		② $37^\circ 8'$
	② $71^\circ 53'$	② $252^\circ 0'$	③ $37^\circ 6'$		③ $37^\circ 2'$
	③ $72^\circ 0'$	③ $252^\circ 8'$			

$$\overline{2\theta} = \frac{2\theta_L + 2\theta_R}{2}$$

$$\overline{\theta} = \frac{\overline{2\theta}}{2}$$

$$d = \frac{\pm k \lambda}{\sin \theta} \quad (k=2, \lambda=546.1\text{nm})$$

$$\text{① } 37^\circ 7'$$

$$\text{① } 18^\circ 33' 30'' \approx 0.3173 \quad \text{① } 3442.17\text{nm}$$

$$\text{② } 37^\circ 8' 30''$$

$$\text{② } 18^\circ 34' 15'' \approx 0.3176 \quad \text{② } 3438.92\text{nm}$$

$$\text{③ } 37^\circ 4'$$

$$\text{③ } 18^\circ 32' \approx 0.3169 \quad \text{③ } 3446.51\text{nm}$$

$$\overline{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} = 3442.53\text{nm}$$

$$\therefore \text{光栅常量 } d = (3442 \pm 2)\text{nm}$$

$$\Delta \varphi = 1' = 2.908 \times 10^{-4} \text{rad}$$

$$u(\varphi_1) = \frac{\Delta \varphi}{\sqrt{3}} = 1.679 \times 10^{-4} \text{rad}$$

$$\frac{1\text{mm}}{3442\text{nm}} = \frac{1 \times 10^6 \text{nm}}{3442\text{nm}} \approx 290(\text{条})$$

$$\therefore \text{每毫米 } 290 \text{ 条刻线}$$

$$U_c(d_1) = \frac{\cos \theta_1}{\sin \theta_1} \lambda u(\theta_1) = \frac{0.9482}{(0.3173)} \times 546.1 \times 1.679 \times 10^{-4} = 0.86\text{nm}$$

$$U_c(d_2) = \frac{\cos \theta_2}{\sin \theta_2} \lambda u(\theta_2) = \frac{0.9483}{(0.3176)} \times 546.1 \times 1.679 \times 10^{-4} = 0.86\text{nm}$$

$$U_c(d_3) = \frac{\cos \theta_3}{\sin \theta_3} \lambda u(\theta_3) = \frac{0.9484}{(0.3169)} \times 546.1 \times 1.679 \times 10^{-4} = 0.86\text{nm}$$

$$\text{联系方式: } U = U_c(d_1) + U_c(d_2) + U_c(d_3) = 2(\text{nm})$$

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: _____

2. 根据得到的光栅常量 d , 用测量数据计算汞灯黄(I)、黄(II)和蓝光的波长, 并计算与已知准确波长之间的相对误差。

光	$2\theta_L = \theta_{L1} - \theta_{L2} $	$2\theta_R = \theta_{R1} - \theta_{R2} $	$2\theta = \frac{2\theta_L + 2\theta_R}{2}$	$\theta = \frac{2\theta}{2}$	$\bar{\lambda} = \frac{d \sin \bar{\theta}}{k}$
黄(I)	① $41^\circ 6'$	$40^\circ 43'$	$40^\circ 55'$	$20^\circ 27' 30''$	$\lambda_{黄I} = \frac{3442 \times 0.3502}{2} = 602.7 \text{ nm}$
	② $41^\circ 10'$	$40^\circ 38'$	$40^\circ 54'$	$20^\circ 27'$	
	③ $41^\circ 15'$	$40^\circ 38'$	$40^\circ 57' 30''$	$20^\circ 28' 45''$	
黄(II)	① $40^\circ 43'$	$40^\circ 24'$	$40^\circ 33' 33''$	$20^\circ 16' 50''$	$\lambda_{黄II} = \frac{3442 \times 0.3461}{2} = 595.6 \text{ nm}$
	② $40^\circ 24'$	$40^\circ 22'$	$40^\circ 23'$	$20^\circ 11' 30''$	
	③ $40^\circ 49'$	$40^\circ 26'$	$40^\circ 37' 30''$	$20^\circ 18' 45''$	
蓝	① $30^\circ 16'$	$30^\circ 17'$	$30^\circ 16' 30''$	$15^\circ 8' 15''$	$\lambda_{蓝} = \frac{3442 \times 0.2622}{2} = 451.2 \text{ nm}$
	② $30^\circ 14'$	$30^\circ 10'$	$30^\circ 12'$	$15^\circ 6'$	
	③ $30^\circ 20'$	$30^\circ 18'$	$30^\circ 19'$	$15^\circ 9' 30''$	

$$\Delta \lambda_{黄I} = |602.7 - 579.1| = 23.6 \text{ nm}$$

$$\Delta \lambda_{黄II} = |595.6 - 577.0| = 18.6 \text{ nm}$$

$$\Delta \lambda_{蓝} = |451.2 - 435.8| = 15.4 \text{ nm}$$

3. 已知黄(I)和黄(II)的波长差 2.1 nm , 用黄I、黄II的二级谱线衍射角测量数据通过(2)式计算光栅二级衍射的角色散率

$$D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda} = \frac{20^\circ 27' 45'' - 20^\circ 15' 41''}{2.1 \text{ nm}} = \frac{12' 4''}{2.1 \text{ nm}} = \frac{0.201^\circ}{2.1 \text{ nm}} = \frac{0.0035 \text{ rad}}{2.1 \text{ nm}} = 0.0017 \text{ rad/nm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

4. 汞灯打开后不要频繁开关。

七、思考题

1. 光栅光谱和三棱镜谱有什么不同？为什么会有这些不同？

2. 观察第三级衍射中的黄色谱线旁边是否可以发现不同颜色的谱线？为什么黄色谱线附近会出现不同颜色的谱线？它是什么颜色？波长是多少？

1. ① 道具不同：光栅光谱的道具为由大量等宽等间距的平行狭缝构成的光学元件
棱镜光谱的道具为由两两相交但是彼此不平行的平面围成的光学元件
 - ② 谱线排列不同：光栅光谱的不同波长区中同样波长差的两根谱线之间的距离变化不太大
棱镜光谱的不同波长的光线由于受到不同的折射而被色散
 - ③ 波长分布顺序不同：光栅光谱的波长越长的光线衍射角数值越大，谱线越偏离光栅法线
棱镜光谱的波长越长的光线，偏向角越小；相应的谱线分布越接近入射角的位置
- 不同的原因：

- ① 形成原理不同：光栅光谱是光通过光栅衍射形成的，其特点是光谱宽度一样，间距相等。棱镜光谱是光通过透镜折射形成的。
- ② 分光原理不同：棱镜光谱为折射，光栅光谱为衍射
- ③ 棱镜的波长越短，偏向角越大，而光栅正好相反。
- ④ 光栅的谱级重叠，有干扰，要考虑消除；而棱镜不存在这种情况。

2. 可以发现不同颜色谱线

因为只要 $m\lambda = \frac{3\lambda}{d} \approx \frac{4\lambda}{d} = \sin\theta_2$ ， θ_1, θ_2 接近时，某一光线的四级谱线就会在黄光三级谱线附近出现

由原始数据

光	$2\theta_1 = \theta_{12} - \theta_1$	$2\theta_2 = \theta_{12} - \theta_2 $	$2\theta = \frac{2\theta_1 + 2\theta_2}{2}$	$\theta = \frac{2\theta}{2}$	$\bar{\lambda} = \frac{d \sin \bar{\theta}}{k}$
未知	① $63^\circ 2'$	$62^\circ 59'$	$63^\circ 30''$	$31^\circ 30' 15''$	$\bar{\lambda} = \frac{3442 \cdot 0.5225}{4} = 449.6 \text{ nm}$
	② $63^\circ 7'$	$63^\circ 3'$	$63^\circ 5'$	$31^\circ 32' 30''$	
	③ $63^\circ 5'$	$63^\circ 1'$	$63^\circ 3'$	$31^\circ 31' 30''$	

波长为 449.6 nm

435.8 nm (蓝光)

应该是第4级蓝光的谱线(有点误差)

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: 分光计测光栅常数 实验日期: 2023 年 9 月 28 日 下午
 班 级: _____ 教学班级: 衡成林老师班 号:

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{黄I}} &= 602.7 \text{ nm} & \delta_{\text{黄I}} &= \frac{|602.7 - 579.1|}{579.1} \times 100\% = 4.07\% \\ \lambda_{\text{黄II}} &= 595.6 \text{ nm} & \delta_{\text{黄II}} &= \frac{|595.6 - 577.0|}{577.0} \times 100\% = 3.22\% \\ \lambda_{\text{蓝}} &= 451.2 \text{ nm} & \delta_{\text{蓝}} &= \frac{|451.2 - 435.8|}{435.8} \times 100\% = 3.53\%\end{aligned}$$

\therefore 黄I、黄II、蓝光的相对误差分别为 4.07%、3.22%、3.53%

实验报告第7页, 第2题要求求相对误差

相对误差 = $\frac{|\text{测量值} - \text{约定真值}|}{\text{约定真值}} \times 100\%$ (之前交上去的忘除约定真值了)

不好意思给老师添麻烦了, 谢谢老师!

联系方式: _____

指导教师签字: _____