

实验报告

课程名称: 物理实验II 实验名称: 光栅光谱实验 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: 07112304 教学班级: _____ 学 号: 1120233329 姓 名: 陈昱霖

实验: 光栅光谱实验

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, 光波波长与光栅角色散率

二、实验仪器

分光计、汞灯、双面反射镜、光栅。

三、实验原理

本实验所用的是复刻的“平面透射光栅”, 当光照射在光栅面上时, 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 , $a+b=d$, 称为光栅常数。若在栅面上每厘米刻划 1000 条狭缝, 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度依次排列的图案。衍射角的大小由光栅方程

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

所决定。式中 k 为主极大的级次, 也称为光谱级次, λ 为入射光波的波长, 光栅方程是决定主极大方向的公式。

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

$$D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda}$$

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: _____

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

$$D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \theta} \quad (3)$$

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,可以获得较大的角色散率

(2) 光栅的角色散率与光谱级次 k 成正比,光谱的级次 k 越高,角色散率越大,光谱分得越开,但谱线的强度随着 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 θ 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 可以看做一个常量,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

为满足平行光入射的条件及衍射角的准确测量,分光计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转轴,载物台水平。

2. 光栅常数值的调整

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: _____

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。转动载物台, 先目视使光栅平面和垂直光管光轴大致垂直。然后应用自准直法调节光栅面与望远镜轴线垂直, 略微轻轻转动载物台, 在望远镜中寻找光栅面反射回的绿色“十”字像, 使“十”字像竖线与叉丝竖线重合, 然后调节螺钉 b, 使绿色“十”字像上下移动, 与上叉丝重合。

② 松开望远镜制动螺丝, 向左右转动望远镜, 可以看见灯光源线。注意观察各光源线高度是否在同一水平面内, 在转动望远镜时, 如果观察到光源线高度有变化, 说明光栅刻线与分光计轴不平行, 此时调节载物台的螺丝, 直到各光源线基本在同一高度为止。

③ 此时将望远镜对准平行光管, 观察绿色“十”字像是否与上叉丝重合, 如果不再重合, 则反复重复第(1)和(2)步的调节, 直至满足光栅位置的调节要求。

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: _____

数据处理

1.

$$\bar{\theta}_{1L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Li} = 107^{\circ} 28' \quad \bar{\theta}_{1R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{1Ri} = 287^{\circ} 28'$$

$$\bar{\theta}_{2L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Li} = 69^{\circ} 11' \quad \bar{\theta}_{2R} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_{2Ri} = 249^{\circ} 11'$$

$$\theta_{\text{绿}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 19^{\circ} 9' \quad \sin \theta_{\text{绿}} = 0.328$$

$$= 19.15^{\circ}$$

$k=2 \quad \lambda_{\text{绿}} = 546.1 \text{ nm}$

$$d = \frac{k \lambda_{\text{绿}}}{\sin \theta_{\text{绿}}} = 3329.88 \text{ nm}$$

每毫米上的刻线数: $n = \frac{1 \times 10^6}{3329.88} = 300.311 \approx 300 (\text{条})$

2. 黄(I): $\bar{\theta}_{1L} = 108^{\circ} 39' \quad \bar{\theta}_{2L} = 68^{\circ} 2' \quad \bar{\theta}_{1R} = 288^{\circ} 39' \quad \bar{\theta}_{2R} = 247^{\circ} 55'$

$$\theta_{\text{黄(I)}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 20^{\circ} 20' \quad \sin \theta_{\text{黄(I)}} = 0.347$$

$$= 20.33^{\circ}$$

$$\lambda_{\text{黄(I)}} = \frac{d \sin \theta_{\text{黄(I)}}}{k} = 577.7 \text{ nm}$$

$\lambda_{\text{黄(I)}} = 579.1 \text{ nm}$ $\varepsilon = \frac{|\lambda_{\text{黄(I)}} - \lambda_{\text{黄(II)}}|}{\lambda_{\text{黄(I)}}} = 0.24\%$

黄(II) $\bar{\theta}_{1L} = 108^{\circ} 32' \quad \bar{\theta}_{2L} = 68^{\circ} 12' \quad \bar{\theta}_{1R} = 288^{\circ} 30' \quad \bar{\theta}_{2R} = 248^{\circ} 3'$

$$\theta_{\text{黄(II)}} = 20^{\circ} 12' = 20.2^{\circ} \quad \sin \theta_{\text{黄(II)}} = 0.345$$

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: _____

$$\lambda_{\text{黄}} = \frac{d \sin \theta_{\text{黄}}}{k} = 574.4 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{黄(理)}} = 577.0 \text{ nm} \quad \varepsilon = \left| \frac{\lambda_{\text{黄(理)}} - \lambda_{\text{黄(实)}}}{\lambda_{\text{黄(理)}}} \right| \times 100\% = 0.45\%$$

蓝

$$\theta_{1L} = 103^\circ 36' \quad \theta_{2L} = 283^\circ 38' \quad \theta_{1R} = 283^\circ 38' \quad \theta_{2R} = 253^\circ 10'$$

$$\theta_{\text{蓝}} = \frac{1}{4} [|\theta_{2L} - \theta_{1L}| + |\theta_{2R} - \theta_{1R}|] = 15^\circ 13' = 15.2^\circ$$

$$\sin \theta_{\text{蓝}} = 0.263$$

$$\lambda_{\text{蓝}} = \frac{d \sin \theta_{\text{蓝}}}{k} = 437.9 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{蓝(理)}} = 435.8 \text{ nm} \quad \varepsilon = \left| \frac{\lambda_{\text{蓝(理)}} - \lambda_{\text{蓝(实)}}}{\lambda_{\text{蓝(理)}}} \right| \times 100\% = 0.48\%$$

3.

$$\text{角色散率 } D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda} = \frac{20.33^\circ - 20.2^\circ}{577.7 \text{ nm} - 574.4 \text{ nm}} \times \frac{\pi}{180} \times 10^9$$

$$= 5.77 \times 6.88 \times 10^5 \text{ rad/m}$$

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: _____

思考题

1. 不同: 光栅分光可产生多级谱线, 且分光后各色光不连续, 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.

二者分光原理不同, 产生的光谱样式不同. 光栅分光原理是根据不同厚度的光波长不一, 通过光栅后造成不同的光程差, 产生不同的干涉而分光; 而三棱镜分光是利用不同频率的光波在同一种介质中折射率不同, 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, 观测一组数据, 可得

$$\theta_{1L} = 119^{\circ}41' \quad \theta_{1R} = 299^{\circ}40' \quad \theta_{2L} = 56^{\circ}40' \quad \theta_{2R} = 236^{\circ}38'$$

$$\theta = 31^{\circ}24' = 31.4^{\circ}$$

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{k} = 433.7 \text{ nm}$$

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		望远镜在位置2观测	
		左游标 θ_{L1}	右游标 θ_{R1}	左游标 θ_{L2}	右游标 θ_{R2}
黄(I)	1	$108^{\circ}40'$	$288^{\circ}37'$	$68^{\circ}1'$	$247^{\circ}57'$
	2	$108^{\circ}38'$	$288^{\circ}39'$	$68^{\circ}3'$	$247^{\circ}55'$
	3	$108^{\circ}39'$	$288^{\circ}40'$	$68^{\circ}2'$	$247^{\circ}55'$
黄(II)	1	$108^{\circ}32'$	$288^{\circ}28'$	$68^{\circ}11'$	$248^{\circ}1'$
	2	$108^{\circ}33'$	$288^{\circ}30'$	$68^{\circ}12'$	$248^{\circ}4'$
	3	$108^{\circ}31'$	$288^{\circ}32'$	$68^{\circ}12'$	$248^{\circ}3'$
绿	1	$107^{\circ}30'$	$287^{\circ}30'$	$69^{\circ}12'$	$249^{\circ}12'$
	2	$107^{\circ}28'$	$287^{\circ}26'$	$69^{\circ}10'$	$249^{\circ}11'$
	3	$107^{\circ}27'$	$287^{\circ}28'$	$69^{\circ}11'$	$249^{\circ}11'$
蓝	1	$103^{\circ}36'$	$283^{\circ}38'$	$73^{\circ}12'$	$253^{\circ}10'$
	2	$103^{\circ}35'$	$283^{\circ}37'$	$73^{\circ}10'$	$253^{\circ}10'$
	3	$103^{\circ}37'$	$283^{\circ}39'$	$73^{\circ}11'$	$253^{\circ}11'$

联系方式: _____

指导教师签字: _____