

实验报告

序号: 6

衡成林

时间: 25年10月17日

上午

下午

晚上

课程名称: _____ 实验名称: 光栅光谱 实验日期: 2025 年 10 月 17 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: 120240901 姓 名: 刘显生

光栅衍射

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“平面投射光栅”, 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进. 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. 若在光栅面上每毫米刻划 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 为凸透镜, 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. 衍射角的大小由光栅方程

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



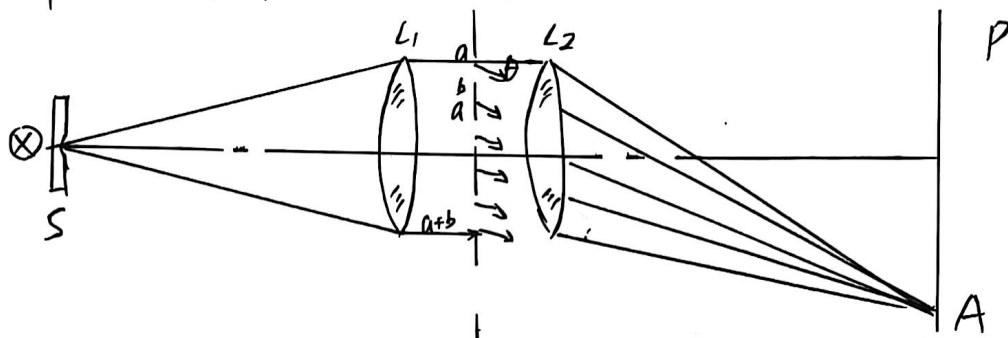
扫描全能王 创建

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: _____

所决定。其中 k 为主极大的级次,也称光谱级次。



光栅方程是决定主极大方向的公式。等式左端 $d\sin\theta$ 表示两相邻衍射光束在 θ 方向的光程差,当它等于波长的整数倍,即 $d\sin\theta = 0, \lambda, 2\lambda, \dots$ 时,在相应的 θ 角产生不同级次的主极大。即,当 $\sin\theta = 0$ 时,产生的 $\theta = 0$ 的零级主极大,当 $\sin\theta = \pm\lambda$ 时,在 $\pm\theta_1$ 方向产生1级主极大,当 $\sin\theta = \pm 2\lambda$ 时,在 $\pm\theta_2$ 方向产生2级主极大。若入射光波为单色光,则每一级只有一条亮线;若入射光波为复色光,则每一级都包含若干条亮线,每种亮线对应一种波长。本实验所用光源为低压汞灯,其光栅光谱中比较强的谱线有4条分别为黄(I)(579.1nm),黄(II)(577.0nm),绿(546.1nm),蓝(435.8nm),其中绿色谱线光强最强,中央亮线是各种波长的零级主极大重合的结果,仍然为白色。在它的左右两侧各分布着 ± 1 级, ± 2 级, ± 3 级等各种波长的彩色亮线。如果用分光计测出某已知波长谱线的衍射角,则由(1)式可求出光栅常量,反之,若已知光栅常量测得某谱线的衍射角,则由(1)式可求出其波长。



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: _____

光栅对波长 λ 和 $\lambda + \Delta\lambda$ 两条谱线的衍射角之差与这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

$$D = \frac{\Delta\theta}{\Delta\lambda} \quad (2)$$

角色散率描述了光栅将不同波长的光分开能力的大小。

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 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

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

此时角色散率 D 可以看成是一个常量, 衍射角 θ 与波长 λ 成

线性关系

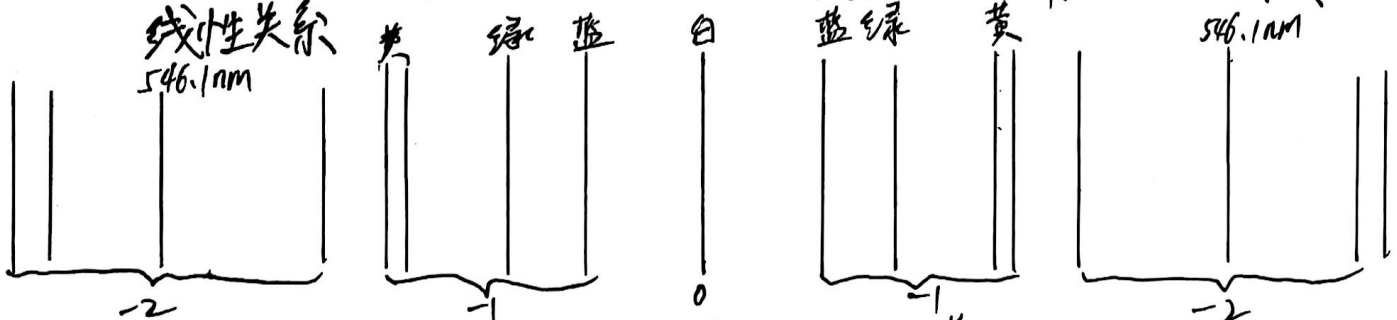


图 低压汞灯光栅光谱



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.

		θ_{1L}	θ_{1R}	θ_{2L}	θ_{2R}
黄 (I)	1	$110^{\circ}20'$	$29^{\circ}20'$	$69^{\circ}38'$	$249^{\circ}40'$
	2	$110^{\circ}19'$	$29^{\circ}21'$	$69^{\circ}39'$	$249^{\circ}35'$
	3	$110^{\circ}20'$	$29^{\circ}20'$	$69^{\circ}39'$	$249^{\circ}41'$
黄 (II)	1	$110^{\circ}15'$	$29^{\circ}15'$	$69^{\circ}44'$	$249^{\circ}46'$
	2	$110^{\circ}14'$	$29^{\circ}15'$	$69^{\circ}44'$	$249^{\circ}47'$
	3	$110^{\circ}12'$	$29^{\circ}15'$	$69^{\circ}45'$	$249^{\circ}49'$
绿	1	$109^{\circ}08'$	$289^{\circ}09'$	$70^{\circ}53'$	$250^{\circ}53'$
	2	$109^{\circ}05'$	$289^{\circ}06'$	$70^{\circ}50'$	$250^{\circ}50'$
	3	$109^{\circ}06'$	$289^{\circ}06'$	$70^{\circ}51'$	$250^{\circ}50'$
蓝	1	$105^{\circ}10'$	$285^{\circ}10'$	$74^{\circ}50'$	$254^{\circ}51'$
	2	$105^{\circ}08'$	$285^{\circ}09'$	$74^{\circ}48'$	$254^{\circ}50'$
	3	$105^{\circ}06'$	$285^{\circ}09'$	$74^{\circ}47'$	$254^{\circ}50'$

四级蓝 $121^{\circ}30'$ $301^{\circ}29'$ $58^{\circ}26'$ $238^{\circ}29'$

衡 10.17



扫描全能王 创建

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: _____

		望远镜在位置1		望远镜在位置2	
		左游标 θ_{L1}	右游标 θ_{R1}	左游标 θ_{L2}	右游标 θ_{R2}
黄(I)	1	110°20'	290°20'	69°38'	249°40'
	2	110°19'	290°21'	69°39'	249°35'
	3	110°20'	290°20'	69°39'	249°41'
黄(II)	1	110°15'	290°15'	69°44'	249°46'
	2	110°14'	290°15'	69°44'	249°47'
	3	110°12'	290°15'	69°45'	249°49'
绿	1	109°8'	289°9'	70°53'	250°53'
	2	109°5'	289°6'	70°50'	250°50'
	3	109°6'	289°6'	70°51'	250°50'
蓝	1	105°10'	285°10'	74°50'	254°51'
	2	105°6'	285°9'	74°48'	254°50'
	3	105°6'	285°9'	74°47'	254°50'

数据处理:

$$1. \therefore \theta = \frac{|\theta_{L1} - \theta_{L2}| + |\theta_{R1} - \theta_{R2}|}{4} = \frac{1}{4} (109^{\circ}8' - 70^{\circ}53' + 289^{\circ}9' - 250^{\circ}53')$$

$$= \frac{1}{4} \times 76^{\circ}43' = 19^{\circ}8'$$

$$\therefore d = \frac{2\lambda}{\sin\theta} = \frac{2 \times 546.1 \text{ nm}}{\sin(19^{\circ}8')} = 3332 \text{ nm} = 0.003332 \text{ mm}$$

所用光栅每毫米300条线的光栅



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. 取 $d = 0.00333 \text{ mm}$

$$\text{黄(I)}: \theta_1 = \frac{1}{4} (|\theta_{1L} - \theta_{2L}| + |\theta_{1R} - \theta_{2R}|) = 20^\circ 20'$$

$$\lambda_1 = \frac{d \sin \theta_1}{2} = \frac{0.00333 \times \sin(20^\circ 20')}{2} = 578.6 \text{ nm}$$

$$\delta_1 = \frac{\Delta \lambda_1 \times 100\%}{\lambda_{1\text{标}}} = \frac{0.5 \text{ nm}}{579.1 \text{ nm}} \times 100\% = 0.09\%$$

$$\text{黄(II)}: \theta_2 = \frac{1}{4} (|\theta_{1L} - \theta_{2L}| + |\theta_{1R} - \theta_{2R}|) = 20^\circ 15'$$

$$\lambda_2 = \frac{d \sin \theta_2}{2} = \frac{0.00333 \times \sin(20^\circ 15')}{2} = 576.3 \text{ nm}$$

$$\delta_2 = \frac{\Delta \lambda_2}{\lambda_{2\text{标}}} \times 100\% = \frac{0.7 \text{ nm}}{577.0 \text{ nm}} \times 100\% = 0.12\%$$

$$\text{蓝}: \theta_3 = 15^\circ 9'$$

$$\lambda_3 = \frac{0.00333 \text{ nm} \times \sin(15^\circ 9')}{2} = 435.1 \text{ nm}$$

$$\delta_3 = \frac{\Delta \lambda_3 \times 100\%}{\lambda_{3\text{标}}} = \frac{0.7 \text{ nm}}{435.8 \text{ nm}} \times 100\% = 0.16\%$$

$$3. D = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda} = \frac{20^\circ 20' - 20^\circ 15'}{2.1 \text{ nm}} = \frac{5'}{2.1 \text{ nm}} = 0.92 \times 10^{-4} \text{ rad/nm}$$

4. 思考题

1. 光栅光谱由光通过衍射形成, 特点为光谱宽度均等, 间距相同
而三棱镜光谱由折射形成, 单色光按顺序依次排列

原因: 光栅光谱由衍射形成, 不同波长区间同波长差的谱线距离不大, 波长越长, 偏向角越大, 且存在重叠现象; 棱镜光谱由折射形成, 不同波长光由折射被发散, 波长越长, 偏向角越小, 不存在重叠现象

2. 可发现, 由于第四级蓝光的衍射偏向角较小, 与第级黄光相近

$$\theta = \frac{1}{4} (\theta_{1L} - \theta_{2L} + \theta_{1R} - \theta_{2R}) = 31^\circ 31'$$

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{4} = 435.2 \text{ nm} \quad \text{为蓝光}$$

