

光栅衍射实验报告

江灿 2019011325

清华大学 物理系, 北京 100084

【摘要】 本次实验是光栅衍射实验, 进一步熟悉了分光计的调整与使用, 利用衍射光测定了四种光波的波长与光栅常数, 并与标准值进行对比。最后使用最小偏向角法测出波长较长的黄线的波长

【关键词】 光栅衍射, 波长, 光栅常数, 最小偏向角

1 实验目的

略

2 实验仪器

略

3 实验原理

略

4 实验步骤

略

5 实验数据

5.1 实验数据整理

入射角 $i = 0^\circ$ 时, 测定光栅常数和光波波长的数据整理如下

其中入射角方位 $\varphi_{10} = 252^\circ 41'$ $\varphi_{20} = 72^\circ 41'$

波长 (nm)	黄1		黄2		5461		紫	
衍射光谱级次 m	2		2		2		2	
游标	I	II	I	II	I	II	I	II
左侧衍射光方位	272°52'	62°56'	272°50'	62°50'	271°43'	61°43'	269°46'	61°43'
右侧衍射光方位	232°28'	62°28'	232°31'	62°31'	233°49'	63°38'	231°56'	61°36'
φ_m	20°13'		20°9'		19°12'		19°5'	

图 1 测定光栅常数和光波波长数据

入射角 $i = 15^\circ 0'$ 时, 测量波长较短的黄线的波长的数据整理如下

其中光栅平面法线方位 $\varphi_{1n} = 252^\circ 41'$ $\varphi_{2n} = 72^\circ 41'$

	游标	入射光方位	入射角	入射角平均值	
	I	237°41'	15°0'	15°0'	
	II	48°41'	15°0'		
	游标	左侧衍射角方位 φ	衍射角 φ	φ 左平均值	同or异
光谱级次 m	I	215°33'	37°08'	37°08'	异
	II	36°32'	37°08'		
	游标	右侧衍射角方位 φ	衍射角 φ	φ 右平均值	同or异
光谱级次 m	I	279°08'	4°53'	4°53'	同
	II	99°08'	4°53'		

图 2 测量波长较短的黄线的波长

5.2 数据处理

相对误差计算为

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|x - \mu|}{\mu} \times 100\%$$

其中 x 为测量值, μ 为标准值

5.2.1 级次的处理

在课前预习题中已经计算出了

$$\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 = \left(\frac{\Delta \varphi_m}{\tan \varphi_m}\right)^2$$

$$\left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2$$

在实际测量时, 应该在能看清的基础上, 尽可能的选择级次更大的进行测量, 减少偏差。

因此在第一个实验中, 选择了测量级次 $m=2$ 进行实验测量

5.2.2 光栅常数和光波波长

d 的求解:

已经测出 $\varphi_m = 19^\circ 2'$

可求出 $\Delta \varphi_m = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707'$

$$d = \frac{m\lambda}{\sin \varphi_m} = 3349.1 \text{ nm}$$

$$\Delta d = \lambda \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2} = 2.2 \text{ nm}$$

求得 $d = (3349.1 \pm 2.2 \text{ nm})$

λ 的求解:

$$d \sin \varphi_m = m\lambda$$

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m}$$

1. 黄光 1 ($\varphi_m = 20^\circ 13'$)

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = 578.6 \text{ nm} \quad \Delta \lambda = 0.3 \text{ nm}$$

$$\lambda = (578.6 \pm 0.3) \text{ nm}$$

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|578.6 - 579.1|}{579.1} \times 100\% = 0.01\%$$

2. 黄光 2 ($\varphi_m = 20^\circ 9'$)

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = 576.8 \text{ nm} \quad \Delta \lambda = 0.4 \text{ nm}$$

$$\lambda = (576.8 \pm 0.4) \text{ nm}$$

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|576.8 - 577.0|}{577.0} \times 100\% = 0.01\%$$

3. 紫光 ($\varphi_m = 15^\circ 5'$)

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = 435.7 \text{ nm} \quad \Delta \lambda = 0.4 \text{ nm}$$

$$\lambda = (435.7 \pm 0.4) \text{ nm}$$

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|435.7 - 435.8|}{435.8} \times 100\% = 0.01\%$$

5.2.3 波长较短的黄线的波长

$$d(\sin \varphi + \sin i) = m\lambda, i = 15^\circ, m = 2$$

可求得

$$\varphi_m = 37^\circ 08' \quad \text{异侧} \quad \lambda = 576.9 \text{ nm}$$

$$\varphi_m = 4^\circ 53' \quad \text{同侧} \quad \lambda = 576.2 \text{ nm}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = 576.6 \text{ nm}$$

相对误差为:

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|576.6 - 577.0|}{577.0} \times 100\% = 0.09\%$$

5.2.4 最小偏向角测较长黄光波长

$$2d \sin \frac{\delta}{2} = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

测量出 $2\delta = 40^\circ 6'$ 即 $\delta = 20^\circ 3'$, 此时级次 $m=2$, 带入可求得 $\lambda = 579.4$

相对误差为:

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{|579.4 - 579.1|}{579.1} \times 100\% = 0.06\%$$

与实际值误差较小。

6 实验总结

这次实验延续着上次分光计的时间, 需要在开始调节望远镜, 平行光管, 使得二者的光轴都垂直于分光计主轴。这个环节在上一次实验的时候很艰难, 不过在这次实验时, 遵循着先粗调后细调, 调节的过程比上次轻松了不少。

不过在三棱镜调好之后, 换上光栅的时候却一直无法找到像, 最后感谢助教的帮助成功的完成调节。

最后在测量最小偏向角的时候, 刚开始直接测的 δ , 后来为提高测量精度, 重新测量了 2δ 。

这是第二次的光学实验, 感受和上次相似, 光学实验对于眼睛的考验是很大的, 同时也感谢助教的耐心指导, 使得这次实验顺利完成

原始数据

后附页

2022年4.3 22741 7号 72度7分 2019011325

2022春物理实验B(2)课程资料

6. 数据记录表格 (参考)

(1) $i = 0$ 时, 测定光栅常数和光波波长

光栅编号: 7 $\Delta k = 1'$ 入射光方位 $\varphi_{10} = 252^{\circ}41'$ $\varphi_{20} = 72^{\circ}41'$

波长 (nm)	黄 1		黄 2		546.1		紫	
衍射光谱级次 m	2		2		2		2	
游标	I	II	I	II	I	II	I	II
左侧衍射光方位 φ_L	272°54'	92°55'	272°56'	92°56'	271°45'	91°45'	265°48'	81°46'
右侧衍射光方位 φ_R	232°28'	52°28'	232°31'	52°31'	235°49'	55°48'	237°35'	57°35'
$2\varphi_m = \varphi_L - \varphi_R$	40°26'	40°27'	40°19'	40°19'	38°4'	38°5'	38°13'	38°11'
$2\varphi_m$	40°26'	40°27'	40°19'	40°19'	38°4'	38°5'	38°13'	38°11'
φ_m	20°13'	20°13.5'	20°09.5'	20°09.5'	19°2'	19°2.5'	19°06.5'	19°05.5'

(2) $i = 15^{\circ}0'$ 时, 测量波长较短的黄线的波长

光栅编号: 7 光栅平面法线方位 $\varphi_{1n} = 232^{\circ}41'$ $\varphi_{2n} = 72^{\circ}41'$

游标	入射光方位 φ_0	入射角 i	i
I	237°41'	15°0'	15°0'
II	48°41'	15°0'	

光谱级次 m	游标	左侧衍射光方位 φ_{Lc}	衍射角 φ_{mLc}	φ_{mLc}	同(异)侧
2	I	215°33'	37°08'	37°08'	异
	II	36°32'	37°08'		

光谱级次 m	游标	右侧衍射光方位 φ_{Rc}	衍射角 φ_{mRc}	φ_{mRc}	同(异)侧
3	I	279°08'	4°53'	4°53'	同
	II	99°08'	4°53'		

$\varphi_{mLc} = 37^{\circ}08'$ 异侧. $d = (40 \times 10^{-6} - \sin 15^{\circ}) = m\lambda \Rightarrow \lambda_1 = 576.9 \text{ nm}$
 $\Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = 576.2 \text{ nm}$
 $E = \frac{576.6 - 577.0}{577.0} \times 100\% = 0.087\% = 0.09\%$

13) 最小偏向角测波长较短的黄线的波长.

入射方位 $\varphi_{10} : 252^{\circ}41'$ $\varphi_{20} 72^{\circ}41'$

光栅级次 m

左 242°44' 右 62°44'

光零级数 m	游标	读数	ψ_1	z_s	$\overline{z_s}$
1	I	252.41	211°81'	40.6'	40.6
2	II	12°41'	31°81'	40.6'	

$$\Rightarrow \overline{s} = 20.2$$