

光栅衍射

刘若涵 自 05 2020011126 单三晚 L 组 18 号

1 数据处理

1.1 $i = 0$ 时，测定光栅常数和光波波长

光栅编号：18 $\Delta_{\text{仪}} = 1'$ 入射光方位 $\varphi_{10} = 243^\circ 57'$ $\varphi_{20} = 63^\circ 57'$

波长 (nm)	黄 1		黄 2		绿 546.1		紫	
衍射光谱级次 m	3		3		3		3	
游标	I	II	I	II	I	II	I	II
左侧衍射光方位 $\varphi_{\text{左}}$	275°20'	95°20'	273°13'	95°12'	273°20'	93°20'	267°01'	87°02'
右侧衍射光方位 $\varphi_{\text{右}}$	212°29'	32°31'	212°35'	32°36'	214°27'	34°29'	220°48'	40°50'
$2\varphi_m = \varphi_{\text{左}} - \varphi_{\text{右}}$	62°51'	62°49'	62°38'	62°36'	58°53'	58°51'	46°13'	46°12'
$\overline{2\varphi_m}$	62°50'		62°37'		58°52'		46°13'	
φ_m	31°25'		31°19'		29°26'		23°06'	

光线正入射时有 $d \sin \varphi_m = m\lambda$

(1) 求光栅常数 d

已知绿光波长 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ ，三级谱线衍射角 $\varphi_m = 29^\circ 26'$

$$\text{则 } d = \frac{m\lambda}{\sin \varphi_m} = \frac{3 \times 546.1 \text{ nm}}{\sin(29^\circ 26')} = 3333.9 \text{ nm}$$

$$\text{又由 } \frac{\Delta_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln d}{\partial \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2} = \frac{|\Delta \varphi_m|}{\tan |\varphi_m|}, \Delta \varphi_m = 2\Delta_{\text{仪}} = 2'$$

$$\text{得 } \Delta_d = \frac{2\pi}{60 \times 180 \times \tan(29^\circ 26')} \times 3333.9 = 3.4 \text{ nm}$$

$$\text{则 } d = (3333.9 \pm 3.4) \text{ nm}$$

(2) 求波长较长的黄光波长

波长较长的黄光三级谱线衍射角 $\varphi_m = 31^\circ 25'$

$$\text{则 } \lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = \frac{3333.9 \text{ nm} \times \sin(31^\circ 25')}{3} = 579.3 \text{ nm}$$

$$\text{又由 } \frac{\Delta_\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial d}\right)^2 \Delta d^2 + \left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2}, \Delta \varphi_m = 2\Delta_{\text{仪}} = 2'$$

$$\text{得 } \Delta_\lambda = 579.3 \times \sqrt{\left(\frac{3.4}{3333.9}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan(31^\circ 25')}\right)^2 \left(\frac{2\pi}{60 \times 180}\right)^2} = 0.8 \text{ nm}$$

$$\text{则 } \lambda = (579.3 \pm 0.8) \text{ nm}$$

对比标准值 $\lambda_{\text{标}} = 579.1\text{nm}$

相对偏差 $E = \frac{579.3-579.1}{579.1} \times 100\% = 0.035\%$, 很小, 测量结果准确。

(3) 求波长较短的黄光波长

波长较短的黄光三级谱线衍射角 $\varphi_m = 31^\circ 19'$

$$\text{则 } \lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = \frac{3333.9\text{nm} \times \sin(31^\circ 19')}{3} = 577.61\text{nm}$$

$$\text{又由 } \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial d}\right)^2 \Delta d^2 + \left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2}, \Delta \varphi_m = 2\Delta_{\text{仪}} = 2'$$

$$\text{得 } \Delta \lambda = 577.61 \times \sqrt{\left(\frac{3.4}{3333.9}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan(31^\circ 19')}\right)^2 \left(\frac{2\pi}{60 \times 180}\right)^2} = 0.81\text{nm}$$

$$\text{则 } \lambda = (577.61 \pm 0.81)\text{nm}$$

对比标准值 $\lambda_{\text{标}} = 577.0\text{nm}$

相对偏差 $E = \frac{577.6-577.0}{577.0} \times 100\% = 0.10\%$, 很小, 测量结果准确。

(2) 求紫光波长

紫光三级谱线衍射角 $\varphi_m = 23^\circ 06'$

$$\text{则 } \lambda = \frac{d \sin \varphi_m}{m} = \frac{3333.9\text{nm} \times \sin(23^\circ 06')}{3} = 436.0\text{nm}$$

$$\text{又由 } \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial d}\right)^2 \Delta d^2 + \left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan \varphi_m}\right)^2 \Delta \varphi_m^2}, \Delta \varphi_m = 2\Delta_{\text{仪}} = 2'$$

$$\text{得 } \Delta \lambda = 436.0 \times \sqrt{\left(\frac{3.4}{3333.9}\right)^2 + \left(\frac{1}{\tan(23^\circ 06')}\right)^2 \left(\frac{2\pi}{60 \times 180}\right)^2} = 0.7\text{nm}$$

$$\text{则 } \lambda = (436.0 \pm 0.7)\text{nm}$$

对比标准值 $\lambda_{\text{标}} = 435.8\text{nm}$

相对偏差 $E = \frac{436.0-435.8}{435.8} \times 100\% = 0.046\%$, 很小, 测量结果准确。

1.2 $i = 15^\circ 0'$ 时, 测量波长较短的黄线的波长

光栅编号: 18 $\Delta_{\text{仪}} = 1'$ 光栅平面法线方位 $\varphi_{1n} = 244^\circ 25'$ $\varphi_{2n} = 64^\circ 25'$

	游标	入射光方位 φ_0	入射角 i	\bar{i}	
	I	259°25'	15°00'	15°00'	
	II	79°25'	15°00'		
光谱级次 m	游标	左侧衍射光方	衍射角 $\varphi_{m\text{左}}$	$\overline{\varphi_{m\text{左}}}$	同(异)侧

		位 $\varphi_{左}$			
3	I	295°30'	51°05'	51°04'	异
	II	115°28'	51°03'		
光谱级次 m	游标	右侧衍射光方 位 $\varphi_{右}$	衍射角 $\varphi_{m右}$	$\overline{\varphi_{m右}}$	同（异）侧
3	I	229°18'	15°07'	15°06'	同
	II	49°20'	15°05'		

$$d(\sin\varphi_m \pm \sin i) = m\lambda$$

$$\text{左衍射光位于入射光异侧, } \lambda_{左} = \frac{d(\sin\varphi_{m左} - \sin i)}{m} = \frac{3333.9nm \times [\sin(51^\circ04') - \sin(15^\circ00')]}{3} = 576.82nm$$

$$\text{右衍射光位于入射光同侧, } \lambda_{右} = \frac{d(\sin\varphi_{m右} + \sin i)}{m} = \frac{3333.9nm \times [\sin(15^\circ06') + \sin(15^\circ00')]}{3} = 577.12nm$$

$$\text{得 } \lambda = \frac{\lambda_{左} + \lambda_{右}}{2} = 576.97nm$$

有效数字

与标准值 $\lambda_{标} = 577.0nm$ 十分接近，测量结果准确。

相对偏差

1.3 用最小偏向角法测定波长较长的黄线的波长

	游标	入射光方位 φ_0	光栅平面法向 φ_{1n}	入射角 i	对称后光栅平 面法向 φ_{2n}
	I	259°42'	244°25'	15°17'	274°59'
	II	79°42'	64°25'	15°17'	94°59'
光谱级次 m	游标	谱线方位 φ_1	对称后谱线方 位 φ_2	$2\delta = \varphi_2 - \varphi_1$	δ
3	I	229°27'	289°56'	60°29'	30°14'
	II	49°28'	109°55'	60°27'	

$$\text{由 } 2d\sin\frac{\delta}{2} = m\lambda$$

$$\text{得 } \lambda = \frac{2d\sin\frac{\delta}{2}}{m} = \frac{2 \times 3333.9nm \times \sin(\frac{30^\circ14'}{2})}{3} = 579.6nm$$

与标准值 $\lambda_{标} = 579.1nm$ 接近，测量结果准确。

相对偏差

2 原始数据

(1) $i = 0$ 时, 测定光栅常数和光波波长

光栅编号: 18 $\Delta n =$ 1' 入射光方位 $\varphi_{10} =$ $243^{\circ}57'$ $\varphi_{20} =$ $63^{\circ}57'$

波长 (nm)	黄 1		黄 2		546.1		紫	
衍射光谱级次 m	3		3		3		3	
游标	I	II	I	II	I	II	I	II
左侧衍射光方位 φ_{Li}	$275^{\circ}13'$	$95^{\circ}12'$	$275^{\circ}20'$	$95^{\circ}20'$	$273^{\circ}20'$	$93^{\circ}20'$	$267^{\circ}01'$	$87^{\circ}02'$
右侧衍射光方位 φ_{Ri}	$212^{\circ}35'$	$32^{\circ}36'$	$212^{\circ}29'$	$32^{\circ}31'$	$214^{\circ}27'$	$34^{\circ}29'$	$220^{\circ}48'$	$40^{\circ}50'$
$2\varphi_m = \varphi_{Li} - \varphi_{Ri}$	$62^{\circ}38'$	$62^{\circ}36'$	$62^{\circ}51'$	$62^{\circ}49'$	$58^{\circ}53'$	$58^{\circ}51'$	$46^{\circ}13'$	$46^{\circ}12'$
$\overline{2\varphi_m}$	$62^{\circ}37'$		$62^{\circ}50'$		$58^{\circ}52'$		$46^{\circ}13'$	
φ_m	$31^{\circ}19'$		$31^{\circ}25'$		$29^{\circ}26'$		$23^{\circ}06'$	

$\lambda_{y1} = 577.61 \text{ nm}$ $\lambda_{y2} = 577.27 \text{ nm}$ $d = 3333.87 \text{ nm}$ $\lambda_p = 436.00 \text{ nm}$

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

光栅编号: 18 光栅平面法线方位 $\varphi_{1n} =$ $244^{\circ}25'$ $\varphi_{2n} =$ $64^{\circ}25'$

	游标	入射光方位 φ_0	入射角 i	i	
	I	$259^{\circ}25'$	$15^{\circ}00'$	$15^{\circ}00'$	
	II	$79^{\circ}25'$	$15^{\circ}00'$		
光谱级次 m	游标	左侧衍射光方位 φ_{Li}	衍射角 φ_{mLi}	$\overline{\varphi_{mLi}}$	同(异)侧
3	I	$295^{\circ}30'$	$51^{\circ}05'$	$51^{\circ}04'$	异
	II	$115^{\circ}28'$	$51^{\circ}03'$		
光谱级次 m	游标	右侧衍射光方位 φ_{Ri}	衍射角 φ_{mRi}	$\overline{\varphi_{mRi}}$	同(异)侧
3	I	$229^{\circ}18'$	$15^{\circ}07'$	$15^{\circ}06'$	同
	II	$49^{\circ}20'$	$15^{\circ}05'$		

$\lambda = 576.82 \text{ nm}$

$\lambda = 577.12 \text{ nm}$

	游标	入射光方位 φ_0	光栅平面法线方位 φ_{1n}	入射角 i	光栅平面法线方位 φ_{2n}
(3)	I	$259^{\circ}42'$	$244^{\circ}25'$	$15^{\circ}17'$	$274^{\circ}59'$
	II	$79^{\circ}42'$	$64^{\circ}25'$	$15^{\circ}17'$	$94^{\circ}59'$
光谱级次 m	游标	谱线方位 φ_1	谱线方位 φ_2	$2\delta = \varphi_2 - \varphi_1$	δ
3	I	$229^{\circ}27'$	$289^{\circ}56'$	$60^{\circ}29'$	$30^{\circ}14'$
	II	$49^{\circ}28'$	$109^{\circ}55'$	$60^{\circ}27'$	

$\lambda = 579.62 \text{ nm}$

明神 2022.4.6