



南昌大学

2023~2024 学年秋季学期 《大学物理实验》

实验报告

得 分	评阅人

题 目： 实验四 光栅衍射

学 院： 先进制造学院

专业班级： 智能制造工程 221 班

学生姓名： 朱紫华

学 号： 59081220130

指导老师： 全祖赐老师

二〇二三年十月制

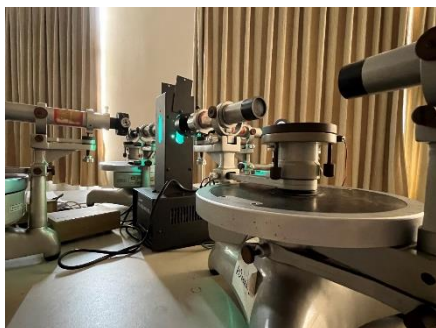
光栅衍射

一、 实验目的

- 1.掌握光栅的概念;
- 2.学会利用光栅测光波波长;
- 3.了解光栅的应用.

二、 实验仪器

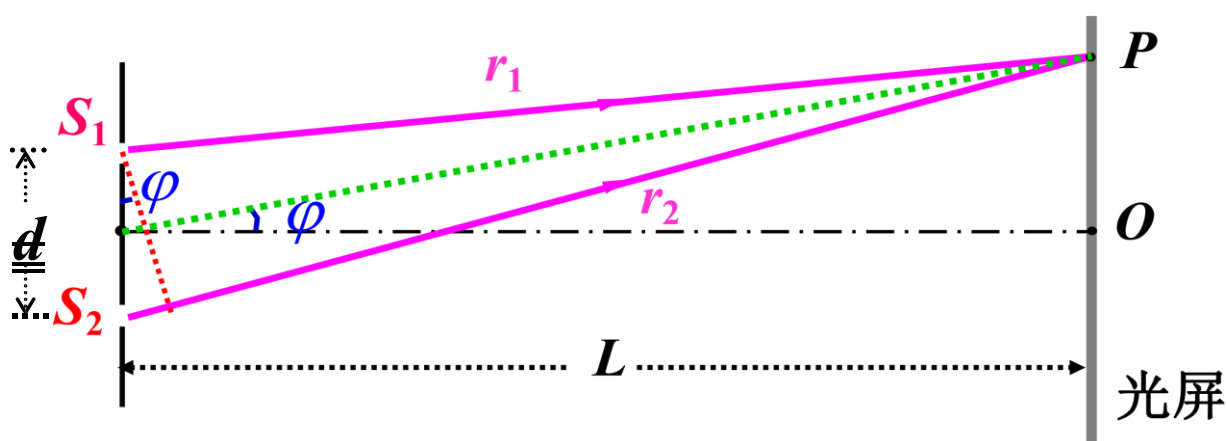
分光计、双面平面镜、 衍射光栅、汞光源.



三、 实验原理

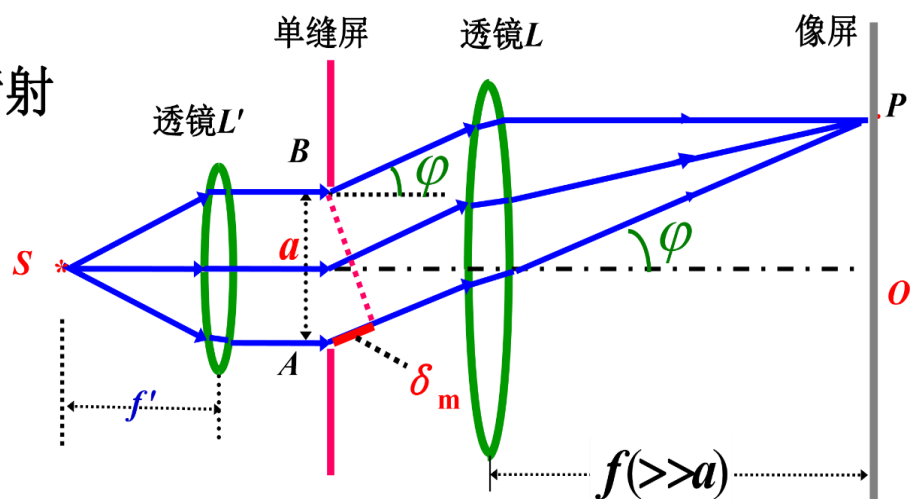
- 1.光栅的衍射条纹是光在每一条狭缝的衍射和不同 狭缝光波干涉的总的效果:

①双缝干涉



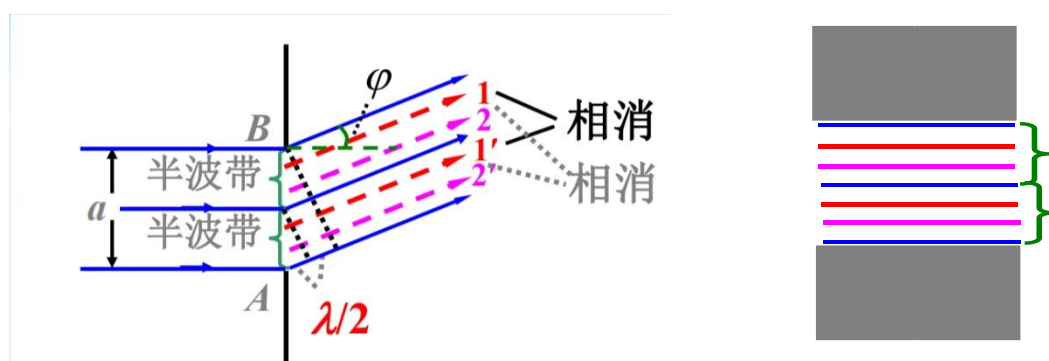
$$\delta = r_1 - r_2 \approx d \sin \varphi = \begin{cases} k\lambda (k = 0, 1, 2 \dots) \text{明} \\ (2k - 1)\lambda / 2 (k = 1, 2 \dots) \text{暗} \end{cases} \quad (1)$$

②单缝衍射



单缝边缘衍射角为 φ 的平行光线到达像屏具有最大光程差为

$$\delta_m = a \sin \varphi \begin{cases} 0 \text{ 中央亮度} \\ \pm k \lambda (k = 1, 2, \dots) \text{ 暗纹} \\ \pm (2k + 1) \lambda / 2 (k = 1, 2, \dots) \text{ 亮纹} \end{cases} \quad (2)$$



$$\delta_m = a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} (k = 1, 2, \dots) \quad (3)$$

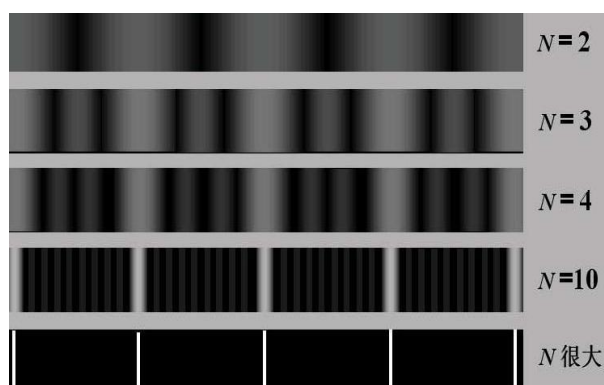
将缝分为 $2k$ 个“半波带”,偶数个“半波带”发出的光在光屏处干涉相消, 形成暗纹.

$$\delta_m = a \sin \varphi = \begin{cases} \pm k \lambda (k = 1, 2, \dots) \text{ 暗} \\ \pm (2k + 1) \lambda / 2 (k = 1, 2, \dots) \text{ 明} \end{cases} \quad (4)$$

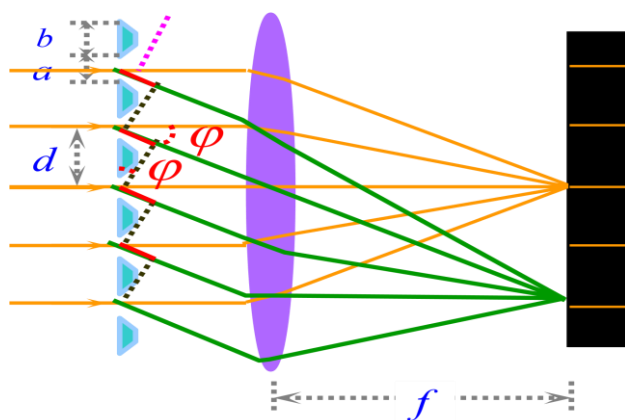
将缝分为 $2k+1$ 个“半波带”,偶数个“半波带”干涉相消,剩一个“半波带”发出的光在 P 点处叠加,形成亮纹, 亮度降低.

2.光栅衍射图样:

明条纹很亮很窄, 相邻两明条纹间有较暗较宽的背景; 且随光栅缝数增加, 明条纹越窄越亮, 明条纹间的暗背景也越暗.



(1)光栅方程(主明条纹条件)



①相邻两缝衍射角为 φ 的光线光程差满足

$$(a + b) \sin \varphi = \pm k \lambda (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (5)$$

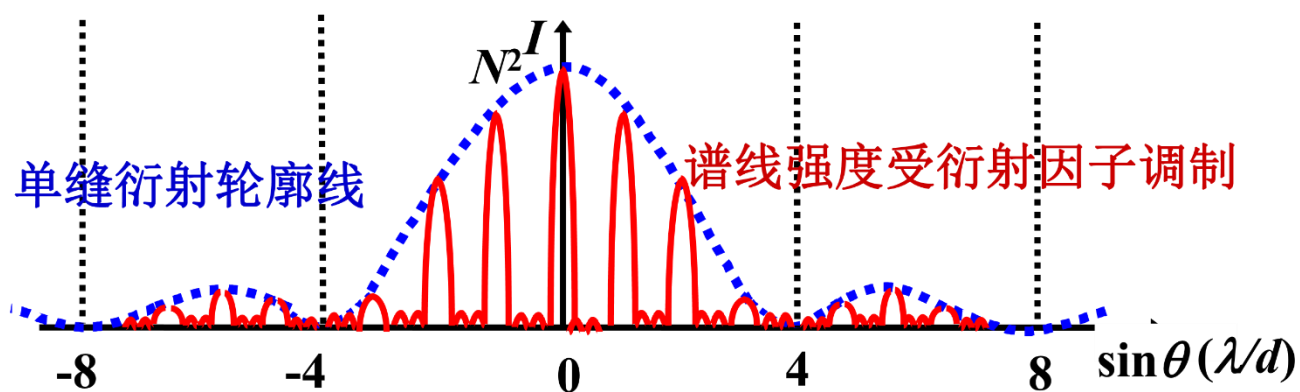
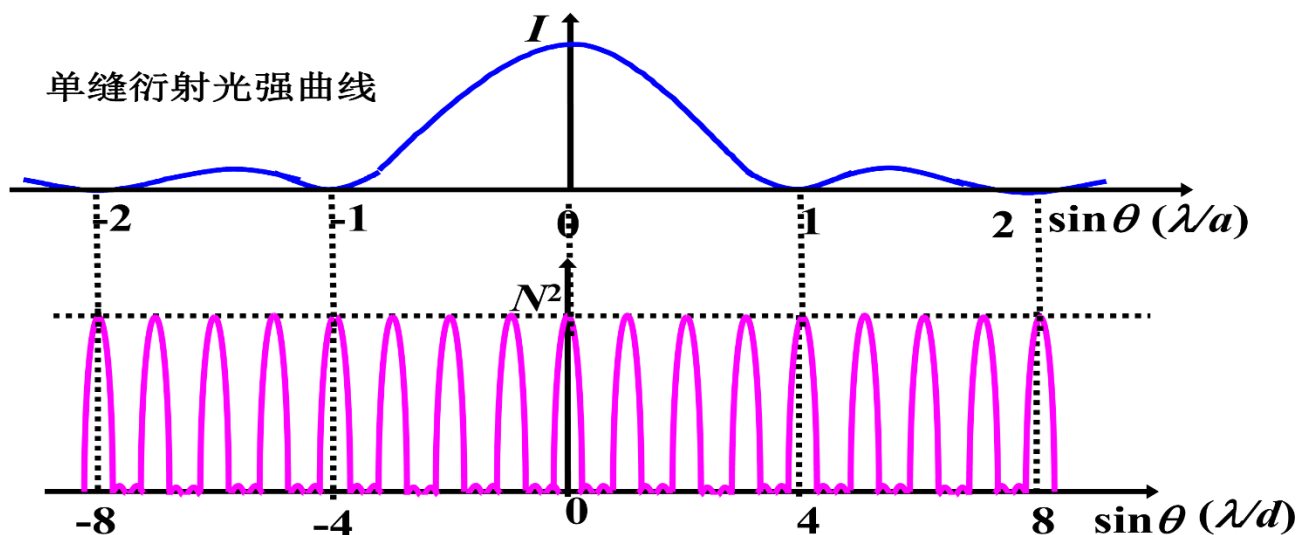
主极大的最高级数

$$a \sin \varphi = \pm k' \lambda (k' = 1, 2, 3 \dots) \quad (6)$$

(2)谱线的缺级

①光栅方程(主明纹), 同公式 (5)

②单缝衍射(暗纹)



$$a \sin \varphi = k' \lambda \quad (k' = 1, 2, 3 \cdots) \quad (7)$$

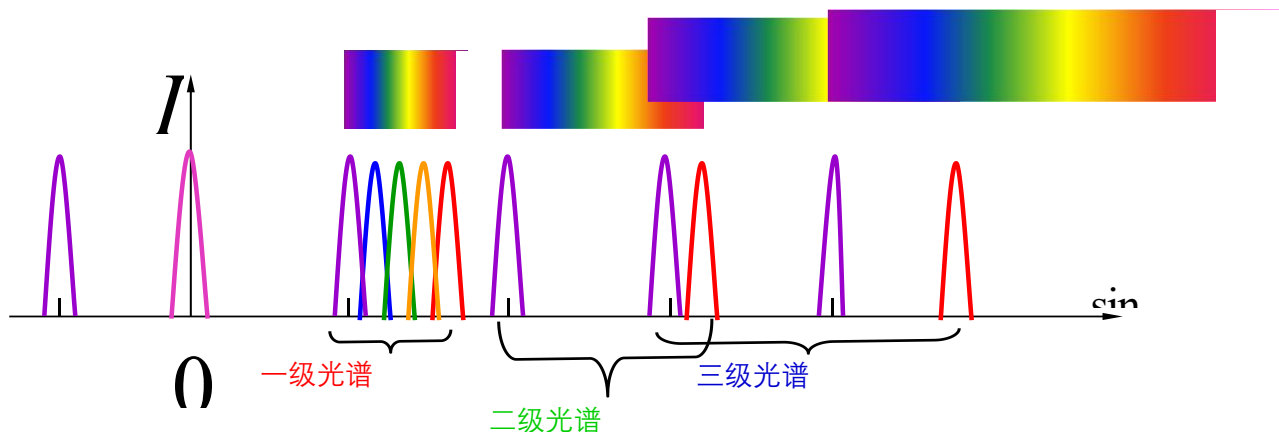
③合成结果为暗纹,称为谱线缺级.

$$k = \frac{a+b}{a} k' \quad (k' = 1, 2, 3 \cdots) \quad (8)$$

3.衍射光谱

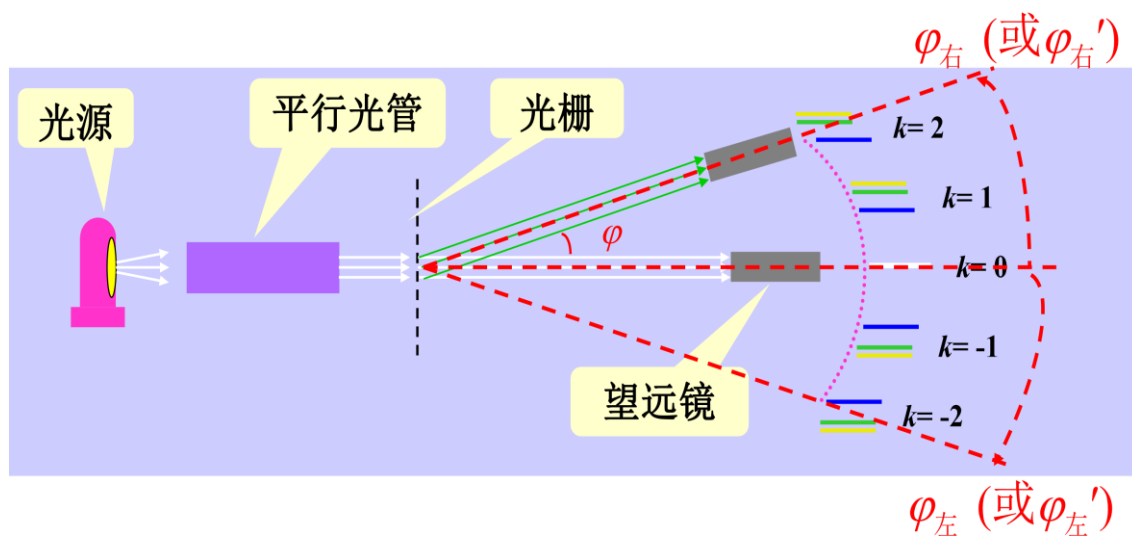
$$(a+b)\sin\varphi = \pm k\lambda (k=0,1,2,\dots)$$

白光入射时， λ 不同， φ_k 不同，按波长分开形成光谱。



4.衍射光谱实验观测示意图

$$(a+b)\sin\varphi = \pm k\lambda (k=0,1,2,\dots)$$

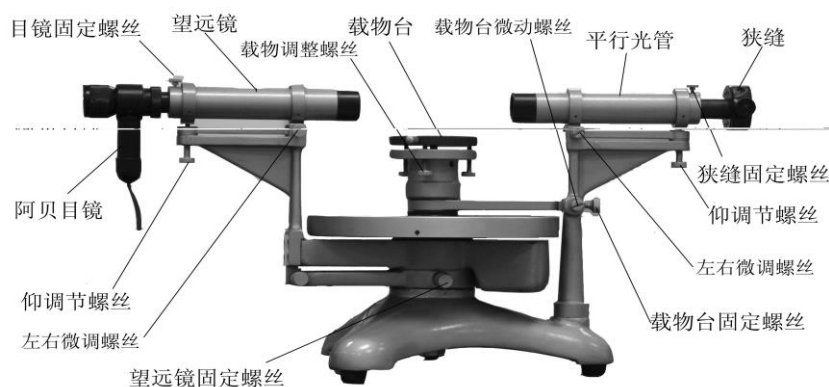


光谱的偏转角

$$\varphi = \frac{|\varphi_{\text{右}} - \varphi_{\text{左}}| + |\varphi'_{\text{右}} - \varphi'_{\text{左}}|}{4} \quad (9)$$

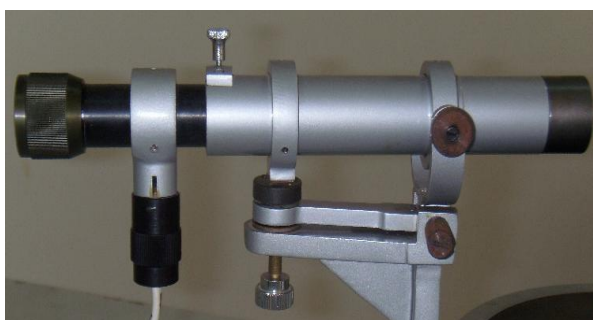
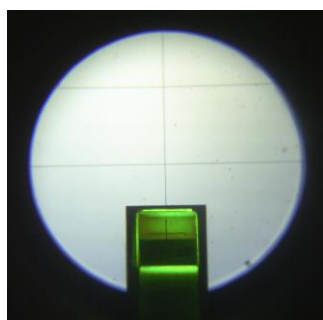
四、实验内容及步骤

1.分光计调节：三聚焦、三垂直望远镜聚焦到无穷远，望远镜的光轴对准仪器的中心转轴并与中心转轴垂直；平行光管出射平行光，且光轴与望远镜光轴共轴；待测光学元件的表面与中心转轴平行。



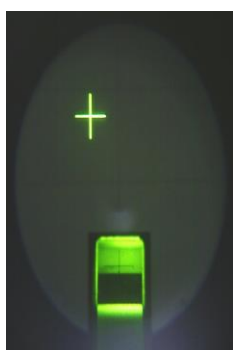
(1)目镜调焦：

通过调节目镜旋转手轮，使望远镜黑色分划板清晰成像。



(2)望远镜对无穷远调焦：

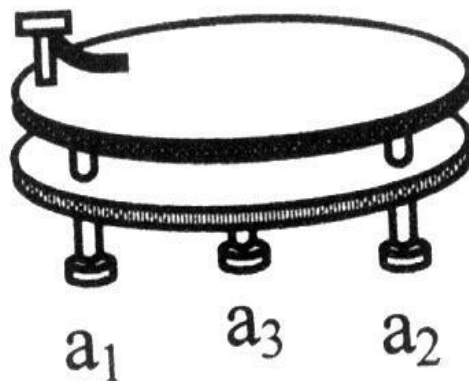
将双面反射镜紧贴望远镜筒，前后移动目镜装置，使绿“+”字像清晰成像在分划板上。



(3)调节望远镜光轴、载物台与分光计中心转轴垂直：

①将载物台的三个调平螺丝自然放松，使载物台成自然放置状态(即基本水平)；或根据需要把调平螺丝升起大致相同高度，使载物台基本水平.

*粗调到基本水平, 是后续细调(各调一半法)的基础，非常重要！

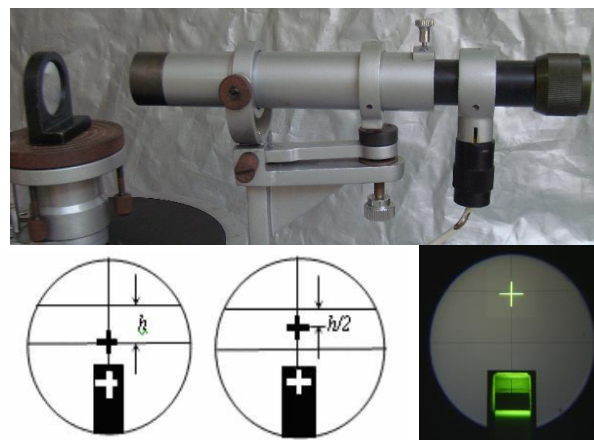
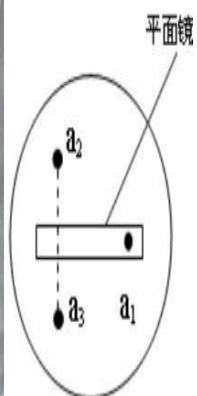


②目测粗调调节望远镜、平行光管的仰角螺丝，使望远镜、平行光管基本共轴；

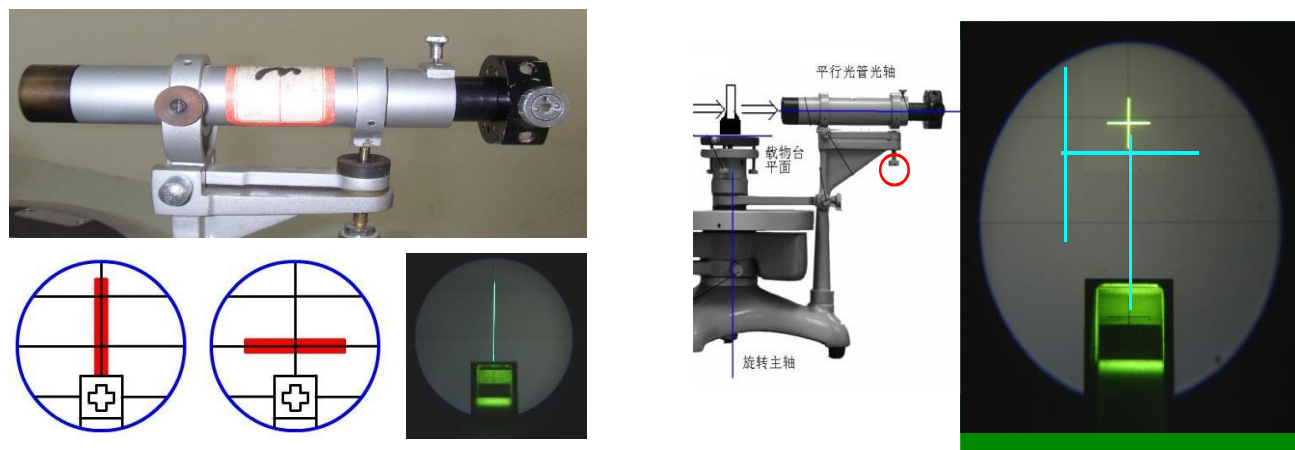


③将双面反光镜放上载物台，使其底边与载物台任意两调平螺丝的连线垂直.

④各调一半法，反复转动载物台，调节两调平螺丝使绿“+”字像到标准位置.



(4)平行光管聚焦，并使其与载物台转轴垂直.



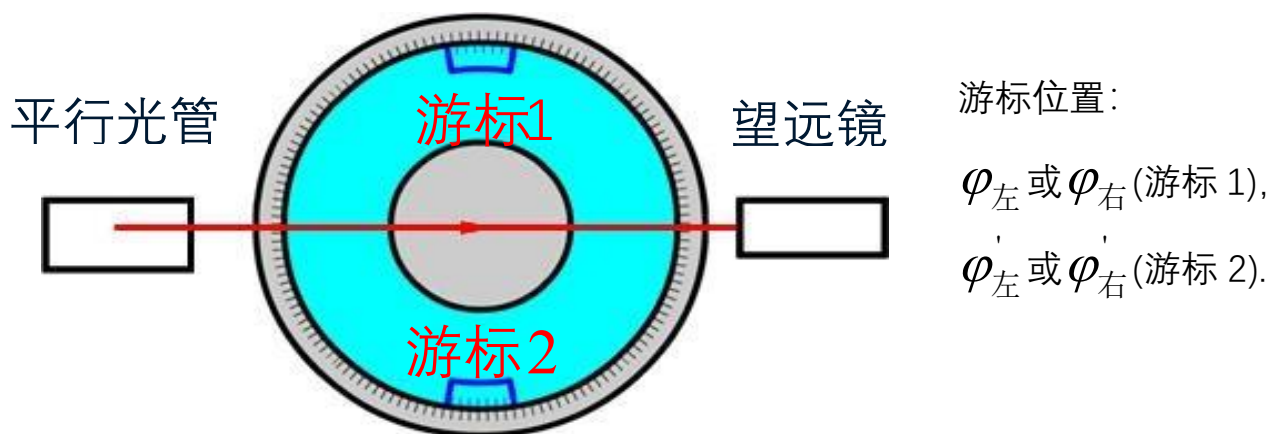
各主要步骤调整前、后的状态(三聚焦、三垂直)

	目镜	物镜	望远镜与载	平行光管	狭缝	平行光管与
	调焦	调焦	物台轴垂直	调焦	调宽	载物台轴垂直
调整前						
调整后						

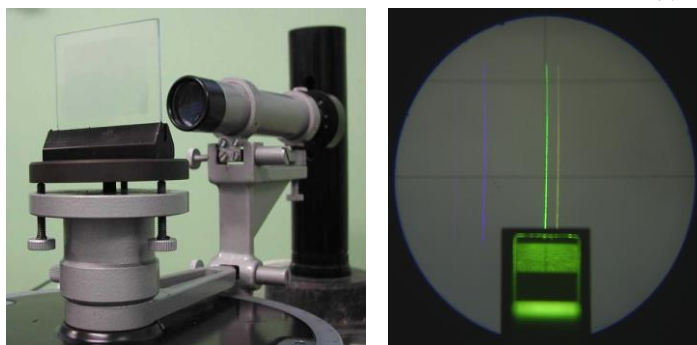
2.对标光栅常数

低压汞灯主要谱线

- 黄： 576.96 579.07 绿 546.07
- 青： 491.60 蓝:435.83
- 紫： 407.78 404.66



- ①竖准线先对准 $-k$ 级绿线光谱, 读出相应游标位置 $\varphi_{\text{左}}$ (游标 1)、 $\varphi'_{\text{左}}$ (游标 2);
再对准 k 级绿线光谱, 读出相应游标位置 $\varphi_{\text{右}}$ (游标 1)、 $\varphi'_{\text{右}}$ (游标 2).



光谱的偏转角

$$\varphi = \frac{|\varphi_{\text{右}} - \varphi_{\text{左}}| + |\varphi'_{\text{右}} - \varphi'_{\text{左}}|}{4} \quad (9)$$

- ②根据光栅方程计算光栅常数.

$$d = k\lambda / \sin \varphi \quad (10)$$

3.光波波长测量 改测光栅衍射的蓝色、黄色 1 光谱, 确定其波长.

五、实验数据记录

色光	$\varphi_{\text{左}}$	$\varphi'_{\text{左}}$	$\varphi_{\text{右}}$	$\varphi'_{\text{右}}$
绿	198°47'	18°48'	160°32'	340°35'
蓝	195°17'	15°18'	164°50'	344°49'
黄 1	199°53'	19°54'	159°26'	339°28'

色光	$ \varphi_{\text{右}} - \varphi_{\text{左}} $	$ \varphi'_{\text{右}} - \varphi'_{\text{左}} $	φ	$\sin \varphi$
绿	38°15'	38°13'	19°7'	0.327
蓝	30°27'	30°28'	15°13'	0.262
黄 1	40°27'	40°26'	20°13'	0.345

光栅常数 ($\lambda_{0\text{绿}}=546.07\text{nm}$, $K=2$)

$$d = \frac{K \lambda_{\text{绿}}}{\sin \varphi_{\text{绿}}} = 3.34 \times 10^{-6} \text{m}$$

蓝光波长 ($\lambda_{0\text{蓝}}=435.83\text{nm}$)

$$\lambda_{\text{蓝}} = \frac{d \sin \varphi_{\text{蓝}}}{K} = 437.5\text{nm}$$

$$E_{0\text{蓝}} = \frac{|\lambda_{\text{蓝}} - \lambda_{0\text{蓝}}|}{\lambda_{0\text{蓝}}} = 0.4\%$$

黄 1 光波长 ($\lambda_{0\text{黄}}=576.96\text{nm}$)

$$\lambda_{\text{黄1}} = \frac{d \sin \varphi_{\text{黄1}}}{K} = 576.12\text{nm}$$

$$E_{0\text{黄1}} = \frac{|\lambda_{\text{黄1}} - \lambda_{0\text{黄1}}|}{\lambda_{0\text{黄1}}} = 0.14\%$$

六、误差分析

- (1)如果光放置得不严格垂直于入射光，而实验测量时仍用公式进行波长、分辨率等物理量的计算，将造成实验误差。
- (2)其条纹本身具有宽度。
- (3)测量高次的光谱，一阶修正项增大，测量高级次的光谱会使实验误差增大。
- (4)各光栅缺口不是严格相等的。
- (5)读数时游标不一定刚好读准了，可能产生一二分的误差。

七、实验心得体会

本次实验我们先测了第一级光谱，但测量该光谱时，其取到的值总是刚好是整数这并不好，所以我们做了第二次实验，我们去测了第二级光谱，在一开始，我们犯了一个致命错误，该实验读的是角度差，取的是劣弧，在某些情况下是不能直接用读数相减的，在计算结果出很大问题的情况下，我返回到公式中去思考哪一步有问题，最后想通了，而且结果误差也非常小，误差均不到百分之一。这次实验对我来说，并不困难，但他的意义很大，因为在这个实验中，我去对公式进行了反复思考。

八、附上原始数据

学生姓名: _____ 学号: _____ 专业班级: _____

实验类型: ☐验证 ☐综合 ☐设计 ☐创新 实验日期: _____ 实验成绩: _____

色光	$\rho_{\text{左}}$	$\rho'_{\text{左}}$	$\rho_{\text{右}}$	$\rho'_{\text{右}}$	$ \rho_{\text{右}} - \rho'_{\text{右}} $	$ \rho_{\text{左}} - \rho'_{\text{左}} $	ρ	$\sin \rho$
绿	$198^{\circ}47'$	$18^{\circ}48'$	$160^{\circ}32'$	$340^{\circ}35'$	$38^{\circ}15'$	$38^{\circ}13'$	$19^{\circ}7'$	0.327
蓝	$195^{\circ}17'$	$15^{\circ}18'$	$164^{\circ}50'$	$344^{\circ}49'$	$30^{\circ}27'$	$30^{\circ}28'$	$15^{\circ}13'$	0.262
黄	$199^{\circ}53'$	$19^{\circ}54'$	$159^{\circ}26'$	$339^{\circ}28'$	$40^{\circ}27'$	$40^{\circ}26'$	$20^{\circ}13'$	0.345

金祖赐

2023-10-23

吴锦瑞 5908122011
彭锋 5908122013
刘小东 5908122029
朱紫华 5908122030