

14 实验 O-3 用衍射光栅测定光波波长

姓名: 林继伟 学号: 2250758 成绩: A+ 合作者: _____

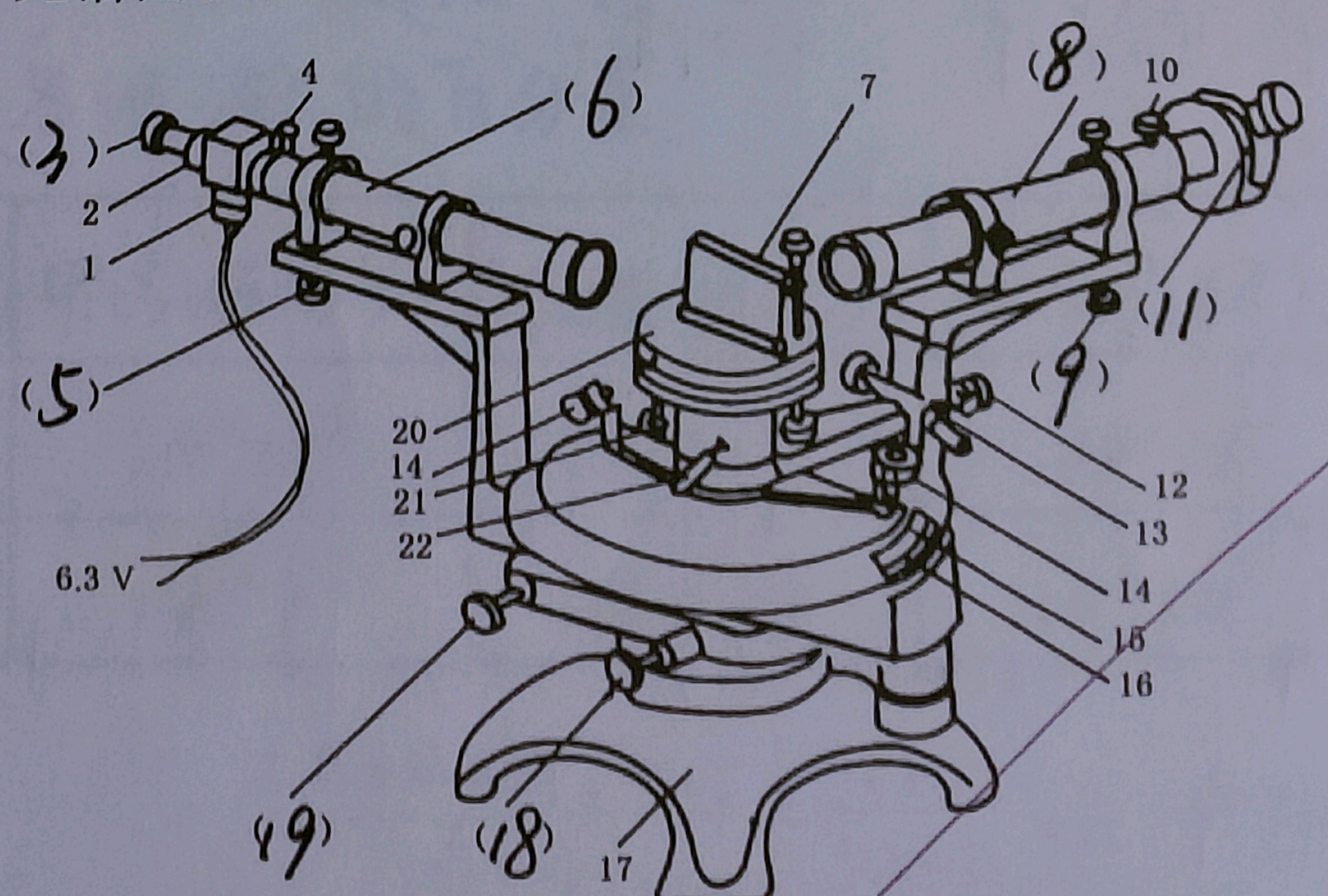
指导教师: 何丽霞 实验编号: 周三 第 7-8 节 C 组 6 号

一、实验目的

- 了解分光计的构造、原理及其调节方法。
- 学会观察光栅衍射现象。
- 学会使用光栅测定光波波长。

二、实验原理知识准备与预习自测

- 图 14-1 为分光计结构图, 在括号中填上主要部件的序号。图 14-2 为光栅衍射图。图 14-3 为低压汞灯光谱图。



1—小灯； 2—分划板套筒； 3—目镜； 4—目镜筒制动螺丝； 5—望远镜倾斜度调节螺丝；
 6—望远镜镜筒； 7—夹持待测件弹簧片； 8—平行光管； 9—平行光管倾斜度调节螺丝；
 10—狭缝套筒制动螺丝； 11—狭缝宽度调节手轮； 12—游标圆盘制动螺丝；
 13—游标圆盘微调螺丝； 14—放大镜； 15—游标圆盘； 16—刻度圆盘；
 17—底座； 18—刻度圆盘制动螺丝； 19—刻度圆盘微调螺丝；
 20—载物小平台； 21—载物台水平调节螺丝；
 22—载物台紧固螺丝

图 14-1 分光计结构图

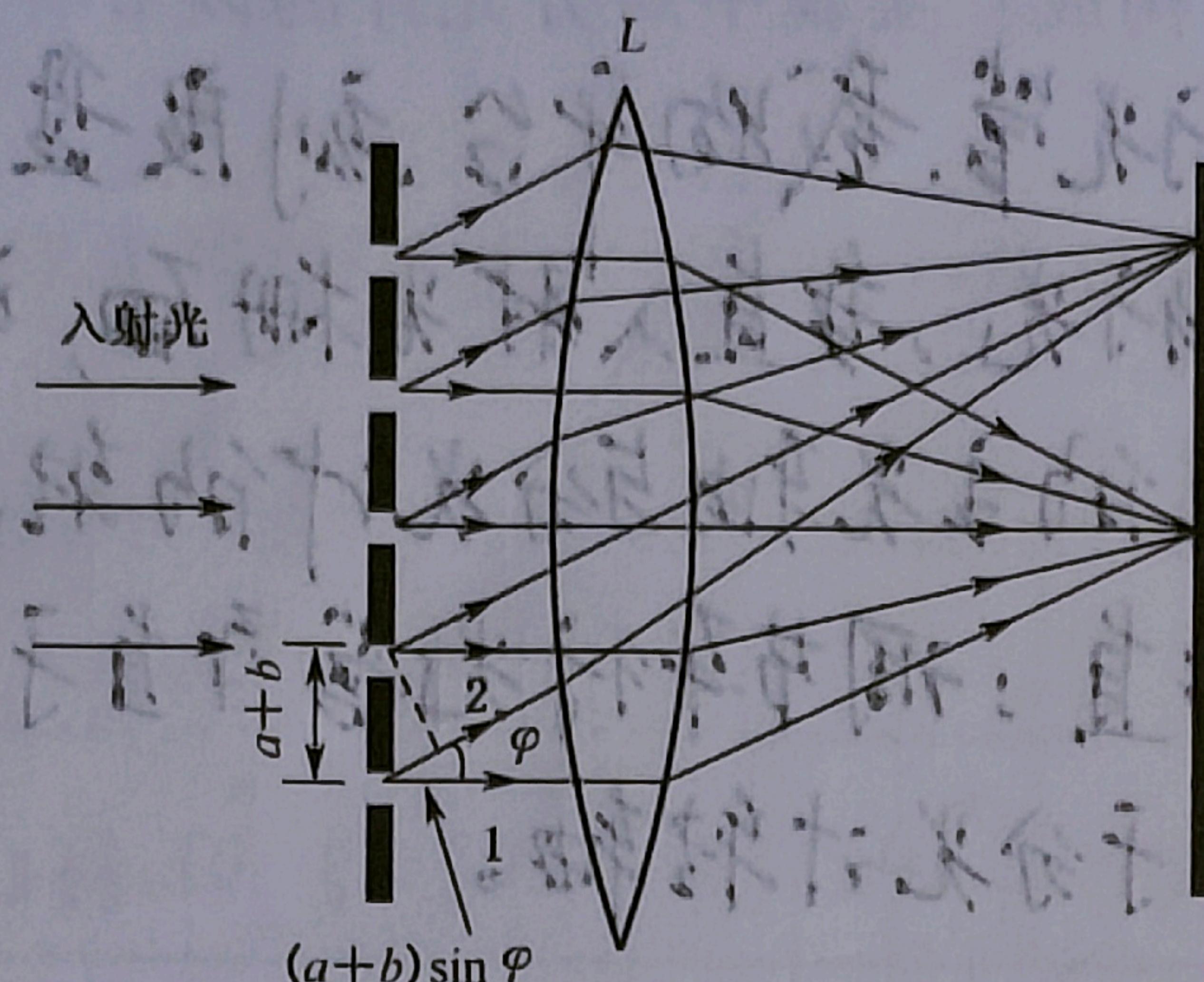


图 14-2 光栅衍射图

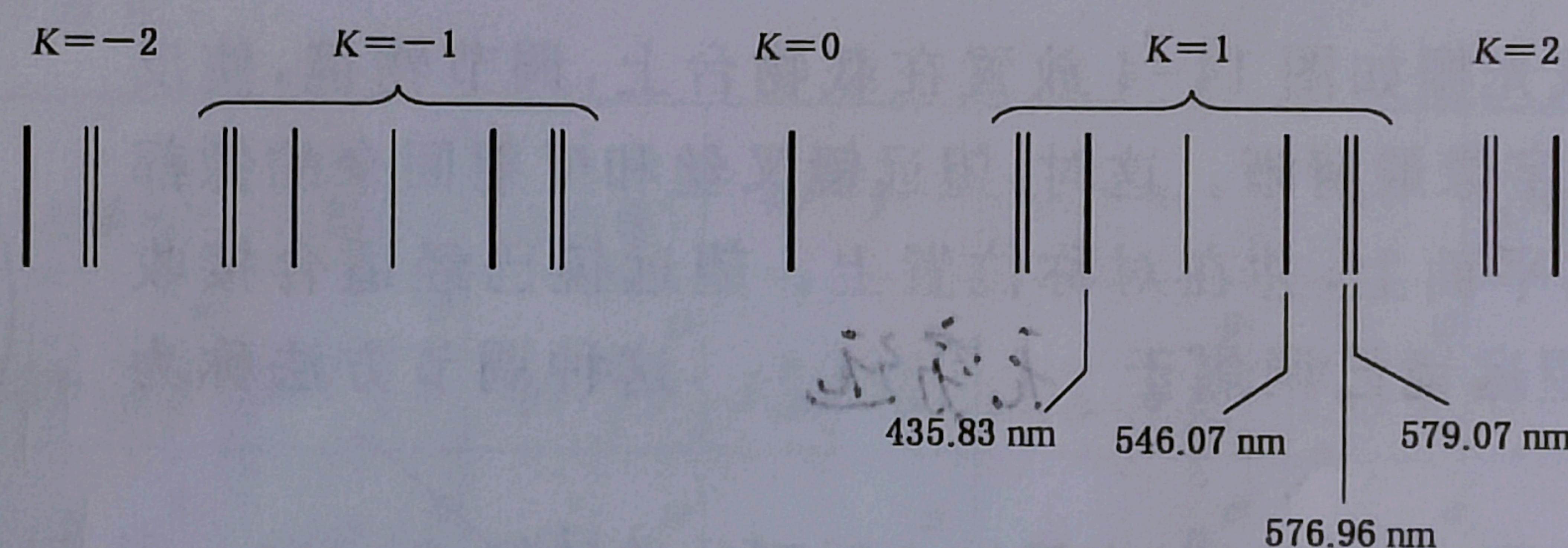


图 14-3 低压汞灯光谱图

2. 实验中用什么方法来消除偏心差？衍射角如何计算？

答：用双游标两边读数，读出两组数据，将两组数据取平均值，即可消除偏心差。因为偏心差很小，左右游标读数差应在 180° 上下，最多相差几分。

衍射角计算公式： $\psi = \frac{1}{2}(\lvert \psi_1 - \psi_2 \rvert + \lvert \psi'_1 - \psi'_2 \rvert)$

3. 简述光栅衍射原理。

答：当波长为入的平行光垂直入射到光栅（透明与不透明相间的周期性结构）由于透射光的单缝衍射与多缝干涉叠加的结果当满足以下条件时 $(a+b)\sin\psi = K\lambda$ ($K=0, \pm 1, \pm 2 \dots$) 在中方向上形成亮条纹，又称谱线。 $a+b$ 为光栅常数 d ， ψ 为衍射角， K 称为级次。

4. 分光计调节过程中如何消除视差？

答：若待测像与标尺（分划板）之间有误差，说明两者不共面。应稍稍调节像或标尺（分划板）的位置，并同时微微晃动眼睛，直到待测像与标尺之间无相对移动即无视差。

5. 分光计主要由哪几部分构成？实验中对分光计的调节有什么要求？

答：主要由望远镜、平行光管、载物平台、刻度盘（双游标）四部分构成。调节要求：平行光管产生平行光，垂直入射光栅面；望远镜能接收平行光，采用“各调归零法”，调节望远镜的主光轴与分光计的转轴垂直，调节平行光管的光轴与分光计的转轴垂直；调节光栅平面垂直于望远镜光轴，并使光栅狭缝平行于分光计转轴。

三、实验测量步骤

1. 接通分光计电源，注意观察分划板的透光窗是否被照亮。调节目镜，使观察到的黑叉丝线最清晰。

2. 将平面镜或光栅如图 14-4 放置在载物台上，调节物镜，使反射回来的叉丝亮十字像最清晰。这时，望远镜叉丝和反射回来的像都在望远镜物镜的焦平面上，并在对称位置上。望远镜已经适合接收平行光了，即望远镜已调焦于无穷远，这种调节方法称为自准直法。

3. 启动汞灯光源，打开狭缝，在目镜中看到狭缝的像。

4. 前后伸缩狭缝镜筒，使狭缝像清晰。此时，眼睛上下、左右移动观察，狭缝像和准线无视差（或视差最小）。这时，平行光管发射平行光。调节狭缝宽度，使狭缝宽度较为合适，亮度能保证观察 3 级谱线并使光谱尽可能细。

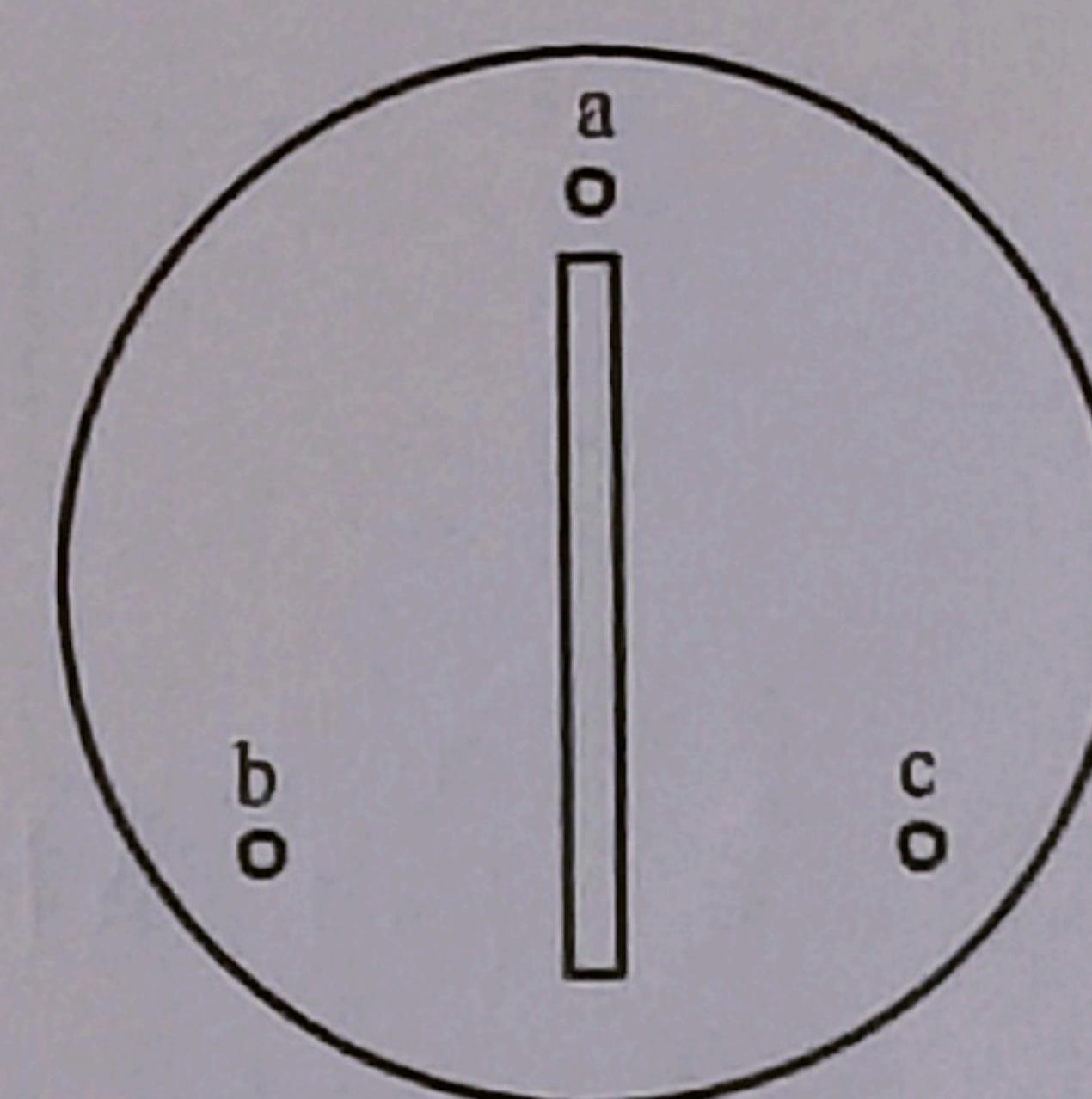


图 14-4 平面镜在载物台上的位置

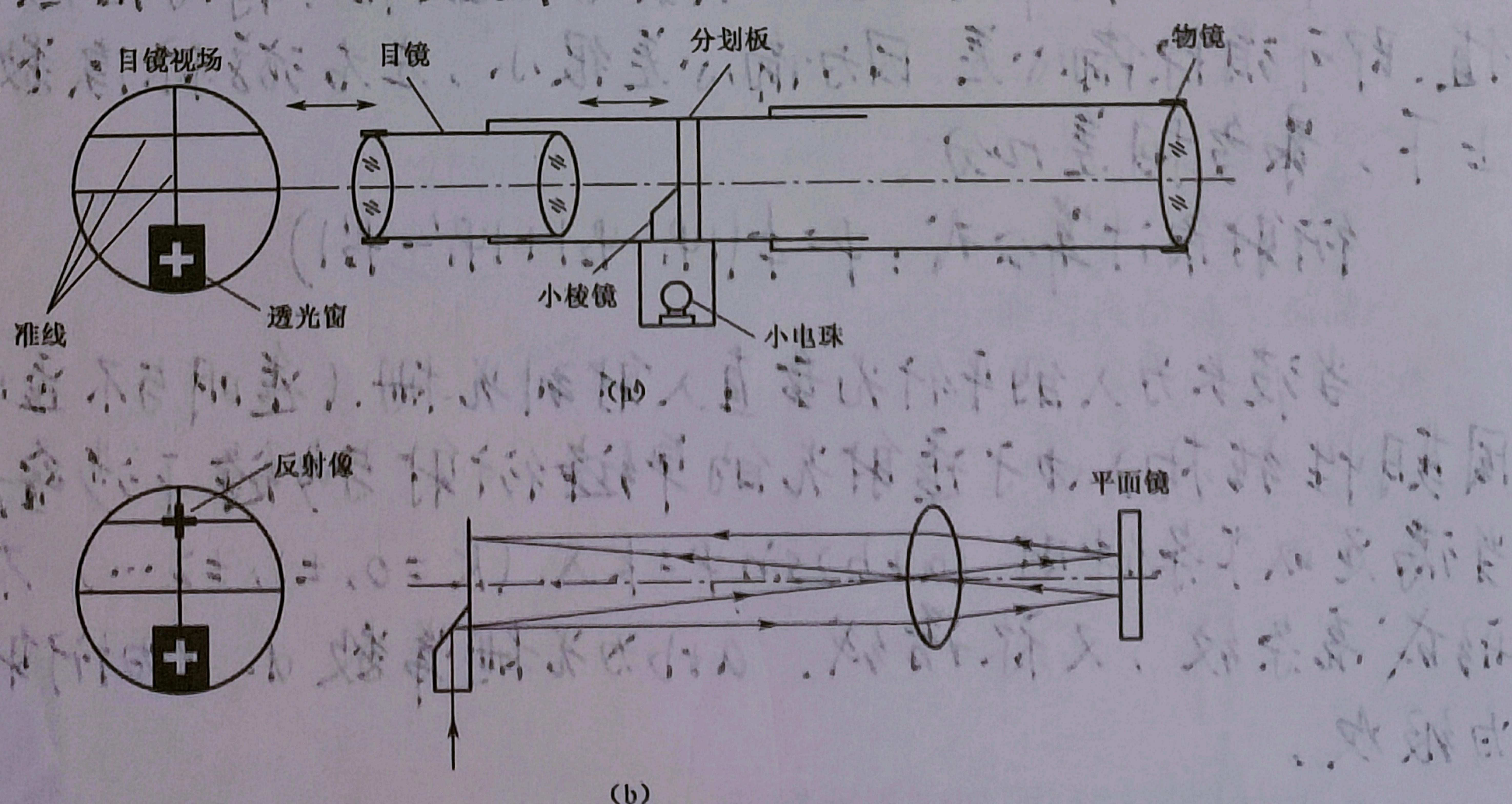


图 14-5 望远镜内部结构图

教师签名：

何

四、实验仪器

主要实验仪器名称	规格型号	仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$
FT-1钠/汞灯电源		
分光计		$\Delta_{\text{仪}} = 1'$
光栅		

五、注意事项(在开始实验操作前请仔细阅读以下说明)

1. 光栅是精密光学器件，严禁用手触摸。
2. 调节每个螺丝时切勿用力过猛。
3. 转动望远镜时切勿搬动镜筒，要托着望远镜架转动。

六、实验现象观察与记录

1. 观察汞灯光谱，按照衍射角度从小到大，看到谱线的顺序应该是 白色 → 紫色 → 蓝色 → 绿色 → 黄色 → 蓝色。

2. 实验数据记录

1. 用低压汞灯已知的绿光波长 ($\lambda = 546.1 \text{ nm}$)，通过测定 $k = \pm 3$ (或 ± 2) 级谱线的衍射角，计算光栅常数 d 。

k	41(右游标)	41(左游标)	42(右游标)	42(左游标)
± 2	$195^\circ 17'$	$15^\circ 21'$	$233^\circ 30'$	$53^\circ 30'$

2. 测量低压汞灯光谱中蓝谱线波长，把测量结果和公认值入值 $= 435.8 \text{ nm}$ 进行比较，计算各级波长的百分差。

k	41(右游标)	41(左游标)	42(右游标)	42(左游标)
± 1	$206^\circ 47'$	$26^\circ 52'$	$221^\circ 50'$	$41^\circ 56'$
± 2	$199^\circ 11'$	$19^\circ 16'$	$229^\circ 30'$	$49^\circ 33'$

3. 测量低压汞灯光谱中外侧黄谱线的波长，把测量结果和公认值入值 $= 579.1 \text{ nm}$ 进行比较，计算各级波长的百分差。

k	41(右游标)	41(左游标)	42(右游标)	42(左游标)
± 1	$204^\circ 22'$	$24^\circ 27'$	$224^\circ 22'$	$44^\circ 28'$
± 2	$194^\circ 2'$	$14^\circ 7'$	$234^\circ 42'$	$54^\circ 50'$

教师签名：

七、实验数据处理

1. 用低压汞灯已知的绿光波长 ($\lambda = 546.1 \text{ nm}$)，通过测定 $k = \pm 3$ (或 ± 2) 级绿谱线的衍射角，计算光栅常数 d 。

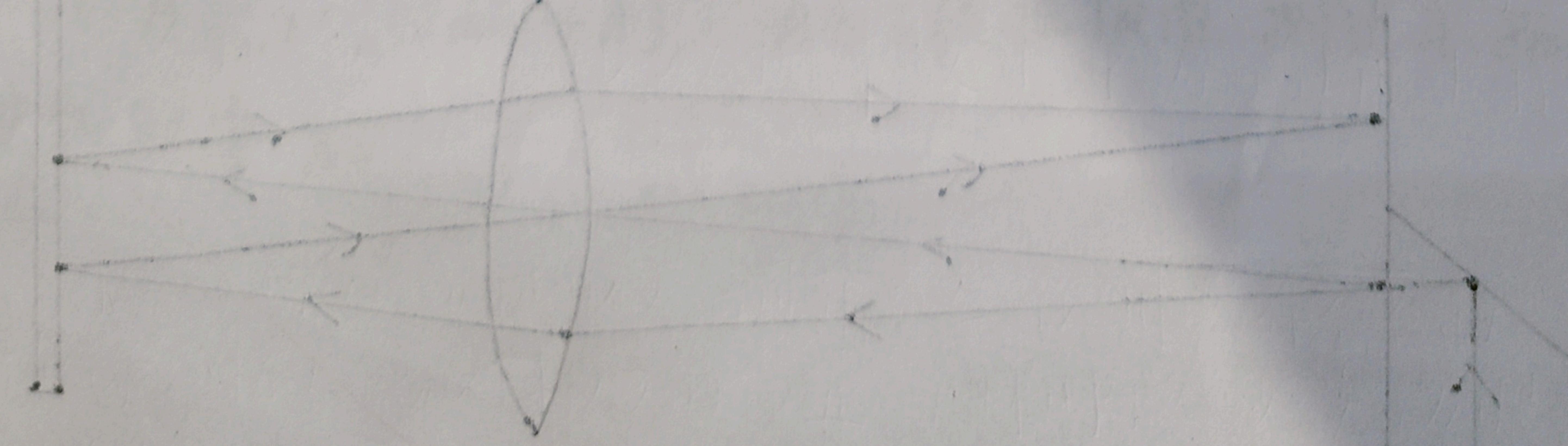
k	φ_1 (右游标)	φ'_1 (左游标)	φ_2 (右游标)	φ'_2 (左游标)	$ \varphi_1 - \varphi_2 $	$ \varphi'_1 - \varphi'_2 $	φ	$\sin \varphi$	d/mm
± 2	195.21°	15.35°	233.50°	53.50°	38.29°	38.15°	19.11°	0.33	3.31×10^{-3}

2. 测量低压汞灯光谱中蓝谱线波长，把测量结果和公认值 $\lambda_{\text{蓝}} = 435.8 \text{ nm}$ 进行比较，计算各级波长的百分差。

k	φ_1 (右游标)	φ'_1 (左游标)	φ_2 (右游标)	φ'_2 (左游标)	$ \varphi_1 - \varphi_2 $	$ \varphi'_1 - \varphi'_2 $	φ	$\sin \varphi$	λ / nm	E_\circ
± 1	206.78°	26.86°	221.83°	41.93°	15.05°	15.07°	7.53°	0.13	430.3	1.3%
± 2	199.18°	19.26°	229.50°	49.55°	30.32°	30.29°	15.65°	0.27	446.8	2.5%

3. 测量低压汞灯光谱中外侧黄谱线的波长，把测量结果和公认值 $\lambda_{\text{黄}} = 579.1 \text{ nm}$ 进行比较，计算各级波长的百分差。

k	φ_1 (右游标)	φ'_1 (左游标)	φ_2 (右游标)	φ'_2 (左游标)	$ \varphi_1 - \varphi_2 $	$ \varphi'_1 - \varphi'_2 $	φ	$\sin \varphi$	λ / nm	E_\circ
± 1	204.36°	24.45°	224.36°	44.46°	20.00°	20.01°	10.00°	0.17	562.7	2.8%
± 2	194.03°	14.11°	234.70°	54.83°	40.67°	40.72°	20.35°	0.35	579.1	0.2%



八、实验分析与讨论

(对于实验过程的讨论)

1. 实验过程中若发现所观察光谱模糊，除装置调节问题外，还有可能是其他组的钠光灯透过光栅进入望远镜形成模糊的光斑。

2. 光栅是精密光学器件，严禁用手触摸刻痕，要轻拿轻放。

(对于误差与提高实验测量精度的讨论)

3. 在测量数据前检查分光计的几个制动螺丝是否锁紧，若未锁紧，则测得的数据会不准确。

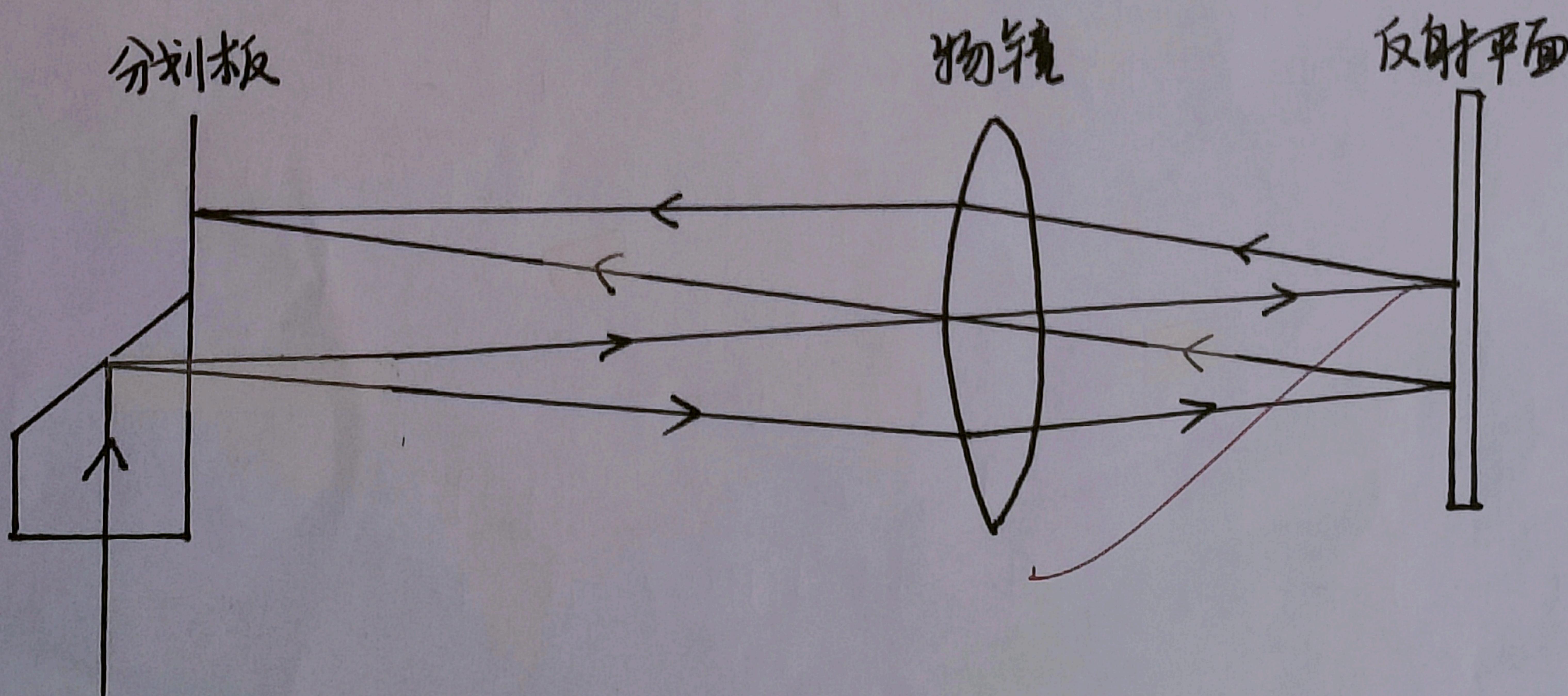
4. 分光计测角度时，要注意数据“过零”修正问题。

九、思考题 5. 光学器件调整完成后应小心旋上定位螺丝，以避免轻微震动引起光学

1. 基于光栅方程测光栅常数 d 时，入射光应满足什么条件？器件偏移，导致误差增大。

答：理论推导出光栅方程时，要求光栅衍射的入射光和出射光都必须是平行光，出射光通过一个凸透镜会聚到屏上观察衍射条纹。

2. 请画出自准直法调节望远镜聚焦于无穷远的光路示意图。



十、实验拓展

1. 当单色光波长 λ 略大于光栅常数 d 时, 能否用衍射光栅测量光波波长?

不能。

光栅方程的推导建立在惠更斯-菲涅尔原理上, 更严格地将光作为标量处理的标量衍射理论。该理论在满足一定条件下时结果相当精确。
① 衍射物孔径必须比波长大得多。
② 不在太靠近孔径的地方观察衍射场。

因为衍射角观察不明显从而无法测量, 因而无法得到有效读数或读数存在较大误差, 但可以在特殊的情况下和方法下, 通过其他技术手段和环境控制得到粗略数据。

2. 当不同波长的单色光入射时, 如何用分光计测量三棱镜折射率?

如图所示, 平行单色光入射到三棱镜AB面。

由AC射出, 入射光与出射光线成 δ 角(偏向角)

当入射角 $i_0 =$ 出射角 r_0 时, δ 取到最

小值 δ_{\min} , 又因 δ 仅是 i 的函数

∴ δ 有最小值 δ_{\min} , 又由 $\sin i = n \sin r$.

$$\sin i' = n \sin r'. \quad 1 + (1 - n^2) \tan^2 r = 1 + (1 - n^2) \tan^2 r'. \quad \therefore r = r' \text{ 或 } i = i' \text{ 时取 } \delta_{\min}$$

此时 $\delta_{\min} = 2r - A$. $i = \frac{1}{2}(\delta_{\min} + A)$, A 为三棱镜顶角. 测出 A , δ_{\min} ,

$$\text{即可求得其折射率 } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta_{\min} + A)}{\sin \frac{A}{2}}.$$

教师签名:

何