

大学物理实验报告

第一部分（实验目的与原理）

学部（院） 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.5.27 成绩 _____

【实验名称】

分光计的调节和棱镜角的测定

【实验目的】

1. 了解分光计的结构及工作原理，学会分光计的调节和使用方法。
2. 掌握测定三棱镜棱镜角的方法。

【实验原理】

测量三棱镜的顶角有两种方法：自准直法和棱镜分束法。

1. 自准直法

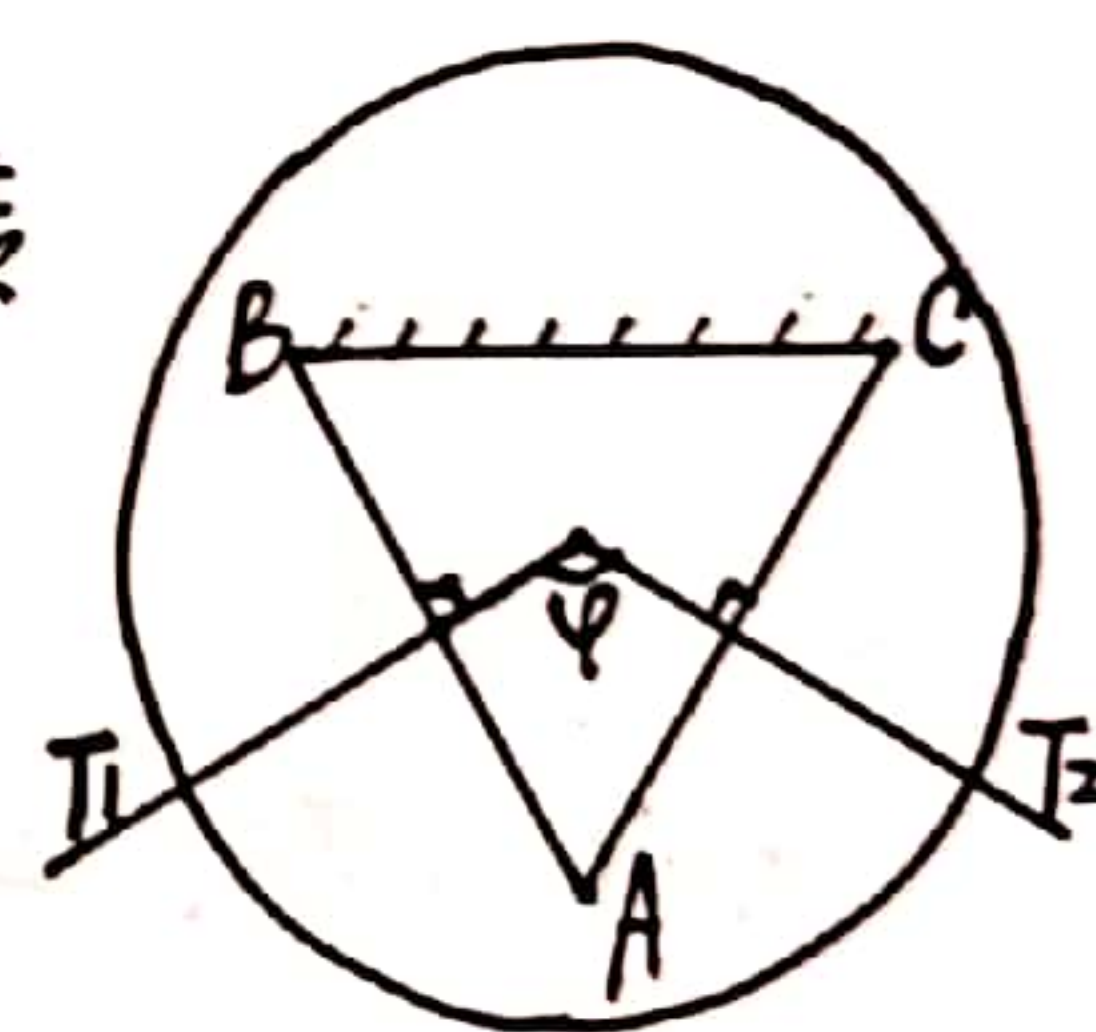
如图所示，两束光线分别垂直入射棱镜的光学面 AB、AC，然后经光学面反射，反射光线分别与其入射光线重合，由几何关系可知：两束反射光线 T_1 、 T_2 的夹角 φ 与顶角 A 互为补角，即：

$$A = 180^\circ - \varphi$$

实验中，我们用分光计测量两束光线垂直入射时的夹角 φ 。如图所示，转动分光计的望远镜，使其对准三棱镜的某光学面。

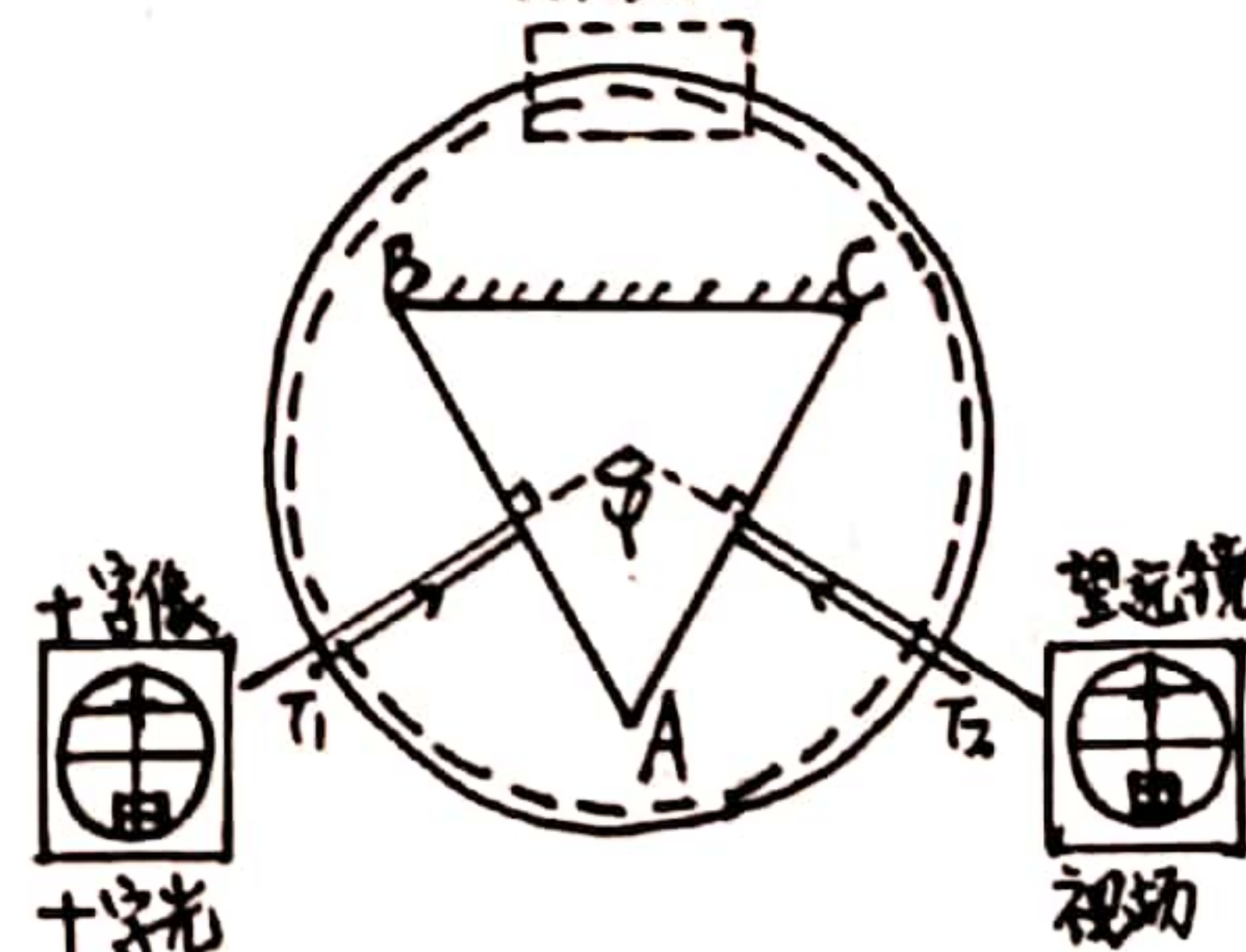
当望远镜的光轴垂直光学面时，望远镜下方小灯发出的十字形光束经光学面反射，反射的十字像回到望远镜视场中对称的上方。此时望远镜在刻度盘上的刻度 $\varphi_{左}$ 、 $\varphi_{右}$ 。然后再转动望远镜与另一光学面垂直，对应刻度 $\varphi'_{左}$ 、 $\varphi'_{右}$ ，因此得到：

$$\varphi = \frac{1}{2} (|\varphi_{左} - \varphi'_{左}| + |\varphi_{右} - \varphi'_{右}|)$$



自准直法

刻度盘



自准直法测棱镜顶角示意图

2. 棱镜分束法

如图所示,一束平行光入射到棱镜的顶角A处,经光学面AB、AC反射,形成两束反射光 T_1 和 T_2 ,由几何关系可知:

两束反射光的夹角 φ 是顶角A的两倍。

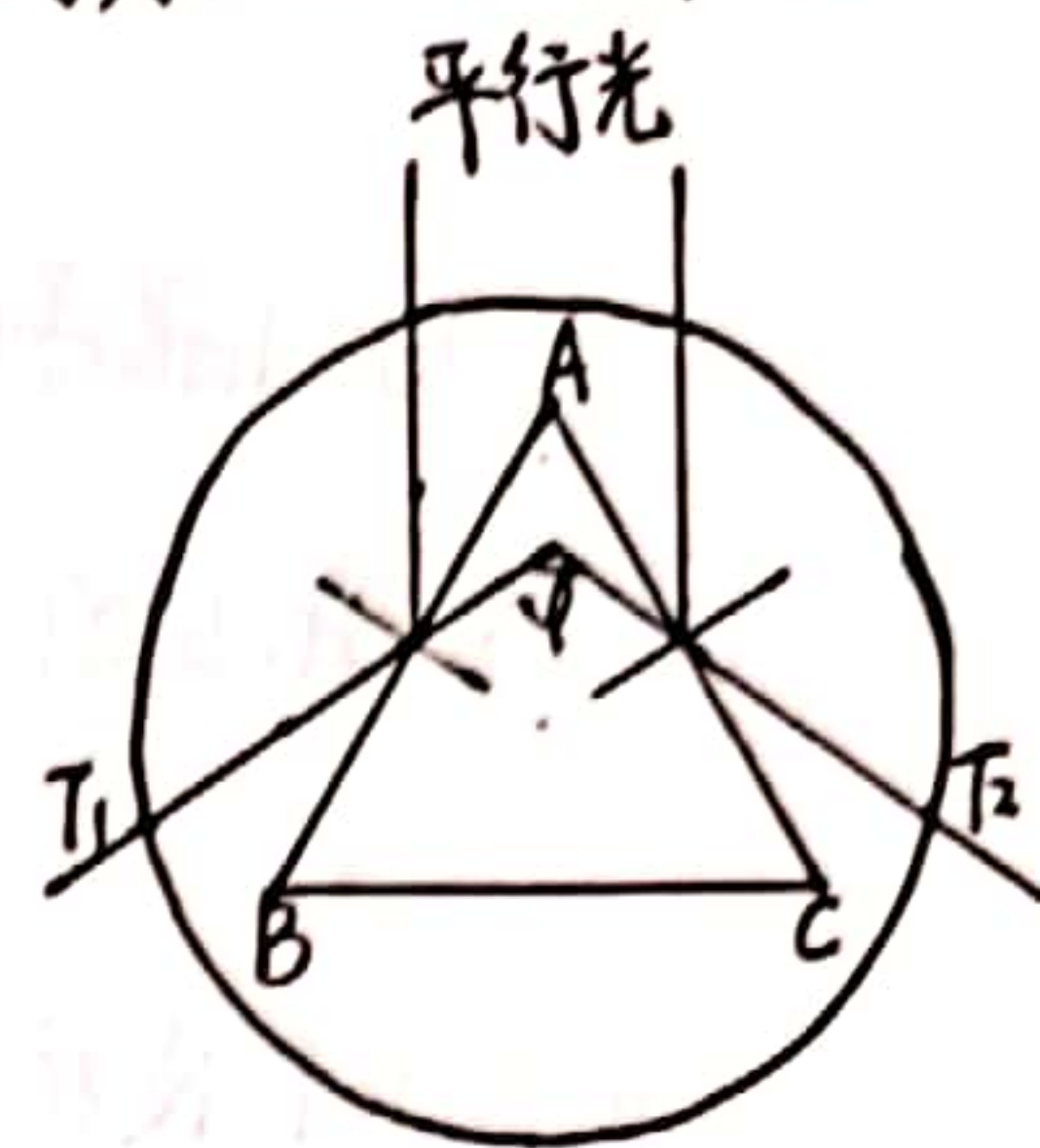
$$\text{即: } A = \frac{\varphi}{2}$$

实验中,我们用分光计准直管狭缝产生的平行光入射到棱镜顶角A上,然后转动望远镜,在棱镜光学面的两侧分别找反射的狭缝像,并使得狭缝像位于望远镜视场的中心处,分别测量出望远镜在刻度盘上对应的刻度 $\varphi_{\text{左}}$ 、 $\varphi_{\text{右}}$ 和 $\varphi'_{\text{左}}$ 、 $\varphi'_{\text{右}}$ 于是得到:

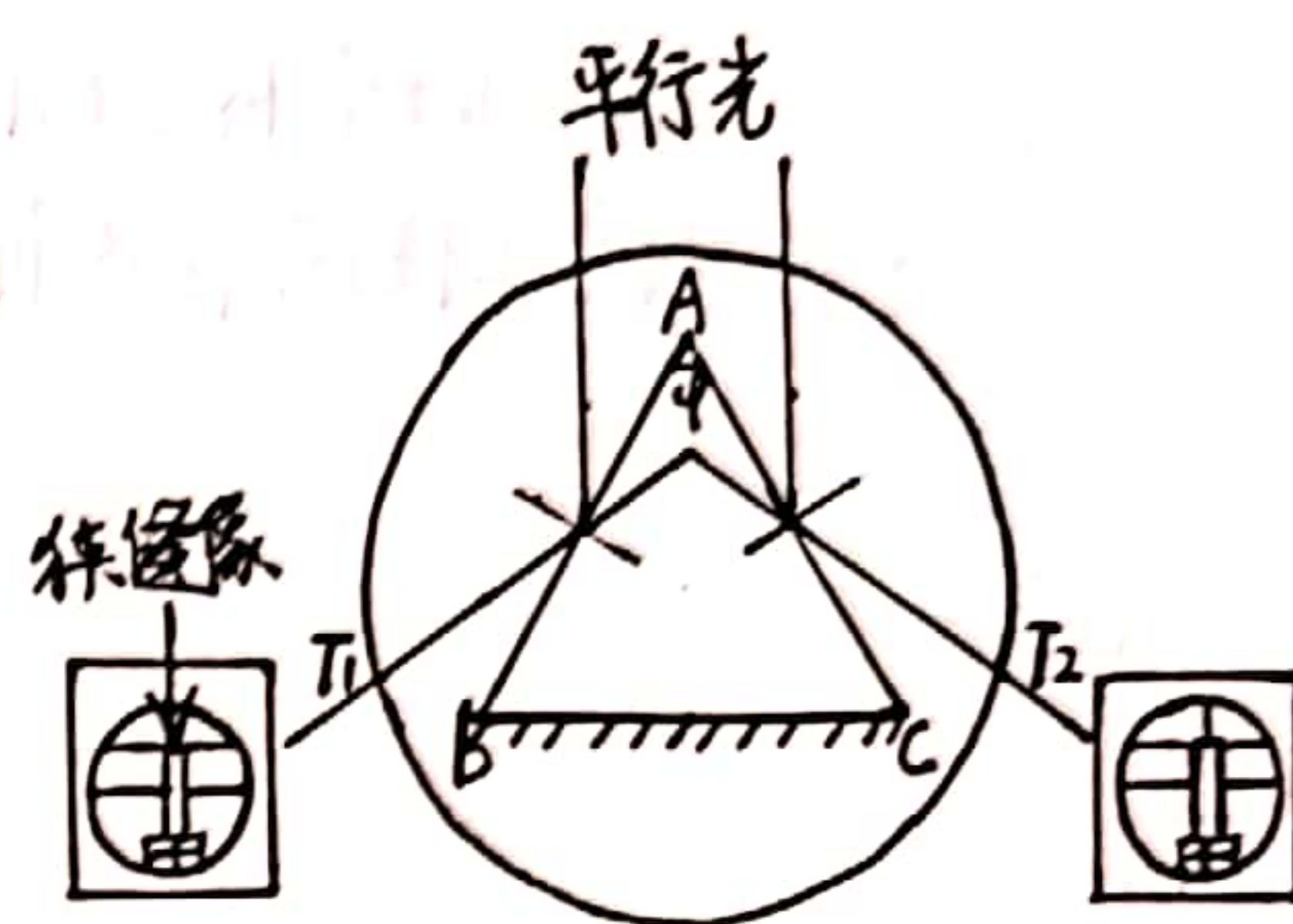
$$\varphi = \frac{1}{2}(|\varphi_{\text{左}} - \varphi'_{\text{左}}| + |\varphi_{\text{右}} - \varphi'_{\text{右}}|)$$

所以:

$$A = \frac{1}{4}(|\varphi_{\text{左}} - \varphi'_{\text{左}}| + |\varphi_{\text{右}} - \varphi'_{\text{右}}|)$$



棱镜分束法



棱镜分束法测棱镜顶角示意图

【实验仪器】

汞灯, 分光计, 三棱镜

大学物理实验报告

第二部分（实验记录）

学部（院） 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.5.27 成绩 _____

【原始实验数据及实验现象记录】

	T ₁ 左 边		T ₂		φ	A	\bar{A}
	$\varphi_{左}$	$\varphi_{右}$	$\varphi'_{左}$	$\varphi'_{右}$			
1	154°53'	334°57'	34°59'	214°53'			
2	154°51'	334°55'	34°58'	214°52'			
3	154°54'	334°58'	34°59'	214°55'			A = A ± ΔA A =
4	154°54'	334°56'	34°59'	214°54'			
5	154°53'	334°55'	34°59'	214°53'			

大学物理实验报告

第三部分 (实验方法与结果讨论)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.5.27 成绩 _____

【实验方法及步骤】

一. 打开仪器电源, 按照分光计的三大调节步骤, 将分光计的本体调节到可用状态,

即满足以下要求:

1. 应用自准直原理将望远镜对无穷远聚焦;
2. 望远镜的光轴垂直于仪器的转动主轴;
3. 准直管产生平行光, 并与望远镜共轴。

1. 望远镜聚焦于无穷远

① 调节目镜手轮, 看清分划板上的叉丝和绿十字, 无视差。

② 然后松开望远镜套筒锁定螺丝, 将平面镜贴住望远镜物镜镜头, 俾得望远镜套筒, 直到反射的绿十字像最清晰。

2. 望远镜光轴垂直于仪器的转动主轴。

粗调: ① 望远镜水平 ② 载物台水平 ③ 准直管水平

细调: ① 将平面镜置于载物台上。

② 转动载物台, 从目镜中找出反射回来的绿十字像, 适当调节望远镜和载物平台的倾斜度, 转动载物台 180° , 使平面镜两面都能看到绿十字反射像, 但两反射像高度一般不等高。

3. 准直管产生平行光, 并与望远镜共轴

① 转动望远镜, 对准准直管, 调节狭缝调节手轮适当调窄狭缝宽度, 然后松开狭缝锁紧螺丝, 前后移动狭缝套筒, 使望远镜看到清晰而细锐的狭缝像。

② 转动狭缝套筒, 使狭缝水平, 调节水平调节螺丝, 使狭缝像与调整叉丝水平线重合。

二. 将三棱镜放置在载物台上, 调节其主截面垂直于仪器主轴。

三. 测量三棱镜的顶角A的角度(自准直法)

① 转动载物台, 使顶角对准望远镜, 目测棱镜的毛面对准且垂直于平行光管

② 转动望远镜至 T_1 位置, 使反射的绿十字与望远镜的调整叉丝的交点重合, 分别记录下游标对应的刻度 $\phi_{左}$, $\phi_{右}$

③ 转动望远镜至 T_2 位置, 使反射的绿十字与调整叉丝的交点重合, 再记录下游标对应对刻度 $\phi_{左}$, $\phi_{右}$

④ 重复上述②③步骤再加重四次

⑤ 根据五次测量的数据, 计算顶角A的平均值, 并计算不确定度。

【实验数据处理及实验结果】

	T ₁ 左边		T ₂		φ	A	\bar{A}
	$\varphi_{左}$	$\varphi_{右}$	$\varphi'_{左}$	$\varphi'_{右}$			
1	154°53'	334°57'	34°59'	214°53'	120°59'	59°1'	59°2'
2	154°51'	334°55'	34°58'	214°52'	120°58'	59°2'	
3	154°54'	334°58'	34°59'	214°55'	120°56'	59°4'	$A = A \pm \Delta A$ $A = 59^{\circ}2' \pm 48''$
4	154°54'	334°56'	34°59'	214°54'	120°59'	59°1'	
5	154°53'	334°55'	34°59'	214°53'	120°58'	59°2'	

$$\varphi = \frac{1}{2} (|\varphi'_{左} - \varphi_{左}| + |\varphi_{右} - \varphi'_{右}|)$$

$$A = 180^{\circ} - \varphi$$

$$S_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2}{N(N-1)}} = 0.548'$$

$$\Delta A = \frac{1'}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta A = \sqrt{S_A^2 + \Delta A^2} = 0.8' = 48''$$

$$A = A \pm \Delta A = 59^{\circ}2' \pm 48''$$

【问题讨论】

用反射法测三棱镜顶角时,为什么要使三棱镜顶角置于载物平台中心附近?

答: 偏离中心或左或右都会导致平行光不会照到三棱镜的两面上。偏离中心靠近太近,刚从狭缝里透出的光平行度不够,没达到平行就射入三棱镜,再者观察时望远镜转动的角度太大,不易观察。偏离中心离狭缝太远则会导致半面镜防止不稳,影响观察。

大学物理实验报告

第一部分 (实验目的与原理)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021. 5.27 成绩 _____

【实验名称】

用透射光栅测定光波波长

【实验目的】

1. 熟练掌握分光计的调节和使用方法。
2. 加深光栅分光原理的理解。
3. 学会用透射光栅测定光栅常量、光波波长和光栅角色散等。

【实验原理】

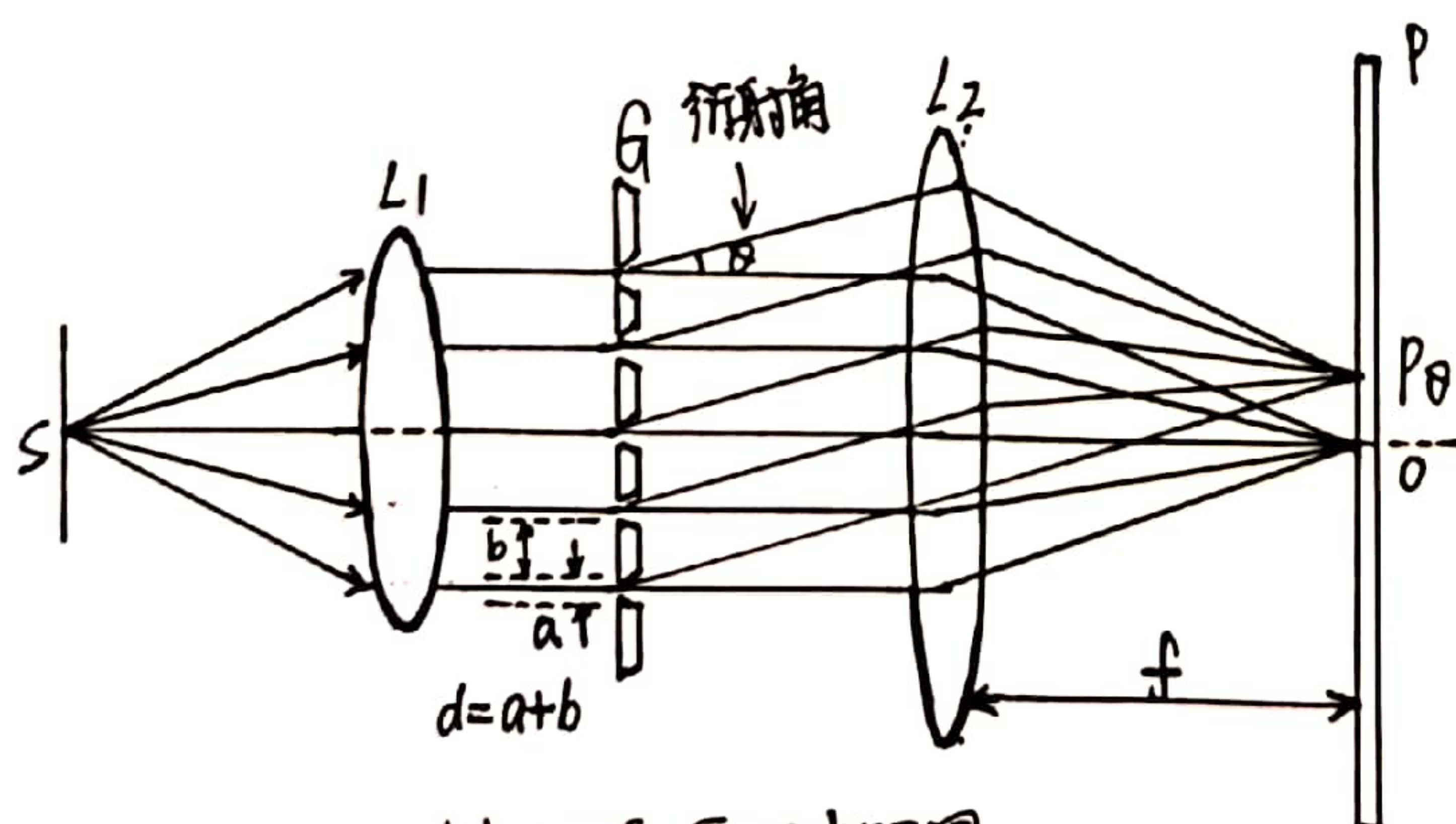
如图, 设 S 为位于透镜物方焦面上的狭缝光源, G 为光栅, 光栅相邻狭缝的间距 d 称为光栅常量。

自 L_1 射出的平行光垂直照射在光栅 G 上, 与光栅法线成 θ 角的衍射光经透镜 L_2 会聚于像方焦面上的 P_θ 点, 则产生衍射亮条纹的条件为:

$$d \sin \theta = k\lambda \quad \text{称为光栅方程}$$

式中 θ 是衍射角, λ 是光波波长, k 是光谱级数 ($0, \pm 1, \pm 2, \dots$)

$$\text{根据光栅方程: } d \sin \theta = k\lambda \Rightarrow d = \frac{k\lambda}{\sin \theta}$$



光栅衍射原理光路图

若谱线波长 λ 已知,测出谱线的衍射角 θ ,即可求出光栅常量 d 。

实验中,用分光计找出光栅对汞灯光源衍射形成的 ± 1 级绿光($\lambda = 546.1 \text{ nm}$),然后测量出绿光在分光计上,分别对应的位置刻度角度 $\varphi_{\text{左}}$ 、 $\varphi_{\text{右}}$ 和 $\varphi_{\text{左}}$ 、 $\varphi_{\text{右}}$,计算出衍射角 θ 。

$$\theta = \frac{1}{2}(|\varphi_{\text{左}} - \varphi_{\text{右}}| + |\varphi_{\text{左}} - \varphi_{\text{右}}|). \text{ 于是 } d = \frac{546.1 \text{ nm}}{\sin \theta}$$

同样,若光栅常量 d 已知,测出衍射角 θ ,即可求出谱线的波长 λ 。

实验中,将上述测得的 d 作为已知量,用分光计分别测量出 ± 1 级汞蓝光、双黄光的衍射角 θ 。然后计算其波长 λ 。 $(\lambda = d \sin \theta)$

根据光栅方程: $d \sin \theta = k \lambda$

对光栅方程微分,可得光栅的角色散 D 为: $D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \theta}$

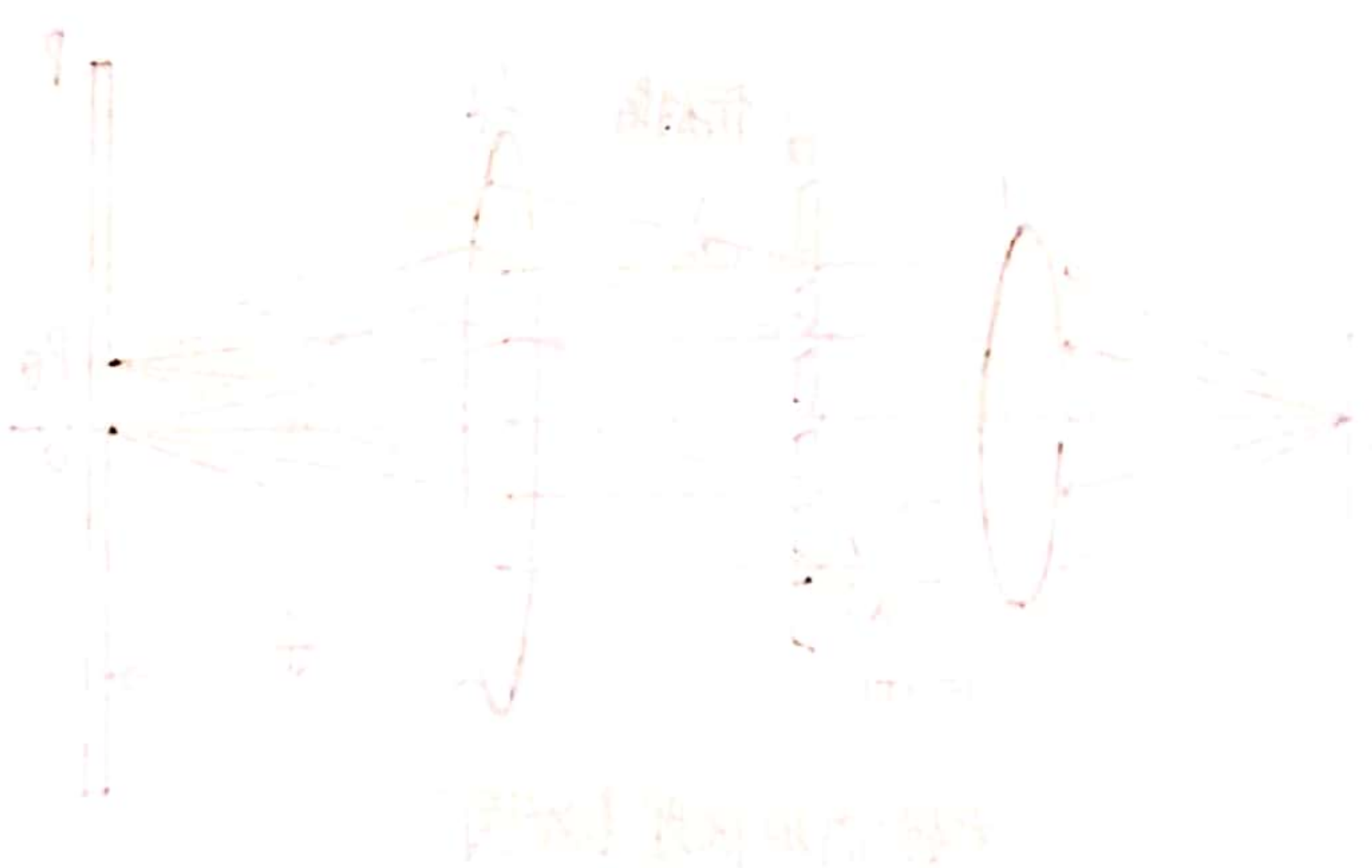
对于汞灯双黄线, $k=1$ 时,角色散 D 为: $D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda}$

式中 $\Delta \theta$ 是双黄线的衍射角之差,以弧度表示, $\Delta \lambda = 2.11 \text{ nm}$ 。

根据上式,实验中用分光计找出光栅对汞灯光源衍射后产生的双黄光,然后测量出在分光计刻度盘上所对应的角度位置,即可计算出汞双黄光的衍射角之差,进而计算出角色散 D 。

【实验仪器】

汞灯, 分光计, 透射光栅



大学物理实验报告

第二部分（实验记录）

学部（院）电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.5.27 成绩 _____

【原始实验数据及实验现象记录】

项目		k = -1 左边		k = ±1		φ	θ	$\bar{\alpha}$	d (nm)
		$\varphi'_{左}$	$\varphi'_{右}$	$\varphi'_{左}$	$\varphi'_{右}$				
绿	1	112°35'	292°31'	74°15'	254°10'				
	2	112°33'	292°32'	74°14'	254°12'				
	3	112°33'	292°32'	74°15'	254°11'			已知 $\lambda = 546.1\text{nm}$	
	4	112°35'	292°32'	74°15'	254°10'			$d = \frac{k\lambda}{\sin\theta} = \frac{546.1\text{nm}}{\sin\theta}$	
	5	112°35'	292°35'	74°14'	254°12'			波长 λ (nm)	
蓝	1	109°33'	88°31'	78°10'	58°6'				
黄 ₁	1	113°45'	293°42'	73°10'	253°4'				
黄 ₂	1	113°43'	293°46'	73°4'	253°1'				

大学物理实验报告

第三部分（实验方法与结果讨论）

学部（院） 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.5.27 成绩 _____

【实验方法及步骤】

- 一. 打开仪器电源, 按照分光计的三大调节步骤, 将分光计的本体调节到可用状态
- 二. 将光栅放在载物台上, 微调载物台使入射光垂直照射光栅表面, 并且准直管狭缝与光栅刻痕平行
 - ① 转动望远镜, 对准直管, 狭缝像与调整叉丝重合
 - ② 放置光栅, 使光栅面与一螺丝指向圆心的刻线平行
 - ③ 调节另两螺丝的高度, 转动载物台, 直到转过 180° 前后, 光栅反射的十字像都能与调整叉丝重合, 使载物台位于十字像与叉丝重合位置, 然后固定载物台.
 - ④ 转动望远镜, 观察两侧的光谱线, 如果光谱线相对叉丝水平线不等高, 可调节螺丝A使两侧谱线等高.
- 三. 测量汞灯的第一级各光谱线的衍射角
 - ① 转动望远镜到光栅的两侧, 使叉丝分别对准+1, -1级绿谱线, 记录游标所对应的刻度
 - ② 按上述方法, 分别测量蓝、黄1和黄2谱线的衍射角各一次.
- 四. 以已知波长绿谱线($\lambda = 546.1 \text{ nm}$), 计算光栅常量 d .
- 五. 以已知光栅常量 d , 计算蓝、黄1和黄2谱线的波长 λ .
- 六. 以黄1和黄2谱线的衍射角, 计算光栅的角色散 D .

【实验数据处理及实验结果】

项目		k=-1 左边		k=±1		φ	θ	θ̄	d(nm)
		φ _左	φ _右	φ _左	φ _右				
绿	1	112°35'	292°31'	74°15'	254°10'		19°10'	19°10'	1663.331
	2	112°33'	292°32'	74°14'	254°12'		19°10'		
	3	112°33'	292°32'	74°15'	254°11'		19°10'	已知 λ=546.1nm	
	4	112°35'	292°31'	74°15'	254°10'		19°10'	$d = \frac{k\lambda}{\sin\theta} = \frac{546.1\text{nm}}{\sin\theta}$	
	5	112°35'	292°35'	74°14'	254°12'		19°11'	波长 λ (nm)	
蓝	1	109°33'	88°31'	78°10'	58°6'		15°17'	438.442	
黄 ₁	1	113°45'	293°42'	73°10'	253°4'		20°8'	577.069	
黄 ₂	1	113°43'	293°46'	73°4'	253°1'		20°21'	578.430	

$$\theta = \frac{1}{4}(|\varphi'_{\text{左}} - \varphi_{\text{左}}| + |\varphi_{\text{右}} - \varphi'_{\text{右}}|)$$

【问题讨论】

根据光栅方程测量时,要满足什么条件?实验过程中根据哪些现象来检查这些条件是否具备?

答:条件:一束平行光垂直射入光栅平面,光波发生衍射

在实验中,光栅常数 d 足够小,使各级明纹分开,能判断出条件已经满足,可以使用光栅方程进行测量谱线波长。

你真棒

你真棒

姓名：乔洪煜寒 桌面编号：12

学号：2028410073 组色：红 绿 蓝 白

学院：电院 黄牌编号：15

日期：5 月 27 日 单双周 6 组



实验攻略
数据处理

表一、棱镜角的测定

	T ₁ 左边		T ₂		φ	A	\bar{A}
	$\varphi_{左}$	$\varphi_{右}$	$\varphi_{左}'$	$\varphi_{右}'$			
1	154°53'	334°51'	34°59'	214°53'			$A = \bar{A} \pm u_A$ $A =$
2	154°51'	334°55'	34°58'	214°52'			
3	154°54'	334°58'	34°59'	214°55'			
4	154°54'	334°56'	34°59'	214°54'			
5	154°53'	334°55'	34°59'	214°53'			

表二、测量光栅常量和谱线波长

项目		K = -1 左边		K = +1		φ	θ	$\bar{\theta}$	d(nm)
		$\varphi_{左}'$	$\varphi_{右}'$	$\varphi_{左}$	$\varphi_{右}$				
绿	1	112°35'	292°31'	74°15'	254°10'				
	2	112°33'	292°32'	74°14'	254°12'				
	3	112°33'	292°32'	74°15'	254°11'			已知 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$	
	4	112°35'	292°32'	74°15'	254°10'			$d = \frac{k\lambda}{\sin\theta} = \frac{546.1 \text{ nm}}{\sin\theta}$	
	5	112°35'	292°35'	74°14'	254°12'			波长 λ (nm)	
或紫	蓝	1	109°33'	88°31'	78°10'	58°6'			
靠中间	黄1	1	113°45'	293°42'	73°10'	253°4'			
	黄2	1	113°43'	293°46'	73°4'	253°1'			

注意：拿到黄牌前，3个虚线框中的内容都要填好！

找老师签字盖章前，先用手机把该表格拍下来。

本表格和对应实验攻略视频适用于非物理专业同学。

分光计实验步骤审查表 (完成后, 在右边“□”处打√)				
准备阶段	调望远镜: 看得清楚	1	打开望远镜电源开关 (on)	<input type="checkbox"/>
		2	旋转目镜调焦, 使分划板上的叉丝刻线清晰。	<input type="checkbox"/>
		3	①左手手持反射镜放在望远镜镜头前 ②右手拧松固定螺丝, 前后移动目镜套筒, 使绿十字光标成像清晰	<input type="checkbox"/>
	调垂直	4	粗调: ①望远镜仰角缝隙 2mm 左右; ②调节三个螺钉使载物台水平(缝隙均匀, 约半个手指)	<input type="checkbox"/>
		5	①放反射镜(与标杆一条线); “1/2 法”: 只调某一个螺钉(90% 概率向下调)和望远镜仰角(90% 概率向上调)。 (如一直看不到绿十字, 请回到第 4 步) ②转动载物台 180° 再继续找绿十字; “1/2 法”; ③反复, 一直到反射镜两边的绿十字都到“目标位置”。	<input type="checkbox"/>
		6	将反射镜转过 90°; 调靠自己最近的那个螺钉, 使绿十字到目标位置。(包括这一步, 和下面都不要再调望远镜了)	<input type="checkbox"/>
	调准直管: 光 细&强	7	①“抛弃”反射镜(放回收纳盒); ②打开低压汞灯电源开关, 调节狭缝, 使白光粗细合适	<input type="checkbox"/>
		8	①拧松准直管上面的固定螺丝, 旋转狭缝水平, ②调节倾角螺钉使狭缝与叉丝中间水平线重合	<input type="checkbox"/>
		9	①转动狭缝竖直, ②前后移动狭缝使白光清晰锐利, ③拧紧固定螺丝	<input type="checkbox"/>
实验阶段	测顶角	10	将三棱镜顶角在载物平台的中心, 磨面与平行光管垂直。两边看反射光。 (看不到反射光? ①目测载物台是否水平②三棱镜顶角是否在中心? ③白光是否太弱太细? ④第 8 步是否完成?)	<input type="checkbox"/>
		11	一次完整的测量要记录四个数字, 用度、分表示。 (可以使用带灯的放大镜辅助读数)	<input type="checkbox"/>
	测光栅	12	平行光垂直照射光栅表面(与标杆一条线), 看绿十字, 调节光栅垂直(不是反射镜), 正反调节螺钉。 (注意: 步骤和要求与第 5 步相同, 只是把反射镜换成光栅)	<input type="checkbox"/>
		13	(看不到蓝线、绿线或双黄线? ①望远镜调到正中央, 看是否能看到白光②缓慢向一侧转动望远镜, 不要太快, 应该依次看到蓝线、绿线和双黄线) 一次完整的测量要记录四个数字, 用度、分表示。	<input type="checkbox"/>
结束	(拿到黄牌以后) 整理桌面	14	将桌面的两个电源关闭(望远镜 off 和低压汞灯), 整理好仪器(三棱镜, 光栅, 反射镜、放大镜放回收纳盒)和桌面, 把玻璃罩罩在仪器上。	<input type="checkbox"/>
		15	①把表格反面的姓名、学号、日期、黄牌编号等填写好。 (3 个虚线框中的内容都要填好!) ②将两个牌子放在玻璃罩上面, 将方凳放回桌子底下。	<input type="checkbox"/>