

- 分光计的调整与三棱镜顶角的测量示范报告

【实验目的】

- 1、了解分光计的结构和各个组成部分的作用；
- 2、学习分光计调节的要求和调节方法；
- 3、测量三棱镜顶角

【实验仪器】

- 1、分光计：（型号：JJY-II型），最小刻度 $1'$ ；
- 2、钠灯：（型号：GY-5）；
- 3、三棱镜棱角： $60^\circ \pm 5'$ （材料：重火石玻璃， $n_D = 1.6475$ ）；
- 4、双面反射镜，变压器(6.3V/220V)

【实验原理】

（1）分光计调整

总要求：望远镜和平行光管的光轴共线并与分光计中心轴垂直。

分要求：有三个如下：

（1）望远镜调焦到无穷远（接收平行光）、其光轴与分光计中心轴垂直

调整方法：

①对望远镜的目镜进行调焦，从望远镜中能清晰看到分划板十字准线

②对望远镜的物镜进行调焦，用“自准直法”进行，从望远镜中能清晰看到绿“+”字像、且无视差。

③分别从望远镜看到从小镜两反射面反射回来的两绿“+”字反射像，均与分光板的调整用线（分划板上方的十字叉线）重合。

④在望远镜能接收平行光的基础上，根据反射定律，应用“各半调节法”进行调整。

〈2〉载物台垂直仪器主轴

调整方法：

将双面镜旋转 90° ，同时旋转载物台 90° ，调节一个螺丝，分别从望远镜看

到从双面镜两反射面反射回来的两绿“+”字反射像，均与分光板的调整用线（分

划板上方的十字叉线）重合。

〈3〉平行光管出射平行光；

调整方法：

从望远镜里看到平行光管狭缝清晰像呈现在分划板上且无视差。

望远镜对准平行光管（注意：这一步及后面操作绝对不能动望远镜的仰角调节螺丝以及物镜和目镜的焦距），从望远镜观察平行光管狭缝的像，调节平行光管透镜的焦距，使从望远镜清晰看到狭缝的像（一条明亮的细线）呈现在分划板上为止。这时望远镜接收到的是平行光，也就是说，平行光管出射的是平行光。

〈4〉平行光管光轴与望远镜光轴共线并与分光计中心轴垂直

调整方法：

望远镜看狭缝像与分光板竖直准线重合，狭缝像转 90° 后又能与中

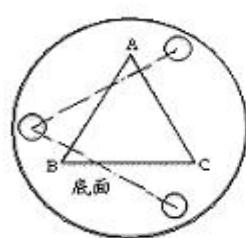
心水平准线重合。

在上一步的基础上，调节平行光管（或望远镜）的水平摆向调节螺丝，使狭缝细线像与十字竖线重合，然后转动狭缝 90° ，调节平行光管的仰角螺丝，使狭缝细线像与中心水平线重合。这时平行光管光轴与望远镜光轴共线，也就与分光计中心轴垂直

（2）三棱镜的顶角的测量

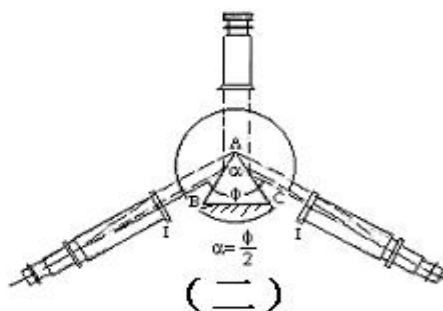
（1）方法：反射法测量。

（2）原理：如下图所示：



（一）

三棱镜的放法



（二）

用反射法测定棱镜的顶角

一束平行光由顶角方向射入，在两光学面上分成两束反射光。测出两束反射光线之间的夹角 ϕ ，则可得到顶角 A 为

$$A = \frac{\phi}{2}$$

（3）方法：实验时，将待测棱镜放在分光计载物小平台上，使棱镜的折射棱正对平行光管，并接近载物台的中心位置，如图 4-26-2 所示。调节载物台面平面与分光计主轴垂直，旋紧 7、25，锁紧载物台和游标盘，缓慢转动望远镜，用望远镜寻找经过棱镜两反射面反射回来的狭缝像，使狭缝像与分划板中心竖线重合。记录下望远

镜所处位置分别为 I 和 II 时的两刻度盘读数 $\theta_{\text{左}}$ 、 $\theta'_{\text{左}}$ 和 $\theta_{\text{右}}$ 、 $\theta'_{\text{右}}$ ，则望远镜分别处于 I 和 II 位置时光轴的夹角为：

$$\alpha = \frac{[(\theta_{\text{左}} - \theta'_{\text{左}}) + (\theta_{\text{右}} - \theta'_{\text{右}})]}{4}$$

重复测量五次，按（4-26-1）式求出顶角 A，计算其测量不确定度。

〈4〉读数时超过 0 点处理：转动望远镜时，如果越过了刻度 0 点，则应按下式计算望远镜转过的角度

$$\Phi = 360^\circ - |\theta - \theta'|$$

2、实验步骤：（写出实验操作过程中的有效步骤）

- 〈1〉将双面镜放在载物台上；三个螺钉高度分别为“h”
- 〈2〉望远镜调焦到无穷远（接收平行光）
- 〈3〉望远镜光轴与分光计中心轴垂直（自准法）
- 〈4〉望远镜和平行光管的光轴共线并与分光计中心轴垂直

3、注意事项：（主要）。

- 〈1〉不要用手摸三棱镜棱角、双面反射镜镜面
- 〈2〉读数时每半小格在游标盘上分成 30 等份；超过 0° 时要加 360°
- 〈3〉计算时借位为 $60'$
- 〈4〉钠灯开启后直至结束（中途不要关闭）再关闭。

四、数据记录与处理（计算结果有误，数据仅供格式参考）

数据表格

测 量 序 号		1		2		3		4		5	
窗 口 示 数 θ		左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
望 远 镜 位 置	K=1	53°12'	233°12'	55°32'	235°08'	48°28'	228°30'	48°20'	228°16'	57°05'	237°06'
	K=-1	293°01'	113°02'	295°30'	115°02'	288°17'	108°21'	288°01'	108°03'	297°10'	117°12'
ϕ		120°11'	120°10'	120°03'	120°06'	120°11'	120°19'	120°19'	120°13'	119°55'	119°54'
ϕ 偏 心 误 差 修 正		120°11'		120°05'		120°15'		120°16'		119°55'	
ϕ	最佳值 $\overline{\phi}$	A 类不确 定度		B 类不确 定度		总不确定 度 $\Delta\phi$		结果			
	120°08'	09'		02'		09'		120°08'±09'			
α	最佳值 $\overline{\alpha}$	不 确 定 度 $\Delta\alpha$		结果		相对不确 定度		百分差			
	60°04'	05'		60°04'±05'		0.14%		0.11%			

使用公式

反射光夹角角度测量公式： $\phi_{左} = |\theta_{左} - \theta'_{左}|$ 或 $\phi_{右} = |\theta_{右} - \theta'_{右}|$

偏心误差的修正: $\phi = \frac{1}{2}(\phi_{\text{左}} + \phi_{\text{右}})$

顶角计算: $\alpha = \frac{\phi}{2}$

处理过程:

1 计算反射光的夹角

仪器精度: $\Delta_{\text{仪}} = 01'$

$$\phi_{1\text{左}} = |\theta_{1\text{左}} - \theta'_{1\text{左}}| = |360^\circ + 53^\circ 12' - 293^\circ 01'| = 120^\circ 11'$$

$$\phi_{1\text{右}} = |\theta_{1\text{右}} - \theta'_{1\text{右}}| = |233^\circ 12' - 113^\circ 02'| = 120^\circ 10'$$

$$\Delta_{\phi_{\text{右}}} = \Delta_{\phi_{\text{左}}} = \sqrt{\Delta_{\theta_{1\text{左}}}^2 + \Delta_{\theta'_{1\text{左}}}^2} = \sqrt{01'^2 + 01'^2} = 02'$$

$$\phi_1 = \frac{1}{2}(\phi_{1\text{左}} + \phi_{1\text{右}}) = \frac{1}{2}(120^\circ 11' + 120^\circ 10') = 120^\circ 11'$$

$$\Delta\phi_1 = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\Delta_{\phi_{1\text{左}}}^2 + \Delta_{\phi_{1\text{右}}}^2}\right) = \frac{1}{2}\left(\sqrt{02'^2 + 02'^2}\right) = 02' \quad (\Delta_B = \Delta\phi_1)$$

$$\phi_1 = 120^\circ 11' \pm 02'$$

同样的方法计算得到 $\phi_2 \cdots \phi_5$ (具体结果表达式要写出来的)

$$\bar{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} = \frac{120^\circ 11' + 120^\circ 05' + 120^\circ 15' + 120^\circ 16' + 119^\circ 55'}{5} = 120^\circ 08'$$

$$\begin{aligned} \Delta_A = S_x &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\phi_i - \bar{\phi})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(120^\circ 11' - 120^\circ 08')^2 + (120^\circ 05' - 120^\circ 08')^2 + (120^\circ 15' - 120^\circ 08')^2 + (120^\circ 16' - 120^\circ 08')^2 + (119^\circ 55' - 120^\circ 08')^2}{5-1}} \\ &= 09' \end{aligned}$$

$$\Delta_B = 02' \quad (\Delta_B = \Delta\phi_1)$$

$$\Delta_{\text{总}} = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} = \sqrt{09'^2 + 02'^2} = 09'$$

此处注意不确定度处理方式

$$\phi = \bar{\phi} \pm \Delta_{\bar{\phi}} = 120^\circ 08' \pm 09'$$

2 计算顶角

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{\phi}}{2} = \frac{120^{\circ}08'}{2} = 60^{\circ}04'$$

$$\Delta_{\bar{\alpha}} = \frac{\Delta_{\bar{\phi}}}{2} = \frac{09'}{2} = 05'$$

结果表示: $\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta_{\bar{\alpha}} = 60^{\circ}04' \pm 05'$

相对不确定度: $E_r = \frac{\Delta_{\bar{\alpha}}}{\bar{\alpha}} \times 100\% = \frac{05'}{60^{\circ}04'} \times 100\% = 0.14\%$

本次实验三棱镜顶角参考值 $\alpha_0 = 60^{\circ}00'$ (注意每组可能不一样的☆)

百分差: $E_p = \frac{\bar{\alpha} - \alpha_0}{\alpha_0} \times 100\% = \frac{60^{\circ}04' - 60^{\circ}00'}{60^{\circ}00'} \times 100\% = 0.11\%$

显然: $E_r > E_p$, 说明实验结果在本方法测量的误差范围内与标准值相符合的。

注: 本实验百分误差 $\leq 5\%$

五、误差分析:

分光计属于精密仪器, 其操作调节的要求在测量中产生的系统误差不是很大, 主要有:

- (1) 载物台倾角对应的顶角系统误差
- (2) 望远镜垂直主轴时的叉丝像位置的系统误差
- (3) 望远镜和主轴的垂直度的系统误差
- (4) 平行光管狭缝较宽引起的误差
- (5) 人眼视觉引起的误差