

实验报告

实验题目：分光计的调节与使用

实验目的：训练分光计的调节技术和技巧，并用它来测量三棱镜的顶角和最小偏向角及折率。

实验仪器：分光计，水银灯光源。

实验原理：1.分光计的调节原理和方法

(1)调整望远镜

1)目镜调焦：把目镜调焦手轮轻轻旋出，或旋进，从目镜中观看，直到看到如图 7.1.2-3 所示的清晰分划板刻线为止。

2)调望远镜对平行光聚焦

这是要将分划板调到物镜焦平面上，调整方法是：

(a)把目镜照明，将双面平面镜放到载物台上。为了便于调节，平面镜与载物台下三个调节螺钉的相对位置如图 7.1.2-4。

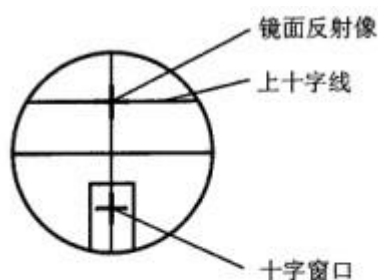


图 7.1.2-3 从目镜中看到的分划板

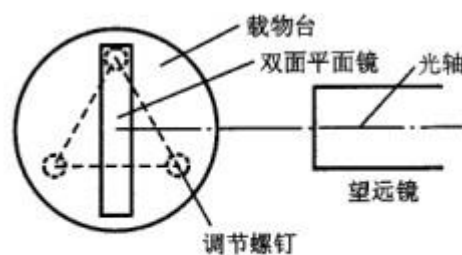


图 7.1.2-4 载物台上双面镜
放置的俯视图

(b)粗调望远镜光轴与镜面垂直——用眼睛估测一下，把望远镜调成水平，再调载物台螺钉，使镜面大致与望远镜垂直。

(c)观察与调节镜面反射像——固定望远镜，双手转动游标盘，于是载物台跟着一起转动。转到平面镜正好对着望远镜时，在目镜中应看到一个绿色亮十字随着镜面转动而动，这就是镜面反射像。如果像有些模糊，只要沿轴向移动目镜筒，直到像清晰，再旋紧螺钉，则望远镜已对平行光聚焦。

3)调整望远镜光轴垂直仪器主轴

当镜面与望远镜光轴垂直时，它的反射像应落在目镜分划板上与下方十字窗对称的上十字线中心，见图 7.1.2-3。平面镜绕轴转 180° 后，如果另一镜面的反射像也落在此处，这表明镜面平行仪器主轴。当然，此时与镜面垂直的望远镜光轴也垂直仪器主轴。

(2)调整平行光管发出平行光并垂直仪器主轴

调整方法：取下平面镜和目镜照明光源，狭缝对准前方水银灯光源，使望远镜转向平

行光管方向，在目镜中观察狭缝像，沿轴向移动狭缝筒，直到像清晰。这表明光管已发出平行光，即被照明的狭缝已调到平行光管物镜焦平面上。

再将狭缝转向横向，调平行光仰角调节螺钉，将像调到中心横线上，见图 7.1.2-7 (a)。这表明平行光管轴已经与望远镜光轴共线，所以也垂直仪器主轴。仰角调节螺钉不能再动。再将狭缝调成垂直，锁紧螺钉，见图 7.1.2-7 (b)。

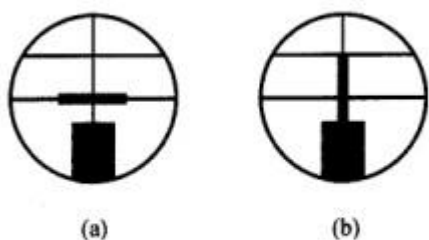


图 7.1.2-7 平行光管光轴与望远镜光轴共线

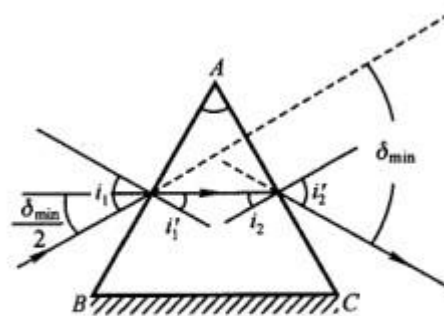


图 7.1.2-8 三棱镜最小偏向角原理图

3. 用最小偏向角法测三棱镜材料的折射率

见图 7.1.2-8，一束单色光以 i_1 角入射到 AB 面上，经棱镜两次折射后，从 AC 面折射出来，出射角为 i'_2 。入射光和出射光之间的夹角 δ 称为偏向角。当棱镜顶角 A 一定时，偏向角 δ 的大小随入射角 i_1 的变化而变化。当 $i_1 = i'_2$ 时， δ 为最小。这时的偏向角称为最小偏向角，记作 δ_{\min} 。

由图 7.1.2-8 中可以看出，这时

$$i'_1 = \frac{A}{2}$$

$$\frac{\delta_{\min}}{2} = i_1 - i'_1 = i_1 - \frac{A}{2} \quad (1)$$

$$i_1 = \frac{1}{2}(\delta_{\min} + A)$$

设棱镜材料折射率为 n ，则

$$\sin i_1 = n \sin i'_1 = n \sin \frac{A}{2}$$

故

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (2)$$

由此可知，要求得棱镜材料折射率 n ，必须测出其顶角 A 和最小偏向角

实验步骤：

1. 调整分光计，达到：

- 1) 平行光管发出平行光；
- 2) 望远镜对平行光聚焦（即接收平行光）；
- 3) 望远镜、平行光管的光轴垂直仪器公共轴。

2. 使三棱镜光学侧面垂直望远镜光轴

- (1) 调载物台的上下台面大致平行，将棱镜放到平台上，使棱镜三边与台下三螺钉的连线所成三边相互垂直，见图 7.1.2-9。这样放置的好处：

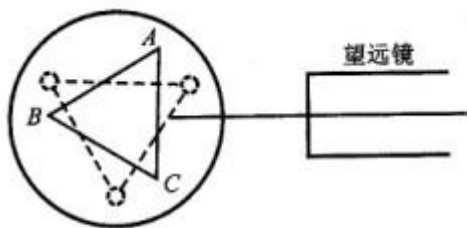


图 7.1.2-9 三棱镜在载物台上的正确放法

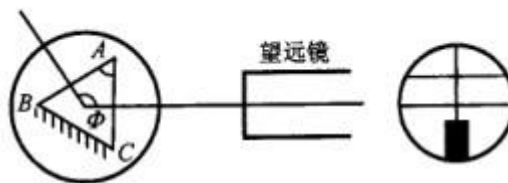


图 7.1.2-10 测棱镜顶角 A

- (2) 接通目镜照明光源，遮住从平行光管来的光。转动载物台，在望远镜中观察从侧面 AC 和 AB 反射回来的十字像，只调台下三螺钉，使其反射像都落到上十字线处，见图 7.1.2-10。调节时，切莫动望远镜仰角调节螺钉，否则将破坏其与主轴平行。注意：每个螺钉的调节要轻微，要同时观察它对各侧面反射像的影响。调好后棱镜，其位置不能再用。

3. 测棱镜顶角 A

对两游标作适当标记，分别称游标 1 和游标 2，切勿颠倒。旋紧度盘下螺钉，使望远镜和刻度盘固定不动。转动游标盘，使棱镜 AC 面正对望远镜，见图 7.1.2-10。

记下游标 1 的读数 θ_1 和游标 2 的读数 θ_2 。再转动游标盘，再使 AB 面正对望远镜，

记下游标 1 的读数 θ'_1 和游标 2 的读数 θ'_2 。

$$A = \pi - \frac{1}{2} [|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|]$$

测量的数据：

	θ_1	θ_2	θ'_1	θ'_2	A
第一组	180° 0'	0° 5'	60° 20'	240° 22'	119.69°
第二组	130° 30'	310° 25'	10° 10'	190° 15'	120.25°
第三组	60° 2'	240° 10'	300° 14'	119° 52'	120.0°

通过计算每组数值再去平均值得： A=119.980°

误差分析:

$$A=60.020^{\circ}$$

$$\sigma = 0.280^{\circ} ;$$

$$A \text{ 类标准不确定度: } u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.16^{\circ}$$

$$A \text{ 类不确定度: } u_A(A) = t_{0.95} u_A = 4.30 \times 0.16^{\circ} = 0.69^{\circ}$$

B 类不确定度在 0.95 的置信概率下置信因子为 $k=1.96$,

$$\Delta_{\text{仪}}=0.002\text{cm}, c = \sqrt{3}, t=4.30$$

由不确定度合成公式得

$$U_{0.95} = \sqrt{(t_{0.95} u_{At})^2 + (k \frac{\Delta_{\text{仪}}}{c})^2} = 0.688^{\circ}$$

$$\text{顶角 } A=60.020^{\circ} \pm 0.688^{\circ}$$

$$P=0.95$$

4. 测三棱镜的最小偏向角

(1) 平行光管狭缝对准前方水银灯光源。

(2) 旋松望远镜止动螺钉和游标盘止动螺钉, 把载物台及望远镜转至如图 7.1.2-11 中所示的位置 (1) 处, 再左右微微转动望远镜, 找出棱镜出射的各种颜色的水银灯光谱线 (各种波长的狭缝像)。

(3) 轻轻转动载物台 (改变入射角 i_1), 在望远镜中将看到谱线跟着动。改变 i_1 , 应使谱线往 δ 减小的方向移动 (向顶角 A 方向移动)。望远镜要跟踪光谱线转动, 直到棱镜继续转动, 而谱线开始要反向移动 (即偏向角反而变大) 为止。这个反向移动的转折位置, 就是光线以最小偏向角射出的方向。固定载物台, 再使望远镜微动, 使其分划板上的中心竖线对准其中的那条绿谱线。

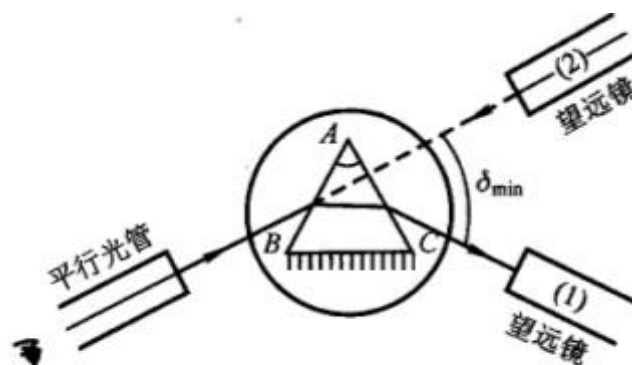


图 7.1.2-11 测最小偏向角方法

(4) 测量

记下此时两游标处的读数 θ_1 θ_2 取下三棱镜 (载物台保持不动), 转动望远镜对准

平行发光管，即图 7.1.2-11 中（2）的位置，以确定入射光的方向，再记下两游标处的读数 θ'_1 ， θ'_2

此时绿谱线的最小偏向角

$$\delta_{\min} = \frac{1}{2} [|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|]$$

测量的数据：

	θ_1	θ_2	θ'_1	θ'_2	δ_{\min}
第一组	207° 11'	27° 15'	156° 2'	336° 8'	51.133°
第二组	180° 43'	0° 35'	129° 33'	309° 31'	51.117°
第三组	257° 35'	77° 39'	206° 21'	26° 29'	51.20°

通过计算每组数值再取平均值：A`=51.15°

误差分析：

$$\delta_{\min} = \frac{1}{2} [|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|] = 51^\circ 9' = 51.15^\circ$$

$$\delta_{\min} = 51.15^\circ \quad \sigma = 0.044^\circ ;$$

$$A \text{ 类标准不确定度: } u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.025^\circ$$

$$A \text{ 类不确定度: } u_A(A) = t_{0.95} u_A = 4.30 \times 0.025^\circ = 0.108^\circ$$

B 类不确定度在 0.95 的置信概率下置信因子为 k=1.96

$$\Delta_{\text{仪}} = 0.002 \text{ cm}, \quad c = \sqrt{3}, \quad t = 4.30$$

由不确定度合成公式得

$$U_{0.95} = \sqrt{(t_{0.95} u_{At})^2 + (k \frac{\Delta_{\text{仪}}}{c})^2} = 0.471^\circ$$

$$\delta_{\min} = 51.15^\circ \pm 0.471^\circ \quad P=0.95$$

折射率：

将 δ_{\min} 值和测得的棱镜 A 角平均值代入式（2）计算得：

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{\xi_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = 1.6468$$

误差分析:

$$\text{由公式: } n = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{\xi_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

两边取对数:

再对两边求微分:

合并同类项得:

所以折射率最后结果是: $n =$

$P=0.95$

注意事项:

(1) 转动载物台, 都是指转动游标盘带动载物台一起转动.

(2) 狭缝宽度 1 mm 左右为宜, 宽了测量误差大, 窄了光通量小。狭缝易损坏, 尽量少调, 调节时要边看边调, 动作要轻, 切忌使两缝太近。

(3) 光学仪器螺钉的调节动作要轻柔, 锁紧螺钉也是指锁住即可, 不可用力过大, 以免损坏器件。

思考题:

已调好望远镜光轴垂直主轴, 若将平面镜取下后, 又放到载物台上 (放的位置与拿下前的位置不同), 发现两镜面又不垂直望远镜光轴了, 为什么?

答:

是由于载物台未调到水平。

心得体会:

1. 做实验前头脑里一定要熟记实验步骤尤其注意事项, 且操作一定要细心, 避免不必要的错误, 节约时间。

2. 在调整望远镜光轴垂直仪器主轴过程中, 先要目测, 然后设法找到一面的绿十字线, 另一面可通过微调载物台和望远镜找到, 记住要保持同向调整, 避免另一面也不见了。当两镜面反射像一上一下时先调载物台螺钉, 使两镜面反射像等高, 再把像微调至十字线上。