

## ➤ 实验目的

- 1、掌握分光计的结构及调节方法。
- 2、用最小偏向角法测量三棱镜的折射率。
- 3、巩固误差理论与数据处理的基本知识。

## ➤ 实验仪器

名 称	使用情况(良好、一般、故障)
分光镜	良好
双面反射镜	良好
水平仪	良好
钠光灯	良好
三棱镜	良好

注:实验目的、实验仪器名称要在课前预习时填写。

## 实验原理(请用自己的语言简明扼要地叙述,注意原理图需要画出、主要公式需要写明)

### 折射率的计算

如图一所示,入射光经三棱镜两次折射后,传播方向总的变化可以用入射光和出射光的夹角 $\delta$ 来表示,称 $\delta$ 为偏向角。可以证明,当入射角 $i$ 等于出射角 $i'$ 时,偏向角有最小值,称为最小偏向角,用 $\delta_{\min}$ 表示。

根据几何关系有

$$\delta = (i - r) + (i' - r').$$

当 $i = i'$ 时,  $r = r'$ , 有

$$\delta_{\min} = 2(i - r).$$

棱镜的顶角 $\alpha$ 和折射角 $r, r'$ 满足 $\alpha = r + r'$ , 由此得出

$$r = \frac{\alpha}{2}, i = \frac{\delta_{\min} + \alpha}{2}.$$

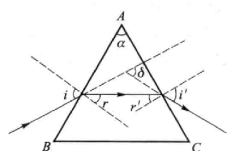
根据折射定律, 棱镜的折射率 $n$ 满足

$$N = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta_{\min} + \alpha)}{\sin \frac{1}{2}\alpha}.$$

可见, 只要测出三棱镜的顶角 $\alpha$ 和最小偏向角 $\delta_{\min}$ , 就可算出棱镜对某单色光的折射率。

### 自准望远镜

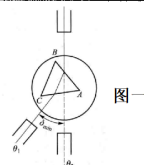
自准望远镜是用来观察、确定被测光线的方位的仪器。内有“×”形叉丝, 消色差目镜和物镜三部分。目镜中嵌有一块与镜轴成 $45^\circ$ 的玻璃棱镜, 在目镜筒的侧面开有一个小孔, 小孔旁装有一小灯作为光源, 光经 $45^\circ$ 棱镜反射后, 将沿着望远镜轴的方向前进而照亮叉丝, 利用该目镜可调整望远镜以适合于观察无限远处的物体或适合于观察平行光, 因为当叉丝恰在物镜焦平面上时, 叉丝发出的光经物镜折射后成为平行光, 如果用一平面反射镜将该平行光反射回来, 使它重新进入物镜, 则在物镜的焦平面上将形成该叉丝的实像, 于是从目镜中可同时观察到叉丝和它的反射像, 并且无视差, 此时望远镜就可认为适合于观察平行光或焦距对准了无限远处。



图一

注:实验原理课前预习时填写,要画原理图(电路或光路图)上课前教师检查。

## 实验内容与步骤



### 1. 调整分光计

**1.1. 粗调:** 载物台调整水平。调整平行光管, 使其大体在同一直线上。

**1.2. 目镜的调节:** 调节目镜能清楚地看到叉丝。点亮目镜旁的小灯, 照亮叉丝。将平面镜放在载物台上, 以它的一面作为反射面, 使反射面大致与望远镜垂直, 再从目镜中观察, 并轻微转动载物台。若看到有一亮斑随之移动, 则说明光线已返回望远镜中。转动目镜套筒, 以改变叉丝与物镜间的距离, 从目镜中能清楚地看到叉丝的反射像(黄绿色“+”), 并消除叉丝与其像的视差, 叉丝即位于物镜的焦平面上。

**1.3. 载物台的调节:** 轻微转动载物台, 使叉丝位于目镜中心(横坐标)。将载物台转动  $180^\circ$ , 再次观察叉丝, 并轻微转动载物台, 使得叉丝位于目镜中心(横坐标)。若两次观察所得像的纵坐标相同, 则载物台水平否则调整载物台直至水平。此时望远镜可认为适合于观察平行光。

**1.4. 平行光管的调节:** 将已调好的望远镜正对着平行光管, 通过调节狭缝前后位置和目镜的高度, 使在望远镜中能清楚地看到狭缝的像(橙色“|”), 且像位于正中央。此时从平行光管发出的光就可认为是平行光。

### 2. 测量三棱镜对单色光的最小偏向角 $\delta_{\min}$

**2.1.  $\varphi_1$  的测量:** 将望远镜对准平行光管, 使狭缝像位于正中央, 如图一所示的位置  $\theta_2$ . 分别记录两侧游标读数  $\varphi_1, \varphi'_1$ .

**2.2.  $\varphi_2$  的测量:** 将三棱镜按如图一所示的位置放在载物台上。根据折射定律, 找到狭缝经三棱镜二次折射后的狭缝像粗位置, 转动载物台到达粗位置。缓慢地转动载物台, 使狭缝像沿偏向角逐渐减小的方向转动。当狭缝像移至某一位置后, 将反向移动。这说明偏向角存在一个最小值  $\delta_{\min}$ , 即为最小偏向角。轻微转动载物台, 使狭缝像位于该位置, 再移动望远镜, 使狭缝像位于目镜中心位置, 如图一中的位置  $\theta_1$ . 分别记录两侧游标读数  $\varphi_2, \varphi'_2$ . 如上, 测量 3 次。再以入射光所在且与地面垂直的平面作为对称平面, 将三棱镜移至对称位置。如上述操作, 测量 3 次。显然, 对于任意一次测量, 位置  $\theta_1$  和  $\theta_2$  的同一侧游标读数差即为最小偏向角  $\delta_{\min}$ , 即  $\delta_{\min} = \frac{1}{2}(|\varphi_2 - \varphi_1| + |\varphi'_2 - \varphi'_1|)$ .

注: 实验内容与实验步骤课后填写。

➤ 实验记录

次数	$\varphi_1$ (入射)	$\varphi_2$ (出射)	$\varphi'_1$ (入射)	$\varphi'_2$ (出射)	$\theta =  \varphi_1 - \varphi_2 $	$\theta' =  \varphi'_1 - \varphi'_2 $	$\delta_{\min} = \frac{1}{2}(\theta + \theta')$
1	87°57'	49°20'	267°57'	229°22'	38°37'	38°35'	38°36'
2		49°21'		229°21'	38°36'	38°36'	38°36'
3		49°20'		229°20'	38°37'	38°37'	38°37'
4		126°51'		306°53'	38°54'	38°56'	38°55'
5		126°53'		306°55'	38°56'	38°58'	38°57'
6		126°53'		306°53'	38°56'	38°56'	38°56'

注：自行设计规范的数据表格，表格中填写原始数据，注意单位和有效数字。

## 数据处理及误差分析

$$m = 6,$$

$$\begin{aligned}\overline{\delta_{\min}} &= \frac{1}{m} \sum \delta_{\min} \\ &= \frac{1}{6} (38^\circ 36' + 38^\circ 36' + 38^\circ 37' + 38^\circ 55' + 38^\circ 57' + 38^\circ 56') \\ &= 38^\circ 46',\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\delta}^2 &= \frac{1}{m-1} \sum (\overline{\delta_{\min}} - \delta_{\min})^2 \\ &= \frac{1}{5} (10'0''^2 + 10'0''^2 + 9'0''^2 + 9'0''^2 + 11'0''^2 + 10'0''^2) \\ &= \frac{1}{5} (0.003^2 + 0.003^2 + 0.003^2 + 0.003^2 + 0.003^2 + 0.003^2) \\ &= 0.00001 \text{ rad}^2,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\bar{\delta}} &= \frac{S_{\delta}}{\sqrt{m}} \\ &= \sqrt{\frac{0.00001}{6}} \\ &= 0.001 \text{ rad},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_A &= t_{0.683} S_{\bar{\delta}} \\ &= 1.11 * 0.001 \\ &= 0.001 \text{ rad},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_B &= 1' \\ &= 0.0003 \text{ rad},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{\delta} &= \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \\ &= \sqrt{0.001^2 + 0.0003^2} \\ &= 0.001 \text{ rad},\end{aligned}$$

注：数据处理要写出公式及详细计算过程。

$$\begin{aligned}U_{\bar{n}} &= \frac{\partial n}{\partial \delta} U_{\delta} \\&= \frac{\cos \frac{1}{2}(\alpha + \overline{\delta_{\min}})}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} U_{\delta} \\&= 0.001 \cos \frac{60^{\circ} + 38^{\circ} 46'}{2} \\&= 0.001 \text{ rad}, \\ \bar{n} &= \frac{\sin \frac{1}{2}(\alpha + \overline{\delta_{\min}})}{\sin \frac{\alpha}{2}} \\&= 2 \sin \frac{60^{\circ} + 38^{\circ} 46'}{2} \\&= 1.518, \\ n &= \bar{n} \pm U_{\bar{n}} \\&= 1.518 \pm 0.001.\end{aligned}$$

## 思考题及实验小结

分光计刻度盘的读数原理是怎样的?为什么安装两个相差 $180^{\circ}$ 的读数游标?

答:

读数装置是由刻度圆盘和沿圆盘边相隔  $180^{\circ}$  对称安置的两个游标组成。刻度圆盘分成  $360^{\circ}$ , 最小分度为  $0.5^{\circ} = 30'$ , 小于  $0.5^{\circ}$  的利用游标读出, 游标上有 30 个格, 最小估读单位为  $1'$ . 测量时两个游标都应读数, 然后分别算出每个游标两次读数之差, 取其平均值作为测量结果。

**为消除刻度盘与分光计中心轴偏心而引起的误差。**分光计在生产制造过程中刻度盘的刻度中心与仪器的旋转主轴不可能严格重合, 所以若只用一个游标盘读数时, 会产生周期性系统误差, 即**偏心差**。若采用两个完全对称的游标盘同时读数, 则其中一个**偏心差**为正, 另一个为负, 且它们的绝对值大小相等, 故相互抵消, 这就消除了**偏心差**。

下列数据中存在什么问题, 试说明(假设第二行数据是正确的)。

(1)	$32^{\circ} 51'$	$212^{\circ} 19'$	(2)	$32^{\circ} 51'$	$213^{\circ} 49'$
	$71^{\circ} 24'$	$251^{\circ} 20'$		$71^{\circ} 24'$	$251^{\circ} 20'$

答:

(1)中第二个数据误差过大, 可能是读数时忘记加上  $0.5^{\circ}$ 。

(2)中第二个数据误差过大, 可能是读数时算错游标的读数。

注:请在完成实验后一周内交实验报告。