

## 实验十九 分光计的调节和掠入射法测量折射率

实验人：钟易轩

指导教师：马文君

组号：九组七号

学号：2000012706

实验时间：2021 年 12 月 3 日 实验地点：物理楼南楼 333

### 【实验目的】

- (1) 了解分光计的结构、作用和工作原理；
- (2) 掌握分光计的调节要求、方法和使用规范；
- (3) 用分光计测定三棱镜的顶角；
- (4) 用掠入射法测定三棱镜的折射率；
- (5) 用最小偏向角方法测定物质折射率。

### 【仪器用具】

分光计，玻璃三棱镜，钠灯，汞灯，平面镜，毛玻璃，放大镜等。

### 【数据处理】

#### 1. 测定玻璃三棱镜顶角

转动望远镜，先使望远镜光轴与棱镜 AB 面垂直，记录下此时左右游标的读数  $\theta'_1$ ,  $\theta''_1$ 。然后转动望远镜，使其光轴与 AC 面垂直，记下两边游标读数  $\theta'_2$ ,  $\theta''_2$ ，重复测量三次。数据如表 1 所示。

表 1: 测定玻璃三棱镜顶角数据表

i	$\theta'_1$	$\theta''_1$	$\theta'_2$	$\theta''_2$	$\psi_i$
1	333°52'	153°45'	213°46'	33°50'	120°30''
2	35°8'	215°3'	275°4'	95°4'	120°1'30''
3	351°26'	171°20'	232°22'	51°23'	119°30'30''

利用上述数据就可以求出  $A$  的大小.

$$\bar{\psi} = \frac{1}{3}(120^\circ 30'' + 120^\circ 1' 30'' + 119^\circ 30' 30'') = 119^\circ 50' 50''$$

$$A = 180^\circ - 119^\circ 50' 50'' = 60^\circ 9' 10'' = 60.15^\circ = 1.05\text{rad}$$

接下来再求  $A$  的不确定度  $\sigma_A$ . 由于  $\sigma_A = \sqrt{\sigma_{\bar{\psi}}^2 + e^2/3}$ , 且有允差  $e = 0^\circ 1'$ ,  $\sigma_{\bar{\psi}} = \sigma_{\bar{\psi}}$ , 则有

$$\begin{aligned}\sigma_{\bar{\psi}} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\psi_i - \bar{\psi})^2}{(3-1) \times 3}} \\ &= 0^\circ 10' 10'' \\ \sigma_A &= \sqrt{\sigma_{\bar{\psi}}^2 + e^2/3} \\ &= 0^\circ 10' 11''\end{aligned}$$

则最后  $A = 60^\circ 9' 10'' \pm 0^\circ 10' 11''$

## 2. 用掠入射法测定三棱镜的折射率

移动望远镜找到明暗分界线, 用  $PP'$  线对准明暗分界线, 记下左右游标读数  $\theta'_3$ 、 $\theta''_3$ . 再将望远镜转动至 AC 面的法线位置, 记下左右游标读数  $\theta'_4$ 、 $\theta''_4$ , 重复测量三次. 数据如表 2 所示.

其中折射率的计算有公式如下,

$$n = \sqrt{1 + \left(\frac{\cos A + \sin \phi}{\sin A}\right)^2} \quad (19.1)$$

表 2: 掠入法测定玻璃三棱镜折射率数据表

i	$\theta'_3$	$\theta''_3$	$\theta'_4$	$\theta''_4$	$\phi_i$	$n_i$
1	$201^\circ 57'$	$22^\circ 4'$	$243^\circ 20'$	$63^\circ 22'$	$41^\circ 20' 30''$	1.668
2	$269^\circ 24'$	$89^\circ 22'$	$310^\circ 49'$	$130^\circ 45'$	$41^\circ 24'$	1.669
3	$299^\circ 31'$	$119^\circ 29'$	$340^\circ 58'$	$160^\circ 52'$	$41^\circ 25'$	1.669

利用上述数据可以计算  $\bar{n}$ , 得出  $\bar{n} = 1.669$ . 接下来计算折射率的不确定度. 根据 (19.1) 式与方和根合成可得

$$\sigma_n = \sqrt{\left(\frac{(\cos A + \sin \phi)(1 + \cos A \sin \phi)}{n \sin^3 A} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{\cos \phi (\cos A + \sin \phi)}{n \sin^2 A} \sigma_\phi\right)^2} \quad (19.2)$$

其中  $\sigma_\phi$  的计算方式与  $\sigma_\psi$  相同, 得出  $\sigma_\phi = 0^\circ 1' 29''$ . 再将这些数据代入 (19.2) 式中得到  $\sigma_n = 0.004$ , 则  $n = (1.669 \pm 0.004)$ .

### 3. 用最小偏向角法测定三棱镜折射率

由于时间有限, 因此我只测了三条谱线的最小偏向角, 分别是绿光 (546.07nm)、钠黄光 (579.07nm) 和紫光 (435.84nm).

其中计算折射率的公式为

$$n = \frac{\sin \frac{A+\delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (19.3)$$

由式 (19.3) 以及方和根合成公式可得  $\sigma_n$  的表达式为

$$\sigma_n = \sqrt{\left(\frac{\sin \frac{\delta}{2}}{2 \sin^2 \frac{A}{2}} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{\cos \frac{A+\delta}{2}}{2 \sin \frac{A}{2}} \sigma_\delta\right)^2} \quad (19.4)$$

①先测绿光, 数据如表 3 所示.

表 3: 最小偏向角法测折射率数据表——绿光

i	$\theta'_5$	$\theta''_5$	$\theta'_6$	$\theta''_6$	$\delta_i$	$n_i$
1	282°37'	102°35'	336°47'	156°41'	54°8'	1.676
2	326°34'	146°30'	20°38'	200°32'	54°3'	1.675
3	7°55'	187°48'	61°58'	241°54'	54°4'30''	1.676

其中  $\bar{\delta} = 54^\circ 5' 10''$ ,  $\bar{n} = 1.676$ ,  $\sigma_\delta = 0^\circ 1' 35''$ , 再将数据代入式 (19.4) 中, 得到  $\sigma_n = 0.003$ . 因此  $n = (1.676 \pm 0.003)$ .

②再测钠黄光, 数据如表 4 所示.

表 4: 最小偏向角法测折射率数据表——黄光

i	$\theta'_7$	$\theta''_7$	$\theta'_8$	$\theta''_8$	$\delta_i$	$n_i$
1	4°55'	184°49'	58°36'	238°32'	53°42'	1.672
2	51°59'	231°56'	105°35'	285°36'	53°38'	1.671
3	96°31'	276°31'	150°9'	330°15'	53°41'	1.672

其中  $\bar{\delta} = 53^\circ 40' 20''$ ,  $\bar{n} = 1.672$ ,  $\sigma_\delta = 0^\circ 1' 20''$ , 再将数据代入式 (19.4) 中, 得到  $\sigma_n = 0.003$ . 因此  $n = (1.672 \pm 0.003)$ .

③最后测紫光, 数据如表 5 所示.

表 5: 最小偏向角法测折射率数据表——紫光

i	$\theta'_9$	$\theta''_9$	$\theta'_{10}$	$\theta''_{10}$	$\delta_i$	$n_i$
1	95°30'	275°31'	151°56'	332°1'	56°28'	1.698
2	135°20'	315°25'	191°50'	11°55'	56°30'	1.698
3	171°35'	351°39'	228°3'	48°6'	56°27'30"	1.698

其中  $\bar{\delta} = 56^\circ 28' 30''$ ,  $\bar{n} = 1.698$ ,  $\sigma_\delta = 0^\circ 0' 57''$ , 再将数据代入式 (19.4) 中, 得到  $\sigma_n = 0.003$ . 因此  $n = (1.698 \pm 0.003)$ .

### 【分析与讨论】

实验中的误差主要来源于最初调节分光计时是否调得精准, 以及在读游标盘时的主观性, 还有在实验过程中不小心的磕碰可能也会导致实验数据的偏差.