

分光计的调节和掠入射法测量折射率

张欣睿^{*}

北京大学化学与分子工程学院 学号：1600011783

摘 要：本次实验中认识了分光计的结构，并通过实践了解了分光计各部分调节共轴的方法。之后通过散射光的掠入射法测量了给定棱镜的折射率，并对实验结果的不确定度进行了计算。

关键词：分光计；掠入射法；等边三棱镜；不确定度

^{*} e-mail: zhangxinrui16@pku.edu.cn; mobile number: 18801391162

1 数据处理

实验中，在将望远镜、平行光管调节为共轴且垂直于转轴、将棱镜的主截面调节至垂直于转轴后，首先用分光计对正三棱柱棱镜的顶角 A 进行了测量，测量结果如表 1 所示。

次数	θ'_1	θ''_1	θ'_2	θ''_2	$\psi = \frac{1}{2}[(\theta'_2 - \theta'_1) + (\theta''_2 - \theta''_1)]$
1	88°4'	268°4'	208°3'	28°3'	119°59'
2	88°5'	268°5'	208°4'	28°4'	119°59'
3	88°3'	268°4'	208°3'	28°4'	120°0'
平均值	—	—	—	—	119°59'

表 1 三棱镜顶角 A 的测量结果

故测定顶角 $A = 180^\circ - \psi = 60^\circ 1' = 1.0475 \text{ rad}$ 。

在此测定中，测定结果的平均值的标准差为：

$$\begin{aligned}\sigma_A &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\psi_i - \bar{\psi})^2}{3(3-1)}} \\ &= 2 \times 10^{-4} \text{ rad}\end{aligned}$$

仪器每次测定的允差为 $1'$ ，测定的总允差为 $e = \frac{1}{2} \times 4' = 2' = 6 \times 10^{-4} \text{ rad}$ ，故测定顶角 A 的不确定度为：

$$\begin{aligned}\sigma_A &= \sqrt{\sigma_A^2 + \left(\frac{e}{\sqrt{3}}\right)^2} \\ &= 4 \times 10^{-4} \text{ rad}\end{aligned}$$

在此测定之后，通过掠入射法测定出了三棱镜的极限角，测定结果如表 2 所示。

次数	θ'_3	θ''_3	θ'_4	θ''_4	$\phi = \frac{1}{2}[(\theta'_3 - \theta'_4) + (\theta''_3 - \theta''_4)]$
1	69°28'	249°28'	208°1'	28°2'	41°26'
2	69°26'	249°27'	208°1'	28°1'	41°26'
3	69°27'	249°28'	208°2'	28°1'	41°26'
平均值	—	—	—	—	41°26'

表 2 掠入射法测量三棱镜的极限角

故测定得到极限角为 $41^{\circ}26' = 0.7231 \text{ rad}$ 。代入掠入射法测定折射率的公式进行计算：

$$\bar{n} = \sqrt{1 + \left(\frac{\cos A + \sin \phi}{\sin A} \right)^2} = 1.6727$$

在测量极限角中，测定结果的平均值的标准差：

$$\sigma_{\bar{\phi}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\phi_i - \bar{\phi})^2}{3(3-1)}} = 0$$

故极限角的不确定度完全决定于仪器的允差。由于测定的总允差为

$$e = \frac{1}{2} \times 4' = 2' = 6 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

则有不不确定度：

$$\sigma_{\phi} = \frac{e}{\sqrt{3}} = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

故由不确定度的传递公式可得：

$$\begin{aligned} \sigma_n &= \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial A} \right)^2 \sigma_A^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial \phi} \right)^2 \sigma_{\phi}^2} \\ &= \sqrt{\frac{(\cos A + \sin \phi)^2 (\cos A \sin \phi + 1)^2}{\sin^4 A [\sin^2 A + (\cos A + \sin \phi)^2]} \sigma_A^2 + \frac{\cos^2 \phi (\cos A + \sin \phi)^2}{\sin^2 A [\sin^2 A + (\cos A + \sin \phi)^2]} \sigma_{\phi}^2} \end{aligned}$$

可求得 $\sigma_n = 6 \times 10^{-4}$ 。综上所述，测定得到三棱镜对钠黄光的折射率为：
 $n = 1.6727 \pm 0.0006$ 。

2 分析与讨论

在实验中，实验的误差可能来自于以下一些方面：

- 视野中的绿色十字、黄色狭缝等在分划板上的位置不够精确
- 望远镜或刻度盘旋转时的角度偏心差
- 望远镜或刻度盘旋转时的螺距偏差（机械部分咬合不够紧密）

其中，旋转的角度偏心差属于可消除的系统误差，为消除这一误差，采用的方法是同时读左右刻度尺的读数，并取左右刻度变化的平均值。由几何知识可以判断这一偏心差会被消除。

在测定时，观察到旋转望远镜时存在一个较小的螺距差，使得来回转动望远镜时对应的刻度会有一定的偏差。这一偏差大约在 $2 \sim 3'$ ，比仪器的允差大。为了消除这一误差，可以更换新的仪器部件，也可以控制旋转方向一定。但这两种误差在这一实验中不适用。在这一实验中，为消除这一螺距差，可以控制局部旋

转方向一定。在向左旋转显微镜并测定一组数据后，向右旋转显微镜时转过量一点角度，再向左转回来，保证局部旋转方向均为顺时针，则测量时显微镜能顶住旋转轴，可以消除这一偏差。

在消除这两种系统误差之后，随机误差即为判断视野中像的位置。这一误差指的是当显微镜对准法线方向时，对应到分度盘上大约有 $1'$ 的范围，这与仪器的允差相对应，因而可以在结果计算中进行处理，并入不确定度中。

在调节分光计时，找到棱镜反射回来的像较难，反射光较少，一旦显微镜转动过快，很容易错过这一现象。并且，棱镜高度的粗调也较为重要。若棱镜高度或仰角调节不合适，那么可能在一个方位能找到反射回来的绿色十字像，但转过另一个方位却找不到，这一调节步骤需要一些耐心。

3 收获与感想

本实验让我学会了调节分光计的光路共轴的方法，并应用散射光中的掠入射光测定了给定棱镜的折射率，使我对曾经使用过的阿贝折射仪等仪器的原理有了更多的理解。

4 致谢

感谢杨景老师的讲解和对实验的指导。