

实验十九 分光计的调节和掠入射法测量折射率 实验报告

物理学院 庄易诚

1 数据处理

1.1 测定玻璃三棱镜顶角

取游标盘允差 $e = 1'$ ，由数据表，顶角的测量值和不确定度如下，其中 σ_b 的值对之后的所有角度测量都适用。

$$\bar{A} = 59^\circ 59' 0'' \quad \sigma_{Aa} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (A_i - \bar{A})^2}{3 \times 2}} = 35'' \quad \sigma_b = \frac{e}{\sqrt{3}} = 35''$$
$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_{Aa}^2 + \sigma_b^2} = 50'' \quad A = 59^\circ 59' 0'' \pm 0^\circ 0' 50''$$

1.2 用掠入射法测定三棱镜的折射率

极限角和折射率的测量值和不确定度如下：（计算过程中应把 σ_A 与 σ_ϕ 转化为弧度）

$$\bar{\phi} = 41^\circ 25' 10'' \quad n = \sqrt{1 + \left(\frac{\cos A + \sin \phi}{\sin A} \right)^2} = 1.6734$$
$$\sigma_{\phi a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\phi_i - \bar{\phi})^2}{3 \times 2}} = 0^\circ 0' 10'' \quad \sigma_\phi = \sqrt{\sigma_{\phi a}^2 + \sigma_b^2} = 0^\circ 0' 36''$$
$$\sigma_n = \frac{\cos A + \sin \phi}{n \sin^2 A} \sqrt{\left(\frac{1 + \sin \phi \cos A}{\sin A} \sigma_A \right)^2 + (\cos \phi \sigma_\phi)^2} = 4 \times 10^{-4}$$

因此对于实验室使用的波长为 $\lambda = 589.3nm$ 的黄光，折射率的测量结果为

$$n = 1.6734 \pm 0.0004$$

1.3 用最小偏向角法测定三棱镜折射率

最小偏向角和折射率的测量值和不确定度如下。（计算过程中同理应换弧度制）

$$\bar{\delta}_m = 53^\circ 57' \quad \sigma_{\delta_{ma}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\delta_{mi} - \bar{\delta}_m)^2}{3 \times 2}} = 0^\circ 1' 27'' \quad \sigma_{\delta_m} = \sqrt{\sigma_{\delta_{ma}}^2 + \sigma_b^2} = 0^\circ 1' 34''$$
$$n = \frac{\sin \frac{A+\delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = 1.67713 \quad \sigma_n = \frac{1}{2 \sin \frac{A}{2}} \sqrt{\left(\frac{\sin \frac{\delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \sigma_A \right)^2 + \left(\cos \frac{A + \delta_m}{2} \sigma_{\delta_m} \right)^2} = 3 \times 10^{-4}$$

因此对于实验室使用的波长为 $\lambda = 546.07nm$ 的汞的绿色谱线，三棱镜的折射率的测量结果为

$$n = 1.6771 \pm 0.0003$$

1.4 测定玻璃材料的色散曲线

利用数据表中的 5 组数据，以 λ 为横坐标，以 n 为纵坐标，画出散点图并拟合，如图 1 所示。（图 1 见下页）从图中可以看出，二次拟合的结果接近直线，说明 C 对折射率的影响较小。拟合结果如下：

$$n = 1.642 + \frac{9.291 \times 10^3 nm^2}{\lambda^2} + \frac{3.193 \times 10^8 nm^4}{\lambda^4}$$

故玻璃材料特征常量和色散率为

$$A = 1.642 \quad B = 9.291 \times 10^3 nm^2 \quad C = 3.193 \times 10^8 nm^4$$
$$\nu = -\frac{1.858 \times 10^4 nm^2}{\lambda^3} - \frac{1.277 \times 10^9 nm^4}{\lambda^5}$$

为检验，尝试带入钠黄光波长 $\lambda^* = 589.3nm$ ，计算得 $n^* = 1.6733$ ，在掠入射法测量结果的误差范围内。

2 分析与讨论

(1) 没有关系，平台是二维的，如果只调平了一个方向，另一方向仍然不平，就可能会出现这种情况，但该步骤只是为了使望远镜光轴垂直于仪器转轴，只需在一个方向调节即可，因此没有关系。另外一种可能性是望远镜的十字叉丝是歪的，或 MN 线不水平，此时会有影响，应转动目镜直至水平移动。

(2) 望远镜倾角调节螺钉不能动，其他的都可以动。

(3) “合适”指的是在三棱镜与望远镜大概在同一高度，可以调节使得望远镜发射绿的十字叉丝线反射回望远镜，即在望远镜视场里可以看见绿十字叉丝像。

(4) 因为三棱镜与载物平台并不是光滑贴合，因而随意摆放时主截面和底面不严格垂直，调好后重放可能使相对位置发生改变，从而棱镜主截面可能与望远镜光轴垂直。

(5) 需要小范围内微调游标盘时使用，且刻度盘和游标盘都已锁紧。使用方法：止动游标盘，旋转微调螺钉。维护方法：只在微调时使用，使用时确保游标盘锁紧，不要超过量程，测量结束后使其调至中间位置。

(6) 误动了望远镜调仰角螺钉，需要重调望远镜，对准三棱镜光学表面，只调望远镜俯仰角，使绿十字叉丝反射像重新对准 MN 刻线。若误动了 b_1 螺钉，只调 b_1 螺钉重新调平三棱镜。

(7) 反射像最清晰，或者左右晃动视线物和像无视差。前后移动望远镜套筒，直到反射像最清晰且无视差。（应将套筒前移）

(8) 图见预习报告，只需保证一条直角边与两个螺钉的连线垂直。假设 AB, AC 为光学面（直角边），且 AB 与 b_1b_2 垂直，那么调 b_1b_2 可以控制 AB 面的俯仰，调 b_3 可以控制 AC 面的俯仰，彼此独立，不会干扰。

(9)① 计算得，平面镜不平行于转轴。② 望远镜不垂直于转轴。③ 在距 MN 线离为 a 时，调节望远镜使得亮十字反射像在 MN 线下方，距离 MN 线距离为 $2a$ ，或者在距离为 $5a$ 时调望远镜使反射像在 MN 线上方 $2a$ 处。

(10) 如图 2 所示，将液体滴在长方形厚玻璃面上，然后贴在辅助三棱镜光学面 AB 上，使液体成一均匀薄膜（或直接放固体膜），钠光灯置于 AB 延长线，找明暗交界线即可。测量公式： $n = \sin A \sqrt{n_0^2 - \sin^2 \phi} + \cos A \sin \phi$ 。应保证 $n < n_0, n < n_1$ ，其中各物理量均已在图中标出， n_0 为辅助棱镜折射率， n_1 为长方形厚玻璃折射率。

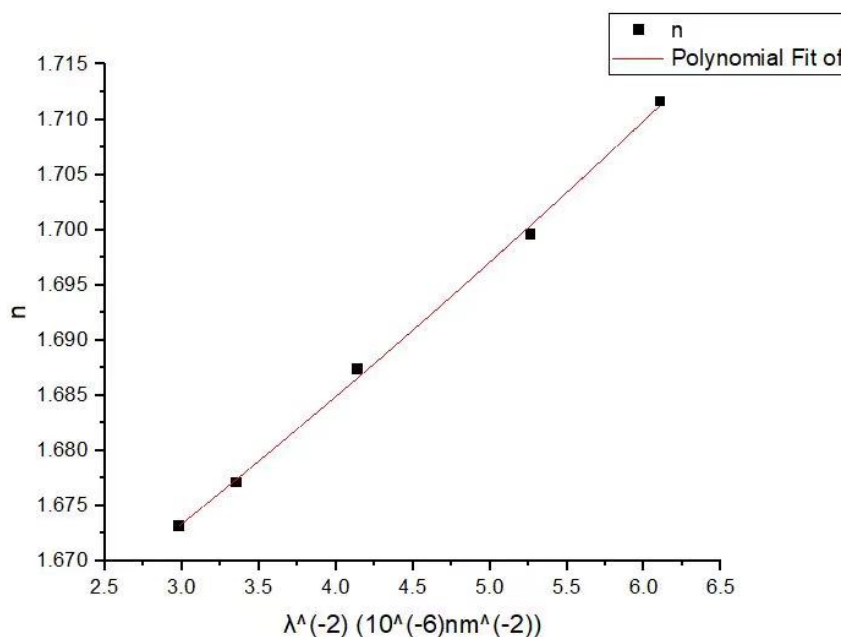


图 1: 三棱镜色散关系 $n - \lambda^{-2}$ 图

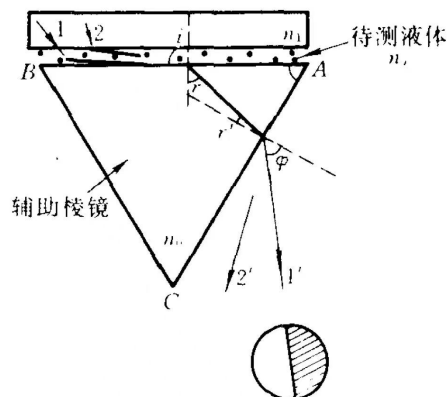


图 2: 测固体膜或溶液的色散曲线原理图