

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 9 日

分光计的调节与使用实验报告

1 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、用三棱镜的最小偏向角法测定玻璃的折射率。

2 实验原理

2.1 分光计的结构

分光计主要由底座、平行光管、望远镜、载物台和读数圆盘五部分组成。外形如图 1 所示。

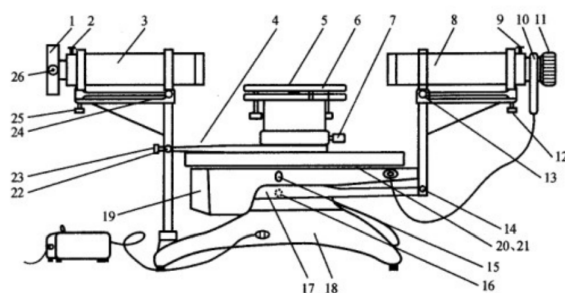


图 7.1.2-1 分光计外形图

1—狭缝装置；2—狭缝装置锁紧螺钉；3—平行光管；4—制动架(二)；5—载物台；6—载物台调节螺钉(3只)；7—载物台锁紧螺钉；8—望远镜；9—目镜锁紧螺钉；10—阿贝式自准直目镜；11—目镜调节手轮；12—望远镜仰角调节螺钉；13—望远镜水平调节螺钉；14—望远镜微调螺钉；15—转座与刻度盘止动螺钉；16—望远镜止动螺钉；17—制动架(一)；18—底座；19—转座；20—刻度盘；21—游标盘；22—游标盘微调螺钉；23—游标盘止动螺钉；24—平行光管水平调节螺钉；25—平行光管仰角调节螺钉；26—狭缝宽度调节手轮

图 1: 分光计外形图

2.2 分光计的调节原理和方法

调整分光计，最后要达到下列要求：

- 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。

分光计调整的关键是调好望远镜，其他的调整可以以望远镜为基准。

2.3 用最小偏向角法测三棱镜材料的折射率

见图 2，一束单色光以 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（证明略）。这时的偏向角称为

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 9 日

最小偏向角，记作 δ_{min} 。由图 2 中可以看出，这时

$$i_1' = \frac{A}{2}$$

$$\frac{\delta_{min}}{2} = i_1 - i_1' = i_1 - \frac{A}{2}$$

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

设棱镜材料折射率为 n ，则

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

故

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

由此可知，要求得棱镜材料折射率 n ，须测出其顶角 A 和最小偏向角 θ_{min} 。

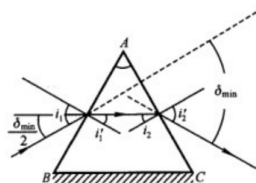


图 2: 三棱镜最小偏向角原理图

3 实验器材

分光计、三棱镜、双面反射镜。

4 测量记录

表 1: 原始数据

实验次数	1	2	3
顶角 θ_1'	$140^\circ 12'$	$19^\circ 23'$	$38^\circ 41'$
顶角 θ_1''	$80^\circ 12'$	$319^\circ 23'$	$98^\circ 42'$
顶角 θ_2'	$320^\circ 11'$	$199^\circ 23'$	$218^\circ 38'$
顶角 θ_2''	$260^\circ 11'$	$139^\circ 24'$	$278^\circ 39'$
偏角 θ_1'	$131^\circ 30'$	$193^\circ 40'$	$48^\circ 37'$
偏角 θ_1''	$77^\circ 13'$	$139^\circ 22'$	$104^\circ 40'$
偏角 θ_2'	$311^\circ 30'$	$13^\circ 40'$	$228^\circ 37'$
偏角 θ_2''	$257^\circ 11'$	$319^\circ 21'$	$284^\circ 38'$

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 9 日

5 分析与讨论

5.1 数据处理

5.1.1 顶角度数测量

$$\Phi = \frac{1}{2}(|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|),$$

$$A = \pi - \Phi.$$

实验次数	1	2	3	平均值	标准差 σ_d
顶角 A	60°0′	60°0′	60°1′	60°0′	0

(如果相减大于 180°, 则用 360° 减去两角差, 再代入计算。)

A 类不确定度

$$U_a = t_{0.95} \frac{\sigma_d}{\sqrt{n}} = 4.30 \times \frac{0}{\sqrt{3}} = 0.$$

B 类不确定度 因为试验环境光线较暗, 并且试验设备因为损耗而有锈痕, 所以试验者的估读值 $\Delta_{估}$ 取 5′, 试验仪器分光计测量精度为 $\Delta_{仪} = 1′$, 故

$$\Delta_b = \sqrt{\Delta_{估}^2 + \Delta_{仪}^2} = 5′.$$

假设分光计的质量指标在最大允差 $\Delta_{仪}$ 的分布为均匀分布, 置信因子 C 取 $\sqrt{3}$ 。

$$U_b = k_P \frac{\Delta_b}{C} = 1.96 \times \frac{5′}{\sqrt{3}} = 6′.$$

误差合成

$$U_A = \sqrt{U_a^2 + U_b^2} = 6′.$$

测量结果

$$A = 60°0′ \pm 6′.$$

5.1.2 最小偏向角度数测量

$$\delta_{min} = \frac{1}{2}(|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|).$$

实验次数	1	2	3	平均值	标准差 σ_d
最小偏向角 δ_{min}	54°18′	54°18′	56°2′	54°53′	49′

(如果相减大于 180°, 则用 360° 减去两角差, 再代入计算。)

A 类不确定度

$$U_a = t_{0.95} \frac{\sigma_d}{\sqrt{n}} = 4.30 \times \frac{49′}{\sqrt{3}} = 2°2′.$$

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 9 日

B 类不确定度 因为试验环境光线较暗，并且试验设备因为损耗而有锈痕，在寻找最小偏向角的临界角位置时，是用手转动游标盘，无法非常准确找到最小偏向角临界位置。所以试验者的估读值 $\Delta_{\text{估}}$ 取 $10'$ ，试验仪器分光计测量精度为 $\Delta_{\text{仪}} = 1'$ ，故

$$\Delta_b = \sqrt{\Delta_{\text{估}}^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} = 10'.$$

假设分光计的质量指标在最大允差 $\Delta_{\text{仪}}$ 的分布为均匀分布，置信因子 C 取 $\sqrt{3}$ 。

$$U_b = k_P \frac{\Delta_b}{C} = 1.96 \times \frac{10'}{\sqrt{3}} = 11'.$$

误差合成

$$U_{\delta_{\min}} = \sqrt{U_a^2 + U_b^2} = 2^\circ 2'.$$

测量结果

$$\delta_{\min} = 54^\circ 53' \pm 2^\circ 2'.$$

5.1.3 折射率计算

因为 $1' = 0.0167^\circ$ ，这样的近似误差精度为 0.002，可以忽略不计，并且小于 1% 的一般物理试验要求。所以试验结果保留到小数点后四位，才充分利用了试验仪器 $1'$ 的精度。

$$\bar{n} = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{54^\circ 53' + 60^\circ 0'}{2}}{\sin \frac{60^\circ 0'}{2}} = 1.6857.$$

误差传递公式

$$\begin{aligned} \frac{U_n}{n} &= \sqrt{\left(\frac{1}{2} \left(\cot\left(\frac{\delta_{\min} + A}{2}\right) - \cot\left(\frac{A}{2}\right) \right) U_A\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cot\left(\frac{\delta_{\min} + A}{2}\right) U_{\delta_{\min}}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{2} \left(\cot\left(\frac{54^\circ 53' + 60^\circ 0'}{2}\right) - \cot\left(\frac{60^\circ 0'}{2}\right) \right) \times 6'\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cot\left(\frac{54^\circ 53' + 60^\circ 0'}{2}\right) \times 2^\circ 2'\right)^2} = 0.0114, \\ U_n &= 0.0114 \times 1.6857 = 0.0192. \end{aligned}$$

最终结果

$$n = 1.6857 \pm 0.0192.$$

5.2 误差分析

实验误差较大，根据数据分析，第三组测量与第一、二组相差较大。回忆实验过程，第三次测量时将三棱镜倒置（与前两次方向相反），导致需要较大程度地重新调平，引起误差。

5.3 实验讨论

分光计是高精度仪器，实验时需要耐心细致、聚精会神，切不可急躁慌张，否则更不易观察成像。

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 9 日

6 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，这是为什么？是否说明望远镜光轴还没调好？

这不是由于望远镜未调好造成的。实际上，此时望远镜已经调整到试验要求状态，即与主轴垂直，但是载物台并没有与主轴垂直，而只是在一个方向上恰好使平面镜两次反射的绿十字映在分划版的上十字上。放上三棱镜后，再调节相应螺丝钉，使载物台与主轴垂直。