

分光计测量玻璃的色散曲线实验报告

董坤楷 202211140003 完成时间：2023.3.16 报告提交时间：3.17

1. 实验目的：

1. 掌握分光计的调整方法；
2. 掌握利用最小偏向法测量三棱镜折射率的方法。

2. 分光计的调整方法：

要做这个实验需要使用分光镜，因此需要先调整好分光镜。分光计结构及各部件名称如下图：

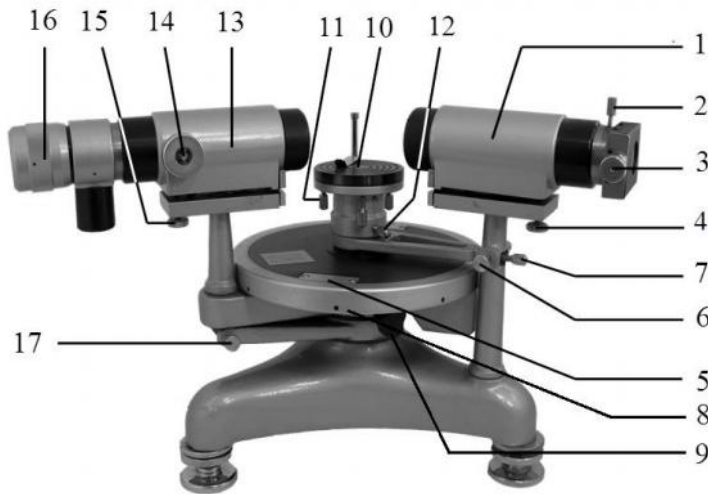


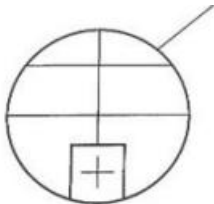
图 1. 分光计的结构

1. 平行光管 2. 狭缝锁紧螺丝 3. 狭缝调节手轮 4. 平行光管仰俯调节螺丝 5. 游标盘 6. 游标盘微调螺丝 7. 游标盘止动螺丝 8. 刻度盘 9. 望远镜锁紧螺丝 10. 载物台 11. 载物台调平螺丝 12. 载物台锁紧螺丝 13. 望远镜 14. 望远镜调焦手轮 15. 望远镜仰俯调节螺钉 16. 目镜调节手轮 17. 望远镜微调螺丝 注：背面还有刻度盘游标盘锁紧螺丝

(1) 粗调，目测并调节望远镜和平行光管上俯仰调节螺钉（4 和 15），以及调节载物台的三个水平调节螺钉（11），使望远镜，平行光管大致处于与主轴（载物台、游标盘、刻度盘、望远镜等能够旋转的部件共有的转轴）垂直的同一轴线上，载物台与主轴垂直，且高度大致位于能使望远镜观测到载物台上物体的位置。

(2) 微调望远镜：

- 调节目镜：慢慢转动目镜调焦手轮（14），观察分划板刻线，直至刻线成像清晰（如下图）即可。



- 调节望远镜焦距：在载物台中央放一块双面反射镜，让载物台下两个调平螺丝（11）的连线垂直于镜面，并使平面镜的反射面与望远镜光轴大致垂直。转动载物台，使反射镜的一个反射面正对望远镜，再通过转动载物台，调节载物台下方的调平螺栓和望远镜的

俯仰调节螺丝使通过望远镜能观察到反射镜面反射回来的光斑(绿色亮十字)。然后调节望远镜的调焦手轮,使亮斑形成清晰的亮十字像;

- 调节高度:在望远镜中已经找到绿十字像后,如图 5a 所示。转动载物台 180° ,从望远镜中找到另一面反射的绿十字像。(如果找不到,需再次重复调焦中过程直至能从望远镜中观察到绿十字像。)最后采用 $1/2$ 渐进调节法调节绿十字像与分划板上部十字叉丝重合。先调节望远镜俯仰调节螺丝使绿十字像与分划板上部十字叉丝的间距减少 $1/2$ (参见图 5b),再调节载物台调平螺丝使像与上部十字叉丝重合(参见图 5c)。然后将载物台旋转 180° ,用同样的方法调节反射镜另一面的反射像。这样反复调节几次,反射镜两面的像均可以上部十字
- 叉丝重合,望远镜光轴与分光计中心转轴垂直。调好之后就不能再动望远镜俯仰调节螺丝。

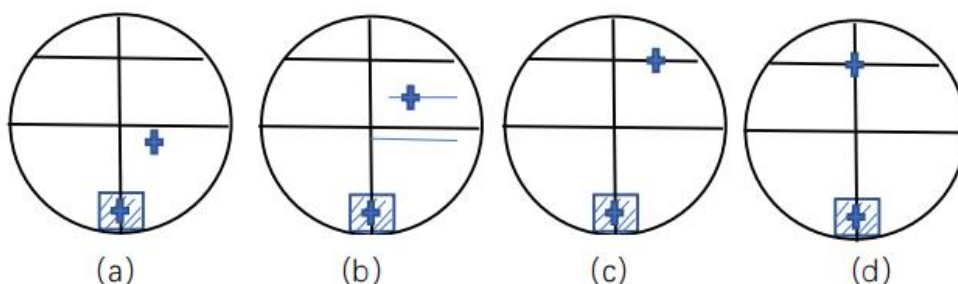


图 5. 望远镜光轴与载物台转轴垂直调节过程图

- 调节分划线:上一步调节完成后,轻微转动载物台,在望远镜中观察十字像的运动轨迹,调节目镜筒的角度,使得反射十字像保持在横向分划线上运动。完成后锁定目镜筒。

(3) 微调平行光管:

打开光源将狭缝照亮,转动望远镜,对准平行光管,可在望远镜中找到狭缝像。放松狭缝锁紧螺丝(2),前后移动狭缝套管,直至找到合适的位置,使望远镜中看到清晰的狭缝像,且使像与望远镜分划板竖叉丝重合。再调整平行光管光轴与狭缝方向。将狭缝转过 90° ,调节平行光管俯仰螺丝,使狭缝像与分划板中心的横向分划线重合,此时平行光管光轴与分光计主轴垂直。再将狭缝转回 90° ,使狭缝像与竖向分划线平行。完成后拧紧狭缝锁紧螺钉。

3. 实验原理:

本实验要测量三棱镜折射率,如图 1 所示,单色光以角度 i_1 从大气入射到三棱镜的 AB 面,折射角为 i'_1 ,光线以角度 i'_2 入射角照射到三棱镜的 AC 面,经 AC 面折射后,出射角为 i_2 入射光和出射光的夹角 δ 称为偏向角。

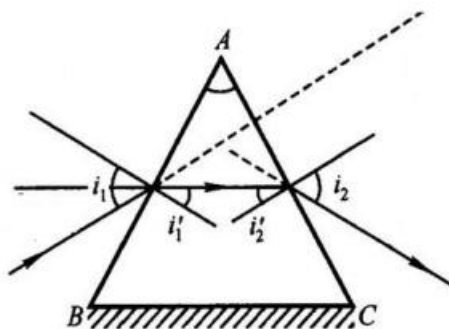


图 1 三棱镜测量折射率示意图

根据折射定理，得：

$$\delta = \arcsin\left(\frac{n_\lambda}{n_0} \sin i'_1\right) + \arcsin\left(\frac{n_\lambda}{n_0} \sin i'_2\right) - \angle A$$

因为 $i'_1 + i'_2 = \angle A$ 为常数，而 $n_\lambda > n_0$ ， $\arcsin\left(\frac{n_\lambda}{n_0} \sin x\right)$ 在 $x \in (0, \arcsin \frac{n_\lambda}{n_0})$ 上是凹函数，所以

$$\delta \leq 2\arcsin\left(\frac{n_\lambda}{n_0} \sin \frac{A}{2}\right) - \angle A \equiv \delta_{\min}$$

δ_{\min} 称为最小偏向角，实验测出最小偏向角后，可得折射率：

$$n_\lambda = n_0 \frac{\sin \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

4. 实验步骤：

- 调整分光镜；
- 放上三棱镜并调整（方法如调整分光镜）使两个反光面反射回来的绿色十字都与上部十字叉丝重合；
- 测量顶角：有反射法和自准法两种。反射法要使平行光管发出的平行光沿顶角的角平分线入射，同时被 AB、AC 面反射，用望远镜测量出测量反射线之间的夹角 ϕ ，根据几何关系得出：

$$\angle A = \phi/2$$

自准法是利用望远镜直接垂直观测 AB、AC 面，使望远镜与两个面垂直，即能观测到反射光线并使反射的绿色十字位于分划板上部十字叉丝的位置（实际上第二步中已经调到该位置），进而计算顶角。根据几何关系，自准法测量的顶角为：

$$\angle A = 180^\circ - \phi$$

- 测量 δ_{\min} ：将刻度盘锁定在望远镜上，游标盘位置锁定，载物台与游标盘解锁，可以自由转动。首先将载物台转到一面斜对向光源，然后旋转望远镜，使能从目镜中观察到不同颜色的分立的光谱线。然后以 AB 面垂直于光线方向轻轻转动载物台，改变入射角，观察汞灯谱线的移动方向并控制望远镜随之移动。当载物台转到一个位置，光谱线开始反向移动（即偏向角反而变大）此位置下光谱线以最小偏向角出射。反复试探，找准最小偏向角对应的位置，微动望远镜，使分划板上的中心竖线对准谱线，记录左、右游标的读数。对其它光谱线，做相同的测量。测量完毕后，取下三棱镜，转动望远镜对准平行光管，微调望远镜使分划板中心竖线对准狭缝像，该位置即为入射光的位置，记录左右游标的读数。最后根据记录计算各条光谱线的最小偏向角（参见图 4）。

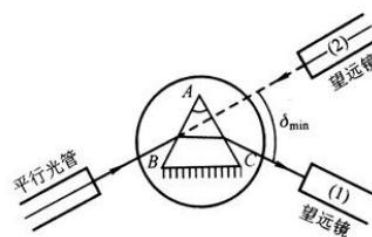


图 4 最小偏向角测量布局图

5. 数据处理：

用自准法测顶角，测出两个反光面对应望远镜的位置分别为 φ_1 ， φ_2 ，再依据几何关系计算 φ 和 A：

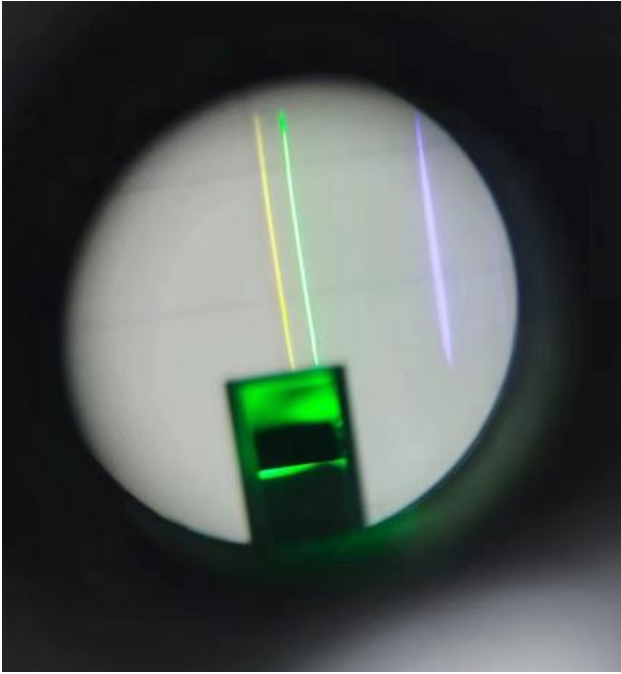
φ_1	φ_2	φ	A
59.71	300.16	119°15'	60°15'
59.72	300.16	119°16'	60°14'
59.71	300.17	119°14'	60°16'

取平均值有

$A = 60^{\circ}15'$

测 δ_{\min} :

实验中的图像如下，用能观察到的黄、绿、青（较暗）、蓝紫光进行数据处理:

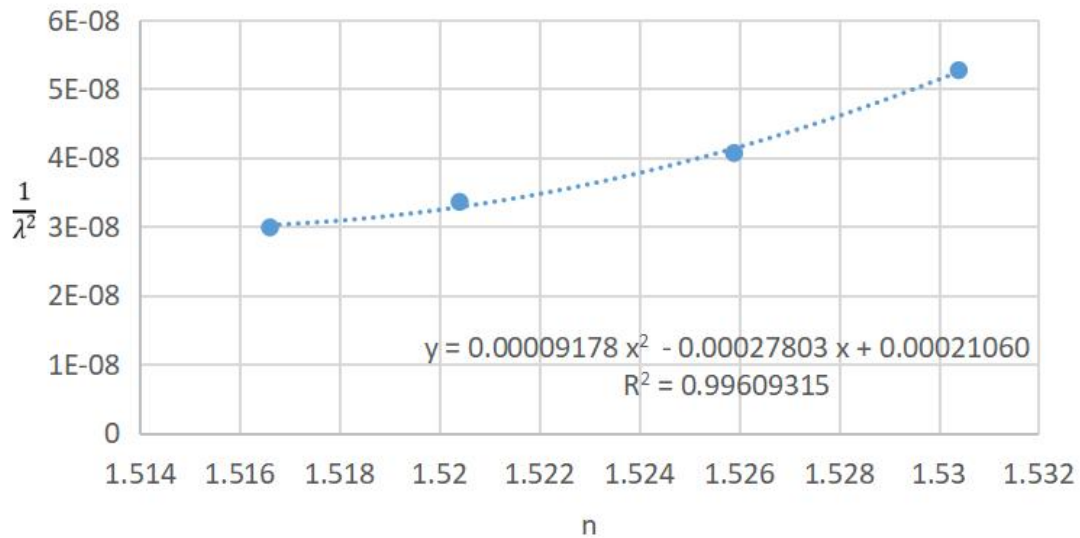


$\delta_{\lambda_1} = 140^{\circ}35', \delta_{\lambda_2} = 320^{\circ}35'$

颜色	波长/ \AA	δ_1	δ_2	$\delta_{\min 1}$	$\delta_{\min 2}$	δ_{\min}	n_{λ}
黄	5789.7	$101^{\circ}47'$	$281^{\circ}49'$	$38^{\circ}48'$	$38^{\circ}46'$	$38^{\circ}47'$	1.5166
青	4961.6	$100^{\circ}58'$	$280^{\circ}59'$	$39^{\circ}37'$	$39^{\circ}36'$	$39^{\circ}365'$	1.5259
蓝紫	4358.4	$100^{\circ}34'$	$280^{\circ}32'$	$40^{\circ}3'$	$40^{\circ}3'$	$40^{\circ}3'$	1.5304
绿 1	5460.7	$101^{\circ}26'$	$281^{\circ}28'$	$39^{\circ}9'$	$39^{\circ}7'$	$39^{\circ}8'$	1.5204
绿 2	5460.7	$101^{\circ}26'$	$281^{\circ}27'$	$39^{\circ}9'$	$39^{\circ}8'$	$39^{\circ}85'$	1.5207
绿 3	5460.7	$101^{\circ}26'$	$281^{\circ}28'$	$39^{\circ}9'$	$39^{\circ}7'$	$39^{\circ}8'$	1.5204
绿（平均）	5460.7	$101^{\circ}26'$	$281^{\circ}28'$	$39^{\circ}9'$	$39^{\circ}7'$	$39^{\circ}8'$	1.5204

用 cauchy 经验方程拟合得:

Cauchy经验方程拟合



A=0.0002106, B=0.0002780, A=0.00009178

计算绿色谱线不确定度：根据公式

$$u^2(n) = \left(\frac{\partial n}{\partial A}\right)^2 u^2(A) + \left(\frac{\partial n}{\partial \delta}\right)^2 u^2(\delta)$$

其中

$$u^2(A) = u_A^2(A) + u_B^2(A)$$

$$u^2(\delta) = u_A^2(\delta) + u_B^2(\delta)$$

$$u_A(A) = \frac{1}{\sqrt{n}} STDEV.P(\{x_i\}) = 0.004714$$

$$u_A(\delta) = \frac{1}{\sqrt{n}} STDEV.P(\{x_i\}) = 0.003810$$

$$u_B(A) = u_B(\delta) = \frac{\pi}{10800}$$

$$\frac{\partial n}{\partial A} = -1.01377, \quad \frac{\partial n}{\partial \delta} = 0.9823$$

以上数据代入得

$$u(n) = 0.006084$$

最终得到绿色谱线折射率为

$$n_\lambda = 1.5204 \pm 0.006084$$

6. 分析与总结：

(1) 本实验主要难点在于分光计的调整要找到反射回来的绿色十字，需要不断调整各个部件，可以用手拨动反光镜来找到十字光标大致方向；

(2) 本实验中有的光线较暗，不容易找到和观测，可以增大光源亮度、降低环境亮度、调整三棱镜角度等方法来调整；

(3) 实验中各个位置数据偏离程度较小，数据一致性比较强。