

分光计的调节及三棱镜色散曲线的测量

201711140236 物理系基地班 李励玮

实验仪器

分光计、低压汞灯、三棱镜、双面平面镜

实验原理

1. 分光计结构及工作原理

分光计主要包括平行光管、阿贝式自准望远镜、载物平台、读数系统。

1) 平行光管

由宽度在 $0.02 \sim 2\text{mm}$ 范围可调的狭缝和汇聚透镜组成。可沿光轴方向移动，调节其与透镜的相对位置。

2) 阿贝式自准望远镜

调节目镜 c 的焦距可以清晰观察到分划板的像，在望远镜筒中移动目镜系统，可以调节物镜和目镜的相对位置，使被观察的对象准确成像于分划板上。

3) 载物平台

平台下由三个调节螺栓，用于调节载物台水平。

4) 读数系统

用于确定望远镜和载物平台的相对方位，由环形主尺刻度盘和游标盘组成。

主尺刻度盘上有 $0 \sim 360^\circ$ 的圆刻度，分度值为 $30'$ ，可以随望远镜一起转动。

为了消除主尺刻度盘中心 O 和游标盘中心 O' 不重合的偏心差，在内盘上相隔 180° 设有两个圆游标 R 和 R' ，每个游标上有 30 个分格，度数系统的准确度为 $1'$ 。系统的读书方法与游标卡尺的相同。

设望远镜实际转过角度 φ ，两个游标读数分别为 φ_1 和 φ_2 ，则 $\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{1}{2}[(R_2 - R_1) + (R'_2 - R'_1)]$

2. 介质对光的色散

光的色散是指光的相速度依赖于光频率的现象。在介质中光传播的相速度 $v = \frac{c}{n}$

通常用介质的折射率 n 或色散率 $\frac{dn}{d\lambda}$ 与波长 λ 的关系描述色散规律。任何介质的色散均可分为正常色散和反常色散，对多数透明材料的正常色散现象，折射率与光波长之间的依赖关系通常用柯西的经验方程描述

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

其中 A 、 B 、 C 为由材料性质确定的常数。

3. 三棱镜的折射率及光的最小偏向角

偏向角 $\delta = i_1 + i_2' - \angle A$ ，对 i_1 求导得 $\frac{d\delta}{di_1} = 1 + \frac{di_2'}{di_1}$ ，当 $\frac{d\delta}{di_1} = 0$ 时有最小偏向角，此时 $\frac{di_2'}{di_1} = -1$ ；

由于 $\sin i_1 = n \sin i_1'$ ， $\sin i_2' = n \sin i_2$ ，可得 $\delta_{min} = 2i_1 - \angle A$

三棱镜折射率 $n_\lambda = \frac{\sin i_1}{\sin \frac{\angle A}{2}} = \sin \frac{\delta_{min} + \angle A}{\sin \frac{\angle A}{2}}$

4. 三棱镜顶角的测量方法

反射法：平行光沿顶角 A 的角平分线入射，被 AB 、 AC 面反射，测得反射线之间的夹角 φ ，则 $\angle A = \varphi/2$

自准法：平行光垂直照射 AB 、 AC 面，测量两个面反射光线的位置计算顶角。

实验内容

1. 调整分光计达到测量要求

2. 用反射法测量三棱镜的顶角，测量 3 次取平均值
3. 测定棱镜对汞灯各谱线（4047，4358，4916，5461，5790，6234，6907（Å））的最小偏向角 δ_{min}
4. 求出不同波长光的折射率，绘制色散关系曲线，计算折射率 n （5461Å）的不确定度

实验步骤

1. 调整分光计

调节使分光计达到下述状态：使平行光管发出平行光，望远镜接受平行光（即聚焦无穷远）；平行光管和望远镜的光轴（望远镜光轴此处是指分划板中心十字交点与物镜光心的连线）与分光计的转轴垂直。

1) 粗调

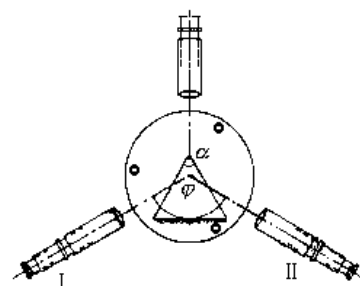
在正式调整前，先目测粗调：使望远镜和平行光管对准；将载物台、望远镜和平行光管大致调水平，使它们大致垂至于分光计中心轴。

2) 用自准法把望远镜聚焦到无穷远

3) 调节平行光管出射平行光

2. 测量三棱镜顶角三次

转动载物台，使三棱镜顶角对准平行光管，让平行光管射出的光束照在三棱镜两个折射面上（如右图）。将望远镜转至 I 处观测反射光，调节望远镜微调螺丝（II），使望远镜竖直叉丝对准狭缝像中心线。再分别从两个游标（设左游标为 A，右游标为 B）读出反射光的方位角 θ_A 、 θ_B ；然后将望远镜转至 II 处观测反射光，相同方法读出反射光的方位角 θ'_A 、 θ'_B 。由右图可以证明顶角为：



$$\alpha = \frac{\varphi}{2} = \frac{1}{4}(|\theta_A - \theta'_A| + |\theta_B - \theta'_B|)$$

要求测量 3 次以上，每次测量完后可以稍微变动载物台位置，再测下一次。

3. 各谱线最小偏向角各测 1 次，其中 5461Å 测三次

1) 在前面调好分光计的基础上，把三棱镜放在载物台上，使其中心与载物台中心重合。

2) 松开望远镜制动螺钉，使光线从 AB 面入射，从 AC 面出射；再左右微转望远镜找到棱镜折射出的汞灯谱线，狭缝的宽度要细，使得能分开汞灯的双黄线。

3) 松开游标盘制动螺钉，轻轻转动游标盘（包括载物台、三棱镜），改变入射角观察汞灯谱线的移动方向，并用望远镜追踪谱线，以免谱线移动到望远镜可视场之外。

4) 当载物台转到（棱镜）位置，载物台继续按照原方向转动，但光线开始反向移动（即偏向角反而变大），此反向移动的转折位置就是棱镜折射的汞灯谱线光线以最小偏向角出射的位置。反复旋转，找准最小偏向角的位置，固定载物台高低锁紧螺钉，微动望远镜，使其分划板上的中心竖线对准谱线，锁定望远镜制动螺钉，记录左右游标的读数 R_1 和 R'_1 。对不同谱线重复测量。

5) 取下三棱镜，载物台保持不动，松开望远镜制动螺钉，转动望远镜对准平行光管，锁紧望远镜制动螺钉，微调望远镜使分划板中心竖线对准狭缝，该位置为入射光的位置，记录 R_0 和 R'_0 。

6) 测定棱镜对波长为 λ 的各谱线的最小偏向角 δ_{min}

4047Å	4358Å	4916Å	5461Å	5790Å	6234Å	6907Å
紫	蓝	蓝绿	绿	黄	红	暗红

数据处理

1. 利用测量的 $\angle A$ 和 δ_{min} 计算三棱镜折射率 n_λ ，绘制 $n - \lambda$ 曲线
2. 由 $n - \lambda$ 曲线用插值法求出棱镜对钠黄光 5893Å 的折射率 n_D
3. 计算折射率 n （5461Å）的不确定度，写出最终表达式。
4. 对 $n - \lambda$ 曲线用多项式拟合，求出棱镜材料的色散关系的经验公式

注意事项

1. 分光计一旦调整好，整个实验过程中不能调节望远镜和平行光管的水平调节螺钉，以免破坏等高、共轴的条件。
2. 望远镜、平行光管及三棱镜的光学表面能用手摸、保持洁净，不能用纸擦，如果光学面不干净，用无水乙醇浸湿的镜头纸贴光学面轻轻拉过即可。
3. 在锁紧螺钉紧锁的条件时，不能硬性转动相关的部件，紧锁各螺钉时不可用力过大。

思考题

1. 为了消除主尺刻度盘中心 O 和游标盘中心 O' 不重合的偏心差。
2. 没有影响，因为测量顶角时，入射光沿棱镜顶角角平分线垂直入射，棱镜的前后移动没有影响入射光的反射角。
3. 当载物台转到（棱镜）位置，载物台继续按照原方向转动，但光线开始反向移动（即偏向角反而变大），此反向移动的转折位置就是棱镜折射的汞灯谱线光线以最小偏向角出射的位置。反复旋转，找准最小偏向角的位置。
4. 随方位角变大色序排列变宽。