

分光计的调节与使用

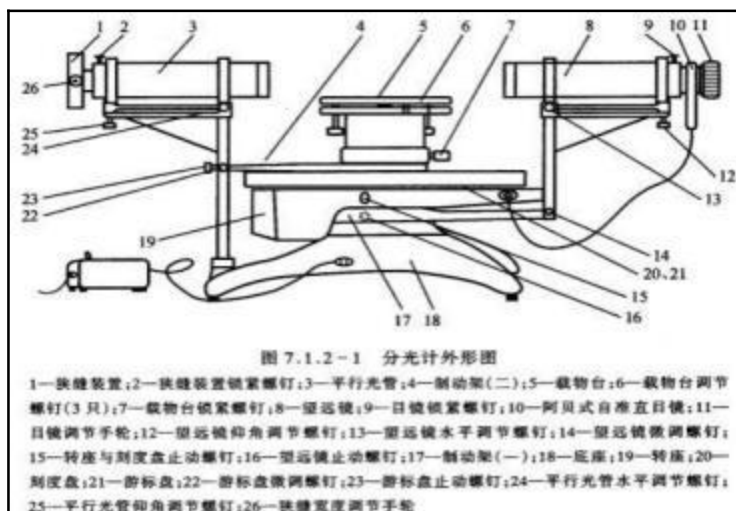
姓名：王冬雪 学号：PB22511902 班级：核科学技术学院 2 班 日期：2023 年 4 月 14 日

实验目的

掌握分光计的调整方法和技巧，利用分光计测量三棱镜的顶角和最小偏向角，获得三棱镜的折射率。

实验原理

1、分光计（测角仪）是可以精确测量光线偏转角的仪器，其结构如下：



2、分光计的调整原理和方法

调整分光计，最终达到下列要求：

①平行光管发出平行光②望远镜对平行光聚焦③望远镜、平行光管光轴垂直仪器公共轴

(1) 调整望远镜：（I）目镜调焦。通过把目镜调焦手轮旋进或旋出，从目镜中观看，直到分划板刻线清晰为止，目的是使眼睛通过目镜能清楚地看到分划板上的刻线。（II）调望远镜对平行光聚焦。这是要将分划板调到物镜焦平面上。调整方法是：（a）把目镜照明，将双面平面镜放到载物台上。（b）粗调望远镜光轴与镜面垂直——用眼睛估测一下，把望远镜调成水平，再调载物台螺钉，使镜面大致与望远镜垂直。（c）观察与调节镜面反射像——固定望远镜，双手转动游标盘，于是载物台跟着一起转动。转到平面镜正好对着望远镜时，在目镜中应看到一个绿色亮十字随着镜面转动而动，这就是镜面反射像。如果像有些模糊，只要沿轴向移动目镜筒，直到像清晰，再旋紧螺钉，则望远镜已对平行光聚焦。（III）调整望远镜光轴垂直仪器主轴。当镜面与望远镜光轴垂直时，它的反射像应落在目镜分划板上与下方十字窗对称的上十字线中心。

(2) 调整平行光管发出平行光并垂直仪器主轴：将被照明的狭缝调到平行光管物镜焦平面上，物镜将出射平行光。调整方法是：取下平面镜和目镜照明光源，狭缝对准前方汞灯光源，使望远镜转向平行光管方向，在目镜中

观察狭缝像，沿轴向移动狭缝筒，直到像清晰。再将狭缝转向横向，调螺钉（25），将像调到中心横线上，螺钉（25）不能再动。再将狭缝调成垂直，锁紧螺钉。

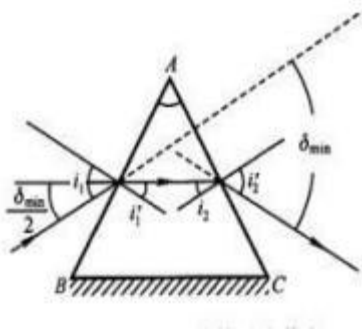
3、用最小偏向角法测量三棱镜材料折射率。

见右图，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）。这时的偏向角称为最小偏向角，记作δ_{min}。

由几何关系及折射率定义式，可得：

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



实验仪器

分光计（格值为 30′，游标最小分度为 1′）、双面平面镜、三棱镜、汞灯、遮光板。

测量记录（原始数据见附件）

表一：

顶角 <i>A</i> 的测量					
序号	<i>θ</i> ₁	<i>θ</i> ₂	<i>θ</i> ₁ [′]	<i>θ</i> ₂ [′]	<i>A</i>
1	179° 43′	359° 45′	300° 2′	480° 2′	59° 42′
2	298° 2′	118° 1′	178° 1′	-1° 59′	59° 59′ 30″
3	296° 50′	116° 15′	176° 52′	-3° 9′	60° 19′

表二：

绿光（546.1nm）最小偏向角测量					
序号	<i>θ</i> ₁	<i>θ</i> ₂	<i>θ</i> ₁ [′]	<i>θ</i> ₂ [′]	δ _n
1	294° 30′	114° 30′	243° 10′	63° 9′	51° 20′ 30″
2	294° 30′	114° 33′	243° 8′	63° 9′	51° 23′
3	20835′	28° 37′	260°	80′	51° 24′

表三：

其余汞灯强谱线最小偏向角					
波长（nm）	<i>θ</i> ₁	<i>θ</i> ₂	<i>θ</i> ₁ [′]	<i>θ</i> ₂ [′]	δ _n
435.8	203° 2′	23° 6′	260°	80° 4′	56° 53′
577.0	205° 30′	25° 30′	260°	80° 5′	54° 32′ 30″
579.0	205° 35′	25° 38′	260°	80° 5′	54° 26′

常见光源光谱结构：

手机闪光灯：呈连续光谱分布。

分析与讨论

数据处理

顶角 A:

由表一,

$$\bar{A} = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{59^\circ 42' + 59^\circ 59' 30'' + 60^\circ 19'}{3} = 60^\circ 10'' = 1.04725 \text{ rad}$$

顶角 A 的 A 类不确定度:

$$u_{1A} = \frac{\sqrt{\sum (\bar{A} - A_i)^2}}{\sqrt{n(n-1)}} = 0.003 \text{ rad}$$

由不确定度传递公式, 顶角 A 的 B 类不确定度:

$$u_{2A} = 2 \frac{\Delta_{\bar{A}}}{\bar{A}} = 2 \times \frac{1'}{3} = 0.00028 \text{ rad}$$

那么, 由展伸不确定度合成公式, 顶角 A 的展伸不确定度:

$$u_A = \sqrt{(t_{0.95} u_{1A})^2 + (k_{0.95} u_{2A})^2} = \sqrt{(4.30 \times 0.003)^2 + (1.645 \times 0.00028)^2} = 0.013 \text{ rad}$$

得到三棱镜顶角

$$A = (1.047 \pm 0.013) \text{ rad}$$

绿光 (546.1nm) 最小偏向角:

由表二,

$$\bar{\delta}_m = \frac{\sum \delta_{mi}}{n} = \frac{51^\circ 20' 30'' + 51^\circ 23' + 51^\circ 24'}{3} = 51^\circ 22' 30'' = 0.285417 \text{ rad}$$

绿光 (546.1nm) 最小偏向角的 A 类不确定度:

$$u_{1\delta_m} = \frac{\sqrt{\sum (\bar{\delta}_m - \delta_{mi})^2}}{\sqrt{n(n-1)}} = 0.0001 \text{ rad}$$

由不确定度传递公式, 绿光 (546.1nm) 最小偏向角的 B 类不确定度:

$$u_{2\delta_m} = 2 \frac{\Delta_{\bar{\delta}_m}}{\bar{\delta}_m} = 2 \times \frac{1'}{3} = 0.00028 \text{ rad}$$

那么, 由展伸不确定度公式, 绿光 (546.1nm) 最小偏向角的展伸不确定度:

$$u_{\delta_m} = \sqrt{(t_{0.95} u_{1\delta_m})^2 + (k_{0.95} u_{2\delta_m})^2} = \sqrt{(4.30 \times 0.0001)^2 + (1.645 \times 0.00028)^2} = 0.0006 \text{ rad}$$

得到绿光 (546.1nm) 最小偏向角

$$\delta_m = (0.2854 \pm 0.0006) \text{ rad}$$

三棱镜材料的折射率

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{0.2854 \text{ rad} + 1.047 \text{ rad}}{2}}{\sin \frac{1.047 \text{ rad}}{2}} = 1.6521$$

由不确定传递公式，

$$\frac{u_n}{|n|} = \left| \frac{\cos \frac{\delta_m + A}{2}}{2 \sin \frac{\delta_m + A}{2}} \right| (u_{\delta_m} + u_A) + \left| \frac{\cos \frac{A}{2}}{2 \sin \frac{A}{2}} \right| u_A$$

则折射率的展伸不确定度：

$$u_n = |n| \left(\left| \frac{\cos \frac{\delta_m + A}{2}}{2 \sin \frac{\delta_m + A}{2}} \right| (u_{\delta_m} + u_A) + \left| \frac{\cos \frac{A}{2}}{2 \sin \frac{A}{2}} \right| u_A \right) = 0.026$$

得到折射率为

$$n = (1.652 \pm 0.026)$$

根据表三，计算得

汞灯强谱线最小偏向角及折射率		
波长 (nm)	δ_m	折射率
435.8	$56^\circ 53'$	1.704169355
577.0	$54^\circ 32' 30''$	1.682426904
579.0	$54^\circ 26'$	1.681403952

可知， n 与波长 λ 成负相关。

误差分析

由

$$\frac{\Delta A}{A} = 1.24\%, \quad \frac{\Delta n}{n} = 1.57\%$$

可知实验误差较大，可能来源于以下方面：

- (1) 操作幅度过大，导致望远镜并未精确对准待测物
- (2) 受光线刺激，视力不佳，游标读数不精确。可以明显看出，表一第一组数据与其他组偏离略大。

实验讨论

本实验对精度要求较高，状况复杂，需要学生多加练习才能顺利完成。各组实验距离可以适当增加，以减少灯光干扰。试验时应多测量几组数据，便于剔除有明显错误的量。

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没调好？

可能由于载物台在第一次调节时并非水平，第二次放置时使平面镜具有倾角，镜面不再垂直望远镜光轴。因此，不能说明望远镜光轴并未调好。

附件

顶角A的测量

序号	θ_1	θ_2^*	θ_1'	θ_2'	A
1	179°43'	359°45'	300°2'	480°2'	179°43' 59°42'
2	298°2'	118°1'	178°9'	-7°59'	180°30' 59°59'30"
3	296°50'	176°55' 116°15'	176°52'	-3°9'	180°18' 60°19'

绿光(546.1nm)最小偏向角测量

序号	θ_1	θ_2^*	θ_1'	θ_2'	δ_m
1	294°30'	114°30'	243°10'	63°9'	51°20'30"
2	294°30'	114°33'	243°8'	63°9'	51°23'
3	208°35'	28°37' 28°37'	260°	80°	51°24'

其余汞灯强谱线最小偏向角

波长(nm)	θ_1	θ_2^*	θ_1'	θ_2'	δ_m
435.8	203°2' 205°35'	23°06' 25°34'	260°	80°4'	56°53'
577.0	205°30'	25°30'	260°	80°5'	54°32'30"
579.0	205°35'	25°38'	260°	80°5'	54°26'

常见光源光谱结构:

手和飞灯: 连续光谱

马. 2023.4.14