

## 实验 5-分光计 A

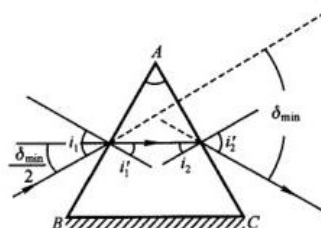
### 实验目的

1. 初步了解分光计的工作原理，学会调节、使用分光计。
2. 学会多种分光计的使用方法，使用分光计进行三棱镜顶角和最小偏向角的测量，进而测量三棱镜玻璃砖的折射率。
3. 学习关于三角函数等复杂计算公式的数据处理方法。

### 实验原理

#### 最小偏向角法

如图 5.2 所示，当一束单色光以  $i_1$  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  $i_2'$ 。



▲图 5.2 最小偏向角法示意图

入射光和出射光之间的夹角称为偏向角。当棱镜顶角 A 一定时，偏向角  $\delta$  的大小随入射角  $i$  的变化而变化。具体表现为：

$$\delta = i_1 + i_2' - A \quad (1)$$

而根据折射定律，玻璃的折射率  $n$  满足：

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_1'} = \frac{\sin i_2'}{\sin i_2} = n \quad (2)$$

同时，由几何关系知

$$A = i_1' + i_2 \quad (3)$$

当  $\delta$  取得最小值时，满足

$$\frac{d\delta}{di_1} = 0, \text{ 即 } \frac{di_2'}{di_1} = -1 \quad (4)$$

# 实验报告

评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18

以上公式全部联立，由数学计算得到 
$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (5)$$

因此，测的最小偏向角 $\delta$ 和顶角  $A$  即可求得三棱镜的折射率  $n$ .

## 实验器材

分光计一台及配套电源，三棱镜，双面平面反射镜。

## 实验步骤

关于分光计：

### 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 5.1 所示。

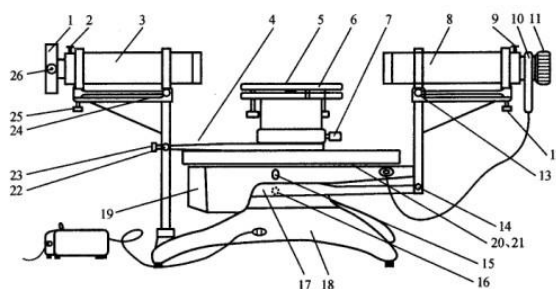


图 7.1.2-1 分光计外形图

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—转盘与刻度盘止动螺钉;16—望远镜止动螺钉;17—制动架(一);18—底座;19—转盘;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 5.1 分光计的结构示意图

### 2. 本实验中的分光计的调节的简要步骤：

- ①调整望远镜目镜对十字分划板聚焦，目的是使得分划板清晰，便于后续对准。
- ②调节望远镜对平行光聚焦。这是由于本实验所观察的光都是平行光。
- ③调节望远镜光轴垂直仪器主轴，这样可以使观察到的光垂直入射于望远镜。
- ④调节平行光管发出的光垂直于仪器主轴，目的是使平行光成像。

实验操作：

### 一、调节仪器

1. 调整望远镜目镜对十字分划板聚焦：调整望远镜目镜目镜调焦手轮，使得十字分划

板呈现清晰的像。从此，目镜调焦手轮不再旋动。目的是使得分划板清晰，便于后续对准。

2.调节望远镜对平行光聚焦：打开望远镜镜筒内绿光电源，将一个平面镜放置于载物台上，使平面镜底边与载物台从中央发射出三条线中的一条重合。

粗调望远镜镜筒，使得望远镜大致水平。调整载物台至大致水平。

转动载物台，使得在望远镜视野内能看见反射回来的绿色十字。调整望远镜镜筒长度，使得绿色十字呈现清晰的像。

3.调节望远镜光轴垂直仪器主轴：固定望远镜与度数盘，使载物台与游标盘固连且能自由转动。转动游标盘，平面镜正对望远镜时，可以看到反射的绿十字。调整载物台螺丝和望远镜仰角调节螺丝，使得其反射的像在分划板的上面的十字叉丝处。将游标盘转动  $180^\circ$ ，观察平面反射镜另一面反射的像。同样调整该绿十字，使得两侧的绿十字都在望远镜视野的上十字叉丝上。

4.调节平行光管发出的光垂直于仪器主轴：取下平面镜，狭缝对准预热好的汞灯光源。从望远镜观察光源成像，沿轴向移动狭缝筒，直到像清晰。这表明光管已发出平行光。

## 二、测量

### 1.测量三棱镜的顶角大小

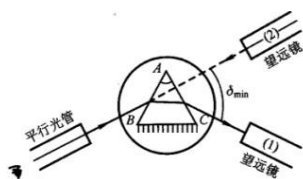
①将调载物台的上下台面大致平行，将棱镜放到平台上，使棱镜三角对准三条刻度线，从而与台下三螺钉的连线所成三边相互垂直。

②遮住从平行光管发出的光，旋转游标盘，载物台上的三棱镜随之转动，使一个光学面正对目镜。微调，使三棱镜反射回来的绿十字在十字叉丝上，记下此时的两侧的游标读数  $\theta_1$  和  $\theta_1'$ 。对于另一个光学面进行同样操作，记下  $\theta_2$  和  $\theta_2'$ 。

③根据公式  $A = \pi - \frac{1}{2} [|\theta_1 - \theta_1'| + |\theta_2 - \theta_2'|]$  即可得到三棱镜的顶角。

### 2.测量最小偏向角

①平行光管对准汞灯光源，将仪器大致如下图 5.3 摆放：



▲图 5.3 最小偏向角仪器摆放示意

# 实 验 报 告

评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18

②转动望远镜，找到三棱镜将光折射后看到的谱线。找到绿色的谱线。

③固定望远镜与刻度盘，左右小角度转动游标盘，该谱线朝着顶角 A 方向移动。望远镜要追踪谱线的位置。继续转动直到谱线将返回为止。这表明这是最小偏向角对应的位置。

③将十字叉丝的竖直刻线对准谱线的位置，读出此时的读数  $\theta_1$  和  $\theta'_1$ 。

④固定游标盘，取下三棱镜，转动望远镜，使入射光直射进入望远镜物镜并成像在十字叉丝的竖直刻线上。记下此时的读数  $\theta_2$  和  $\theta'_2$ 。

⑤根据公式  $\delta_{\min} = \frac{1}{2} [|\theta_1 - \theta'_1| + |\theta_2 - \theta'_2|]$  可以算出最小偏向角。

三、将（一）（二）重复三次，得到三组数据。

四、整理器材，结束实验。

## 数据记录

原始数据记录在数据记录纸上。以下为实验数据：

1.顶角 A:

次数	$\theta_1$	$\theta'_1$	$\theta_2$	$\theta'_2$	A
1	237°31'	57°30'	297°28'	117°27'	59°57'
2	80°12'	260°10'	200°10'	20°08'	59°58'
3	146°30'	326°28'	92°32'	272°30'	59°58'

2.最小偏向角  $\delta_{\min}$  :

次数	$\theta_1$	$\theta'_1$	$\theta_2$	$\theta'_2$	$\delta_{\min}$
1	74°57'	254°56'	21°30'	201°31'	53°26'
2	193°43'	13°40'	247°8'	66°66'	53°26'
3	100°10'	280°12'	153°31'	333°33'	53°21'

## 数据处理

注：所有涉及角度的数据处理均使用弧度制。

1.三棱镜顶角

# 实 验 报 告

评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18

平均值:  $\bar{A} = \frac{\sum A_i}{3} = 1.0465$

标准差:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (A_i - \bar{A})^2}{3-1}} = 1.68 \times 10^{-4}$

A 类不确定度:  $u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{3}} = 9.59 \times 10^{-5} (t_p = 4.30)$

B 类不确定度:  $u_B = k_p \Delta_B / C = 3.38 \times 10^{-4} (k_p = 2)$

合成展伸不确定度为  $U_{0.95} = \sqrt{(t_p u_A)^2 + u_B^2} = 5 \times 10^{-4}$

即  $A = 1.0465 \pm 0.0005 (P = 0.95)$

2. 最小偏向角  $\delta_{\min}$

平均值:  $\bar{\delta}_{\min} = \frac{\sum \delta_{\min}}{3} = 0.9321$

标准差:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\delta_{\min i} - \bar{\delta}_{\min})^2}{3-1}} = 8.40 \times 10^{-4}$

A 类不确定度:  $u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{3}} = 4.85 \times 10^{-4} (t_p = 4.30)$

B 类不确定度:  $u_B = k_p \Delta_B / C = 3.38 \times 10^{-4} (k_p = 2)$

合成展伸不确定度为  $U_{0.95} = \sqrt{(t_p u_A)^2 + u_B^2} = 2 \times 10^{-3}$

即  $\delta_{\min} = 0.932 \pm 0.002 (P = 0.95)$

3. 结果的计算

将以上数值带入式⑤:

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

得到  $n = 1.6723$

根据误差分析公式知:

# 实 验 报 告

评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18

$$\frac{\Delta n}{n} = \sqrt{\left( \left( \frac{1}{2} \cot\left( \frac{\delta_{\min} + A}{2} \right) - \frac{1}{2} \cot\left( \frac{A}{2} \right) \right) u_A \right)^2 + \left( \frac{1}{2} \cot\left( \frac{\delta_{\min} + A}{2} \right) u_B \right)^2}$$

带入数值后，得到  $\frac{\Delta n}{n} = 7.5 \times 10^{-4}$

因此  $\Delta n = 0.0012$

综上，三棱镜折射率测量结果为

折射率:  $n = 1.6723 \pm 0.0012 (P = 0.95)$

⑫

## 误差分析

1. 测量绿光所在的位置时，因绿光的宽度较窄时看不清，较宽时又会使误差增大；
2. 仪器问题引发系统误差；
3. 测量数据次数较少，误差较大。

## 思考题

1. 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？

答：

(1) 这是因为载物台没有调整至水平。

(2) 并不能说明望远镜光轴还没调好，只有将载物台先调水平后才能确认望远镜光轴受否已经调好。

## 实验小结

这个实验的实验过程不难，但是分光计的调整和准备比较麻烦。从结果来看，实验比较成功，在一定精度上测量了玻璃的折射率。

# 实 验 报 告

评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18

## 干涉法测微小量 数据处理

### 一 测量牛顿环的半径

数据记录:

读数显微镜对某一个圆环读数: (单位: mm)

测量次数	1	2	3	均值
$d_{30}$	27.770	27.881	27.379	27.6767
$d_{25}$	28.079	28.196	27.580	27.9517
$d_{20}$	28.412	28.529	27.920	28.2870
$d_{15}$	27.808	28.934	28.320	28.5540
$d_{10}$	29.233	29.354	28.759	29.1153
$d_5$	29.772	29.901	29.291	29.6547
$d_5'$	34.822	34.948	34.358	34.7093
$d_{10}'$	35.391	35.509	34.792	35.2307
$d_{15}'$	35.851	35.961	35.256	35.6893
$d_{20}'$	36.226	36.340	35.591	36.0523
$d_{25}'$	36.561	36.674	35.840	36.3583
$d_{30}'$	36.891	37.010	36.179	36.6933

因此得到各级圆环的直径  $D$  (单位: mm):

$D_5$	9.0166
$D_{10}$	8.4066
$D_{15}$	7.7653
$D_{20}$	7.1353
$D_{25}$	6.1154
$D_{30}$	5.0546

将  $D^2$  对  $4n\lambda$  拟合:

$Y = D_n^2$ (单位: $m^2$ )	$X = 4n\lambda$ (单位: $m$ )
8.13E-05	7.07E-05
7.07E-05	5.89E-05
6.03E-05	4.71E-05
5.38E-05	3.54E-05
3.74E-05	2.36E-05
2.55E-05	1.18E-05

得到拟合公式及图像:

$$Y=0.9423X+1.54 \times 10^{-5}(m), r=0.9985$$

所以该牛顿环的半径为  $R=0.942m$ .

图像:

# 实 验 报 告

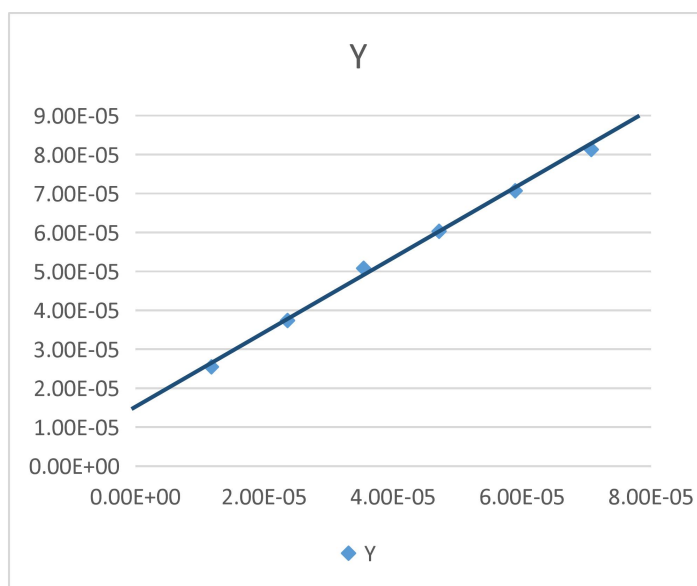
评分:

少年班学院 系 20 级

学号 \*\*\*\*\*

姓名 \*\*\*\*\*

日期 2021-5-18



## 二 计算头发丝的直径

三次测量 20 条条纹间距和头发丝到接触线的距离，数据如下(单位：mm)

测量次数		1	2	3
20 条条纹间距	开始位置	29.891	33.856	45.600
	终点位置	32.746	36.711	48.454
头发丝到接触线的距离	开始位置	4.459	3.039	1.461
	终点位置	45.413	44.001	42.380

由此计算得到：(单位：mm)

20 条条纹间距 D	2.855	2.855	2.854	平均：2.8547
头发丝到接触线的距离 L	40.954	40.962	40.919	平均：40.9450

因此： $d = \frac{20L}{D} \cdot \frac{\lambda}{2} = 84.54 \mu\text{m}$  即头发丝的直径。

## 思考题

1.当读数显微镜刻度尺指向整数时，测微鼓轮不为 0 怎么办？

答：首先，在一次测量中，测微鼓轮应该朝着同一个方向转动，以此避免空程差对结果带来的干扰。其次，我们可以记下此时测微鼓轮的读数 A，约定：测量时，测微鼓轮读数在 0 到 A 时归属上一个整数，在 A 到 100 时归属下一个整数。另外，也可以通过判断转了几圈来确定其对应的整数部分。这样可以有效避免记错数据的情况。