

# 分光计的调节和色散曲线的测定

电 62 唐庆虎 2016010931

实验编号：15 做实验日期：3 月 31 日

## 【实验目的】

- 1、了解分光计的原理与构造，学会调节分光计；
- 2、用最小偏向角法测定玻璃折射率；
- 3、掌握三棱镜顶角的两种测量方式；
- 4、探索三棱镜的色散规律

## 【实验仪器】

分光计、平面反射镜、玻璃三棱镜、氦光谱管及其电源

## 【实验原理】

### 1、 分光计的结构及调节原理

#### (1) 分光计结构

分光计主要由平行光管、望远镜、刻度盘和载物平台构成，如图 1 所示。其中，刻度盘、游标盘平面垂直于仪器主轴，望远镜、平行光管、刻度盘和载物平台都可以绕主轴旋转。

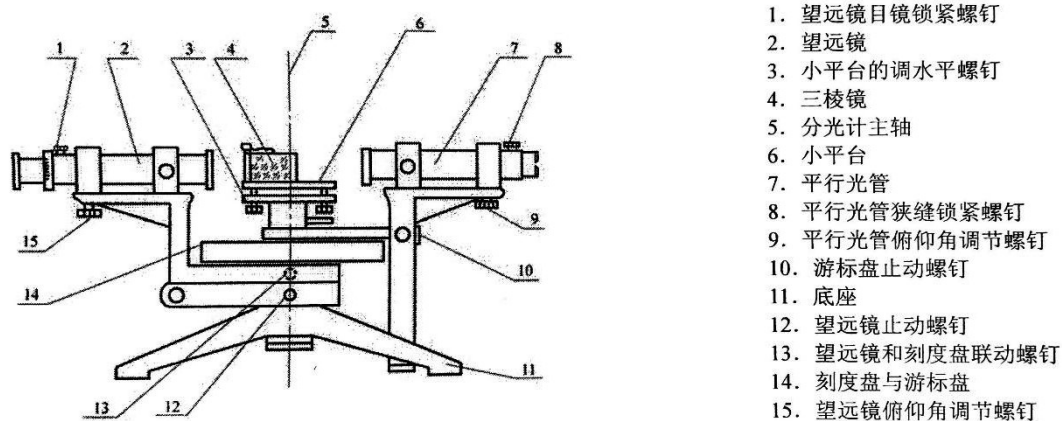


图 1 分光计结构示意图

#### (2) 自准直望远镜

如图 2 所示，自准直望远镜中间装有一块分划板，分划板下方与小棱镜的直角面紧贴，直角面上刻有十字形透光叉丝，小灯的光线经过棱镜折射照亮十字叉丝。如果叉丝平面恰好处在物镜焦平面上，叉丝发出的光经物镜折射后成一平行光束。平行光被载物台上的平面反射镜反射后，会经物镜成像于焦平面（即分划

板)上,并且无视差。如果望远镜光轴和平面镜法线平行,则十字像与分划板上焦点重合。由此可以调节望远镜使其适于观察平行光。

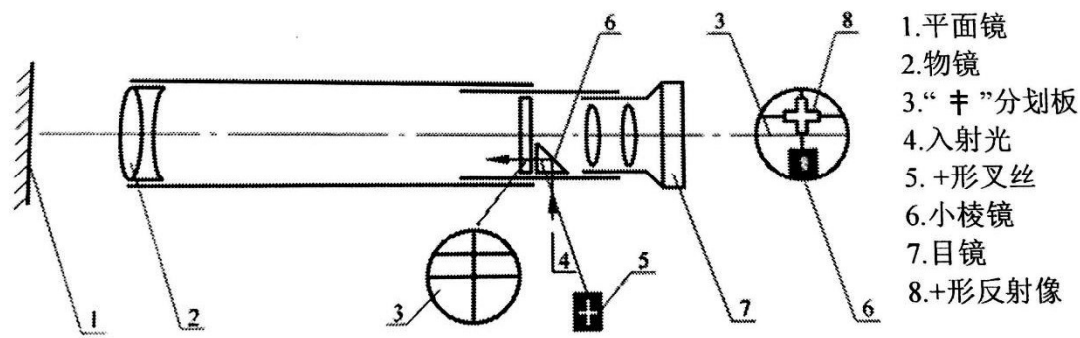


图 2 自准直望远镜结构示意图

### (3) 平行光管

如图 3 所示,当狭缝调节到透镜焦平面上时,狭缝的光经透镜成为平行光。

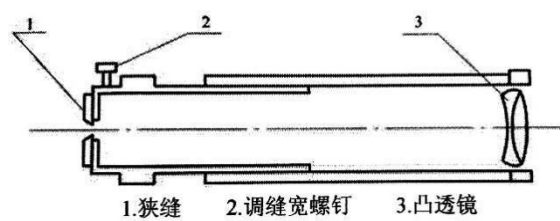


图 3 平行光管结构示意图

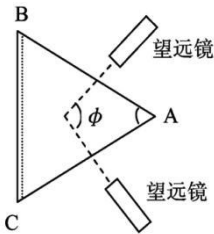


图 4 自准直法测三棱镜顶角光路

### (4) 双游标

为了消除刻度盘的偏心差,采用两个相差 180° 的窗口读数。

## 2、自准直法测量三棱镜顶角

如图 4 所示,测出三棱镜两个光学面法线夹角  $\phi$ , 则可得顶角  $A = 180^\circ - \phi$

## 3、最小偏向角法测玻璃的折射率

如图 5 所示,

入射光和出射光的夹角  $\Delta$  称为偏向角

$$\Delta = (i - r) + (i' - r')$$

可以证明,当入射角  $i$  等于出射角  $i'$  时,

偏向角最小,记为  $\delta$

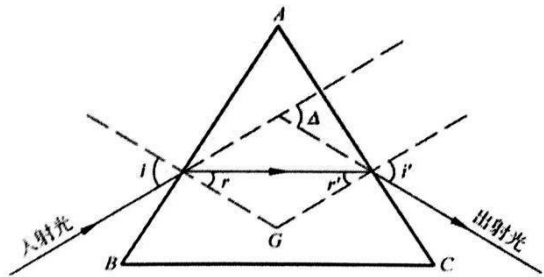


图 5 最小偏向角法光路图

$$\delta = 2(i - r) \quad (1)$$

$$\text{由几何关系可知, } r = \frac{A}{2} \quad (2)$$

将（1）（2）带入折射定律，得

$$\text{三棱镜折射率 } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{A+\delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (3)$$

由（3）式知，只要测出三棱镜顶角  $A$  和最小偏向角  $\delta$ ，则可计算玻璃折射率

#### 4、色散及色散曲线

材料对不同波长的光线折射率不同，这种现象称为色散。

对于一般透明材料，折射率随波长的减小而增大。对于一种玻璃材料所作出的折射率和波长的关系曲线称为色散曲线。

不同材料的色散曲线不同，可以用色散本领  $V$  来表示玻璃色散的程度

$$V = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} \quad (4)$$

其中  $n_C$ 、 $n_D$ 、 $n_F$  三条谱线波长为  $\lambda_C = 656.3\text{nm}$ 、 $\lambda_D = 589.3\text{nm}$ 、 $\lambda_F = 486.1\text{nm}$

利用经验公式  $n^2 = A_0 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda^{-2} + A_3\lambda^{-4} + A_4\lambda^{-6} + A_5\lambda^{-8}$  进行非线性拟合，可以得到色散曲线。

### 【实验步骤】

#### 1、调节望远镜

- （1）调节望远镜适于观察平行光
- （2）调节望远镜光轴垂直于分光计主轴

#### 2、调节平行光管

- （1）调节平行光管产生平行光
- （2）调节平行光管光轴垂直于分光计主轴

#### 3、调节三棱镜两个光学面法线垂直于分光计主轴

#### 4、利用自准直法测量三棱镜顶角

#### 5、调节三棱镜方向使其位于最小偏向角状态

#### 6、测量氦光管谱线的最小偏向角

### 【实验数据分析处理】

#### 1、自准直法测量三棱镜顶角

分光计编号 15    三棱镜编号 15     $\Delta_{\text{仪}} = \underline{1'}$

表格 1 测量三棱镜顶角实验数据

$i$	$\theta_{1T1}$	$\theta_{2T1}$	$\theta_{1T2}$	$\theta_{2T2}$	$\varphi_i = \frac{1}{2}( \theta_{1T2} - \theta_{1T1}  +  \theta_{2T2} - \theta_{2T1} )$
1	2°51′	182°47′	122°45′	302°46′	119°56′30″
2	2°51′	182°48′	122°45′	302°46′	119°56′0″
3	2°51′	182°47′	122°45′	302°46′	119°56′30″

注：表中角标 1、2 分别代表左右游标

$$\overline{\varphi} = \frac{1}{3}(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) = 119^\circ 56' 20''$$

$$\text{顶角 } A = 180^\circ - \overline{\varphi} = 180^\circ - 119^\circ 56' 20'' = 60^\circ 3' 20''$$

$$\Delta_A = \sqrt{\Delta_{\theta_1}^2 + \Delta_{\theta_2}^2} = \sqrt{2}\Delta_{\text{仪}} = 1.5'$$

2、测量最小偏向角

表格 2 测量最小偏向角实验数据

波长/nm	$\theta_1$	$\theta_2$	$\delta = \frac{1}{2}( \theta_1 - \theta_{10}  +  \theta_2 - \theta_{20} )$	$n = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$
入射光	43°28′	223°25′		
447.1	350°7′	170°6′	53°20′	1.6701
471.3	350°42′	170°39′	52°46′	1.6647
492.2	351°6′	171°4′	52°21′30″	1.6607
501.6	351°17′	171°13′	52°11′30″	1.6591
587.6	352°24′	172°22′	51°3′30″	1.6480
667.8	353°00′	172°59′	50°27′	1.6420
706.6	353°16′	173°14′	50°11′30″	1.6394

注：表中望远镜转动时经过了刻度盘零点，故计算角度差时应加上（减去）180°

由表中数据，对波长  $\lambda = 587.6\text{nm}$  的黄色谱线，有

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} = \frac{\sin \frac{60^\circ 3' 20'' + 51^\circ 3' 30''}{2}}{\sin \frac{60^\circ 3' 20''}{2}} = 1.6480$$

$$\Delta_{\delta}=\sqrt{\Delta_{\theta_1}^2+\Delta_{\theta_2}^2}=\sqrt{2}\Delta_{\text{仪}}=1.5'$$

根据柯西误差传递公式

$$\Delta_n=\sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial A}\Delta_A\right)^2+\left(\frac{\partial n}{\partial \delta}\Delta_{\delta}\right)^2}=\sqrt{\left(\frac{\sin\frac{\delta}{2}}{2\sin^2\frac{A}{2}}\Delta_A\right)^2+\left(\frac{\cos\frac{A+\delta}{2}}{2\sin\frac{A}{2}}\Delta_{\delta}\right)^2}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{\sin\frac{51^{\circ}3'30''}{2}}{2\sin^2\frac{60^{\circ}3'20''}{2}}\times\frac{1.5\times2\pi}{360\times60}\right)^2+\left(\frac{\cos\frac{60^{\circ}3'20''+51^{\circ}3'30''}{2}}{2\sin\frac{60^{\circ}3'20''}{2}}\times\frac{1.5\times2\pi}{360\times60}\right)^2}$$

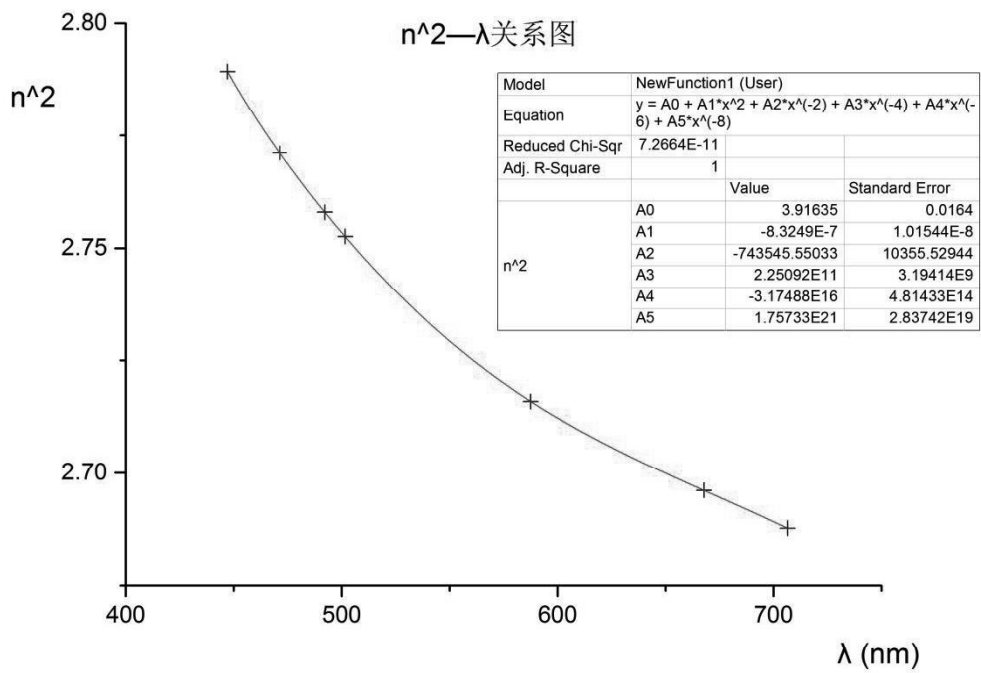
$$=0.0005$$

因此，通过最小偏向角法测得该三棱镜对黄光（λ=587.6nm）的折射率为

$$n\pm\Delta_n=1.6480\pm0.0005$$

### 3、探究三棱镜对光的色散规律

- （1） 利用已经测得的各项谱线的偏向角算得各种波长λ下对应的折射率 n
- （2） 做  $n^2-\lambda$  曲线,并用公式  $n^2=A_0+A_1\lambda^2+A_2\lambda^{-2}+A_3\lambda^{-4}+A_4\lambda^{-6}+A_5\lambda^{-8}$  进行非线性拟合，结果如图表 1 所示：



图表 1  $n^2-\lambda$  色散关系图

(3) 利用内插法取得三条特征谱线的折射率，并计算色散本领

波长	$n^2$	$n$
$\lambda_C = 656.3\text{nm}$	2.6985	1.6427
$\lambda_D = 589.3\text{nm}$	2.7154	1.6478
$\lambda_F = 486.1\text{nm}$	2.7616	1.6618

$$V = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} = \frac{1.6618 - 1.6427}{1.6478 - 1} = 0.02948$$

利用  $\lambda_D = 589.3\text{nm}$  下的折射率  $n = 1.6478$  查表,

可得三棱镜材料为 ZF1 (重火石玻璃)

对照色散本领  $V_{\text{参考}} = \frac{1}{33.870} = 0.02952$ , 测量结果较为接近

#### 【实验反思与思考题】

1、无法判断小平台是否垂直于主轴，原因有二。首先，小平台法线方向有两个自由度，而旋转  $180^\circ$  反复调节只保证了一个自由度方向不偏离主轴，另一个自由度方向的情况无法保证。其次由于平面反射镜的底座与镜面不一定垂直，导致根据底座校准的小平台也不一定垂直于主光轴。

2、入射光位于图(c)情况时才可能找到最小偏向角。具体光路如图 6 所示，因为位于最小偏向角状态时，入射角等于出射角，整个光路处于对称状态。由于三棱镜折射率大于空气，从空气入射时折射角小于入射角，因此只有 (c) 情况可能找到最小偏向角。

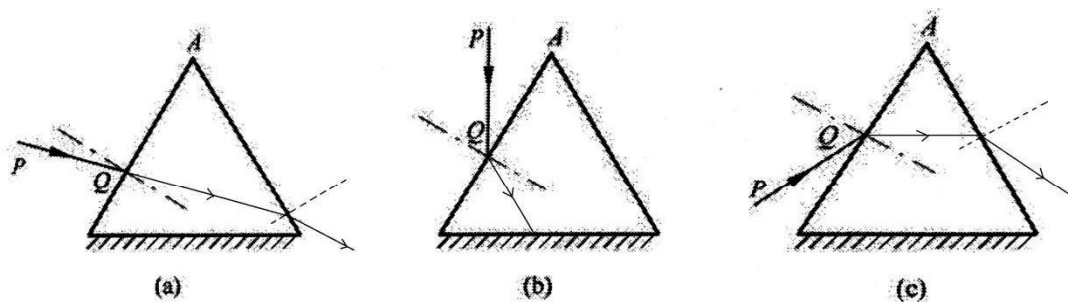


图 6 光线经三棱镜折射光路图

3、先测量已知波长光线的最小偏向角得到该三棱镜材料的色散曲线，再测

量未知波长光线的最小偏向角，算得材料对其折射率，代入色散曲线利用内插法即可求得未知光线的波长。

4、如图 7 所示，根据焦平面的成像规律，位于焦平面上下方的十字叉丝发出的光线经透镜折射后成平行光，平行光经过平面镜反射再次经过透镜折射，会将十字叉丝在关于主光轴对称的位置成像。

由于十字像与叉丝上横线关于中线（透镜主光轴）对称，故十字反射像会与叉丝上方焦点重合。

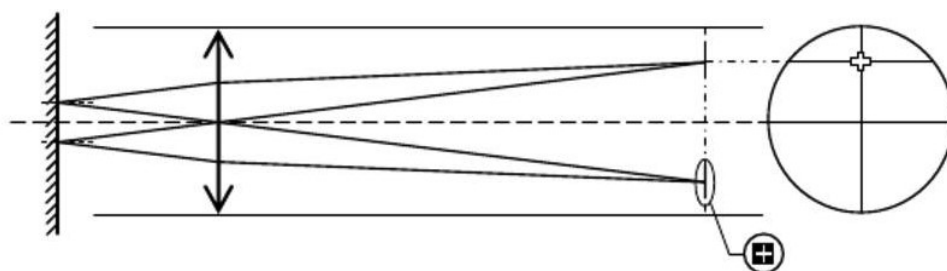


图 7 自准直法十字反射像成像光路图