

分光计的调节和色散曲线 的测定 实验报告

B(1)组

软件 91 李金鹏

2019013254

一. 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法。

二. 实验原理

1. 分光计的结构及调节原理

(1) 望远镜

分光计中采用的是自准望远镜。绿色小灯从小棱镜另一个直角面射入，从空心十字形中射出。在物镜前方放一面反射镜，将绿光反射回来，则反射光进入物镜后还将汇聚在焦平面上。如果望远镜光轴与平面镜的法线平行，在目镜里看到的绿色十字形应该与“十”形叉丝的上交点重合。

(2) 平行光管

平行光管由狭缝和透镜组成。狭缝和透镜之间距离可以通过伸缩狭缝套筒来调节。只要将狭缝调到透镜的焦平面上，则从狭缝发出的光经透镜后就成为平行光。

(3) 刻度盘

分光计的刻度盘垂直于分光计主轴并且可绕主轴转动。为消除刻度盘的偏心差，采用两个相差 180° 的窗口读数。游标的最小分度值为 $1'$ 。

2. 用最小偏向角法测玻璃的折射率

入射光和出射光的夹角 Δ 成为偏向角。当入射角 i 等于出射角 i' 时，入射光和出射光之间的夹角最小，称为最小偏向角 δ 。

$\Delta = (i - r) + (i' - r')$ 。当 $i = i'$ 时，由折射定律有 $r = r'$ 。这时用 δ 替代 Δ 得： $\delta = 2(i - r)$ 。又因为 $r + r' = 2r = \pi - G = \pi - (\pi - A) = A$ ，所以 $r = A/2$ 。联立两式得：

$$i = \frac{A + \delta}{2}$$

由折射定律有：

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

只要测出三棱镜顶角 A 和最小偏向角 δ ，就可以计算出棱镜玻璃对该波长的单色光的折射率 n 。

3. 色散及色散曲线的拟合

当入射光不是单色光时，虽然入射角对各种波长的光都相同，但出射角并不相同，表明折射率也不相同。折射率 n 随波长 λ 而变的现象称为色散。一般可采用平均色散 $n_F - n_C$ 或色散本领

$$V = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

来表示某种玻璃色散的程度。其中 n_C 、 n_D 和 n_F 分别表示玻璃对夫琅和费谱线中C线、D线和F线的折射率。这三条线的波长分别是 $\lambda_C = 656.3\text{nm}$ 、 $\lambda_D = 589.3\text{nm}$ 、 $\lambda_F = 486.1\text{nm}$ 。

用经验公式来表示可见光范围内玻璃材料的折射率与波长之间的关系时，较方便适用的公式是：

$$n^2 = A_0 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda^{-2} + A_3\lambda^{-4} + A_4\lambda^{-6} + A_5\lambda^{-8}$$

4. 三棱镜顶角的测量原理

用自准法测定三棱镜顶角。只要测出三棱镜两个光学面的法线之间的夹角 ϕ ，即可求得顶角 $A = 180^\circ - \phi$ 。

三. 实验仪器

实验仪器有分光计、平面反射镜、玻璃三棱镜、氢光谱管及其电源。

四. 实验任务及操作要点

1. 分光计的调节

(1) 调节望远镜

- a) 调节望远镜适合于观察平行光
- b) 调节望远镜光轴垂直于分光镜主轴

(2) 调节平行光管

- a) 调节平行光管使产生平行光
- b) 调节平行光管主轴垂直于分光镜主轴

(3) 调节三棱镜的两个光学面的法线垂直于分光计主轴

2. 测量氢光谱管谱线的最小偏向角 δ

- (1) 观察谱线并对照氢光谱图认谱
- (2) 确定最小偏向角

3. 测量三棱镜顶角（略）

五. 数据记录与处理

1. 折射率 n 的不确定度 Δn 的表达式

$$\therefore n = \frac{\sin \frac{A+\delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\therefore \frac{\partial n}{\partial A} = \frac{\frac{1}{2} \cos \frac{A+\delta}{2} \sin \frac{A}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{A+\delta}{2} \cos \frac{A}{2}}{\sin^2 \frac{A}{2}} = \frac{\frac{1}{2} \sin \left(\frac{A}{2} - \frac{A+\delta}{2} \right)}{\sin^2 \frac{A}{2}} = -\frac{\sin \frac{\delta}{2}}{\sin^2 \frac{A}{2}}$$

$$\frac{\partial n}{\partial \delta} = \frac{\cos \frac{A+\delta}{2}}{2 \sin \frac{A}{2}}$$

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

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

$$\text{又} \because \Delta_{\text{仪}} = 1', \therefore \Delta_A = \Delta_\delta = \sqrt{2} \Delta_{\text{仪}} = \sqrt{2}' = 4.11 \times 10^{-4} \text{rad}$$

在估计 Δn 时, 取 $A = 60^\circ$, $\delta = 50^\circ$, 则:

$$\Delta n = \Delta_\delta \cdot \sqrt{\left(-\frac{\sin \frac{\delta}{2}}{\sin^2 \frac{A}{2}} \right)^2 + \left(\frac{\cos \frac{A+\delta}{2}}{2 \sin \frac{A}{2}} \right)^2}$$

$$= 4.11 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{\sin 25^\circ}{\sin^2 30^\circ} \right)^2 + \left(\frac{\cos 55^\circ}{2 \sin 30^\circ} \right)^2} = 7 \times 10^{-4}$$

所以 n 应取五位有效数字。

2. 最小偏向角测三棱镜折射率数据表格

分光计编号: 24; 三棱镜编号: 5。

$A = \underline{60^\circ 0'}$; $\Delta_{\text{仪}} = \underline{1'}$; 入射光方位 $\phi_{10} = \underline{225^\circ 29'}$; $\phi_{20} = \underline{45^\circ 28'}$ 。

氦谱线波长/nm	ϕ_1	ϕ_2	δ_1 $= \phi_1 - \phi_{10}$	δ_2 $= \phi_2 - \phi_{20}$	$\delta =$ $\frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$	$\frac{A + \delta}{2}$	$n =$ $\frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$
----------	----------	----------	--------------------------------------	--------------------------------------	---	------------------------	---

447.1	278°49′	98°47′	53°20′	53°19′	53°19′30″	56°49′30″	1.6740
471.3	278°15′	98°14′	52°46′	52°46′	52°46′00″	56°46′00″	1.6729
492.2	277°49′	97°50′	52°20′	52°22′	52°21′00″	56°21′00″	1.6645
501.5	277°41′	97°42′	52°12′	52°14′	52°13′00″	56°13′00″	1.6623
587.6	276°33′	96°30′	51°4′	51°2′	51°03′00″	55°33′00″	1.6492
667.8	275°57′	95°55′	50°28′	50°27′	50°27′30″	55°27′30″	1.6474
706.6	275°40′	95°39′	50°11′	50°11′	50°11′00″	55°11′00″	1.6420

（表中脚标 1、2 分别表示左右游标读数）

$$n^2 = A_0 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda^{-2} + A_3\lambda^{-4} + A_4\lambda^{-6} + A_5\lambda^{-8}$$

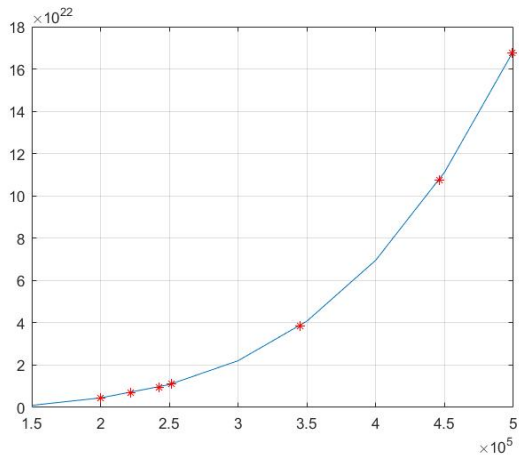
为了得到比较平滑的曲线，将上式做以下变形

$$\lambda^8 n^2 = \lambda^8 A_0 + A_1 \lambda^{10} + A_2 \lambda^6 + A_3 \lambda^4 + A_4 \lambda^2 + A_5$$

令 $y = \lambda^8 n^2, x = \lambda^2$,则可以得到一个简单的五次多项式

$$y = A_1 x^5 + A_0 x^4 + A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$$

拟合结果为



其中

$$A1 = -2.264e-06 \quad (-2.466e-05, 2.013e-05)$$

$$A0 = 4.653 \quad (-34.12, 43.43)$$

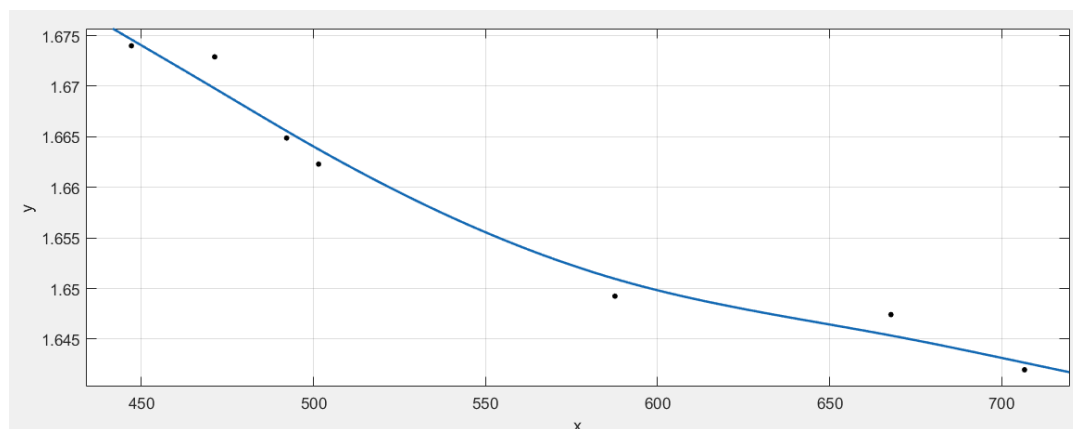
$$A2 = -1.177e+05 \quad (-2.626e+07, 2.603e+07)$$

$$A3 = -3.116e+11 \quad (-8.873e+12, 8.249e+12)$$

$$A4 = 9.954e+16 \quad (-1.261e+18, 1.46e+18)$$

$$A5 = -8.738e+21 \quad (-9.262e+22, 7.514e+22)$$

而 n 与 λ 的拟合曲线如下图：



根据第一次拟合的比较完美的曲线，计算：

$$n_C = 1.6482, \quad n_D = 1.6501, \quad n_F = 1.6677$$

$$\therefore \text{平均色散为: } n_F - n_C = 1.6677 - 1.6482 = 0.0195$$

$$\text{色散本领: } V = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} = \frac{0.0195}{1.6501 - 1} = 0.0300$$

3. 测量三棱镜顶角数据记录表格




测量序号	1		2		3	
	游标 I	游标 II	游标 I	游标 II	游标 I	游标 II
第一位置 T_1	10°20′	190°18′	273°14′	93°16′	279°06′	99°10′
第二位置 T_2	130°16′	310°18′	153°12′	333°14′	159°02′	339°10′
ϕ_i $= T_1 - T_2 $	119°56′	120°00′	120°02′	120°02′	120°04′	120°00′
ϕ $= \frac{1}{2}(\phi_I - \phi_{II})$	119°58′		120°02′		120°02′	

$$\therefore \text{用自准法测得的三棱镜顶角为: } A = 180^\circ - (119^\circ 58' + 2 \times 120^\circ 02') \div 3 = 59^\circ 59' 20''$$

六. 实验总结与分析

这次实验十分考验我的耐心，单单是测量前的调试都花了 1 个小时的时间，一遍一遍的放平面镜，一遍一遍的找绿十字，由于实验仪器很灵敏，稍一抖动就找不着绿十字图案了，但最后进入状态后就调试的比较快了。

还有就是寻找最小偏向角时，当我找到了黄光的最小偏向角时，在没有改变偏向角的前提下，读了其他光的偏向角，并错误的将它们当作各自的最小偏向角，在老师的点拨下，及时改正，因为不同的波长最小偏向角不同。

还有就是一些心得：在观察最最小偏向角时，那个转折点不好把握，我采用的方法是把“”的垂直中线当成参考，与被测光对其，然后转动小平台，若光线跨过“”的垂直中线，则调小望远镜偏转角度，直到“”的垂直中线是该色光所达到的最远距离。实测，这个方法比直接观察最小偏向角位置剩眼力。

（原始数据表格见附页）

李金朋 软件91 2019013154

26号

最小偏向角测三棱镜折射率数据表格

分光计编号 26 ; 三棱镜编号 5 ; $A =$; $\Delta k =$;

入射光方位 $\phi_{10} = 225^{\circ}28'$; $\phi_{20} = 65^{\circ}28'$; 52.46 ; $52^{\circ}13'$

氢谱线波长 /nm	ϕ_1	ϕ_2	$\delta_1 = \phi_1 - \phi_{10}$	$\delta_2 = \phi_2 - \phi_{20}$	$\delta = \frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$	$\frac{A + \delta}{2}$	$n = \frac{A + \delta}{\sin \frac{A + \delta}{2}} / \frac{A}{\sin \frac{A}{2}}$
447.1	218°49'	98°47'	53°20'	53°19'	53°20'		
471.3	218°49'	98°47'	53°20'	53°19'	53°20'		
492.2	217°49'	97°50'	52°20'	52°22'	52°21'		
501.5	217°49'	97°50'	52°20'	52°22'	52°21'		
587.6	216°33'	96°30'	51°4'	51°2'	51°3'		
667.8	215°57'	95°55'	50°28'	50°27'	50°28'		
706.6	215°40'	95°39'	50°11'	50°11'	50°11'		

表中脚标 1、2 分别表示左右游标读数。

测量三棱镜顶角数据记录表格

测量序号	游标 I	游标 II	游标 I	游标 II	游标 I	游标 II
第一位置 T_1	245°15'	65°15'	273°14'	93°16'	279°06'	99°10'
第二位置 T_2	130°16'	310°18'	153°12'	333°14'	159°02'	339°10'
第三位置 T_3	119°56'	120°00'	120°02'	120°02'	120°04'	120°00'
第四位置 T_4	119°58'		120°02'		120°02'	

$$180^{\circ} - 119^{\circ}58' = 60^{\circ}2'$$

$$180^{\circ} - 120^{\circ}02' = 59^{\circ}58'$$

$$180^{\circ} - 120^{\circ}02' = 59^{\circ}58'$$