

天津大学物理实验报告

信息 学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘楠

成绩 91

实验日期: 2014.11.11 学号 3013204272 同组实验者

实验题目: 测定棱镜玻璃的折射率

一. 实验目的

1. 会用最小偏向角法测定棱镜玻璃折射率;
2. 掌握测角计的调节和使用方法;
3. 观察了解棱镜的色散和光谱的一般特征。

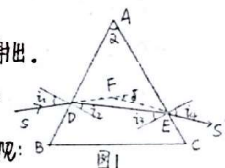
二. 实验仪器

测角计, 三棱镜, 低压汞灯

三. 实验原理

图1表示单色光束沿SD方向射在三棱镜的AB面上, 经过两次折射从E'方向射出。

△ABC是三棱镜的主截面(垂直于各棱脊的横截面)。图中所示光线和角度都在此平面内。入射光线与出射光线之间的夹角叫做偏向角, 以 δ 表示。由图可见:



$$\delta = \angle FDE + \angle FED = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

因顶角 $A = i_2 + r_1$, 所以 $\delta = (i_1 + r_1) - A$ (1-1)

因三棱镜的顶角 A 和折射率 n 皆为定值, 故 δ 只随入射角 i_1 而变。由实验得知, 在 δ 随 i_1 的变化中, 对某一 i_1 值, δ 有一极小值, 这就是最小偏向角 δ_{min} 。图2表示出这种变化关系。按求极值的方法可以获得满足最小偏向角的条件。

由式(1-1)对 i_1 求导数得 $\frac{d\delta}{di_1} = 1 + \frac{dr_1}{di_1}$

δ_{min} 的必要条件是 $\frac{d\delta}{di_1} = 0$ 于是 $\frac{dr_1}{di_1} = -1$ (1-2)

按折射定律, 光在AB面和AC面折射时有

$$\sin i_1 = n \sin r_1 \quad \sin i_2 = n \sin r_2 \quad (1-3)$$

$$\text{又 } \frac{di_2}{di_1} = \frac{dr_2}{dr_1} \cdot \frac{dr_1}{di_1} = \frac{n \cos r_1}{\cos i_1} \cdot (-1) = -\frac{\cos r_1}{\cos i_1}$$

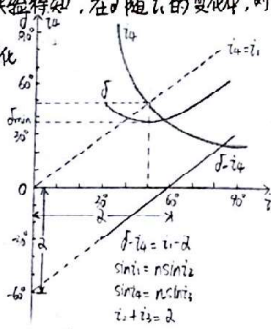


图2 偏向角 δ 随入射角 i_1 的变化关系曲线

天津大学物理实验报告

$$-\frac{\cos i_2 \sqrt{1-n^2 \sin^2 r_2}}{\cos i_1 \sqrt{1-n^2 \sin^2 r_1}} = -\frac{\cos i_2 \sqrt{\sin^2 i_2 + \cos^2 i_2 - n^2 \sin^2 r_2}}{\cos i_1 \sqrt{\sin^2 i_1 + \cos^2 i_1 - n^2 \sin^2 r_1}} = -\frac{\sqrt{1+(1-n^2)\tan^2 i_2}}{\sqrt{1+(1-n^2)\tan^2 i_1}} \quad (1-4)$$

比较(1-2)与(1-4)有 $\tan i_2 = \tan i_1$, 而 i_2 和 i_1 必小于 90° , 故由式(1-2)得出 $i_2 = i_1$ (1-5)

因此由式(1-3)得出 $r_1 = r_2$ (1-6)

可见, 式(1-5)或式(1-6)为 δ 达到极小值的条件。把式(1-6)代入式(1-1)得 $\delta_{min} = 2i_1 - A$

或 $i_1 = \frac{1}{2}(\delta_{min} + A)$

而 $A = i_2 + r_1 = 2i_1$, $i_2 = A/2$, 根据折射定律 $n = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta_{min} + A)}{\sin \frac{A}{2}}$ (1-7)

由此可见, 为测量棱镜玻璃对空气的相对折射率 n , 需要测量三棱镜的顶角 A 和棱镜对单色光的最小偏向角 δ_{min} 。

四. 实验步骤

1. 调节测角计

(1) 检查测角计是否固定;

(2) 调平载物台;

(3) 调节物镜, 使镜筒内“+”字交叉线清晰, 且能清晰的看到狭缝中的光呈一条细直线;

(4) 将棱镜放在载物台上, 使棱镜的一个光学平面与载物台的两个调平螺钉的连线相垂直, 折射棱镜A在台面中心附近并且对着平行光管(如图3), 转动望远镜, 分别找到从棱镜AB面和AC面反射来的光(反射像)。如果反射像不在分划板中间, 则重新调平载物台, 如果反射像在分划板上下对称位置时, 即满足要求。

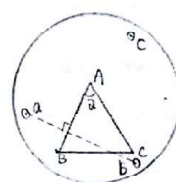


图3 棱镜在载物台上的位置

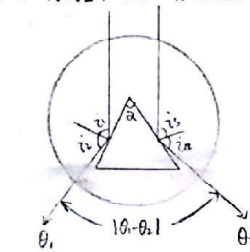


图4 利用反射光测棱镜的顶角

2. 测量三棱镜的顶角

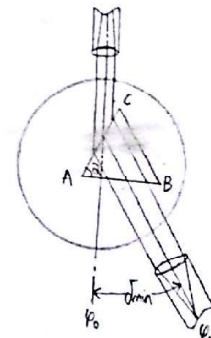


图5 最小偏向角的测定

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

信息 学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘雨 成绩

实验日期: 2014.11.11 学号 301304212 同组实验者

实验题目: 测定棱镜玻璃的折射率

如图4所示,若棱镜两个光学面反射的光线分别在 θ_1 和 θ_2 两个角位置处,则 $|\theta_1 - \theta_2|$ 就是两束反射光的夹角。可以证明,棱镜的顶角 $\alpha = \frac{|\theta_1 - \theta_2|}{2}$,用望远镜又丝对准狭缝像(可使用微调装置)从度盘上分别读出 θ_1 和 θ_2 (每个角位置都要用两个游标读数)记入表格。改变度盘与棱镜台的相对角位置,重复测量。

3. 测量绿光(546.1nm)的最小偏向角

转动载物台,使棱镜处于图5所示位置(不要移动平台上的棱镜)。先用眼睛直接找到折射光的大致方向再用望远镜观察。当棱镜随着载物台的转动(即改变入射角 i)偏向角逐渐减小的时候,望远镜跟随绿光谱线转动。这个过程中会发现偏向角有一个最小值,即棱镜台转到某一位置再继续转动,视野里的谱线不再沿着原方向移动,而开始向相反方向移动(偏向角反而变大)。这时把望远镜又丝对准这个转折处的谱线,记录角位置 φ_1 的两个游标读数。然后使望远镜对准入射光(可从棱镜上方通过)读取入射角位置读数 φ_0 ,则最小偏向角 $\delta_{\min} = |\varphi_1 - \varphi_0|$ 。

4. 以同样方法分别测量求黄光(578.0nm)、青光(491.6nm)、蓝紫光(435.8nm)和紫光(404.7nm)的最小偏向角。

五. 数据处理。

仪器: FGY-1型测角计, 编号790742; 火石玻璃三棱镜, 编号6; GP20Hg 低压汞灯。

1) 测棱镜顶角 α

测量次数	θ_1		θ_2		$\alpha = \frac{1}{2}[(360^\circ - \theta_2 + \theta_1) + (\theta_1 - \theta_2)]$
	游标I的读数 θ_1'	游标II的读数 θ_1''	游标I的读数 θ_2'	游标II的读数 θ_2''	
1	169°08'	249°17'	49°12'	229°16'	60°16'
2	167°16'	347°16'	47°22'	227°22'	60°17'
3	163°31'	343°38'	43°42'	223°45'	60°17'
			平均		60°16.5' = 60.275°

顶角测量的不确定度:

$$S_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{3 \times 2}} = 0.35'$$

$$\therefore A类: (U_{\alpha})_A = t_{0.98} \cdot S_{\alpha} = 1.32 \times 0.35' = 0.47'$$

$$B类: 以仪器示值误差限为1"计, 有 $(U_{\alpha})_B = \frac{1''}{\sqrt{3}} = 0.58'$$$

$$\text{因而: } U_{\alpha} = \sqrt{(U_{\alpha})_A^2 + (U_{\alpha})_B^2} = \sqrt{(0.47')^2 + (0.58')^2} = 0.75' \approx 1'$$

$$\text{三棱镜顶角的测量结果为: } \alpha = 60^\circ 16.5' \pm 1' \quad (P=68.3\%)$$

$$\text{相对不确定度: } U_r = \frac{U_{\alpha}}{\alpha} \times 100\% = 0.078\%$$

2) 测量最小偏向角

光的颜色 及波长/nm	φ_1		φ_0		$\delta_{\min} = \frac{ \varphi_1' - \varphi_1'' + \varphi_0' - \varphi_0'' }{2}$	$n = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$
	游标I φ_1'	游标II φ_1''	游标I φ_0'	游标II φ_0''		
黄 578.0	64°00'	244°00'	102°12'	282°12'	38°12'	1.5117
绿 546.1	63°51'	243°53'	102°26'	282°26'	38°24'	1.5159
青 491.6	63°35'	243°31'	102°05'	282°05'	39°03'	1.5214
蓝紫 435.8	62°30'	242°30'	102°06'	282°06'	39°26'	1.5276
紫 404.7	62°07'	242°08'	102°04'	282°04'	39°57'	1.5315

最小偏向角的测量不确定度:

 δ_{\min} 都是一次测量, 考虑顶角 α 的相对不确定度, 可确定所有 δ_{\min} 的不确定度留为1' 即 $U_{\delta_{\min}} = 1'$ 。

$$\therefore (1) \text{ 对于黄光: } \delta_{\min \text{黄}} = 38^\circ 12' \pm 1' \quad (P=68.3\%)$$

$$\text{相对不确定度 } U_{r \text{黄}} = 0.044\%$$

$$(2) \text{ 对于绿光: } \delta_{\min \text{绿}} = 38^\circ 24' \pm 1' \quad (P=68.3\%)$$

$$\text{相对不确定度 } U_{r \text{绿}} = 0.043\%$$

$$(3) \text{ 对于青光: } \delta_{\min \text{青}} = 39^\circ 03' \pm 1' \quad (P=68.3\%)$$

$$\text{相对不确定度 } U_{r \text{青}} = 0.043\%$$

$$(4) \text{ 对于蓝紫光: } \delta_{\min \text{蓝紫}} = 39^\circ 26' \pm 1' \quad (P=68.3\%)$$

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

信息 学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘菊 成绩

实验日期: 2014.11.11 学号 2013204272 同组实验者

实验题目: 测定玻璃的折射率

相对不确定度 $U_{\text{蓝紫}} = 0.042\%$

1) 对于紫光: $\delta_{\text{min紫}} = 39'57'' \pm 1''$ ($P=68.3\%$)

相对不确定度 $U_{\text{紫}} = 0.042\%$

2) 折射率 n 的标准不确定度:

$$U_n = \left[\left(\frac{\cos \frac{\delta_{\text{min}} + 2}{2}}{2 \sin \frac{\delta}{2}} \right)^2 U_{\delta_{\text{min}}}^2 + \left(\frac{\sin \frac{\delta_{\text{min}}}{2}}{2 \sin \frac{\delta}{2}} \right)^2 U_{\delta}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

在代入数值计算 U_n 时, 要把以角度表示的 U_{δ} 及 $U_{\delta_{\text{min}}}$ 换算成以弧度表示的值, 即

$$U_{\delta} = U_{\delta_{\text{min}}} = 1' \approx 2.91 \times 10^{-4} (\text{rad})$$

因为不确定度值只取 1~2 位有效数字, 而从黄光到紫光 δ_{min} 仅有约 $2''$ 的变化, 故可判断对所有 δ_{min} 传递系数变化不大。为验证, 取黄光的 δ_{min} 和紫光的 δ_{min} 代入计算, 算得的近似结果确实是相同的, 即所有

$$U_n = 8.6 \times 10^{-3}$$

3) 对于黄光: $n_{\text{黄}} = 1.5117 \pm 0.0086$ ($P=68.3\%$)

$$U_{\text{黄}} = 0.57\%$$

4) 对于绿光: $n_{\text{绿}} = 1.5157 \pm 0.0086$ ($P=68.3\%$)

$$U_{\text{绿}} = 0.57\%$$

5) 对于青光: $n_{\text{青}} = 1.5214 \pm 0.0086$ ($P=68.3\%$)

$$U_{\text{青}} = 0.57\%$$

6) 对于蓝紫光: $n_{\text{蓝紫}} = 1.5276 \pm 0.0086$ ($P=68.3\%$)

$$U_{\text{蓝紫}} = 0.56\%$$

7) 对于紫光: $n_{\text{紫}} = 1.5315 \pm 0.0086$ ($P=68.3\%$)

$$U_{\text{紫}} = 0.56\%$$

4) 作 $n-\lambda$ 图, 可得玻璃的色散曲线。

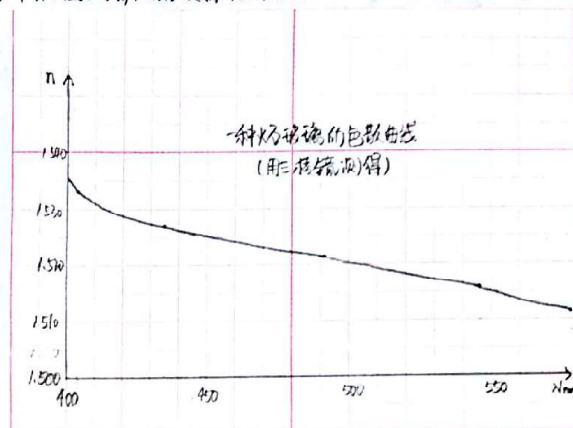


图6 玻璃的色散曲线

六 实验总结

这组老师上课很有趣, 让严肃谨慎的实验增添了一份幽默。这次我学会了三种不用估读的仪器之一: 测角计, 另外两种是游标卡尺和大气压计。通过这组实验, 我看到了美丽的彩色条纹, 真正理解了白光是由七种不同波长的光所组成, 重新认识了白光。



() 作业纸

系别 信息 班级 通信四班 姓名 刘婧 第 3013204272 页

1) 测三棱镜顶角 α

测量次数	θ_1		θ_2		$\alpha = \frac{1}{2}[(360^\circ - \theta_1' + \theta_1'') + (\theta_2' - \theta_2'')]$
	游标I的读数 θ_1'	游标II的读数 θ_1''	游标I的读数 θ_2'	游标II的读数 θ_2''	
1	118°08'	249°07'	49°12'	229°16'	60°16'
2	117°16'	247°16'	47°22'	227°22'	60°17'
3	117°37'	243°38'	43°43'	223°45'	60°17'
平均					$60^\circ 16.5' = 60.275^\circ$

2) 测量最小偏向角

光的颜色 及波长 λ/nm	φ_1		φ_2		$\delta_{\min} = \frac{ \varphi_1' - \varphi_1'' + \varphi_2' - \varphi_2'' }{2}$	$n = \frac{\sin \frac{\delta + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$
	游标I φ_1'	游标II φ_1''	游标I φ_2'	游标II φ_2''		
黄 579.0	64°00'	244°00'	102°12'	282°12'	38°12'	1.5117
黄 577.0						
绿 496.1	63°51'	243°53'	102°26'	282°26'	38°24'	1.5159
青 491.6	63°35'	243°37'	102°5'	282°5'	39°3'	1.5214
蓝紫 435.8	62°30'	242°30'	102°6'	282°6'	39°36'	1.5276
紫 404.7	62°7'	242°8'	102°4'	282°4'	39°51'	1.5315

3(13)
11.11