

【实验目的】

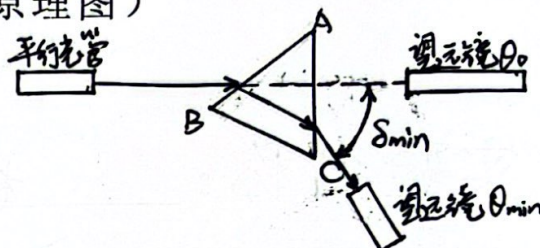
- ① 进一步熟悉分光计的调整方法
- ② 测量三棱镜顶角, 观察汞灯色散现象
- ③ 掌握最小偏向角的测量方法.
- ④ 测定棱镜玻璃对汞灯某单色光的折射率.

【实验原理】 (电学、光学画出原理图)

① 反射法测量三棱镜顶角

原理在“分光计的调整与使用”实验中已经介绍.

$$\text{三棱镜顶角 } \angle A = \frac{|\angle_{\text{左I}} - \angle_{\text{右I}}| + |\angle_{\text{左II}} - \angle_{\text{右II}}|}{4}$$



② 最小偏向角测量原理

如右图, 不放三棱镜时用望远镜观察入射光线, 读取读数游标窗口数据为 $\theta_{0I}, \theta_{0II}$.

将三棱镜如右图所示放置, 使入射光线 (平行光管射出的平行光) 在光学面 AB 射入, 在光学面 AC 射出。望远镜从玻璃面 BC 底边出发, 沿逆时针方向旋转, 找到清晰的单色光, 说明已经找到了折射光路。此时转动载物平台, 至单色光在某一位置突然向反方向移动, 此处即为该单色光最小偏向角的位置。记录下此时的分光计读数 $\theta_{\min I}, \theta_{\min II}$, 则最小偏向角为: $\delta_{\min} = \frac{1}{2}(|\theta_{\min I} - \theta_{0I}| + |\theta_{\min II} - \theta_{0II}|)$.

③ 折射率测量原理

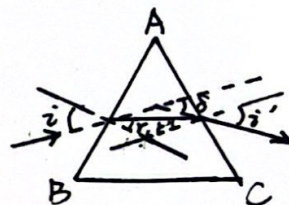
如右图, 光线入射后在光学面 AB、AC 分别发生折射, 在 AC 面折射出。

$$\text{有 } \delta = (i - r) + (i' - r'). \text{ 当 } i = i' \text{ 时有 } r = r', \text{ 故 } \delta_{\min} = 2(i - r) \quad (1)$$

$$\text{又 } r + r' = 2r = \angle A, \text{ 因此 } r = \frac{1}{2}\angle A \quad (2)$$

$$\text{由 (1)(2) 有 } i = \frac{1}{2}(\angle A + \delta_{\min})$$

$$\text{因此折射率 } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\angle A}{2}}$$



【实验内容】（重点说明）

①分光计的调整

步骤已在“分光计的调整与使用”实验中学习。

②反射法测量三棱镜顶角

同上填写[数据处理]表格。

③测定三棱镜对汞单色光 $\lambda = 546.0\text{nm}$ (绿光) 的最小偏向角

如[实验原理]2中放置三棱镜,转动载物台,改变入射角,获得最小偏向角,记录 θ_{minI} 和 θ_{minII} ;然后移去三棱镜,读取 $\theta_{0\text{I}}$ 和 $\theta_{0\text{II}}$, 代入 $\delta_{\text{min}} = \frac{1}{2}(|\theta_{\text{minI}} - \theta_{0\text{I}}| + |\theta_{\text{minII}} - \theta_{0\text{II}}|)$ 计算出最小偏向角,填写表格。

④计算三棱镜对汞单色光的折射率以及绘制色散曲线

分别测量 $\lambda = 404.7\text{nm}$ (紫)、 $\lambda = 435.8\text{nm}$ (蓝)、 $\lambda = 546.0\text{nm}$ (绿)、 $\lambda = 577.1\text{nm}$ (黄) 单色光的 δ_{min} , 计算

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\text{min}} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad \text{填写表格, 并绘制 } n - \lambda \text{ 关系曲线。}$$

【实验器材及注意事项】

①实验器材: 汞灯、三棱镜、分光计

②注意事项: (1) 三棱镜易碎, 应轻拿轻放。

(2) 反射法测量三棱镜顶角时, 三棱镜的顶角应在平台中心偏上防止看不到反射光

(3) 应将狭缝宽度调节为 1mm 左右以减小误差, 同时保证亮度足够用于观测。



【数据处理与结果】

① 绿光最小偏向角

实验次数	$\theta_{\min I}$	$\theta_{\min II}$	θ_{0I}	θ_{0II}	$ \theta_{\min I} - \theta_{0I} $	$ \theta_{\min II} - \theta_{0II} $	δ_{\min}	n
1	209°20'	29°16'	263°24'	83°15'	54°4'	53°57'	54°5'	1.678
2	182°39'	2°37'	236°43'	56°47'	54°4'	54°10'	54°7'	1.678
3	80°49'	260°51'	26°47'	206°47'	54°2'	54°4'	54°3'	1.678
4	88°14'	268°15'	34°8'	214°10'	54°6'	54°5'	54°6'	1.678
5	99°5'	279°9'	45°0'	225°0'	54°5'	54°9'	54°7'	1.678
6	111°10'	291°12'	57°5'	237°5'	54°5'	54°7'	54°6'	1.678

$$\overline{\delta_{\min}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \delta_{\min i} = 54^\circ 5', n_{\text{绿}} = \frac{\sin \frac{\theta_0 + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\theta_0}{2}} = 1.678$$

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{6 \times 5} \sum_{i=1}^6 (\delta_{\min i} - \overline{\delta_{\min}})^2} = 0.9'$$

$$U_B = \frac{1'}{\sqrt{3}} = 0.6'$$

$$\therefore U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1' \Rightarrow \delta_{\min} = 54^\circ 5' \pm 1'$$

$$n_{\text{绿}} = 1.678 \pm 0.000$$

② 黄光最小偏向角

实验次数	$\theta_{\min I}$	$\theta_{\min II}$	θ_{0I}	θ_{0II}	$ \theta_{\min I} - \theta_{0I} $	$ \theta_{\min II} - \theta_{0II} $	δ_{\min}	n
1	209°45'	29°41'	263°24'	83°15'	53°39'	53°34'	53°37'	1.674
2	183°4'	3°4'	236°43'	56°47'	53°39'	53°43'	53°41'	1.674
3	80°22'	260°25'	26°47'	206°47'	53°35'	53°38'	53°37'	1.674
4	87°50'	267°50'	34°8'	214°10'	53°42'	53°40'	53°41'	1.674
5	98°39'	278°40'	45°0'	225°0'	53°39'	53°40'	53°40'	1.674
6	110°45'	290°47'	57°5'	237°5'	53°40'	53°42'	53°41'	1.674

$$\overline{\delta_{\min}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \delta_{\min i} = 53^\circ 40', n_{\text{黄}} = \frac{\sin \frac{\theta_0 + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\theta_0}{2}} = 1.674$$

$$n_{\text{黄}} = 1.674$$

③ 蓝光最小偏向角

实验次数	$\theta_{\min I}$	$\theta_{\min II}$	θ_{0I}	θ_{0II}	$ \theta_{\min I} - \theta_{0I} $	$ \theta_{\min II} - \theta_{0II} $	δ_{\min}	n
1	113°30'	293°35'	57°8'	237°8'	56°22'	56°27'	56°25'	1.700
2	134°58'	315°0'	78°35'	258°37'	56°23'	56°23'	56°23'	1.700

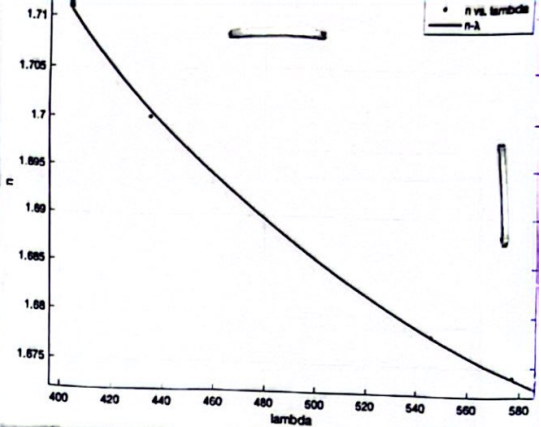
$$\overline{\delta_{\min}} = 56^\circ 24', n_{\text{蓝}} = 1.700, \overline{n_{\text{蓝}}} = 1.700$$

④ 紫光最小偏向角

实验次数	$\theta_{\min I}$	$\theta_{\min II}$	θ_{0I}	θ_{0II}	$ \theta_{\min I} - \theta_{0I} $	$ \theta_{\min II} - \theta_{0II} $	δ_{\min}	n
1	114°40'	294°55'	57°8'	237°8'	57°32'	57°47'	57°40'	1.711
2	136°7'	316°7'	78°35'	258°37'	57°32'	57°30'	57°31'	1.711

$$\overline{\delta_{\min}} = 57^\circ 36', n_{\text{紫}} = 1.711, \overline{n_{\text{紫}}} = 1.711$$

⑤ 色散曲线见右上角，拟合曲线 $n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$, $a = 1.6383, b = 1.833 \times 10^4, c = 0.9027, R^2 = 0.9992$



【误差分析】

- ① 最主要的一个误差来源于难以寻找确切的最小偏向角。我们须在光线的转折处读取数据，但实际上转动载物台时很难使光线恰好停在转折处，导致 δ_{\min} 测量略大。
- ② 实验过程中发现，细微转动望远镜时，游标盘并未随之转动这是由于望远镜与底座、刻度盘、同固定不紧导致的，这会使望远镜、底座、刻度盘在一定范围内抖动导致测量不准。
- ③ 光线谱图有约 1mm 的宽度，这会导致一定误差。

【实验心得及思考题】

① 实验心得

本次实验我进一步熟悉了分光计的调整方法，掌握了最小偏向角的测量方法，测定玻璃对绿光某单色光的折射率。实验过程是不太顺利的，在分光计没完全调整好的情况下就动手操作，导致实验结果较差，在老师的帮助下才重新调回再重新测量，这说明我对分光计的调整还不够熟练，还需加强！

② 思考题

Q: 入射线和出射光的夹角 δ 就是偏向角。入射角 i 和出射角 i' ， $i=i'$ 时， δ 具有最小值，另证证明过程。

由折射定律我们有: $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i'}{\sin r'}$

$$\delta = i + i' - r - r' = i + i' - 2A \dots$$

$$\therefore \frac{d\delta}{di} = 1 + \frac{di'}{di} \quad , \quad \frac{dr}{di} + \frac{dr'}{di} = 0$$

$$\text{由 } \sin i = n \sin r, \quad \frac{dr}{di} = \frac{\cos i}{n \cos r}$$

$$\text{由 } \sin i' = n \sin r', \quad \frac{dr'}{di'} = \frac{dr'}{di'} \cdot \frac{di'}{di} = \frac{\cos i'}{n \cos r'} \cdot \frac{di'}{di}$$

$$\therefore \frac{\cos i}{n \cos r} + \frac{\cos i'}{n \cos r'} \frac{di'}{di} = 0$$

$$\therefore \frac{di'}{di} = - \frac{\cos i \cos r'}{\cos r \cos i'}$$

$$\therefore \frac{d\delta}{di} = 1 - \frac{\cos i \cos r'}{\cos r \cos i'} = 0 \Rightarrow \cos i \cos r' = \cos r \cos i'$$

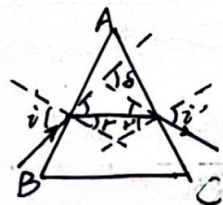
$$\text{由 } \sin i \sin r' = \sin r \sin i', \text{ 两式相减相加:}$$

4

$$\cos(i-r) = \cos(i'-r)$$

$$\cos(i+r) = \cos(i'+r)$$

$$\Rightarrow i = i', \text{ 证毕}$$



【数据记录及草表】

①反射法测三棱镜顶角 $\angle A = 60^\circ$

实验次数 左 右
I 偏 II 偏 I 偏 II 偏 $\angle A = \frac{|\angle_{I1} - \angle_{I2}| + |\angle_{II1} - \angle_{II2}|}{4}$

1
2
3
4
5
6

②三棱镜对绿单色光入=546.0nm的最小偏向角

绿	实验次数	$\theta_{min I}$	$\theta_{min II}$	θ_{OI}	θ_{OII}	$ \theta_{min I} - \theta_{OI} $	$ \theta_{min II} - \theta_{OII} $	δ_{min}
	1	20°20'	29°16'	263°24'	83°15'	54°4'	53°59'	
	2	182°39'	2°37'	236°43'	56°47'	54°4'	54°10'	
	3	80°49'	260°51'	26°47'	206°47'	54°2'	54°4'	
	4	88°14'	268°15'	34°8'	214°10'	54°6'	54°5'	
	5	99°5'	279°10'	45°0'	225°0'	54°5'	54°10'	
	6	111°10'	291°12'	57°5'	237°5'	54°5'	54°7'	
黄	1	209°45'	21°41'	263°24'	83°15'	53°39'	53°34'	
	2	183°4'	3°4'	236°43'	56°47'	53°39'	53°43'	
	3	80°22'	260°28'	26°47'	206°47'	53°35'	53°38'	
	4	87°50'	267°50'	34°8'	214°10'	53°42'	53°40'	
	5	98°39'	278°40'	45°0'	225°0'	53°39'	53°40'	
	6	110°45'	290°47'	57°5'	237°5'	53°40'	53°42'	
紫	1	114°40'	294°55'	57°8'	237°8'	57°32'	57°47'	
	2	136°7'	316°7'	78°35'	258°37'	57°32'	57°30'	
蓝	1	113°30'	293°35'	57°8'	237°8'	56°22'	56°27'	
	2	134°58'	315°0'	78°35'	258°37'	56°25'	56°23'	

教师签字:

殷 润

