

# 浙江大学

## 物理实验报告

94

实验名称：棱镜偏向角的特性

指导教师：徐天勇

信箱号：71

专 业：控制科学与工程学院 自动化(控制)

班 级：控制1901

姓 名：孟世元

学 号：3190104700

实验日期：11月26日 星期四 上下午



## 【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折射率

## 【实验原理】 (电学、光学画出原理图)

### 1. 三棱镜顶角测量原理

右图为反射法测量三棱镜顶角的示意图。将三棱镜顶角放在载物台中心两个光学平面上。从左侧反射的光可以用望远镜在左边观察到，并记下这时的 I 和 II 读数游标窗口的角度  $\angle_{左I}$  和  $\angle_{左II}$ 。从右侧反射的光可以用望远镜在右边观察到反射光像，并记下这时 I 和 II 窗口角度  $\angle_{右I}$  和  $\angle_{右II}$ ，由光路图可以计算出三棱镜顶角

$$\angle A = \frac{\varphi}{2} = \frac{|\angle_{左I} - \angle_{左II}| + |\angle_{右I} - \angle_{右II}|}{4}$$

### 2. 最小偏向角测量原理

旋转载物台，使一光学面 AC 与平行光管入射方向基本垂直。从平行光管发出平行光射向三棱镜光学面 AB，经 AC 折射，望远镜从 BC 底边出发，沿逆时针方向转动，就会看到清晰汞单色系列光，说明已经找到折射光路。再转动载物平台，观察汞单色光偏向角变化，若向右移动，偏向角  $\delta$  会变小。继续慢慢转动载物平台直到汞单色光走到一定位置时突然向左移动，使偏向角  $\delta$  变大，此转折点即为该汞单色光的最小偏向角位置，把望远镜对准这个转折位置，并记录下此时分光计读数  $\theta_{minI}$ 、 $\theta_{minII}$ 。移去三棱镜，使望远镜对准入射光，读取  $\theta_{0I}$ 、 $\theta_{0II}$ 。

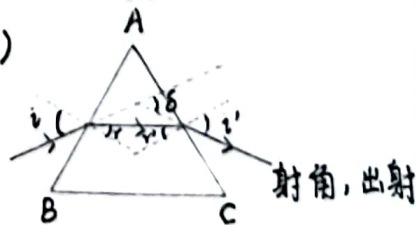
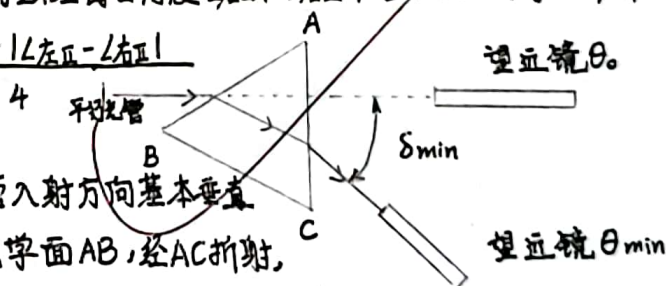
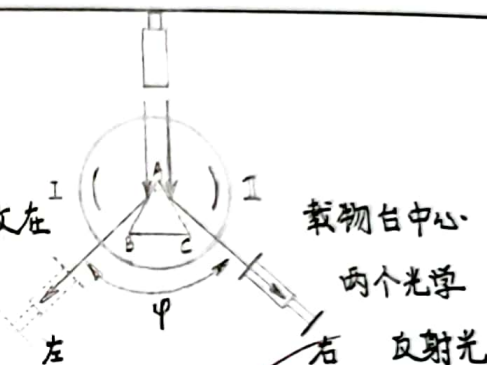
则最小偏向角为  $\delta_{min} = \frac{1}{2} (|\theta_{minI} - \theta_{0I}| + |\theta_{minII} - \theta_{0II}|)$

### 3. 折射率测量原理

从 AB 面入射，经折射从 AC 射出。入射面光和 AB 法线夹角  $i$  称入射角，出射光和 AC 面夹角  $i'$  称出射角，夹角  $\delta$  为偏向角。  $i = i'$  时， $r = r'$

$\delta_{min} = 2(i - r)$  又因为  $r + r' = 2r = \pi - \pi(\pi - A) = A$ ， $r = \frac{A}{2}$ 。所以  $i = \frac{\delta_{min}}{2} + r = \frac{A + \delta_{min}}{2}$

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



## 【实验内容】（重点说明）

1. 分光计的调整 分光计的调整方法详见“分光计的调整的使用”实验

2. 反射法测量三棱镜顶角

测量数据, 填写表格

3. 测定三棱镜对汞单色光  $\lambda = 546.00\text{nm}$  (绿光) 的最小偏向角

按图放置三棱镜, 转动载物台, 改变入射角, 获得最小偏向角, 记录下分光计读数游标数据为  $\theta_{\min 1}$  和  $\theta_{\min 2}$ 。然后移去三棱镜, 使望远镜对准入射光 (平行光管位置), 读取读数游标数据为  $\theta_{01}$  和  $\theta_{02}$ , 代入

$$\delta_{\min} = \frac{1}{2} (|\theta_{\min 1} - \theta_{01}| + |\theta_{\min 2} - \theta_{02}|)$$

计算出最小偏向角, 填写表格

4. 计算三棱镜对汞灯各单色光的折射率以及绘制色散曲线

分别测量各单色光的最小偏向角, 利用已经测出的三棱镜顶角值, 即可由

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

式算出棱镜对汞灯各单色光的折射率, 制作  $n-\lambda$  关系曲线, 填写表格

## 【实验器材及注意事项】

实验器材: 分光计, 三棱镜, 汞灯

注意事项: (1) 平面镜表面镀有铝膜, 不得用手触及镜面, AB 和 AC 面为光学表面,

要特别注意保护, 操作时手不要摸刻度盘上刻度, 以免刻度磨损

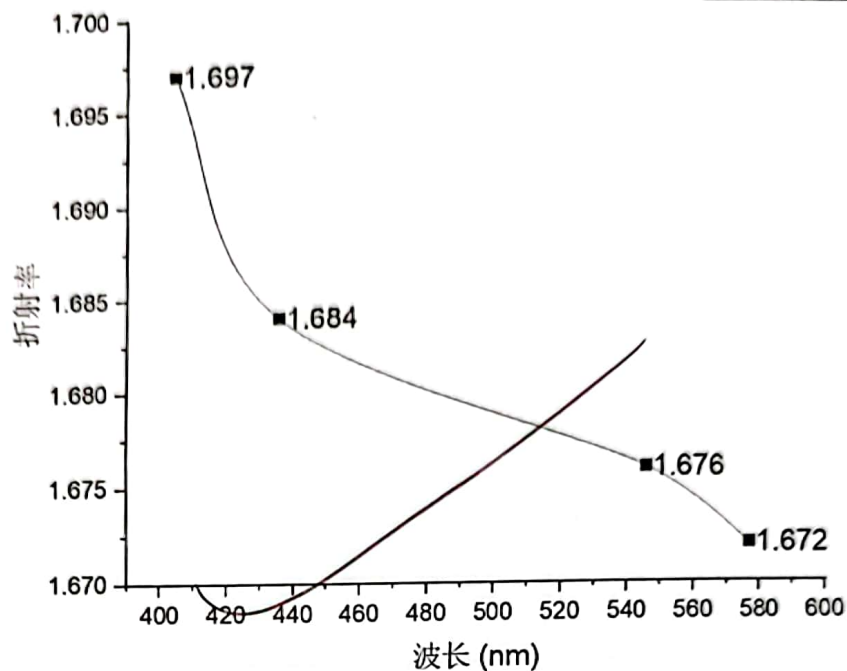
(2) 使用游标盘或望远镜的微调机构后, 若需要再转动样品平台或望远镜, 必须先松开游标盘的止动螺钉或望远镜的止动螺钉, 以免损坏仪器, 归整仪器时松开这两个螺钉和两个微调螺钉





折光

—■— 折射率



由测量数据

$$\delta_{\min \text{紫}} = \frac{56^{\circ}11' + 56^{\circ}08' + 56^{\circ}09' + 56^{\circ}08' + 56^{\circ}05' + 56^{\circ}17'}{6} = 56^{\circ}10' \quad n_{\text{紫}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 56^{\circ}10'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.697$$

$$\delta_{\min \text{蓝}} = \frac{54^{\circ}46' + 54^{\circ}43' + 54^{\circ}44' + 54^{\circ}40' + 54^{\circ}37' + 54^{\circ}52'}{6} = 54^{\circ}44' \quad n_{\text{蓝}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 54^{\circ}44'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.684$$

$$\delta_{\min \text{绿}} = \frac{53^{\circ}54' + 53^{\circ}49' + 53^{\circ}48' + 53^{\circ}46' + 53^{\circ}44' + 53^{\circ}53'}{6} = 53^{\circ}49' \quad n_{\text{绿}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 53^{\circ}49'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.676$$

$$\delta_{\min \text{黄}} = \frac{53^{\circ}29' + 53^{\circ}25' + 53^{\circ}24' + 53^{\circ}23' + 53^{\circ}22' + 53^{\circ}27'}{6} = 53^{\circ}25' \quad n_{\text{黄}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 53^{\circ}25'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.672$$

并由测量结果，绘制折光率图像如上

计算不确定度  $n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

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

$\frac{dn}{n} = \frac{\cos \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}} \cdot \frac{1}{2} d\delta_{\min}$

$\therefore \Delta n = n \cdot \frac{\Delta \delta_{\min}}{2 \tan \frac{A + \delta_{\min}}{2}}$

$\Delta \delta_{\min \text{紫}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.008$

$n_{\text{紫}} = 1.697 \pm 0.008$

$\Delta \delta_{\min \text{蓝}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

$n_{\text{蓝}} = 1.684 \pm 0.009$

$\Delta \delta_{\min \text{绿}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

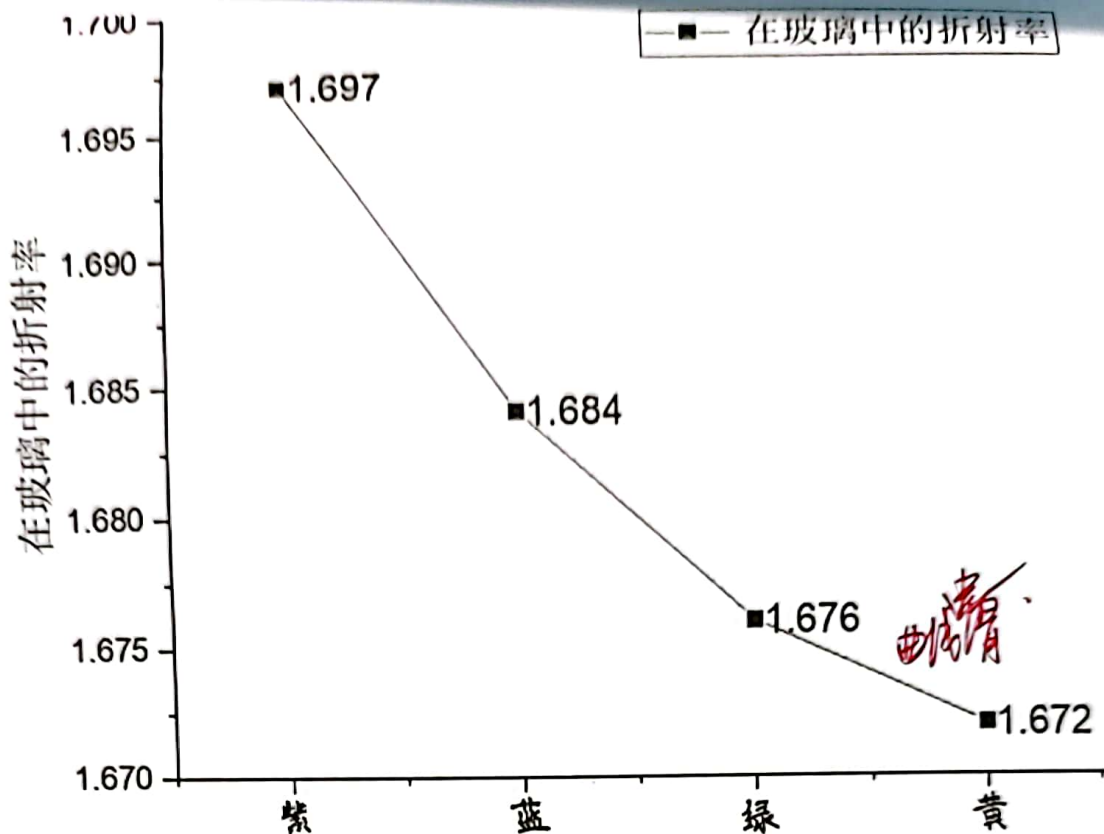
$n_{\text{绿}} = 1.676 \pm 0.009$

$\Delta \delta_{\min \text{黄}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

$n_{\text{黄}} = 1.672 \pm 0.009$





由测量数据

$$\delta_{\min \text{紫}} = \frac{56^{\circ}11' + 56^{\circ}08' + 56^{\circ}09' + 56^{\circ}08' + 56^{\circ}05' + 56^{\circ}17'}{6} = 56^{\circ}10' \quad n_{\text{紫}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 56^{\circ}10'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.697$$

$$\delta_{\min \text{蓝}} = \frac{54^{\circ}46' + 54^{\circ}43' + 54^{\circ}44' + 54^{\circ}40' + 54^{\circ}37' + 54^{\circ}52'}{6} = 54^{\circ}44' \quad n_{\text{蓝}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 54^{\circ}44'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.684$$

$$\delta_{\min \text{绿}} = \frac{53^{\circ}54' + 53^{\circ}49' + 53^{\circ}48' + 53^{\circ}46' + 53^{\circ}44' + 53^{\circ}53'}{6} = 53^{\circ}49' \quad n_{\text{绿}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 53^{\circ}49'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.676$$

$$\delta_{\min \text{黄}} = \frac{53^{\circ}29' + 53^{\circ}25' + 53^{\circ}24' + 53^{\circ}23' + 53^{\circ}22' + 53^{\circ}27'}{6} = 53^{\circ}25' \quad n_{\text{黄}} = \frac{\sin \frac{60^{\circ} + 53^{\circ}25'}{2}}{\sin 30^{\circ}} = 1.672$$

并由测量结果，绘制并平滑图像加上

计算不确定度  $n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

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

$\frac{dn}{n} = \frac{\cos \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}} \cdot \frac{1}{2} d\delta_{\min}$

$\therefore \Delta n = n \cdot \frac{\Delta \delta_{\min}}{2 \tan \frac{A + \delta_{\min}}{2}}$

$\Delta \delta_{\min \text{紫}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.008$

$n_{\text{紫}} = 1.697 \pm 0.008$

$\Delta \delta_{\min \text{蓝}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

$n_{\text{蓝}} = 1.684 \pm 0.009$

$\Delta \delta_{\min \text{绿}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

$n_{\text{绿}} = 1.676 \pm 0.009$

$\Delta \delta_{\min \text{黄}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 1'$

$\Delta n = 0.009$

$n_{\text{黄}} = 1.672 \pm 0.009$



## 【误差分析】

1. 本次实验狭缝宽度由存在使单色光像存在一定宽度, 对测量产生了一定误差
2. 实验中扭转载物台到最小偏向角操作存在一定难度, 不容易正好达到精确的最小偏向角, 带来了操作上的误差
3. 我使用的分光计两刻度盘差值在  $180^{\circ}02'$  左右, 可能偏心差不能被完全消除, 仪器也存在一定误差
4. 将  $LA$  视为  $60^{\circ}$  使用可能也会造成误差

## 【实验心得及思考题】

## 思考题

1. 测量时如何识别最小偏向角  $\delta_{\min}$  的位置

答: 按一个方向转动三棱镜时单色光会向这个方向转动, 但到达最小偏向角时再转动载物台单色光又会向另一个方向转动, 因此最小偏向角就是单色光向两方向转动由临界

2. 设计一种测量三棱镜折射率的方法

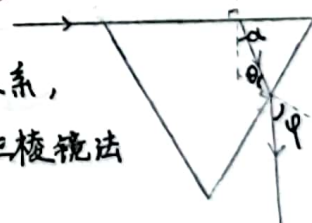
答: 可以使用掠入射法测三棱镜折射率, 光路图如右图

掠入射的光线直角入射, 最终以出射角  $\varphi$  射出。由几何关系, 其他光线都在掠入射光左边射出, 因此明暗分界线与三棱镜法线之间的夹角即为  $\varphi$  计算:

$$1 \cdot 1 = n \cdot \sin \alpha$$

$$n \sin \theta = \sin \varphi$$

$$\alpha + \theta = \frac{\pi}{3}$$



## 实验心得:

本次实验由于我之前对分光计

操作较为熟练, 因此完成得比较流畅。在本次实验中通过一次测四条的方式也加快了操作, 令我对实验操作认知加深。光学实验最难的是调出预期现象, 但我现在对分光计操作熟练之后, 加之认真听讲, 更有自信完成光学实验了!

$$\sin \varphi = n \cdot \sin \left( \frac{\pi}{3} - \alpha \right) = n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha - \frac{1}{2} \sin \alpha \right) = n \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} - \frac{1}{2} \frac{1}{n} \right)$$

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{n^2 - 1} - \frac{1}{2} \quad n^2 - 1 = \frac{(1 + 2 \sin \varphi)^2}{3} \quad n = \sqrt{1 + \frac{(1 + 2 \sin \varphi)^2}{3}}$$





实验次数	1	2	3	4	5	6
紫 $\theta_{\min}$ I窗	269°22'	287°12'	290°28'	291°41'	292°02'	293°10' 285°58'
紫 $\theta_{\min}$ II窗	89°24'	107°15'	110°22'	211°44'	112°04'	113°12' 106°59'
蓝 $\theta_{\min}$ I窗	267°55'	285°47'	289°04'	290°15'	290°34'	291°44' 284°32'
蓝 $\theta_{\min}$ II窗	87°57'	105°50'	109°07'	110°20'	110°37'	111°47' 104°34'
绿 $\theta_{\min}$ I窗	267°04'	284°55'	288°10'	289°21'	289°41'	290°50' 283°33'
绿 $\theta_{\min}$ II窗	87°06'	104°58'	108°12'	109°23'	109°42'	110°51' 103°35'
黄 $\theta_{\min}$ I窗		284°30'	287°45'	288°57'	289°16'	290°27' 283°08'
黄 $\theta_{\min}$ II窗		104°54'	107°48'	108°59'	109°19'	210°30' 103°09'
$\theta_0$ I窗	228°53'	231°02'	234°21'	235°33'	235°54'	237°05' <del>238°41'</del>
$\theta_0$ II窗	<u>48°54'</u>	51°03'	54°23'	55°35'	55°56'	57°07' 49°41'
因操作有误作废此列						
$\delta_{\min}$ 紫		56°11'	56°08'	56°09'	56°08'	56°05' 56°17'
$\delta_{\min}$ 蓝		54°46'	54°43'	54°44'	54°40'	54°39' 54°52'
$\delta_{\min}$ 绿		53°54'	53°49'	53°48'	53°46'	53°44' 53°55'
$\delta_{\min}$ 黄		53°29'	53°25'	53°24'	53°23'	53°22' 53°27'

$\lambda = 404.7 \text{ nm}$  (紫)

$\lambda = 435.8 \text{ nm}$  (蓝)

$\lambda = 546.0 \text{ nm}$  (绿)

$\lambda = 577.1 \text{ nm}$  (黄)

由于各色均6组,重测并记录数据在附页

教师签字:

李天勇



# 【数据记录及草表】

表1 最小偏向角  $\delta_{\min}$  测量表

实验 次数	$\theta_{\min}$		$\theta_0$		$ \theta_{\min I} - \theta_{0 I} $	$ \theta_{\min II} - \theta_{0 II} $	$\delta_{\min}$
	I窗	II窗	I窗	II窗			
1	252°44'	72°45'	214°34'	34°33'			
2	258°45'	78°45'	220°44'	40°43'			
3	250°17'	70°17'	212°10'	32°9'			
4	258°43'	78°44'	220°30'	40°31'			
5	249°41'	69°40'	211°32'	211°31'			

表2 三棱镜对各单色光折射率

汞单色光波长	$\theta_{\min}$		$\theta_0$		$\delta_{\min}$	$n$
	I窗	II窗	I窗	II窗		
$\lambda = 404.7 \text{ nm}$ (紫)						
$\lambda = 435.8 \text{ nm}$ (蓝)						
$\lambda = 546.0 \text{ nm}$ (绿)						
$\lambda = 577.1 \text{ nm}$ (黄)						

由于各色均6组,重测并记录数据在附页

教师签字:

杨天勇

