

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称: 棱镜偏向角特性

实验桌号: 14

指导教师: 谢东洋

班级: 机器人工程 2402

姓名: 毛挺

学号: 3240104043

实验日期: 2025年 11月 12日 星期三 上午

浙江大学物理实验教学中心

# 一、预习报告

## 1.1 实验综述

(自述实验现象、实验原理和实验方法, 不超过 500 字, 5 分)

### 三棱镜顶角测量原理:

三棱镜测量原理在“分光计调整与使用”实验中学习,  $\angle A = \frac{|t_{左I}-t_{右I}|+|t_{左II}-t_{右II}|}{4}$

### 自最小偏向角原理:

如图所示, 旋转载物台, 使光学面 AC 与平行光管射来的光垂直, 平行光管发出的平行光射向三棱镜的光学面 AB, 经三棱镜光学面 AC 折射出来, 望远镜从毛玻璃面 BC 底边出发, 逆时针方向旋转, 就会看到清晰的汞色单色系列光, 说明已经找到折射光路。此时再转动载物台, 观察该汞单色偏向角的变化, 如果向左移动, 偏向角  $\delta$  变小, 继续慢慢转动载物台直到汞单色光到达某一位置时突然向左转动, 使偏向角  $\delta$  变大, 此转折点即为该单色光的最小偏向角位置。把望远镜对准这个转折位置, 并记录此时分光计两游标的读数为  $\theta_{minI}$  和  $\theta_{minII}$ , 然后移去三棱镜, 使望远镜对准入射光(平行光管位置), 读取两游标的读数为  $\theta_{0I}$  和  $\theta_{0II}$ , 则最小偏向角为  $\delta_{min} = \frac{1}{2}(|\theta_{minI}-\theta_{0I}| + |\theta_{minII}-\theta_{0II}|)$ 。

### 折射率测量原理:

一平行的单色光从三棱镜的一个光学面 AB 入射, 经折射后从另一个光学面 AC 射出, 如右图所示。入射光和 AB 面法线的夹角为入射角  $i$ , 出射光和 AC 面法线的夹角为出射角  $i'$ , 入射光和出射光的夹角  $\delta$  就是偏向角。由几何关系知,  $\delta = (i - r) + (i' - r')$ , 当  $i = i'$  时, 由折射定律有  $r = r'$ , 得  $\delta_{min} = 2(i - r)$ 。

又因为  $r + r' = 2r = \pi - (\pi - \angle A) = \angle A$

所以

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

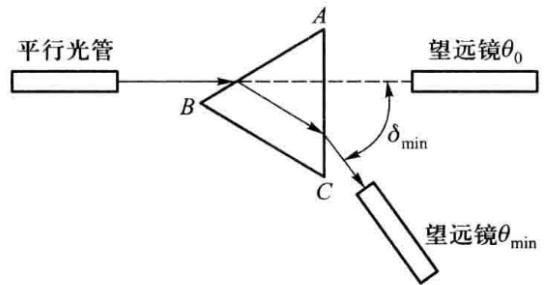


图 5-7-2

图 1: 最小偏向角原理

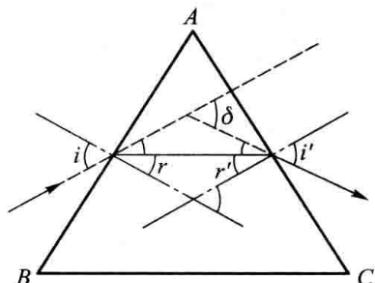


图 5-7-3

图 2: 折射率测量光路图

因此，只要测出三棱镜顶角  $A$  和汞灯单色光入射的最小偏向角  $\delta_{min}$ ，就可计算出三棱镜对该单色入射光的折射率。

#### 分光计的调整：

按照“分光计的调整与使用”实验中的操作步骤，完成对分光计的调整。

#### 反射法测量三棱镜顶角：

按照“分光计的调整与使用”实验中的操作步骤，使用反射法完成对三棱镜顶角的测量。

#### 测定三棱镜对汞灯单色光 $\lambda = 546.0nm$ (绿光) 的最小偏向角

按要求放置好三棱镜，转动载物台，改变入射角，获得最小偏向角，记录分光计两游标的读数为  $\theta_{minI}$  和  $\theta_{minII}$ ，然后移去三棱镜，望远镜对准入射光（平行光管位置），读取游标的读数为  $\theta_{0I}$  和  $\theta_{0II}$ ，代入  $\delta_{min} = \frac{1}{2}(|\theta_{minI} - \theta_{0I}| + |\theta_{minII} - \theta_{0II}|)$  计算出最小偏向角。

#### 计算三棱镜对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  $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{A+\delta_{min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$  计算出棱镜对各单色光的折射率，制作  $n - \lambda$  关系曲线（色散曲线）。

### 1.2 实验重点

(简述本实验的学习重点，不超过 100 字，3 分)

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各单色光的折射率。

### 1.3 实验难点

(简述本实验的实现难点，不超过 100 字，2 分)

1. 分光计调平要求高，载物台难完全水平，影响光路精度；
2. 最小偏向角转折点光线移动缓，主观判断易有偏差；
3. 刻度盘读数时，游标与刻度线对齐的判断存在主观性误差；
4. 三棱镜的顶角应接近平台中心偏上的位置，否则难观察反射光，影响顶角测量。

## 二、原始数据

(将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，20 分)

测量三棱镜顶角:

毛挺 3240104043 高3:14 棱镜号:3

实验次数	左		右		$\varphi_1 =  \theta_{左I} - \theta_{左II} $	$\varphi_2 =  \theta_{右I} - \theta_{右II} $	$\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$
	$\theta_{左I}$	$\theta_{左II}$	$\theta_{右I}$	$\theta_{右II}$			
1	319°16'	138°15'	159°32'	18°20'	119°44'	,19"55'	119°50'
2	311°43'	131°59'	192°1'	12°2'	119°42'	119"57'	119°50'
3	317°10'	137°26'	197°24'	17°30'	119°46'	119"56'	119°51'
4	296°48'	96°47'	177°31'	336°49'	119°45'	119"58'	119°52'
5	253°48'	73°51'	133°51'	315°53'	119°57'	119"58'	119°58'
6	274°32'	94°19'	154°33'	334°43'	119°57'	119"46'	119°53'

实验次数	$\varphi_{min}$		$\varphi_0$		$\varphi_{min}$
	游标1 $\varphi_1$	游标2 $\varphi_2$	游标1 $\varphi_1$	游标2 $\varphi_2$	
1 绿光	45°46'	225°46'	354°15'	174°16'	51°28'30"
2	37°47'	27°43'	345°12'	165°15'	51°32'30"
3	42°46'	222°40'	351°7'	171°8'	51°35'30"
4	42°32'	222°31'	350°55'	170°58'	51°35'
5	44°51'	224°48'	353°16'	173°19'	51°32'
6	43°17'	223°13'	351°41'	171°44'	51°32'30"
黄光	36°59'	216°51'	345°12'	165°15'	51°16'30"
蓝光	51°9'	231°5'	357°28'	117°27'	53°39'30"
紫光	52°15'	232°13'	357°28'	177°27'	54°46'30"

谢东洋

2025.11.12

图 3: 实验数据

### 三、结果与分析

#### 3.1 数据处理与结果

(列出数据表格、选择数据处理方法、给定测量或计算结果, 30 分)

对于绿光偏向角数据处理:

$$U_{A\text{绿}} = \sqrt{\frac{1}{6(6-1)} \sum_{i=1}^n (\delta_{min_i} - \bar{\delta}_{min})^2} = 0.01608^\circ$$
$$U_{B\text{绿}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1'}{60} = 0.00962^\circ$$
$$\therefore U_{\text{绿}} = \sqrt{U_{A\text{绿}}^2 + U_{B\text{绿}}^2} = 0.018735^\circ \approx 1'7''$$
$$\therefore \delta_{\text{绿}} = 51^\circ 33' 50'' \pm 1'7''$$

对于绿光折射率数据处理:

各次测量下的绿光折射率由公式  $n = \frac{\sin \frac{A+\delta_{min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$  计算得出

$$\bar{n}_{\text{绿}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 n_i = 1.65543$$
$$u_n = \sqrt{\frac{1}{6(6-1)} \sum_{i=1}^n (n_i - \bar{n})^2} = 4.72 \times 10^{-5}$$
$$\therefore n_{\text{绿}} = 1.65543 \pm 5 \times 10^{-5}$$

列出不同单色光与  $\delta$  与  $\lambda$  随  $\lambda$  变化关系表格:

波长 /nm	$\angle A$	$\delta_{min}$	折射率 n
577.1 (黄光)	$60^\circ$	$51^\circ 16' 30''$	1.6520
546.0 (绿光)	$60^\circ$	$51^\circ 33' 50''$	1.6544
435.8 (蓝光)	$60^\circ$	$53^\circ 39' 30''$	1.6734
404.7 (紫光)	$60^\circ$	$54^\circ 46' 30''$	1.6846

绘制色散曲线 ( $n - \lambda$  曲线)，并用色散经验公式拟合得到下图：

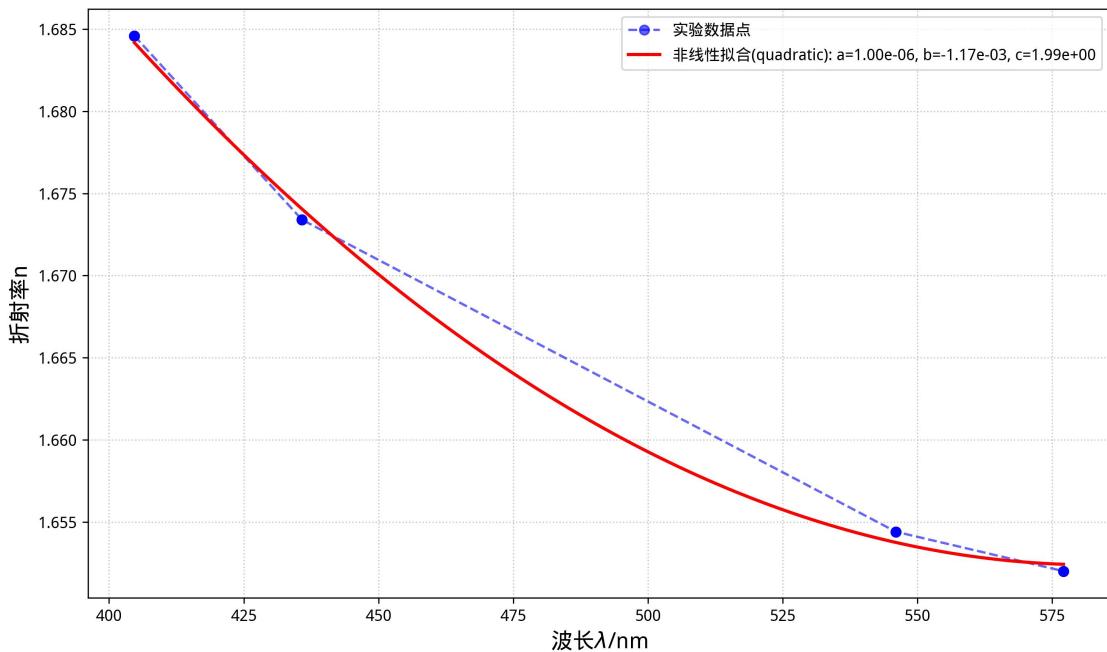


图 4: 拟合  $n - \lambda$  曲线

### 3.2 误差分析

(运用测量误差、相对误差、不确定度等分析实验结果，20 分)

1. 载物台难以完全调平，使光路与理论光路产生了一定偏差，对最终结果带来影响；
2. 在寻找最小偏向角的过程中，光线在转折点附近移动很缓慢，人的主观性对最小偏向角位置的选取存在影响；
3. 在刻度盘上读数时，判断游标与刻度线对齐时存在主观性，产生读数误差。

以上误差总体较小，实验结果中，计算得出的不确定度仅为  $1'7''$ ，本实验结果较为精确。

### 3.3 实验探讨

(对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字，10 分)

通过本次实验，我熟练掌握了分光计调整、三棱镜顶角与最小偏向角测量及折射率计算方法。实验中，精准调平分光计、找准最小偏向角转折点是关键，需耐心细致操作。这让我体会到，物理实验的精度依赖规范操作与严谨态度，主观判断易引入误差，需多次测量减小偏差。同时，色散曲线的绘制让我直观理解了折射率与波长的关系，深化了对光学原理的认知，也提升了数据处理与分析能力。

## 四、思考题

(解答教材或讲义或老师布置的思考题, 10 分)

光线经三棱镜折射时, 出射角  $i'$  与入射角  $i$  满足什么关系时, 偏向角  $\delta$  有最小值, 写出证明过程。

证明:

假设三棱镜截面是等边三角形, 由斯聂耳定律:

$$nsinr_1 = sin i_1 \quad nsinr_2 = sin i_2$$

由几何关系,

$$A = r_1 + r_2$$

$$\delta = i_1 + i_2 - A = arcsin(nsinr_1) + arcsin(nsin(A - r_1)) - A$$

对  $r_1$  求导:

$$\begin{aligned} \frac{d\delta}{dr_1} &= \frac{n cos r_1}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 r_1}} + \frac{-n cos(A - r_1)}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2(A - r_1)}} \\ &= \sqrt{\frac{n^2 - n^2 \sin^2 r_1}{1 - n^2 \sin^2 r_1}} - \sqrt{\frac{n^2 - n^2 \sin^2(A - r_1)}{1 - n^2 \sin^2(A - r_1)}} \\ &\triangleq f(r_1) - f(A - r_1) \end{aligned}$$

由函数性质可知,  $f(r)$  单调递增, 所以  $\triangleq f(r_1) - f(A - r_1)$  单调递增。

当  $\frac{d\delta}{dr_1} = 0$  时,  $f(r_1) = f(A - r_1)$ , 即  $r_1 = A - r_1$ , 故  $r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$ 。

此时  $i_1 = i_2 = arcsin(nsin\frac{A}{2})$ , 偏向角  $\delta_{min} = 2arcsin(nsin\frac{A}{2})$ , 即偏向角取得最小值。  
证毕。

## **注意事项：**

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名 + 学号 + 实验名称 + 周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”的本课程的对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站” - “选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站” - “选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价必须在本次实验结束后 3 天内进行。

**浙江大学物理实验教学中心制**