

浙江大学

物理实验报告

实验名称: 棱镜偏向角特性 G

实验桌号: 18

指导教师: 王宗利

班级: _____

姓名: _____

学号: _____

实验日期: 2025 年 11 月 6 日 星期 四 下午

一、预习报告（10 分）

1. 实验综述（5 分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过 500 字。）

本实验旨在掌握最小偏向角的测量方法，学会测定棱镜玻璃对汞灯某单色光的折射率。

1. 分光计的调整与三棱镜顶角的测量

该部分已在“分光计的调整与使用”实验中学习并掌握，此处不再赘述。

2. 最小偏向角测量原理

如图 1 所示，旋转载物台使得一光学面 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，经过三棱镜光学面 AC 折射出来，望远镜从毛玻璃面 BC 底边出发逆时针旋转，会看到汞单色系列光，说明已经找到折射的光路。

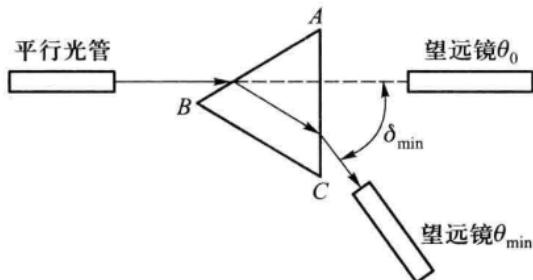


图 1

再继续转动载物台，观察汞单色光偏向角的变化，如果向右移动，偏向角 δ 会变小。继续转动载物台直至汞单色光突然向左移动，使偏向角 δ 变大，此转折点即为该汞单色光最小偏向角位置。用望远镜对准此处，记录此时分光计读数游标窗口数据为 $\theta_{\min I}$ 、 $\theta_{\min II}$ 。然后移去三棱镜，用望远镜对准入射光，读取游标窗口数据为 $\theta_{o I}$ 、 $\theta_{o II}$ ，则最小偏向角为：

$$\delta_{\min} = \frac{1}{2}(|\theta_{\min I} - \theta_{o I}| + |\theta_{\min II} - \theta_{o II}|)$$

3. 折射率测量原理

一束平行单色光从三棱镜的一个光学面 AB 入射，经折射后从另一光学面 AC 射出，入射角 i 、出射角 i' 、偏向角 δ 如图 2 所示。

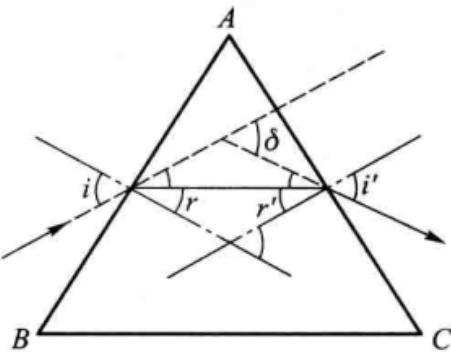


图 2

可知 $\delta = (i - r) + (i' - r')$, 当 $i = i'$ 时, 由折射定律有 $r = r'$, $r + r' = 2r = \angle A$, 得:

$$r = \frac{1}{2} \angle A, i = \frac{1}{2} \delta_{\min} + r = \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}$$

再由折射定律推导出三棱镜折射率:

$$n = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin\left(\frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\angle A}{2}\right)}$$

由上式可知, 只需测得三棱镜顶角 A 和汞单色光波的入射光的最小偏向角 δ_{\min} , 就可以计算出三棱镜对该汞单色光波的入射光的折射率。

2. 实验重点 (3 分)

(简述本实验的学习重点, 不超过 100 字。)

本实验的学习重点在于掌握最小偏向角的测量方法, 学会测定棱镜玻璃对汞灯某单色光的折射率, 同时进一步熟悉分光计的调整方法。

3. 实验难点 (2 分)

(简述本实验的实现难点, 不超过 100 字。)

本实验的难点在于正确调整分光计、准确判断最小偏向角并正确读数, 同时, 确保数据测量与处理的准确性也是该实验的难点。

二、原始数据 (20 分)

(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, 完整保留姓名, 学号, 教师签字和日期。)

三、结果与分析 (60 分)

1. 数据处理与结果 (30 分)

(列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。)

1. 三棱镜顶角测量

调整好分光计后，利用棱脊分束法测量三棱镜顶角，得到数据如下表：

实验次数	$\theta_{左 I}$	$\theta_{左 II}$	$\theta_{右 I}$	$\theta_{右 II}$	$ \theta_{左 I} - \theta_{右 I} $	$ \theta_{左 II} - \theta_{右 II} $	$\angle A$
1	343°55'	163°55'	223°55'	43°53'	120°00'	120°2'	60°00'30"
2	351°21'	171°21'	231°24'	51°23'	119°57'	119°58'	59°58'45"
3	338°51'	158°51'	218°53'	38°52'	119°58'	119°59'	59°59'15"
4	350°17'	170°17'	230°23'	50°19'	119°54'	119°58'	59°58'00"
5	7°5'	187°5'	247°12'	67°9'	119°53'	119°56'	59°57'15"
6	356°44'	176°44'	236°50'	56°47'	119°54'	119°57'	59°57'45"

$$\varphi_1 = |\theta_{左 I} - \theta_{右 I}|, \varphi_2 = |\theta_{左 II} - \theta_{右 II}|$$

$$\angle A = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{1}{4}(|\theta_{左 I} - \theta_{右 I}| + |\theta_{左 II} - \theta_{右 II}|)$$

根据上述公式计算出 $\angle A$ 。数据处理时已考虑“过零”情况。为避免中间数据四舍五入造成精度损失，在计算时保留到秒，最终求出 $\angle A$ 平均值：

$$\overline{\angle A} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \angle A_i = 59°59'$$

2. 三棱镜对汞灯绿光的最小偏向角测量及折射率计算

观察并记录最小偏向角相关数据如下表：

实验次数	φ_1	φ_2	φ_{10}	φ_{20}	$ \varphi_1 - \varphi_{10} $	$ \varphi_2 - \varphi_{20} $	δ_{min}
1	33°50'	213°50'	339°58'	159°58'	53°52'	53°52'	53°52'
2	35°15'	215°15'	341°21'	161°21'	53°54'	53°54'	53°54'
3	27°22'	207°22'	333°30'	153°30'	53°52'	53°52'	53°52'
4	26°49'	206°49'	332°56'	152°56'	53°53'	53°53'	53°53'
5	20°57'	200°57'	327°5'	147°3'	53°52'	53°54'	53°53'
6	18°14'	198°14'	324°22'	144°22'	53°52'	53°52'	53°52'

$$\delta_{min} = \frac{1}{2}(|\varphi_1 - \varphi_{10}| + |\varphi_2 - \varphi_{20}|)$$

根据上述公式计算出 δ_{min} 。数据处理时已经考虑“过零”情况。最终求出 δ_{min} 的平均值：

$$\overline{\delta}_{min} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (\delta_{min})_i = 53°53'$$

将 $\angle A$ 与 δ_{min} 代入折射率计算公式，可以得到：

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\angle A + \delta_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\angle A}{2}\right)} = 1.6765$$

3. 汞灯单色光最小偏向角测量及折射率计算

同样的方法观察并记录其他汞灯单色光的最小偏向角相关数据并计算折射率 n ：

实验次数	汞灯单色光波长	φ_1	φ_2	φ_{10}	φ_{20}	δ_{\min}	n
1	404.7nm(紫)	26°45'	206°45'	329°15'	149°15'	57°15'	1.7078
2	435.8nm(蓝)	29°37'	209°37'	333°20'	153°20'	56°17'	1.6990
3	546.0nm(绿)	/	/	/	/	53°53'	1.6765
4	577.1nm(黄)	22°44'	202°46'	329°15'	149°15'	53°30'	1.6728

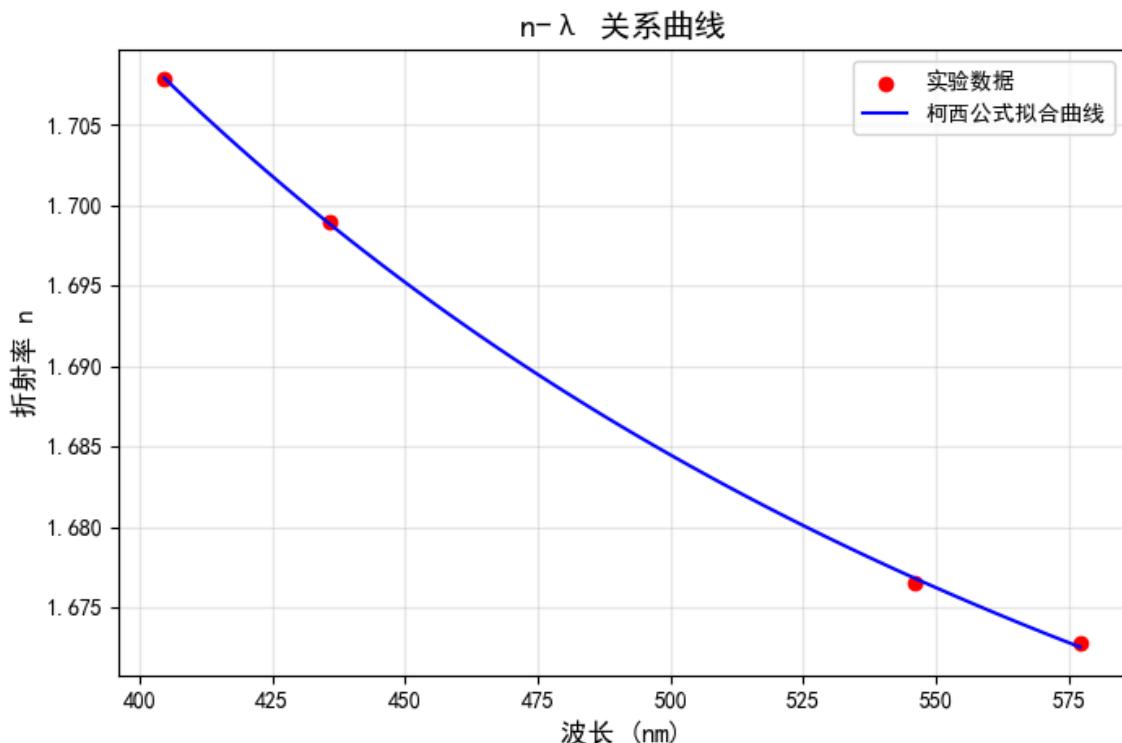
根据柯西色散公式：

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$$

用 Python 拟合得：

$$a = 1.633382, b = 1.39 \times 10^{-14} m^2, c = -2.72 \times 10^{-28} m^4$$

绘制色散曲线如下：



2. 误差分析 (20 分)

(运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。)

(1) 实验结果分析

已知仪器允差 $\Delta_{\text{仪器}} = 1'$

1. 三棱镜顶角测量

A 类不确定度： $u_A = \sqrt{\frac{1}{6 \times 5} \times \sum_{i=1}^6 (\angle A_i - \overline{\angle A})^2} = 29''$

B 类不确定度： $u_B = \frac{\Delta_{\text{仪器}}}{\sqrt{3}} = 35''$

合成不确定度: $u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 1'$

最终结果表达式: $\angle A = 59^\circ 59' \pm 1'$

2. 三棱镜对汞灯绿光的最小偏向角测量及折射率计算

A类不确定度: $u_A = \sqrt{\frac{1}{6 \times 5} \times \sum_{i=1}^6 ((\delta_{\min})_i - \bar{\delta}_{\min})^2} = 20''$

B类不确定度: $u_B = \frac{\Delta_{\text{仪器}}}{\sqrt{3}} = 35''$

合成不确定度: $u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 1'$

最终结果表达式: $\delta_{\min} = 53^\circ 53' \pm 1'$

计算三棱镜对汞灯绿光折射率的不确定度:

$$u = \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial \angle A} \cdot u_{\angle A}\right)^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial \delta_{\min}} \cdot u_{\delta_{\min}}\right)^2} = 3 \times 10^{-4}$$

最终结果表达式: $n = 1.6765 \pm 0.0003$

(2) 误差可能的原因

1. 最小偏向角位置的确定存在一定的主观性, 可能导致一定的误差。
2. 平行光管射出的光线具有一定的宽度, 判断刻度对准时有一定的主观性, 可能造成一定误差。
3. 仪器的角游标刻线较细, 读数时可能存在人为误差。
4. 仪器可能存在误差, 如仪器老化、刻度不准、仪器热胀冷缩等。
5. 分光计的调整中, 判断绿色十字是否对齐刻度线的操作存在一定的主观性, 可能导致分光计未精确调好, 导致一定的误差。

3. 实验探讨 (10 分)

(对实验内容、现象和过程的小结, 不超过 100 字。)

本次实验进一步熟悉了分光计的调整方法, 复习了三棱镜顶角的测量方法, 学习和掌握了最小偏向角的测量方法, 测定了棱镜的玻璃对汞灯单色光的折射率。实验中能够观察到汞灯的色散现象, 三棱镜顶角、最小偏向角测量结果的不确定度都较小, 实验比较顺利。

四、思考题 (10 分)

(解答教材或讲义或老师布置的思考题, 请先写题干, 再作答。)

1. 测量时如何识别最小偏向角 δ_{\min} 的位置?

首先调整望远镜, 直至观察到清晰的汞灯单色系列光, 说明已经找到折射的光路。此时再继续转动载物台, 观察汞单色光偏向角的变化, 如果向右移动, 偏向角 δ 会变小。继续转动载物台直至汞单色光突然向左移动, 使偏向角 δ 变大, 此转折点即为该汞单色光最小偏向角 δ_{\min} 的位置。

2. 设计一种测量三棱镜折射率的方法。

采用掠入射法测量三棱镜折射率: 当一束光从三棱镜的一个光学面(如 AB 面)入射, 经折射后射向另一个光学面(如 AC 面), 若在 AC 面发生全反射, 则入射角等于临界角 i_c , 满足

$\sin i_c = \frac{1}{n}$ (n 为三棱镜折射率, 空气折射率 ≈ 1)。测量掠入射光的偏折角 θ , 取入射角为 90 度, 测得棱镜顶角 $\angle A$, 可以通过公式 $n = \frac{\sin(\frac{A+\theta}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$ 计算三棱镜折射率。

- 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”本课程内对应实验项目的“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, 教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。