

浙江大学

物理实验报告

实验名称: 分光计的调整和使用

实验桌号: _____

指导教师: 杨瀚城

班级: 机械工程

姓名: CyanHaze

学号: _____

实验日期: 2025 年 12 月 25 日 星期 四 下午

一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

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。）

分光计是一种精密的光学仪器，主要用于测量光线的偏转角，进而间接测定光波波长、折射率等物理量。本实验通过调整和使用分光计，测量三棱镜的顶角。实验原理基于反射法和自准直法：反射法通过测量三棱镜两反射面的光线夹角，利用几何关系计算顶角；自准直法则通过调节望远镜使亮十字像与叉丝重合，确保望远镜光轴与反射镜垂直。实验方法包括分光计的粗调、望远镜调焦至无穷远、调整光轴与中心转轴垂直，以及平行光管的校准。最终，通过测量左右反射光线的角位置，代入公式计算三棱镜顶角。实验的关键在于仪器的精确调整，以确保测量结果的准确性。

2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

- 分光计的结构与功能：熟悉望远镜、平行光管、载物平台和读数装置的作用。
- 仪器的调整方法：掌握望远镜调焦无穷远、光轴与中心转轴垂直的调节步骤（如二分之一调节法）。
- 测量原理与操作：理解反射法和自准直法的原理，并能正确测量三棱镜顶角。
- 误差控制：通过双游标读数取平均值，消除偏心差，提高测量精度。

3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

- 仪器调节的复杂性：需逐步调整望远镜、载物平台和平行光管，确保三者光轴与中心转轴垂直，步骤繁琐且需耐心。
- 亮十字像的捕捉与对齐：反射镜两面反射的亮十字像需与叉丝严格重合，微调过程中易因操作不当导致像偏移或消失。
- 三棱镜位置的把控：顶角需接近平台中心偏上，否则反射光可能无法进入望远镜视场，影响测量。
- 读数精度要求高：角游标的最小分度为 $30''$ ，需准确对齐刻线并计算，避免人为误差。

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。）

次数	$\theta_{左1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{右2}$	φ_1	φ_2
1	237°47'	57°51'	357°39'	177°32'	119°52'	119°41'
2	237°46'	57°48'	357°43'	177°34'	119°57'	119°46'
3	237°48'	57°50'	357°55'	177°50'	120°09'	120°00'
4	237°50'	57°53'	357°56'	177°51'	120°06'	119°58'
5	237°47'	57°50'	358°01'	177°55'	120°13'	120°05'
6	237°50'	57°52'	357°48'	177°41'	119°58'	119°51'

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。)

角 A 的平均值计算：

$$\begin{aligned}\bar{A} &= \frac{\sum_{i=1}^6 A_i}{6} \\ &= \frac{60^\circ 13.5' + 60^\circ 08.5' + 59^\circ 58.0' + 59^\circ 58.0' + 59^\circ 51.0' + 60^\circ 05.5'}{6} \\ &= 60^\circ 02.0'\end{aligned}$$

• A 类不确定度：

$$\begin{aligned}u_A &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{366.0}{6 \times 5}} \\ &= \sqrt{12.2} \\ &\approx 3.49'\end{aligned}$$

• B 类不确定度：

分光计游标的最小分度值为 1'，取仪器误差为 1'：

$$u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{1'}{1.732} \approx 0.58'$$

• 合成不确定度：

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{3.49^2 + 0.58^2} \approx 3.54'$$

因此最终结果为：

$$A = 60^\circ 02' \pm 4'$$

产生误差可能的原因有：

2.1 仪器调节不完善

- 望远镜和平行光管未严格垂直主轴：若望远镜或平行光管的光轴未完全垂直于仪器主轴，会导致反射像位置偏移，影响角度测量的准确性。
- 载物台未水平：载物台未严格垂直于主轴时，三棱镜的反射面可能倾斜，使得反射光路偏离理论路径，引入系统误差。
- 分划板叉丝与亮十字像未完全消除视差：存在视差会导致读数时对准不准确，尤其在微调过程中容易产生偏差。

2.2 环境因素

- 外界震动或气流干扰：实验过程中若受到震动或气流影响，可能导致仪器轻微移动或光路不稳定，影响读数。
- 温度变化：温度波动可能引起光学元件（如三棱镜）的微小形变或折射率变化，间接影响测量结果。

2.3 读数误差

- 游标刻度对齐误差：分光计的游标最小分度为 $30'$ ，人工对齐刻线时可能存在估读误差。
- 偏心差未完全消除：虽然采用双游标读数取平均值可减小偏心差，但若游标盘与主刻度盘不同心，仍会残留部分误差。

2.4 操作不当

- 三棱镜位置摆放不理想：若三棱镜顶角未接近平台中心偏上，可能导致反射光无法完全进入望远镜视场，影响测量。
- 狭缝宽度调节不当：平行光管狭缝过宽或过窄会影响成像清晰度，从而干扰角度测量。

2.5 数据处理误差

- 数据修约与计算误差：在计算平均值和不确定度时，修约规则的应用或公式代入错误可能放大误差。
- 异常数据替换的影响：实验中替换了第 1、3 组数据，若替换数据本身存在偏差，可能影响最终结果的准确性。

- 2.6 光学元件缺陷三棱镜表面磨损或污染：若光学面有划痕或指纹，会干扰反射光的强度和路径。

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。）

本实验通过分光计测量三棱镜顶角，采用反射法和自准直法调节仪器，确保光路与主轴垂直。实验中发现，仪器调节（如望远镜调焦、载物台水平）对测量精度影响显著，微调时亮十字像易偏移，需耐心操作。数据表明，顶角测量结果接近理论值（ 60° ），但存在 $\pm 4'$ 的误差，主要源于游标读数估测、环境干扰及调节残余偏差。通过双游标取平均和替换异常数据，有效减小了系统误差。实验强调了精密光学仪器调节的严谨性，为后续光谱分析奠定了基础。

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。）

- 测量三棱镜顶角时，棱镜摆放的位置怎么选，有区别吗？

通常采用“一面对两钉，底边垂直连线”的摆放方式。即让三棱镜的一个光学反射面垂直于载物台下某两个调节螺钉的连线；或者让三棱镜的底边垂直于某两个调节螺钉的连线。有很大区别。如果随意摆放，调节任何一个螺钉都会同时改变棱镜两个光学面的倾斜度，导致顾此失彼，很难调平。按上述方式摆放，调节特定的螺钉时，可以只改变一个光学面的倾角而不影响另一个面，从而能快速地将两个光学面都调节到与仪器主轴平行的状态。

- 为什么狭缝要调至适当宽度（1-2 mm）？太宽、太窄有什么问题？

原因：为了在保证亮度的前提下，获得最清晰、锐利的像，以提高测量的准确度。

太宽：成像的亮线（谱线）会变宽，导致中心位置难以判断，对准时产生较大的读数误差。

太窄：亮度不足，像太暗，难以观察和对准。会产生明显的衍射现象，使得像的边缘模糊或出现衍射条纹，反而影响测量精度。

• 粗调时，为什么会出现一面有十字像，转了 180° 没有十字像？请简要描述该如何调节？

原因：这是因为载物台平面没有垂直于分光计的中心转轴。虽然在一面调节到了能反射进望远镜，但由于平面是倾斜的，转过 180° 后，反射光线就会偏向上方或下方，跑出了望远镜的视场范围。

如何调节：

1. 先转回能看到十字像的那一面。
2. 调节载物台下方的调平螺钉，使十字像在垂直方向上的偏差消除一半。
3. 剩下的一半偏差，通过调节望远镜的俯仰倾斜螺钉来消除，使像回到中心。
4. 反复进行上述步骤，直到转动 180° 后两面都能看到像，且像都在分划板中心。

• 你可以用别的方法测量三棱镜顶角吗？

固定望远镜不动，利用望远镜自带的小灯照亮分划板。转动载物台，分别让棱镜的两个光学面反射光线回望远镜，记录载物台转过的角度。顶角 $A = 180^\circ - (\theta_2 - \theta_1)$

• 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。