

北京邮电大学

# 物理实验报告

实验名称: 分光计的调整与使用

学 院: 信息与通信工程学院

班 级: 2018211128

姓 名: 吴辉强

学 号: 2018213487

任课教师: 王鑫老师

实验日期: 2019.11.8

成 绩: 85

北京邮电大学 物理实验中心 印制

## 实验目的

1. 了解分光计的构造原理及各部件的作用。
2. 学习分光计的调整方法。
3. 学会用分光计测量光的偏转角度。

## 实验仪器名称 [型号、主要参数]

分光计, 光学平行平板, 三棱镜, 汞灯

## 实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

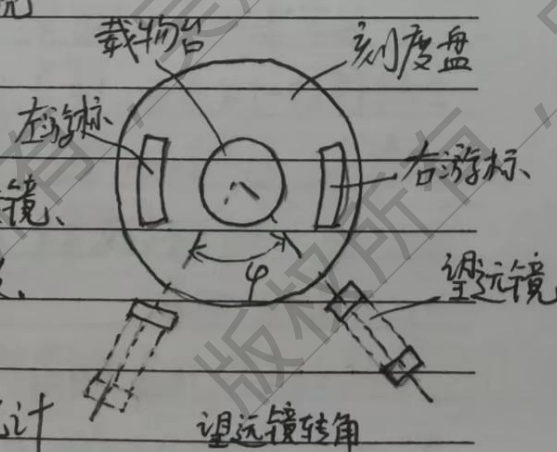
**实验原理:** 分光计是一种测定光线偏转角度的精密仪器, 可以用来观测光谱、测定折射率、波长、色散率, 还可以用来做光的偏振等实验。

分光计主要由平行光管、望远镜、载物台和读数圆盘等部分组成, 其下部是一个三角底座, 中央有一个中心轴, 望远镜、载物台和读数圆盘可绕中心轴转动。① 平行光管: 当外界有平行光照亮狭缝时, 通过狭缝的光经透镜后变成平行光。

② 望远镜: 由物镜和阿贝耳直目镜组成。

③ 载物台: 一圆形平台, 用来放置光学元件, 如棱镜、光栅等, 平台下有三个螺钉用来调节平台的水平度。

④ 读数圆盘: 由  $360^\circ$  刻度盘和游标盘组成。



测量时, 使望远镜带动刻度盘一起绕分光计

中心轴转动, 而将游标盘锁定, 保持其零游标位置不动。读数原理与游标卡尺相同。如图, 分光计在相隔  $180^\circ$  的对称方向上有 2 个零游标, 测量时同时读数, 分别算出两零游标处前后两次读数之差, 再取平均值, 可消除偏心差。转到位置 1, 读数  $0_{左1}, 0_{右1}$ , 转到位置 2, 读数  $0_{左2}, 0_{右2}$ 。

前后两次读数差分:  $\varphi_{左} = |0_{左2} - 0_{左1}|$ ,  $\varphi_{右} = |0_{右2} - 0_{右1}|$ 。

因而望远镜光轴绕分光计中心轴转过的角度是:



$$\rho = \frac{1}{2}(\varphi_{\text{左}} + \varphi_{\text{右}}) = \frac{1}{2}(|\theta_{\text{左}} - \theta_{\text{右}}| + |\theta_{\text{右}} - \theta_{\text{左}}|)$$

## 二. 实验前调整

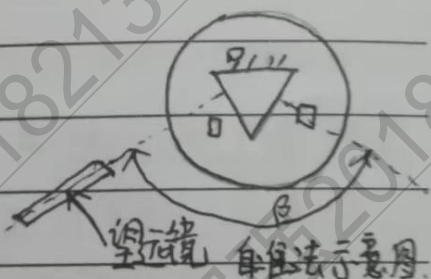
调整要求: ① 望远镜能接受平行光 (聚焦于无穷远) ② 平行光管能够发出平行光 ③ 望远镜与平行光管的光轴共轴, 且与分光计中心轴垂直。

先粗调后细调, 细调可分四步: 1) 调整望远镜聚焦于无穷远: 首先调节目镜调焦轮, 使目镜中看到的叉丝刻线清晰为止, 装上光学平行平板, 使照明系统产生的亮十字架清晰, 此时已聚焦于无穷远。

2) 调整望远镜主轴与分光计中心轴垂直, 将光学平行平板放于载物台上, 调整方法与 1) 类似。

3) 调整平行光管发出平行光

4) 调整平行光管主轴与分光计中心轴垂直。



## 三. 三棱镜顶角的测定

调节三棱镜的两个光学面的法线垂直于分光计中心轴, 视三棱镜的光学面为平行板光学平板, 按类似细调中的 2) 方法去调整。

1. 自准法测量: 利用望远镜自身产生的平行光, 测量三棱镜顶角。将望远镜对准三棱镜的一个光学面, 使亮十字像与分划板交点重合, 记下两个游标处的读数  $\theta_{\text{左1}}, \theta_{\text{右1}}$ ; 转动望远镜, 使之对准另一光学面, 使亮十字像与叉丝重合, 记下  $\theta_{\text{左2}}, \theta_{\text{右2}}$ , 则三棱镜顶角  $A = 180^\circ - \beta = 180^\circ - \frac{1}{2}(|\theta_{\text{左1}} - \theta_{\text{左2}}| + |\theta_{\text{右1}} - \theta_{\text{右2}}|)$

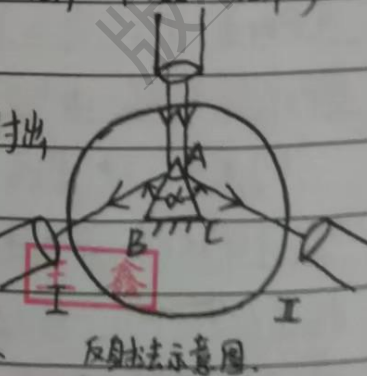
### 2. 反射法测量:

i) 将三棱镜顶角正对着平行光管光轴, 使平行光管发出射出的平行光束被分成两部分, 且棱镜顶角应在载物台中部。

ii) 将望远镜对准从三棱镜的一个光学面反射的光线, 从两个游标处可读出角度  $\theta_{\text{左1}}$  和  $\theta_{\text{右1}}$ , 再转动望远镜使之

对准从棱镜另一光学面反射的光线, 读出角度  $\theta_{\text{左2}}$  和  $\theta_{\text{右2}}$ , 即可计算

三棱镜的顶角  $A$ .  $A = \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}(|\theta_{\text{左1}} - \theta_{\text{左2}}| + |\theta_{\text{右1}} - \theta_{\text{右2}}|)$



实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

## 1. 用自准法测量三棱镜的顶角

位置 1		位置 2	
$\theta_{左1}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右2}$
$184^{\circ}35'$	$364^{\circ}32'$	$64^{\circ}35'$	$244^{\circ}41'$

$$A = 180^{\circ} - \frac{1}{2} (|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|) = 60^{\circ}1'$$

$$u(A) = \sqrt{4 \times (\frac{1}{2})^2 u(\theta)^2} = u(\theta) = \Delta \theta = 2' = 6 \times 10^{-4} \text{ (rad)}$$

$$\begin{cases} A \pm u(A) = 60^{\circ}1' \pm 2' \\ u_r = \frac{u(A)}{A} \times 100\% = 0.055\% \end{cases}$$

## 2. 用反射法测量三棱镜的顶角

位置 1		位置 2	
$\theta_{左1}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右2}$
$183^{\circ}28'$	$363^{\circ}28'$	$63^{\circ}26'$	$243^{\circ}32'$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} (|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|) \\ &= \frac{1}{4} (|63^{\circ}26' - 183^{\circ}28'| + |243^{\circ}32' - 363^{\circ}28'|) \\ &= 60^{\circ}0' \end{aligned}$$

$$u(A) = \sqrt{4 \times (\frac{1}{4})^2 u(\theta)^2} = u(\theta) = \Delta \theta = 2' = 6 \times 10^{-4} \text{ (rad)}$$

$$\begin{cases} A \pm u(A) = 60^{\circ}0' \pm 2' \\ u_r = \frac{u(A)}{A} \times 100\% = 0.055\% \end{cases}$$



## 回答问题与实验总结

1. 实际转过  $30^\circ$ ,  $200^\circ + 360^\circ - 350^\circ 0' = 30^\circ$

若望远镜从位置转到位置2的过程中, 刻度盘的  $0^\circ$  刻线通过了某一个游标的  $0$  刻线, 则该游标处的读数应加上  $360^\circ$  (或  $-360^\circ$ ).

2. 分光计上设置两个游标的原因是刻度盘和分光计中心轴之间存在偏心差, 这样做可以分别算出两游标处前后两次读数之差再取平均值, 可以消除偏心差。两个游标在相差  $180^\circ$  的对应方向上, 所以读数之间大约相差  $180^\circ$ .

3. 调节载物平台下的调平螺钉和望远镜光轴的倾角调节螺钉。

当光学平行板的一光学面法线与望远镜光轴平行时, 亮十字线和叉丝刻线上  $P$  点完全重合。然后转动载物台  $180^\circ$ , 另一光学面对准望远镜物镜时, 亮十字线和叉丝刻线上  $P$  点仍能完全重合, 则已垂直。

4. 说明粗调没有调好。

应先肉眼观察, 重新粗调, 再细调。

5. 狭缝套筒锁紧螺钉。用已经调节完毕的望远镜进行观察, 当望远镜中看到轮廓清晰的狭缝像, 慢慢旋转狭缝宽度调节手轮, 使狭缝宽度有利于观测 (缝像宽一般不超过 1 毫米)。

6.  $Z$ 、 $X$ 、 $X$ 、 $Z$ 。

总结: 通过此次实验我大大提高了动手能力, 学会了分光计的调整与使用方法, 最终成功完成了实验。在任课教师指导意见 这个过程我得到了老师和同学的帮助, 同时我也帮助其他同学解决相关问题, 在这里, 衷心地向老师和同学表示感谢!

## 实验 3.9 分光计的调整与使用

姓名 吴辉强 班级 2018211128 教师 王鑫老师 实验时间 2019.11.8 实验组号 9

## 一、预习要点

1. 分光计的调整是本实验的难点, 学生应掌握分光计的设计原理与结构, 清楚调节的要求和对应的实验现象, 以及每个螺钉的作用;
2. 掌握平行光管的结构与调节原理;
3. 掌握思考题6, 能将三棱镜按要求摆放到载物台上, 有效地调整三棱镜光学面与望远镜光轴垂直;
4. 掌握用自准法测量顶角的光路图及其测量公式。

## 二、实验注意事项

1. 由于课时调整, 因此实验要求与讲义不同, 实验时请以此表格为准;
2. 不能用手接触三棱镜的光学面 (有两个侧面是光学面), 最好拿上下底面;
3. 不要频繁开启汞灯;
4. 要重视分光计的粗调;
5. 分光计仪器误差限为  $2'$ 。

## 三、实验内容与步骤

1. 熟悉分光计的结构及调整要求;
2. 粗调载物台水平, 目视调节望远镜光轴水平;
3. 利用光学平行平板, 细调望远镜光轴与分光计中心轴相垂直 (两光学面反射十字都在 P 点);
4. 细调平行光管发出平行光, 并与望远镜光轴平行;
5. 将三棱镜按要求摆放到载物台上, 对应思考题 6, 找准两个光学面分别对应的调平螺钉;
6. 细调载物台: 三棱镜两个光学面为反射平面时在望远镜中都能观察到反射十字像, 且都与分划板上的 P 点重合;
7. 用自准法和反射法 (选作) 测量三棱镜的顶角。

## 四、数据表格

1. 用自准法测量三棱镜的顶角 (此步骤能看到反射十字即可, 不必要求反射十字还在 P 点)

位置 1		位置 2	
$\theta_{\text{左}1}$	$\theta_{\text{右}1}$	$\theta_{\text{左}2}$	$\theta_{\text{右}2}$
$184^{\circ}35'$	$364^{\circ}32'$	$64^{\circ}35'$	$244^{\circ}41'$



## 2. 用反射法测量三棱镜的顶角 (选作)

位置 1		位置 2	
$\theta_{\text{左}1}$	$\theta_{\text{右}1}$	$\theta_{\text{左}2}$	$\theta_{\text{右}2}$
$183^{\circ}28'$	$363^{\circ}28'$	$63^{\circ}26'$	$243^{\circ}32'$

教师签字

王

## 五、数据处理要求

1. 列表计算三棱镜的顶角A (注意: 角度及其不确定度的单位用度、分);
2. 推导不确定度  $u(A)$  的公式, 并代入数据计算出  $u(A)$ ;
3. 给出结果的正确表达。

## 六、思考题

1. 测量时, 望远镜从  $350^{\circ}0'$  (经过  $0^{\circ}$ ) 转到  $20^{\circ}0'$  位置, 实际转过了多少度? 角度计算公式应该如何调整?
2. 为什么分光计采用双游标读数? 两个读数之间有什么关系?
3. 调节望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直, 应该调节哪些螺钉? 如何判断望远镜光轴与分光计的中心轴已经垂直?
4. 调节望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直时, 如果只在一个光学面观察到十字像, 说明什么问题? 应如何调节?
5. 调整平行光管能够发出平行光, 应调节哪些螺钉? 如何判断平行光管已经发出平行光?
6. 三棱镜按照下图摆放到载物台上, 调节载物台倾角螺钉使三棱镜光学面与望远镜筒光轴 (望远镜已调好) 垂直时, 哪个螺钉对 AC 面的法线几乎没影响? 哪个螺钉对 AB 面的法线几乎没影响? 调节哪个螺钉能独立的调整 AC 面的法线 (即在调整 AC 面的过程中 AB 面的法线保持不变)? 同样, 如果 AC 面的法线已经调整好后, 要独立调整 AB 面的法线, 应该调节哪个螺钉?

