

透镜参数测量实验报告

姓名：宋建宏 学号：PB21020677 班级：203 院 22 级 5 班

日期：2023 年 6 月 4 日

实验目的

了解光源、物、像之间的关系以及球差、色差产生的原因，熟练掌握光具座上各种光学元件的调节并且初步学习光路设计，测量薄透镜的焦距。

实验原理

平面镜反射法（自准直法）

如图 3 位于焦点 F 上的物 A 所发出的光经过透镜变成平行光。再经平面镜 M 反射后可在物屏上得到清晰的倒立像 A'。

公式法

在近轴条件下高斯公式成立，设 p 为物距， p' 为像距，物方焦距（物方前焦距）为 f ，像方焦距（像方后焦距）为 f' 则有：

$$\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$$

由于在空气中 $f = -f'$ ，高斯公式变成

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

位移法

当物和屏之间的距离 L 大于 $4f$ 时，固定物和屏，移动透镜至 $C D$ 处，在像屏上可分别获得放大和缩小的实像。C、D 间距离为 l ，有

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L}$$

通过，只要测得 L 、 l ，即可获得焦距 f 。

实验仪器

光具座（包括光源、物屏、凸透镜、凹透镜、像屏等器具）。

数据处理

凸透镜

物像距法

物距: $p = 13.61 \text{ cm}$ 像距平均值

$$p' = \frac{35.36 + 31.28 + 35.42 + 35.50 + 35.61 + 35.56}{6} = 35.455 \text{ cm}$$

由高斯公式得焦距

$$f = \frac{13.61 \times 35.455}{13.61 + 35.455} = 9.834761 \text{ cm}$$

物距的展伸不确定度只包含 B 类不确定度

$$U_p = u_B = k_p \frac{\sqrt{\Delta_{\text{仪}}^2 + \Delta_{\text{估}}^2}}{C} = 1.96 \times \frac{\sqrt{0.12^2 + 0.05^2}}{3} = 0.08 \text{ cm} \quad (P = 0.95)$$

像距的 A 类标准不确定度

$$u_A = \sqrt{\frac{(35.36 - 35.455)^2 + (35.28 - 35.455)^2 + (35.42 - 35.455)^2 + (35.50 - 35.455)^2 + (35.61 - 35.455)^2 + (35.56 - 35.455)^2}{6(6 - 1)}} \\ = 0.05 \text{ cm}$$

B 类标准不确定度

$$u_B = \frac{\sqrt{\Delta_{\text{仪}}^2 + \Delta_{\text{估}}^2}}{C} = \frac{\sqrt{0.12^2 + 0.05^2}}{3} = 0.04 \text{ cm}$$

展伸不确定度

$$U_{p'} = \sqrt{(t_p u_A)^2 + (k_p u_B)^2} = \sqrt{(2.57 \times 0.05)^2 + (1.96 \times 0.04)^2} = 0.15 \text{ cm} \quad (P = 0.95)$$

求得不确定度传递公式, 得焦距不确定度

$$U_f = f \sqrt{\left(\frac{p'}{p(p+p')} U_p\right)^2 + \left(\frac{p}{p'(p+p')} U_{p'}\right)^2} = 0.04 \text{ cm}$$

故最终结果为

$$f = (9.83 \pm 0.04) \text{ cm} \quad (P = 0.95)$$

位移法

物屏距 $L = 55.49 \text{ cm}$

$$\bar{l} = \frac{41.98 + 41.95 + 41.94 + 42.01 + 41.96 + 41.98 - 13.66 - 13.63 - 13.60 - 13.69 - 13.62 - 13.72}{6} = 28.317 \text{ cm}$$

测得焦距

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L} = \frac{55.48^2 - 28.317^2}{4 \times 55.48} = 10.26 \text{ cm}$$

自准直法

焦距

$$f = \frac{9.78 + 9.75 + 9.83 + 9.81 + 9.77 + 9.79 + 10.22 + 10.21 + 10.29 + 10.26 + 10.23 + 10.18}{6} = 10.01 \text{ cm}$$

凹透镜

物像距法

物距平均值

$$\bar{p} = \frac{28.19 + 28.06 + 28.12 - 3 \times 13.68}{3} = 14.443 \text{ cm}$$

像距平均值

$$\bar{p}' = \frac{39.65 + 40.68 + 40.05}{3} = 40.127 \text{ cm}$$

由高斯公式得焦距

$$f = \frac{pp'}{p' - p} = \frac{14.443 \times 40.127}{40.127 - 14.443} = 22.56 \text{ cm}$$

自准直法

凸透镜像距平均值为

$$\bar{q} = \frac{37.50 + 37.08 + 37.29}{3} = 37.29 \text{ cm}$$

凹凸镜距平均值为

$$\bar{l} = \frac{14.46 + 14.43 + 14.56 + 15.73 + 15.38 + 15.59}{6} = 15.025 \text{ cm}$$

得焦距为

$$f = q - l = 22.265 \text{ cm}$$

思考题

1. 如果在“1”字屏后不加毛玻璃，对实验会有什么影响？

由于光源发出的光本身很强，为使实验现象更加明显和使光线更加柔和均匀，故增加毛玻璃。而且毛玻璃粗糙一面恰有形成一个物点的作用。不加毛玻璃，在实验时难以确定是否对好焦。

2. 自准直法测凸透镜焦距时，如果透镜安装在光具座上时沿光轴方向与光具座中心不重合（偏心），而我们测量距离时测量的是光具座之间的距离（默认为光学元件位于光具座中心位置），这对测量有什么影响？如何消除这一影响？

使得测量光具距离时存在系统误差，可以选择在测量时翻转透镜取平均值。

3. 在利用公式法和位移法测凸透镜焦距时，如果透镜安装时也存在上述偏心，对实验测量结果是否有影响？
公式法有影响，位移法测量的是两个成像位置的距离，故偏心无影响。