

实验十九 薄透镜焦距的测定

一、实验任务

1. 光具座上各元件的等高、共轴调节；
2. 用自准法和位移法测凸透镜的焦距；
3. 用物距—像距法和自准法测凹透镜的焦距；
4. 拓展内容 1: 用视差法测量凸透镜的焦距；
5. 拓展内容 2: 估算凹透镜材料的折射率。

二、操作要点

1. 光具座上各元件的等高、共轴调节
 - (1) 粗调: 用目测法, 将光学元件大致调到等高、共轴;
 - (2) 细调: 固定物屏和像屏(二者之间的距离要大于凸透镜的四倍焦距), 然后上下、左右调节凸透镜, 直到大、小像中心重合为止。
2. 凸透镜焦距的测量
 - (1) 自准法: 物屏不动, 移动凸透镜, 直至成像清晰为止。平面反射镜不要离透镜太远。重复测量时, 只移动凸透镜。
 - (2) 位移法: 物屏和像屏的位置固定, 移动凸透镜进行多次测量。
3. 凹透镜焦距的测量
 - (1) 物距—像距法: 为减小误差, 凸透镜应成小像。凹透镜放入的位置要合适, 并进行大致的等高、共轴调节, 不然会造成较大的测量误差。
 - (2) 自准法: 为使成像清晰, 光路不要过长。先轻轻扳动平面反射镜, 以看到所成的像, 然后再移动凹透镜, 使像清晰。
4. 拓展内容(1): 用视差法测量凸透镜的焦距
 - (1) 用短焦凸透镜和叉丝组装目镜系统, 调节短焦凸透镜(目镜)和叉丝之间的距离, 使得通过目镜看到的叉丝最清晰。注意: 掌握通过目镜看清叉丝的原理, 观察时眼睛要尽量接近目镜。
 - (2) 调节待测凸透镜的位置, 消除视差, 记录物屏、凸透镜和叉丝的位置(均只测一次), 得到物距和像距, 计算待测凸透镜的焦距。注意: 保持目镜和叉丝的位置不变, 叉丝与物屏间距大于待测凸透镜焦距的 4 倍, 可以把光源调暗至适合人眼观测。
5. 拓展内容(2): 估算凹透镜材料的折射率
观察凹透镜表面反射成像, 测出凹透镜前后表面的曲率半径, 用磨镜者公式计算凹透镜材料的折射率。

三、注意事项

1. 禁止用手直接触摸光学元件表面;
2. 先调节好物屏和光源的高低, 以使物的亮度最大, 实验过程中固定物屏和光源的位置不要再用。

四、报告要求

1. 将数据按教材上的表整理到实验报告中。
2. 计算用自准法测凸透镜、凹透镜的焦距和相应的不确定度，并完整地表达测量结果；用其他方法的测量只计算出平均焦距即可。计算时仪器极限误差取 1 mm，且服从均匀分布。
3. 计算过程必须完整，应包括所用公式和代入实验数据后的表达式。

五、讨论题

教材第 1 题，第 2 题。

附录：

1. 用自准法测量凸透镜焦距 f 的不确定度 U 。

$$U = \sqrt{(U_{\bar{l}})^2 + (U_{A_1})^2}; \quad U_{\bar{l}} = \sqrt{(S_{\bar{l}})^2 + u^2}, \quad U_{A_1} = u;$$

$$S_{\bar{l}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (l_i - \bar{l}_1)^2}{5 \times (5-1)}}, \quad u = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}, \quad \Delta_{\text{仪}} = 0.1(\text{cm}).$$

结果表达形式： $f = \bar{f} \pm U$ ；

$$E = \left| \frac{U}{\bar{f}} \right| \times 100\%;$$

$$P = 68.3\% .$$

2. 用自准法测量凹透镜焦距 f 的不确定度 U 。

$$U = \sqrt{(U_{\bar{B}'})^2 + (U_{\bar{O}'})^2}; \quad U_{\bar{B}'} = \sqrt{(S_{\bar{B}'})^2 + u^2}, \quad U_{\bar{O}'} = \sqrt{(S_{\bar{O}'})^2 + u^2};$$

$$S_{\bar{B}'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (B'_i - \bar{B}')^2}{5 \times (5-1)}}, \quad S_{\bar{O}'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (O'_i - \bar{O}')^2}{5 \times (5-1)}}, \quad u = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}, \quad \Delta_{\text{仪}} = 0.1(\text{cm}).$$

结果表达形式： $f = \bar{f} \pm U$ ；

$$E = \left| \frac{U}{\bar{f}} \right| \times 100\%;$$

$$P = 68.3\% .$$