

学号: 11810925 姓名: 周羽翔 日期: 2022年11月1日 星期 二 下午

1. 实验名称: 透镜参数的测量及应用

2. 实验目的: 了解光源、物、像间的关系, 熟练掌握光具座上各种光学元件的共轴调节, 并测量透镜的焦距。

3. 实验仪器: 光源、光具座、平面镜、凸透镜、凹透镜

4. 实验原理

(1) 高斯成像公式

在近轴条件近似下, 高斯成像公式成立, 则

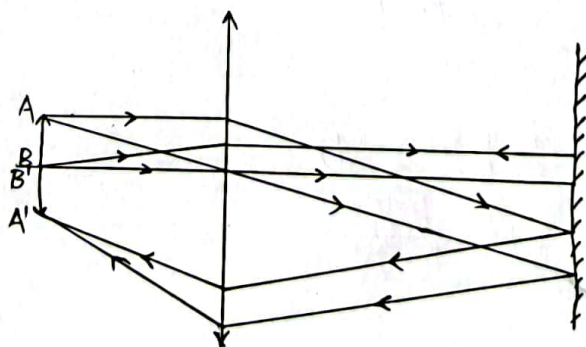
$$\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1 \quad (1)$$

在空气中有 $f = -f'$, 则高斯公式为:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \quad (2)$$

(2) 自准直法

光源置于凸透镜焦点处, 发出的光线经过凸透镜后成为平行光, 若在透镜后放置一块与主光轴垂直的平面镜, 将此光线反射回去, 反射光再经凸透镜后仍会聚于焦点上, 此关系称为自准直原理。如果在凸透镜的焦平面上放一物体, 其像仍会聚于焦平面上, 是一个与原物大小相等的倒立实像, 此时物屏与凸透镜光心的距离便是焦距。



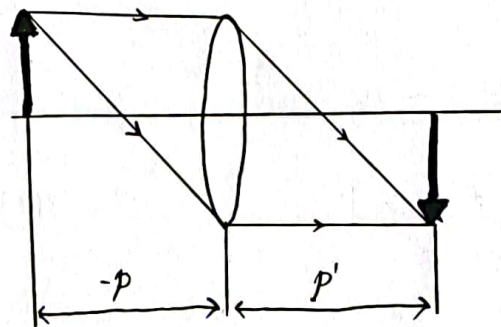
自准直法测透镜焦距原理图

物理实验报告纸

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期: _____ 上午/下午: ☐ 上午 ☐ 下午

(3) 公式法

固定透镜, 将物放在距透镜一倍焦距以外某处, 在透镜的像方某处会获得一清晰的像。 p, p' 分别对应物距、像距, 分别为自透镜中心至物和像之间的距离。根据高斯成像公式可以测得透镜的焦距。



公式法测透镜焦距原理图

(4) 位移法

如果物屏与像屏的距离 D 保持不变, 且 $D > 4f$, 在物屏与像屏间移动凸透镜, 可两次成像。当凸透镜移至 O_1 时, 屏上得到一个倒立放大实像 A_1B_1 , 当凸透镜移至 O_2 处时, 屏上得到一个倒立缩小实像 A_2B_2 。如图所示, 透镜在 O_1 处时

$$-p_1 + p'_1 = D \quad (3)$$

$$f' = \frac{p_1 p'_1}{p_1 - p'_1} \quad (4)$$

透镜移至 O_2 处有

$$-p_2 + p'_2 = D \quad (5)$$

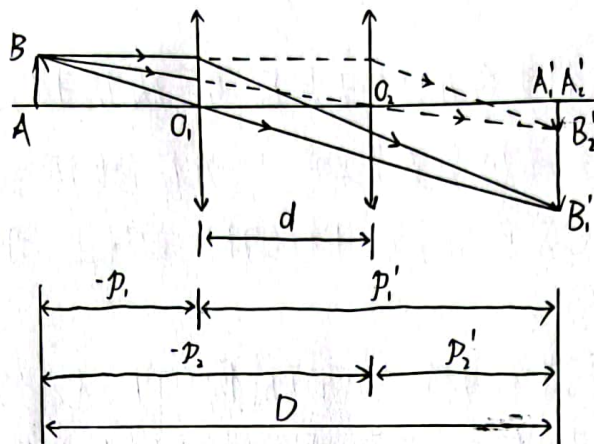
$$f' = \frac{p_2 p'_2}{p_2 - p'_2} \quad (6)$$

由此可得

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad (7)$$

测出 D 和 d , 即可求得焦距。

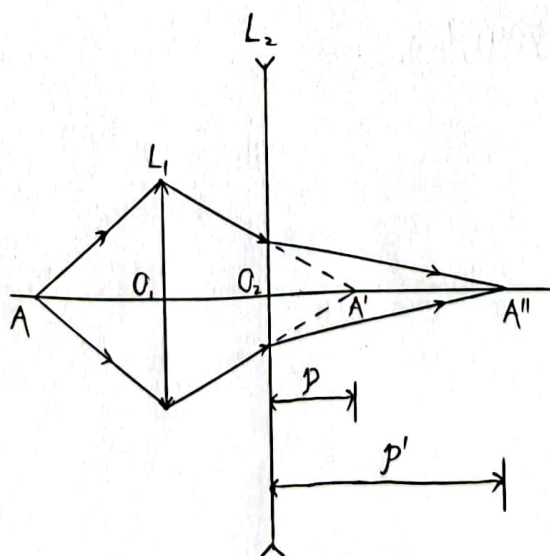
学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期: _____ ☐ 上午 ☐ 下午



位移法测透镜焦距原理图

(5) 辅助透镜法

凹透镜是发散透镜, 实物经凹透镜只能成虚像, 虚像不能用屏接收。可以利用凸透镜成的像作为凹透镜的物, 再产生一个实像, 利用高斯成像公式计算出凹透镜的焦距。



辅助透镜法测焦距原理图

物理实验报告纸



SUSTech

明德求是
日新自强

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期 _____ ☐上午 ☐下午

5. 实验内容

(1) 光学元件的共轴调整

要求所有光学元件的光轴重合并且与光具座的导轨平行。

①粗调: 将光源、物、屏、透镜放置在光具座上, 并使它们尽量靠拢, 用眼睛观察, 进行粗调, 使各光学元件中心处在与导轨平行的同一直线上; 并使物平面、透镜面和白屏面相互平行且垂直于光具座导轨。

②细调: 利用两次成像法进行调节, 当两次成像的中心位置完全重合, 表示各光学元件已共轴。若不重合, 以小像的中心位置为参考, 调节透镜(或物), 使大像中心与小像的中心重合。

(2) 测量凸透镜的焦距

①自准直法测凸透镜的焦距。

②用公式法测凸透镜的焦距。

③用位移法测凸透镜的焦距。

(3) 测量凹透镜的焦距

用辅助透镜法测凹透镜的焦距。

物理实验报告纸



SUSTech

明德求是
日新自强

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期: _____ ☐ 上午 ☐ 下午

7. 数据计算

(1) 凸透镜焦距

① 自准直法

$$\text{焦距} = \text{透镜位置 } X_1 - \text{物屏位置 } X_0 = 15.02 \text{ cm}$$

② 公式法

$$\text{物距 } p = \overset{\text{物屏}}{\text{透镜位置}} X_0 - \overset{\text{透镜}}{\text{物屏位置}} X_1 = -21.30 \text{ cm}$$

$$\text{像距 } p' = \text{像屏位置 } X_2 - \text{透镜位置 } X_1 = 48.22 \text{ cm}$$

$$\text{焦距 } f' = \frac{pp'}{p-p'} = 14.77 \text{ cm}$$

③ 位移法

$$D = \text{像屏位置 } X_3 - \text{物屏位置 } X_0 = 69.50 \text{ cm}$$

$$d = \text{透镜位置 } X_2 - \text{透镜位置 } X_1 = 26.58 \text{ cm}$$

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D} = 14.83 \text{ cm}$$

(2) 凹透镜焦距

辅助成像法:

$$\text{物距 } p = \text{凸透镜成像位置 } X_0 - \text{凹透镜位置 } X_1 = 3.92 \text{ cm}$$

$$\text{像距 } p' = \text{像屏位置 } X_2 - \text{凹透镜位置 } X_1 = 13.28 \text{ cm}$$

$$\text{焦距 } f' = \frac{pp'}{p-p'} = -5.56 \text{ cm}$$

8. 实验结论

用自准直法、公式法和位移法分别测得凸透镜焦距为 15.02 cm、14.77 cm 和 14.83 cm

用辅助成像法测得凹透镜焦距为 -5.56 cm。

物理实验报告纸

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期 _____ ☐上午 ☐下午

9. 误差分析

- (1) 调整光轴时光学元件的光轴没有完全重合, 存在偏差。
- (2) 移动光学元件时可能导致光轴偏离公共的光轴。
- (3) 光学元件的光心可能偏离几何中心。

10. 思考

自准直法直接测量透镜焦距, 误差来源于对大小相等倒立实像的判断

公式法通过高斯成像公式间接测量焦距, 误差来源于对清晰的像的判断

位移法通过二次成像来计算透镜焦距, 误差来源于对两个倒立实像的判断

位移法测量透镜误差应当误差最小, 通过两次判断清晰的像可以一定程度减少主观因素带来的误差。