

实验题目：光学基本测量

薄透镜焦距测量

学号：164618 姓名：张纪泽 班级：软件163 成绩：10
同组人：开光系 实验日期、时段：3月2日 三时段 教师签名：

3.2.1

一、实验目的与要求

- ① 掌握光路调整的基本方法
② 学习几种测量薄透镜焦距的实验方法
③ 观察薄凸透镜、凹透镜的成像规律

二、实验仪器

光具座、光源、物屏、**凸透镜**
凹透镜、平面镜、像屏

三、实验原理

前提：光学元件的光轴共轴且调节。

物、像、透镜的位置以及透镜移动的距离都是沿着主光轴计算长度的，而
长度是由光具座的刻度来读数。所以为了准确，应使光学元件的光轴必须同轴且应与
导轨平行。

(一) 凸透镜焦距

1. 共轭法

当物距在 f 与 $2f$ 之间时成倒立放大实像，像距大于二倍焦距

当物距大于 $2f$ 时成倒立缩小实像，像距在一至二倍焦距之间

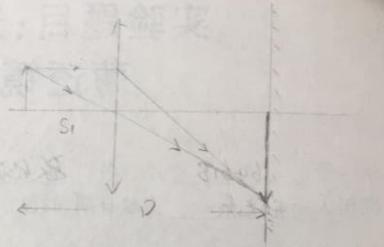
如图所示，使物与屏间的距离 $D > 4f$ 并保持不变。

沿光轴方向的移动透镜，能在像屏上看到二次

成像人，设物距为 S_1 时，得放大倒立实像，物

距 S_2 时，使得缩小倒立实像，两次位移距离

$$d = \frac{O^2 - d^2}{4D}$$



2. 自准法

如图所示，在待测透镜 L 的一侧放置一被

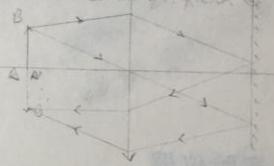
光源照明的物屏 AB ，在另一侧放一平面反射镜

M 。移动物屏，当物屏 AB 正好位于凸透镜之前

的焦平面时，物屏 AB 上任一点发出的光线经透镜

折射后，仍会聚在它的焦平面上，形成一个与原物大小相等方向相反的倒立实像 $A'B'$

此时物屏到透镜的距离就是待测透镜焦距。



(二) 凸透镜

1. 自准法

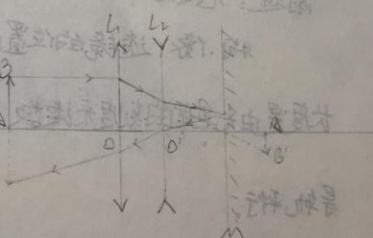
如图所示，在没有凹透镜时，物 AB 经凸透镜 L_1 后

将成实像于 $A'B'$ ，在 L_1 和 $A'B'$ 间插入凹透镜 L_2 后

$A'B'$ 变称为 L_2 的物，对 L_2 而言，物距 $u = -O'A'$ ，该

虚物由凹透镜 L_2 再成实像于 $A''B''$

像距为 $-O'A'$



四、实验内容与步骤

1. 光学系统的共轴调节

a. 粗调：将安置于光具座上的各光学元件靠拢在一起，用眼观察，并调节它们的中心使它们处在同一高度，且光轴平行于导轨。

b. 细调：将光学元件按实验要求移开，利用透镜成像规律进一步调整，移动透镜及屏时，将大小不同的像生成在不同的位置，若这些大小不等的像的中心在屏上的位置重合，则说明系统已共轴。若在移动透镜的过程，像的中心不重合，则仍需调整。

2. 测凸透镜焦距

共轭法：①保持物屏与像屏距离 $L > 4f$ ，读出物屏与像屏的位置并记录，相减得 L

②凸透镜由物屏移向像屏，成放大倒立实像，记录位置 O_1 ，成缩小倒立实像，记录位置 O_2 ，求出 $e = |O_2 - O_1|$ ，连续测 n 次，计算求平均值并代入公式。

自准法：使物屏与平面镜之间距离比所测凸透镜焦距要大，记下物屏位置，移动透镜。

使物屏处成倒立等大实像，记下透镜位置，用纸片遮平面镜，若像消失，则成功，若不消失，则继续调节，重复牛次，并计算平均值。

3. 测凹透镜焦距

自准法：①用凸透镜 L_1 将物成一个缩小的像于 B 点，记下 B 点位置

②将凹透镜 L_2 与平面镜 M 依次放在凸透镜之后，使 L_2 位于 L_1 与 B 之间，调整 L_2 的位置，使物屏上成一个倒立的等大清晰的像，记下 L_2 的位置 O' ，凹透镜的焦距 $H' = OB$ 测量 3 次求平均值。

实验报告

河北工业大学 物理实验报告

五、数据记录

(一) 自准法测凸透镜焦距数据表格

单位: cm

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
物屏位置	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7
透镜位置	116.2	116.3	116.2	116.3	116.4	116.3
焦距	19.5	19.4	19.5	19.4	19.3	19.4

(二) 共轭法测凸透镜焦距数据表格

单位: cm

测量次数	物屏位置	像屏位置	Q_1	Q_2	e	\bar{e}	L	f
1	135.70	45.00	107.10	73.70	33.40	33.37	90.70	18.60
2			107.45	74.10	33.35			
3			107.08	73.60	33.48			
4			107.15	73.90	33.25			

(三) 自准法测凹透镜焦距数据表格

单位: cm

测量次数	像 1 的位置(小像)	凹透镜的位置	焦距
1	38.3	53.3	-15.0
2	38.4	53.5	-15.1
3	38.4	53.4	-15.0

六、数据处理(要有详细过程)

1. 自准法(凸)

$$\textcircled{1} \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} = \frac{19.5 + 19.4 + 19.5 + 19.4 + 19.3}{5} = 19.4 \text{ cm}$$

$$\textcircled{2} \delta f_A = t_p \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2}{n(n-1)}} = 1.14 \times \sqrt{\frac{(19.5 - 19.4)^2 + (19.4 - 19.4)^2 + (19.5 - 19.4)^2 + (19.4 - 19.4)^2 + (19.3 - 19.4)^2}{5 \times 4}} = 0.04 \text{ cm}$$

$$\delta f_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ cm}$$

$$\delta f = \sqrt{\delta f_A^2 + \delta f_B^2} = \sqrt{0.04^2 + 0.12^2} = 0.13 \text{ cm}$$

$$\textcircled{3} E_f = \frac{\delta f}{\bar{f}} \times 100\% = \frac{0.13}{19.4} \times 100\% = 0.7\%$$

$$\therefore \begin{cases} f = \bar{f} \pm \delta f = (19.40 \pm 0.13) \text{ cm} \\ E_f = 0.7\% \end{cases}$$

2. 共轭法(凸)

(1) 处理 L, e.

$$L: \delta L = \delta L_0 = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} L = (L \pm \delta L) = (33.70 \pm 0.12) \text{ cm} \\ E_L = \frac{\delta L}{L} \times 100\% = \frac{0.12}{33.70} \times 100\% = 0.09\% \end{cases}$$

$$e: \bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = \frac{(33.40 + 33.35 + 33.48 + 33.25)}{4} = 33.37 \text{ cm}$$

$$\delta e_A = t_p \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n(n-1)}} = 1.20 \times \sqrt{\frac{(33.40 - 33.37)^2 + (33.35 - 33.37)^2 + (33.48 - 33.37)^2 + (33.25 - 33.37)^2}{4 \times 3}} = 0.06 \text{ cm}$$

$$\delta e_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ cm}$$

$$\delta e = \sqrt{\delta e_A^2 + \delta e_B^2} = 0.13 \text{ cm}$$

$$\{ e = (\bar{e} \pm \delta e) = (33.37 \pm 0.13) \text{ cm}$$

$$E_e = \frac{\delta e}{e} \times 100\% = \frac{0.13}{33.37} \times 100\% = 0.4\%$$

$$\therefore \delta f = \sqrt{\left(\frac{1}{4} + \frac{33.37^2}{4 \times 33.70^2}\right)^2 \cdot (0.12)^2 + \frac{33.37^2}{2 \times 33.70^2} \cdot (0.04)^2} = 0.04$$

$$\{ f = (\bar{f} \pm \delta f) = (19.60 \pm 0.04) \text{ cm}$$

$$E_f = \frac{\delta f}{\bar{f}} \times 100\% = \frac{0.04}{19.60} \times 100\% = 0.2\%$$

(2) 处理 f.

$$\delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial L}\right)^2 \cdot \delta L^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial e}\right)^2 \cdot \delta e^2}$$

$$\frac{\partial f}{\partial L} = \frac{1}{4} + \frac{\bar{e}^2}{4L^2} \quad \frac{\partial f}{\partial e} = -\frac{\bar{e}}{2L}$$

七、实验分析

① 因为使用过于频繁而保存不当，光具座上或多或少出现锈迹影响读数

② 实验重复次数过少，实验的偶然性较大，应多做几组

③ 由于场地及实验仪器的限制，使得实验中某些移动略微不便，导致不能得到更多更完好的实验数据，间接影响最终结果。

八、思考题与思维拓展

- 为什么要调节光学系统共轴？调节共轴有哪些要求？怎样调节？
- 为什么实验中常用白屏作为成像的光屏？可否用黑屏、透明平玻璃、毛玻璃，为什么？
- 为什么用共轭法测量凸透镜焦距时要保证物屏与像屏之间的距离 $L > 4f$ ？

1. 物、像、透镜的位置以及透镜移动的距离是沿主光轴计算长度的，而长度是由光具座的刻度来读的，共轴后，测量更准确。③先粗调后细调，粗调使其大致在同一高度，细调使小像与大像的中心相同确保共轴。④

2. ①白屏作为底色，容易在实验中观察到像；白屏可以反射任何光，使成像完整清晰。
②黑屏会吸收所有的光，不能看清；透明玻璃会发生镜面反射，反射光不一定进入你的眼睛，因光能透过平玻璃和毛玻璃，不能看清。

3. 由 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 得 $f = u + \frac{uv}{u-v}$ $L = u + v = \frac{u^2}{u-f}$ $L' = \frac{u^2 - 2uf}{(u-f)^2}$
令 $L' = 0$ $u = 2f$ $\therefore L_{\min} = L(2f) = 4f$

∴ 要呈放大和缩小的像 $\therefore L > 4f$



河北工业大学

HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

(一) 自准法测凸透镜焦距

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
物屏位置	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7	135.7
透镜位置	116.2	116.3	116.2	116.3	116.4	116.3
焦距	19.5	19.4	19.5	19.4	19.3	19.4

(二) 共轭法测凸透镜焦距

测量次数	物屏位置	像屏位置	Q_1	Q_2	e	\bar{e}	L	f
1			107.10	73.70	33.40			
2			107.45	74.10	33.35			
3	135.70	45.00	107.08	73.60	33.48	33.37	92.70	19.60
4			107.15	73.90	33.25			

(三) 自准法测凹透镜焦距

测量次数	像l的位置(小像)	凹透镜位置	焦距
1	38.3	53.3	-15.0
2	38.4	53.5	-15.1
3	38.4	53.4	-15.0