

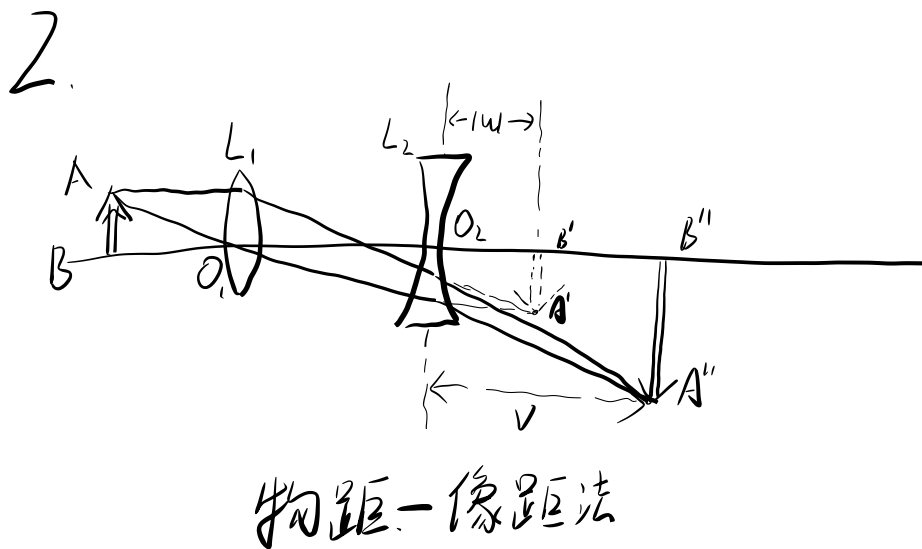
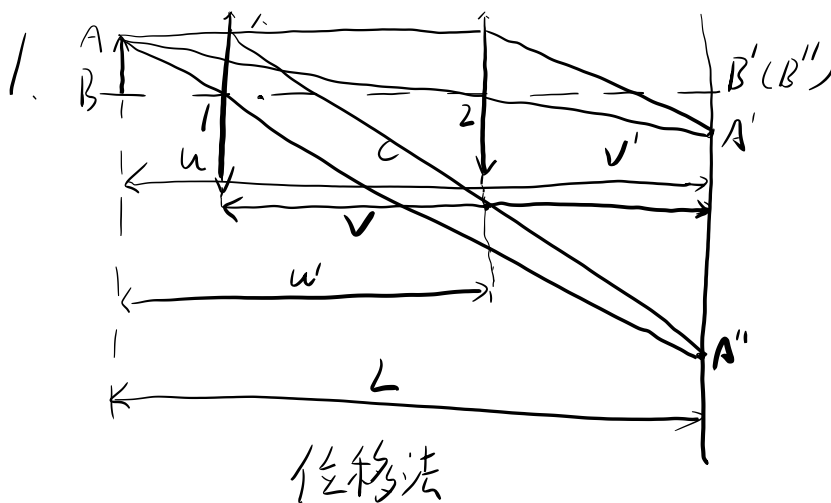
班级 自动化7 学号 220320726 姓名 彭尚品 教师签字 彭尚品
 实验日期 2023.9.11 预习成绩 2 总成绩 _____

实验名称 薄透镜焦距的测定

一. 实验预习

请分别绘制以下薄透镜焦距测量方法的光路图

1. 用位移法（两次成像法、共轭法）测凸透镜的焦距；
2. 用物距 - 像距法测凹透镜的焦距。



二. 实验现象及原始数据记录

表 2-1 自准法测凸透镜焦距数据记录


次数	物屏位置读数 x_p (mm)	凸透镜位置读数 x_L (mm)		\bar{x}_L	$f = \bar{x}_L - x_p $
		左 → 右	右 → 左		
第 1 次	485.2	340.2	339.8	340.0	145.2
第 2 次	425.3	280.7	280.1	280.4	144.9
第 3 次	359.9	213.9	214.6	214.3	145.6
第 4 次	339.1	189.1	189.2	189.2	149.9
第 5 次	275.7	126.3	125.6	125.9	149.8

表 2-2 位移法测凸透镜焦距数据记录

次数	物屏位置 A_1 (mm)	像屏位置 A_2 (mm)	放大像 凸透镜的位置 l_1 (mm)	缩小像 凸透镜的位置 l_2 (mm)	$L = A_1 - A_2 $	$C = l_1 - l_2 $	$f = \frac{L^2 - C^2}{4L}$
1	800.1	0.1	601.2	190.1	800.1	411.1	147.2
2	751.0	0.1	546.1	197.5	750.9	348.6	147.3
3	700.0	0.1	492.1	210.0	699.9	282.1	146.5
4	650.1	0.1	425.0	218.2	650.0	206.8	146.1
5	631.2	0.1	390.0	228.0	631.1	162.0	147.4

表 2-3 物距 - 像距法测凹透镜焦距数据记录

次数	凸透镜单独成 像时像屏位置 x_{P2} (mm)	凹透镜的位置 x_{L2} (mm)	加入凹透镜 成清晰像时 像屏位置 $x_{P2'}$ (mm)	$u = - x_{P2} - x_{L2} $	$v = x_{P2'} - x_{L2} $	$f = \frac{uv}{u+v}$
1	550.2	615.1	468.2	-64.9	146.9	-116.3
2	468.2	510.2	442.1	-42.0	68.1	-109.6
3	442.1	487.6	410.2	-45.5	77.4	-110.4
4	410.2	462.5	371.0	-52.3	91.5	-122.1
5	371.0	417.2	338.2	-46.2	79	-111.3

教师	姓名
签字	

三. 数据处理

1. 自准法 $\bar{f} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_i = \frac{1}{5} (145.2 + 144.9 + 145.6 + 149.9 + 144.8)$
 $= 147.1 \text{ mm}$

$$u_{zL} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (f_i - \bar{f})^2}{5 \times (5-1)}} = \sqrt{\frac{(145.2-147.1)^2 + \dots + (149.8-147.1)^2}{20}} = 1.14 \text{ mm}$$

$$u_B = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ mm}$$

$$u = \sqrt{u_{zL}^2 + u_B^2} = 1.18 \text{ mm}$$

$$E = \frac{u}{\bar{f}} \times 100\% = 0.8\% \quad \text{从而 } f = (147.1 \pm 1.2) \text{ mm},$$

$$E = 0.8\%, \quad P = 0.683$$

2. 位移法

$$\bar{f} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_i = \frac{1}{5} (147.2 + 142.3 + 146.5 + 146.1 + 142.4) = 146.9 \text{ mm}$$

同理, $\bar{L} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 L_i = 706.4$, $\bar{C} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 C_i = 282.12$

$$\bar{A}_1 = 706.5 \text{ mm} \quad \bar{A}_2 = 0.1 \text{ mm}, \quad \bar{T}_1 = 490.88 \text{ mm}$$

$$\bar{T}_2 = 208.8 \text{ mm}$$

$$u_{L1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \Delta L_1}{5 \times 4}} = 2.0 \text{ mm}, \quad u_{L2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 \Delta L_2}{5 \times 4}} = 0.7 \text{ mm}$$

$$\text{从而 } u_c = u_B = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.3 \text{ mm}, \quad u_c = \sqrt{u_{L1}^2 + u_{L2}^2 + u_B^2} = 3.0 \text{ mm}$$

$$\text{由 } f = \frac{L^2 - C^2}{4L} \text{ 知 } u_f = \sqrt{\left(\frac{\partial u_f}{\partial L}\right)^2 u_L^2 + \left(\frac{\partial u_f}{\partial C}\right)^2 u_C^2}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{C}{L}\right)\right]^2 u_L^2 + \left(-\frac{C}{2L}\right)^2 u_C^2} = 0.4 \text{ mm}$$

$$\text{从而 } f = (146.9 \pm 0.4) \text{ mm}, \quad E = \frac{u_f}{\bar{f}} \times 100\% = 0.3\%$$

$$P = 0.683$$

3. 物距-像距法

$$\bar{f} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_i = -113.9, \quad \bar{u} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 u_i = -50.18,$$

$$\bar{v} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 v_i = 92.58$$

$$u_{p2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (u_{pi} - \bar{u})^2}{20}} = 2.0 \text{ mm}, \quad u_{L2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (u_{Li} - \bar{u})^2}{20}} = 1.2 \text{ mm}$$

$$u_{p2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (v_{pi} - \bar{v})^2}{20}} = 1.4 \text{ mm}, \quad u_{B3} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.3 \text{ mm}$$

$$u_u = \sqrt{u_{p2}^2 + u_{L2}^2 + u_{B3}^2} = 2.0 \text{ mm}$$

$$u_v = \sqrt{u_{L2}^2 + u_{p2}^2 + u_{B3}^2} = 1.7 \text{ mm}$$

$$\text{由 } f = \frac{uv}{u+v} \text{ 知 } u_f = \sqrt{\frac{\bar{v}^2}{(\bar{u} + \bar{v})^2} u_u^2 + \frac{\bar{u}^2}{(\bar{u} + \bar{v})^2} u_v^2} = 3.6 \text{ mm}$$

$$\text{从而 } f = (-113.9 \pm 3.6) \text{ mm} \quad E = \frac{u_f}{f} \times 100\% = 3.2\% \\ P = 0.683$$

四. 实验结论及现象分析

结论 1. 用自准法所测凸透镜焦距: $f = (147.1 \pm 1.2) \text{ mm}$ $E = 0.8\%$, $P = 0.683$

2. 用位移法所测凸透镜焦距: $f = (146.9 \pm 0.4) \text{ mm}$ $E = 0.3\%$ $P = 0.683$

3. 用物距-像距法所测凹透镜焦距:

$$f = (-113.9 \pm 3.6) \text{ mm} \quad E = 3.2\% \quad P = 0.683$$

误差来源:

1. 透镜自身的磨损老化

2. 测量仪器的精度限制

3. 环境条件, 如光线, 温度和湿度的变化

处理: 多次测量, 减小误差

五. 讨论题

1. 用位移法(两次成像)测薄凸透镜焦距,为什么必须使物屏与像屏距离大于4倍透镜焦距长度?
2. 从自准法测凸透镜的光路图可知物距、像距和焦距三者是相等的,但这三个量显然不满足透镜成像公式,请解释原因。

答: 1. 由 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \Rightarrow f = \frac{uv}{u+v} \quad \because u+v \geq 2\sqrt{uv}$,
 $\therefore 2f \leq \sqrt{uv} \quad \therefore L = u+v \geq 4f$

2. 自准法中所得的像为凸透镜二次成像所得,第一次成像的物距、像距、焦距满足成像公式,第二次成像也是如此,但两次成的像之间不满足成像公式。