

透镜焦距测量

一. 预习要点

1. 薄透镜成像公式: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

其中: u 为物距, 实物为正, 虚物为负

v 为像距, 实物为正, 虚物为负

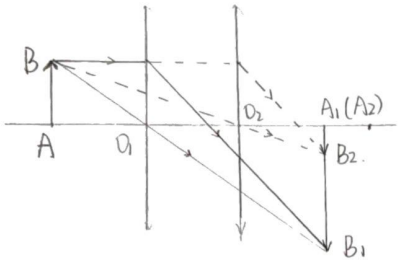
f 为焦距, 凸透镜为正, 凹透镜为负

使用条件：近轴光线，且式中 u, v, f 均从透镜光心算起

2、如何利用“大像追小像”方法调节等高共轴？

①粗调: 固定好光源, 物屏, 透镜, 像屏等器材

通过眼睛观察,使他们中心处在一条和导线轨平行的直线上,满足主光轴与导轨平行,物和像平面与导轨垂直。



②细调：调节物屏，像屏使 $D > 4f$ 并固定，将凸透镜移到 O_1 和 O_2 的位置成像。若 A 在光轴上，则 A_1 与 A_2 均在光轴上且重合。反之不重合。若观察大像点在小像点之下，则升高透镜反之降低。如此反复调节直至 A_1, A_2 重合。

3. 识读法：在调节像清晰度时，将透镜从两个方向移动到时的位置取中作为最终位置的识量方法

目的：减小随机误差

4. 利用自准直法测透镜焦距时, 如何减小透镜中心与支架刻线位置不重合造成的系统误差?

采用对称测量法消除透镜中心与支架刻线位置不重合的系统误差，即将透镜反转 180° 重复以上测量，取二者平均值。

5. 共轭法待测数据列表.

$x_{\text{物}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$ $x_{\text{像}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$

组数 <i>i</i>	成大像凸透镜刻度/cm			成小像凸透镜刻度/cm			a/cm
	左→右	右→左	平均值	左→右	右→左	平均值	
1							
2							
3							
4							
5							

陈明莹

二. 数据处理

(一) 凸透镜成像规律

像距特点不完整、正立倒立未说明

物距 u	像的位置	像距	特点
$u < f$	同侧	—	虚像.
$u = f$	—	—	—
$f < u < 2f$	异侧	$v > 2f$	放大实像.
$u = 2f$	异侧	$v = 2f$	等大实像.
$u > 2f$	异侧	$f < v < 2f$	缩小实像.

(二) 共轭法测量凸透镜焦距.

单位/mm

x_0	$x_{\text{左}}$	$x_{\text{右}}$	x_1	$x_{\text{左}}$	$x_{\text{右}}$	x_2	$a = x_2 - x_1 $	x_3	$b = x_3 - x_0 - 2\delta$	f
500.0	645.1	646.1	645.6	850.2	851.6	850.9	205.3	1000	484	99.2
500.0	644.8	646.5	645.65	849.9	852.0	850.85	205.2	1000	484	99.3
550.0	697.8	692.6	695.4	902.1	903.2	902.65	207.25	1050	484	98.8
600.0	746.8	744.3	745.55	949.8	950.2	950.0	204.45	1100	484	99.4
600.0	746.1	745.6	745.85	949.7	949.8	949.75	203.9	1100	484	99.5

其中 $f = \frac{b^2 - a^2}{4b}$ 则 $\bar{f} = 99.24 \text{ mm}$ $\Rightarrow \bar{a} = 205.22 \text{ mm}$

A类不确定度 $U_{A(a)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (a_i - \bar{a})^2}{k(k-1)}}$ $= \sqrt{\frac{6 \cdot 463}{20}} \text{ mm} = 0.5685 \text{ mm}$

B类不确定度 $U_b(a) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = 0.2887 \text{ mm}$ $U_b(b) = U_b(a) = 0.2887 \text{ mm}$

$\therefore U(a) = \sqrt{U_{A(a)}^2 + U_b(a)^2} \approx 0.6376 \text{ mm}.$

$U(b) = U_b(b) = 0.2887 \text{ mm}$

未带入具体数据

7-1.

则由间接测量不确定度合成:

$$u(f) = \sqrt{\left[\frac{\partial f}{\partial a} u(a)\right]^2 + \left[\frac{\partial f}{\partial b} u(b)\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{a}{2b} u(a)\right]^2 + \left[\frac{a^2+b^2}{4b^2} u(b)\right]^2}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{205.22}{2 \times 484} \cdot 0.6376\right]^2 + \left[\frac{205.22^2 + 484^2}{4 \cdot 484^2} \cdot 0.2887\right]^2}$$

$$\approx 0.1598 \text{ mm} \approx 0.2 \text{ mm}$$

∴ 最终焦距表达式为 $f \pm u(f) = (99.2 \pm 0.2) \text{ mm}$.

(三) 自准直法测凸透镜焦距

单位/mm	$x_{\text{物}}$	$x_{\text{L正}}$	$x_{\text{L反}}$	\bar{x}_{L}	f
	500	605.3	604.5	604.9	97.4
	550	656.1	657.2	656.65	99.15
	600	706.9	707.1	707.0	99.5
	650	757.2	758.6	757.9	100.4
	700	808.1	806.2	807.15	99.65

修正 $s = 7.5 \text{ mm}$

$$f = |\bar{x}_{\text{L}} - x_{\text{物}}| - s$$

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{k} = \frac{496.1}{5} \text{ mm} = 99.22 \text{ mm}$$

$$A \text{ 类不确定度 } u_A(f) = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f})^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{4.973}{20}} \text{ mm} = 0.4986 \text{ mm}$$

$$B \text{ 类不确定度 } u_B(f) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.2887 \text{ mm}$$

$$u(f) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0.5761 \text{ mm} \approx 0.6 \text{ mm}$$

则 焦距表达式为 $f \pm u(f) = (99.2 \pm 0.6) \text{ mm}$

(四) 选做: 自准直法测凹透镜焦距.

单位/mm	$x_{\text{L左}}$	$x_{\text{L右}}$	x_{L}	$x_{\text{A左}}$	$x_{\text{A右}}$	x_{A}	$f = x_{\text{L2}} - x_{\text{A}}$
	553.1	554.0	553.55	651.2	651.9	651.55	-98.0
	556.2	557.8	557.0	658.0	659.8	658.9	-101.9
	560.0	561.2	560.6	659.6	661.2	660.4	-99.8
	556.4	557.4	556.9	659.2	657.7	658.45	-101.55
	555.2	557.0	556.1	653.2	655.6	654.4	-98.3

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{k} = \frac{499.55}{5} = -99.91 \text{ mm}$$

不确定度

$$A \text{ 类: } u_A(f) = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f})^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{12.903}{20}} \text{ mm} = 0.8032 \text{ mm}$$

$$B \text{ 类: } u_B(f) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.2887 \text{ mm}$$

$$\therefore u(f) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0.728 \text{ mm} \approx 0.7 \text{ mm}$$

最终结果 $f \pm u(f) = -(99.9 \pm 0.7) \text{ mm}$

7-1.

三. 思考题:

成因叙述不完整

1. ① 判别: 将平面镜用白纸挡住, 若像仍存在, 则不是所需的像.

② 成因: 透镜表面的反射光照到光屏上形成的.

2. ① 科学领域有: 光学仪器; 医学成像; 望远镜; 显微镜等.

② 日常生活有: 投影仪; 眼镜; 照相机等.

一、透镜成像规律.

半 $u < f$	同侧	像距 v	大小	虚
$u = f$	—	—	—	—
$f < u < 2f$	异侧	$v > 2f$	大像.	实.
$u = 2f$	异侧	$v = 2f$	等大	实.
$u > 2f$	异侧	$f < v < 2f$	小像.	实.

陈明慧.

二、大变小

三、共轭.

x_0	$x_{1左}$	$x_{1右}$	x_1	$x_{2左}$	$x_{2右}$	x_2	$a = x_2 - x_1 $	x_3	$b = x_3 - x_1 - 28$
500.0	645.1	646.1	645.6	850.2.	851.6	850.9		1000.	
500.0	644.8	646.5.	645.65.	849.9	852.0	850.85.		1000.	
600.0	746.8.	744.3	745.55	949.8.	950.2.	950.0		1100	
600.0	746.1	745.6	745.85	949.7	949.8.	949.75.		1100	
550.0	697.8	692.6	695.4	902.1	903.2.	902.65.		1050.	

陈明慧.

四、自准直.

$x_{物}$	$x_{L左}$	$x_{L右}$	\bar{x}_L	f
500.	605.3	604.5	604.9.	
550	656.1	657.2	656.65	
600.	706.9.	707.1	707.0	
650.	757.2.	758.6.	757.9	
700	808.1	806.2.	807.15.	

陈明慧.

五四.

	$x_{L左}$	$x_{L右}$	x_L	$x_{A左}$	$x_{A右}$	x_A
1	553.1	554.0		651.2	651.9	
2	556.2	557.8		658.0	659.8.	
3	560.0	561.2		659.6	661.2.	
4	556.4	557.4		659.2.	657.7.	
5.	555.2.	557.0		653.2.	655.6.	

陈明慧.