

南昌大学物理实验报告

课程名称：大学物理实验

实验名称：薄透镜焦距的测量与光学设计

学院：信息工程学院 专业班级：自动化 153 班

学生姓名：廖俊智 学号：6101215073

实验地点：基础实验大楼 座位号：7 号

实验时间：第六周星期四上午 10 点开始

一、实验目的：

- 1、观察薄凸透镜、凹透镜的成像规律。
- 2、学习光路的等高共轴和消视差等分析调节技术。
- 3、学习几种测量焦距的方法：如成像法、自准法、共轭法测凸透镜焦距；成像法、自准法测凹透镜焦距。
- 4、观察透镜的像差。

二、实验原理：

1、自准法：

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，移动透镜或物屏，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，将变为平行光线，然后被平面反射镜反射回来，再经透镜折射后，仍会聚在它的焦平面上，即原物屏平面上，形成一个与原物大小相等方向相反的倒立实像 $A'B'$ ，此时物屏到透镜之间的距离就是待测透镜的焦距，即 $f = s$ 。

2、成像法：

在近轴光线的条件下，薄透镜成像的高斯公式为

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

当将薄透镜置于空气中时，则焦距为：

$$f' = -f = \frac{ss'}{s - s'}$$

式中， f' 为像方焦距， f 为物方焦距， s' 为像距， s 为物距。式中的各线距均从透镜中心量起，与光线行进方向一致为正，反之为负。若在实验中分别测出物距 s 和像距 s' ，即可用式子 $f' = -f = \frac{ss'}{s - s'}$ 求出该透镜的焦距 f' 。但应该注意：测得量必须添加符号，求得量则根据求得结果中的符号判断其物理意义。

3、共轭法：

共轭法又称位移法、二次成像法或贝塞尔法。使物与屏的距离 $D > 4f$ 并保持不变，沿光轴方向移动透镜，则必能在像屏上观察到二次成像。设物距为 s_1 时，得放大的倒立实像；物距为 s_2 时，得缩小的倒立实像，透镜两次成像之间的位移为 d ，根据透镜成像公式，可推得：

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

二、凹透镜焦距的测定

4、辅助成像法

使物 AB 发出的光线经凸透镜 L1 后形成一个大小适中的实像 $A'B'$ ，然后在 L1 和 $A'B'$ 之间放入待测凹透镜 L2，就能使虚物 $A'B'$ 产生一实像 $A''B''$ 。分别测出 L2 到 $A'B'$ 和 $A''B''$ 之间的距离 s_2, s_2' ，根据式子

$$f' = -f = \frac{ss'}{s - s'}$$

即可以求出 L2 上的像方焦距 f_2' 。

三、实验仪器：

光具座，凸透镜，凹透镜，光源，物屏，平面反射镜，水平尺和滤光片等。

四、实验内容和步骤：

1、光具座上各光学元件同轴等高的调节：

先利用水平仪将光具座的导轨在实验桌上调节水平，然后进行各光学元件同轴等高的粗调和细调（用位移法的两像中心重合或不同大小的实像中心重合的方法），直到各光学元件的光轴同轴，并与光具座导轨平行为止。

2、参考原理，用自准法、成像法、共轭法等方法测量实验室所提供凸透镜的焦距。

3、用辅助成像法测出实验室所提供凹透镜的焦距。

4、计算结果和不确定度，比较各种测量方法的误差，分析各种方法的优缺点。

五、实验数据与处理：

1. 自准法：

	物 A(cm)	透镜 O(cm)	焦距 f(cm)
厚透镜	130	110	20

计算过程：

$$f_{薄} = s_{薄} = 50.07\text{cm} - 30.00\text{cm} = 20.07\text{cm}$$

$$f_{厚} = s_{厚} = 54.78\text{cm} - 50.00\text{cm} = 4.78\text{cm}$$

2. 成像法：

	物 A	透镜 O	像 A'	焦距 f
厚透镜	130	104.75	5.1	33.82
	130	99.4	3.8	44.96

薄透镜	130	123.1	114.1	29.57
	130	123.5	113.35	18.08

$S=A' - 0$
 $S' =A-0$
 $f' =-f=\frac{s \cdot s'}{s-s'}$

3. 共轭法：

	物 A(cm)	透镜 O(cm) (第一次位置)	透镜 O(cm) (第二次位置)	像 A' (cm)	焦距 f(cm)
厚透镜	130.0	85.3	93.25	49.25	19.99
	130.0	76	95.45	43.25	20.60

$D=A-A'$
 $d=O_2-O_1$
 $f'=\frac{D^2-d^2}{4D}$

二、凹透镜焦距的测定

2. 成像法：

	物 A(cm)	辅助凸透镜 O ₁ (cm)	像 A' (cm)	被测凹透镜 O ₂ (cm)	像 A'' (cm)	焦距 f(cm)
厚透镜	130	82.35	47.65	55.55	30.45	
	130	82.35	47.65	51.45	43.25	
薄透镜	130	82.35	47.65	51.15	39.45	
	130	82.35	47.65	50.00	44.65	

计算过程：

$$s_2 = 113.20 - 99.80 = 13.40(cm)$$

$$s_2' = 130.30 - 99.80 = 30.50(cm)$$

$$f' = -f = \frac{s_2 \cdot s_2'}{s_2 - s_2'} = -24.04(cm)$$

$$s_2 = 108.00 - 105.00 = 3.00(cm)$$

$$s_2' = 112.20 - 105.00 = 7.20(cm)$$

$$f' = -f = \frac{s_2 \cdot s_2'}{s_2 - s_2'} = -5.14(cm)$$

六、误差分析：

1、 本实验的系统误差：

对于物距像距法，主要是测量物屏，透镜及像位置时，滑座上的读数准线和被测平面是否重合，如果不重合将带来误差。对于位移法测凸透镜焦距，不存在这一问题。通过上述两种方法测透镜焦距符合程度来确定系统误差对结果的影响。

2、 本实验的偶然误差：

主要是人眼观察、成像清晰度引起的误差，由于人眼对成像的清晰分辨能力有限，所以观察到的像在一定范围内都清晰，加之球差的影响，清晰成像位置会偏离高斯像。

七、思考题：

1、 如会聚透镜的焦距大于光具座的长度，试设计一个实验，在光具座上能测定它的焦距。

答：用平行光射入透镜，在光具座面上放一镜子，反射透镜过来的光，然后用一小屏幕去看光汇聚的最小光点，然后测出座面距小屏幕的距离，加上光具座的距离便是焦距；也可用一束很细的激光垂直于透镜的面射入，并量出与透镜的中心轴距离，以及通过透镜后光落在座面上与透镜中心轴的距离，通过几何的方式算出焦距。

2、 用共轭法测凸焦距有什么优点？答：使用共轭法时，先把光源与光屏都固定在光具座上，再把凸透镜放在中间，前后移动它的位置，使屏上出现清晰的像，这时我们会发现当透镜的位置稍有变化时，屏上像的清晰程度就有较大变化，这是因为透镜的位置稍有变化，它总是同时影响到物距和像距，并且是一个变小，另一个变大，像的清晰程度就变化明显。

3、 若用成像法测焦距，进行多次测量，如何用作图法求焦距？答：从物方焦点发出的任意光线经透镜折射后必成为平行于光轴的光；平行于主轴射向透镜的任意光线经透镜折射后必经过像方焦点；过光心的光线经透镜折射后方向不变。在这三条基本光线中，只有任作两条光线，即可求得像点。

4、 试证明，共轭法中，物与屏间的距离 $D > 4f$ 。

答：由物像共轭对称性质的到透镜焦距 $f = (D^2 - d^2) / (4D)$.其中， d 是两次得到清晰的物像所在位置之间的距离，所以 d 是大于零的，如果 D 是小于或等于 $4f$ 的话，那上式的到的 f 是负值或零。

磨像箱

7¹²/₃

一.

物

透镜

130cm

110cm

二.

物B

透镜

像

200mm

130cm

104.75cm

5.1cm

130cm

99.4cm

3.8cm

40mm

130cm

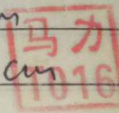
123.1cm

116.1cm

130cm

123.5cm

113.35cm



三.

B

O₁

O₂

B'

1020

130cm

85.3cm

93.25cm

49.25cm

130cm

76cm

95.45cm

43.25cm

四.

物A

O₁

O₂

像A₁

像A₂

130cm

82.35cm

55.55cm

47.65cm

30.45cm

四₁

51.45cm

43.25cm

四₂

51.15cm

39.45cm

50cm

44.65cm

States, no law req
presidential candidates
release med

476

Campaign
ce names:
orodino?