广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

薄透镜焦距的测定

授课老师 - 吕凤珍

一、实验目的

1

熟悉光学系统的等高共轴调节

2

掌握薄透镜焦距测定的常用方法

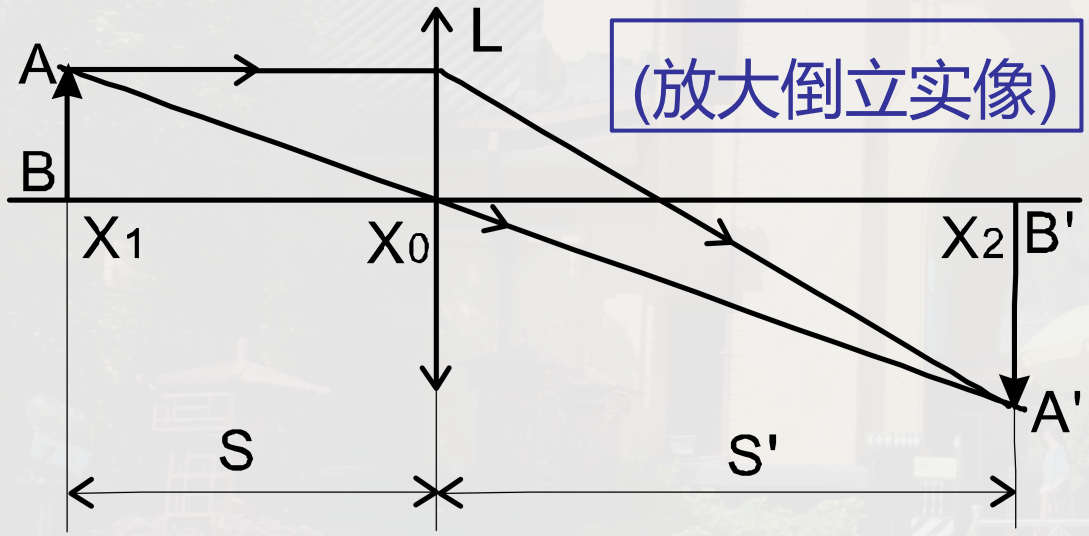
1、物距-像距法测定凸透镜焦距

2、贝塞尔法(二次成像法)测定凸透镜焦距

3、自准直法测量凸透镜的焦距

二、实验原理

1 物距-像距测定凸透镜焦距



(放大倒立实像)

$$\frac{1}{S'}-\frac{1}{S}=\frac{1}{f'} \Rightarrow f'=\frac{S\times S'}{S-S'}$$

S、S′、f ′分别为物距、像距、像方焦距。

注：各物理量带值计算的符号规定：以薄透镜中心为原点量起，若其方向与光的传播方向一致则为正，反之为负。

二、实验原理

2 贝塞尔法(二次成像法)测定凸透镜焦距

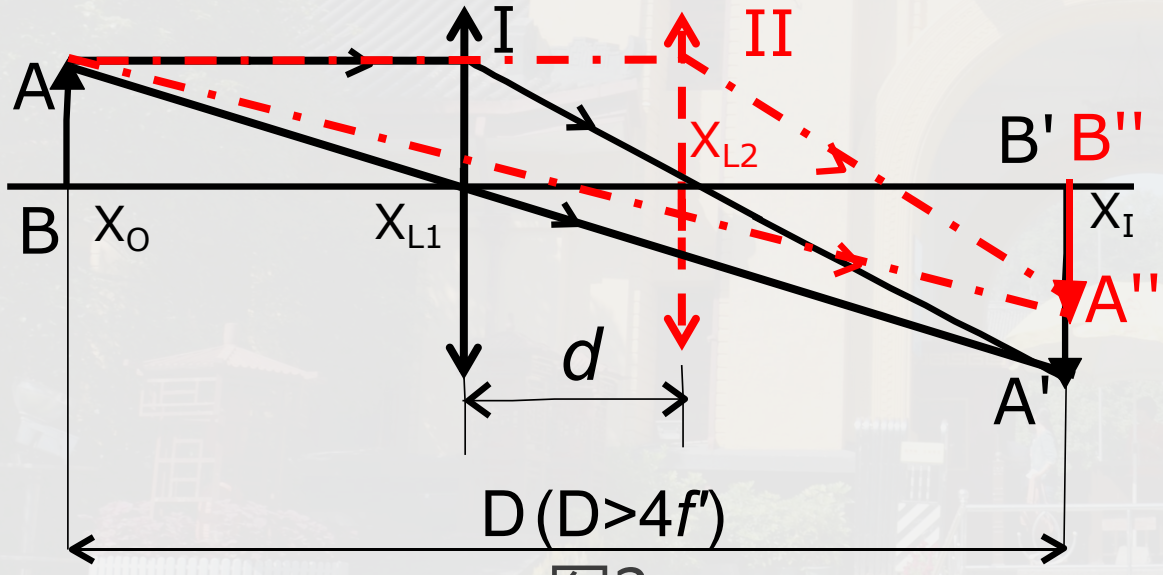


图2

凸透镜在I处倒立放大实像、II处倒立缩小实像。

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

式中D、d、f '分别为物像间距、凸透镜二次成像位置的间距、像方焦距。

二、实验原理

3 自准直法测凸透镜焦距

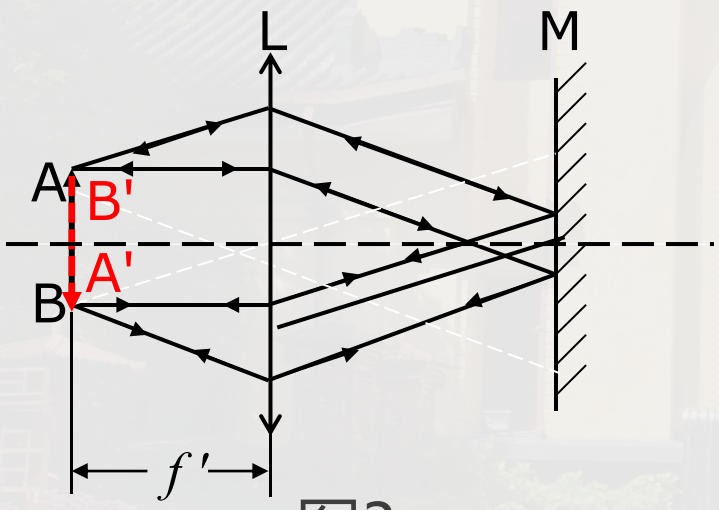


图3

当物体AB位于透镜L的焦点平面上时，则由其而来的光线通过透镜L折射后，再由与主光轴垂直的平面镜M反射后，经透镜L折射，必会在原物屏上得到与原物等大的倒立实像A'B'，此时，物屏与透镜的距离S即为像方焦距f '。

三、实验仪器

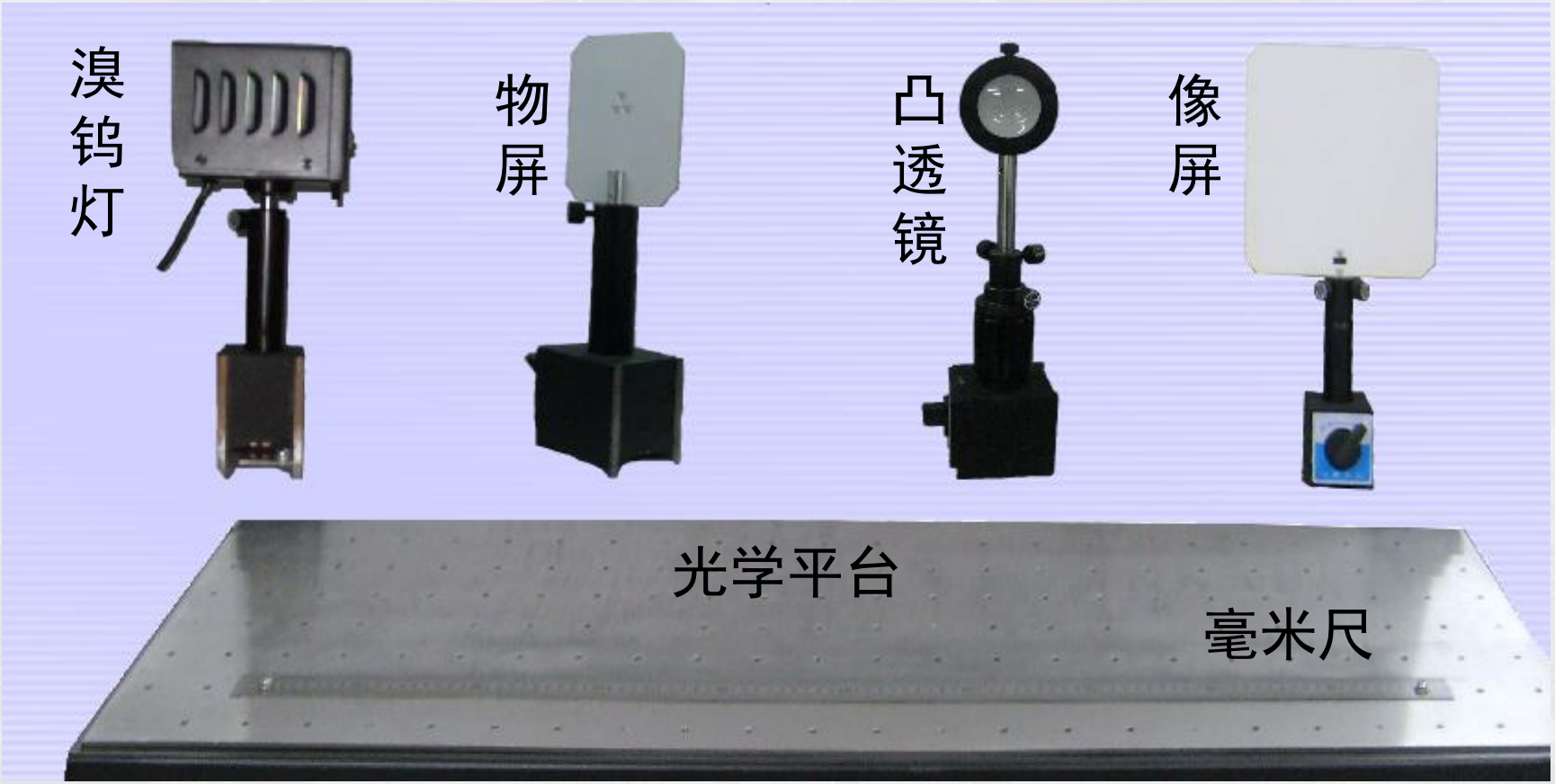
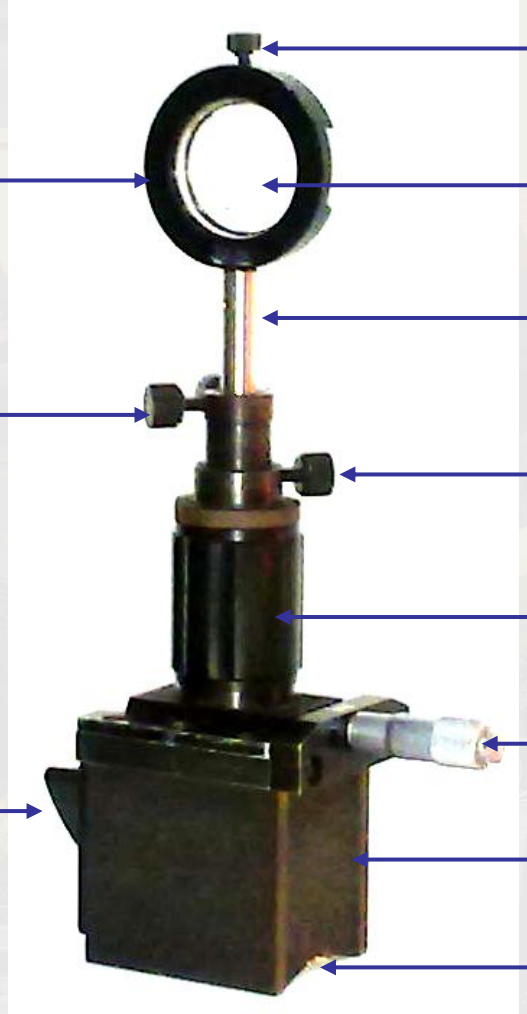


图4

三、实验仪器


透镜固定螺丝
透镜架
透镜
撑杆
撑杆固定螺丝
高度调节固定螺丝
高度调节旋钮
水平调节旋钮
磁开关
磁性底座
读数指针

ON
天 津 港 东
磁旋钮
当旋钮处于ON位置时,底座将被固定在操作平台上;处于OF位置时则可自由移动.

四、薄透镜焦距的测定

元件的等高共轴调节

1. 将实验元件依次沿着毫米尺排列，调节物屏、透镜及像屏使得三者平面两两平行，并与毫米尺垂直。（粗调）
2. 利用二次成像法，前后移动凸透镜通过观察两次大小像中心是否重合来判断元件是否等高。(细调）

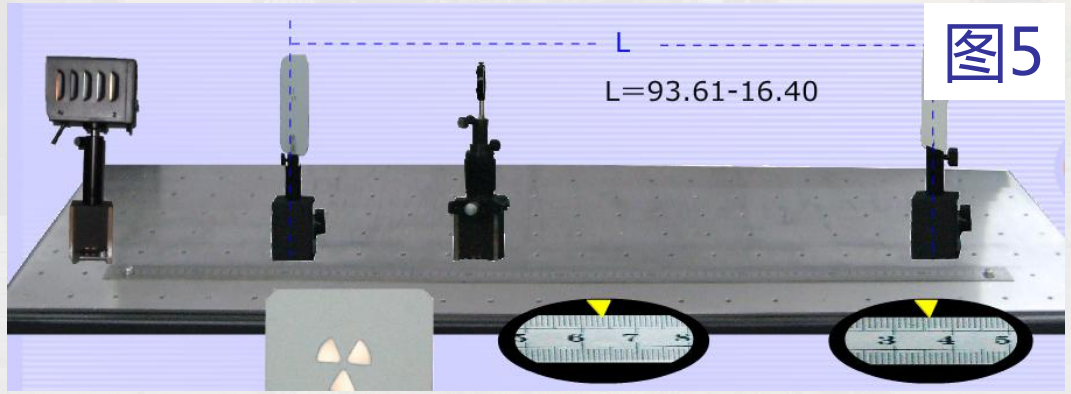


图5

四、薄透镜焦距的测定

1 物距-像距法

1）如图5所示，依次摆好元件；

2）调节透镜的前后位置，直到像屏上出现倒立放大清晰的像；

3）将此时物屏、透镜和像屏的相应位置记录表格中；

4）调整物屏前后位置，重复步骤(2)和(3)，测量三次。

四、薄透镜焦距的测定

2 二次成像法

1）如图5所示，依次摆好元件；

2）调节透镜的前后位置，直到像屏上出现倒立放大清晰的像，记录透镜位置I；

3）向像屏方向继续移动透镜，直到像屏上出现倒立缩小清晰的像，记录透镜位置II；

4）将此时物屏、透镜位置I、透镜位置II及像屏相应位置记录表格2中；

5）调整物屏前后位置，重复步骤(2)、(3)和(4)，测量三次。

四、薄透镜焦距的测定

3 自准直法

1）将物屏换做平面镜，其正面朝向透镜；

2）调节透镜的前后位置，直到物屏上出现倒立等大清晰的像；

3）将此时物屏和透镜的相应位置记录表格3中；

4）调整物屏前后位置，重复步骤（2）和（3），测量三次。

五、数据记录与处理

1 物距-像距法测凸透镜焦距

表 1　　单位：*mm*

测量次数	像屏位置 (X_I)	物屏位置 (X_O)	透镜位置 (X_L)	物距S	像距S'
1					
2					
3					

五、数据记录与处理

1. 计算各f '值及平均值 $\bar{f}' = \frac{1}{3}(f_1' + f_2' + f_3')$

2. 求不确定度 $f' = \frac{S \times S'}{S - S'} = \frac{(X_L - X_O) \times (X_I - X_L)}{(X_L - X_O) - (X_I - X_L)}$

其中，X_O、X_L、X_I为直接测量量，则：

$$u_A(X_O) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_O - \bar{X}_O)}{n(n-1)}}; \quad u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \quad \Delta = 1mm \ ; \quad u_C(X_O) = \sqrt{u_A^{\ 2}(X_O) + u_B^{\ 2}},$$

$$u_A(X_L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_L - \bar{X}_L)}{n(n-1)}}; \quad u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \quad \Delta = 1mm \ ; \quad u_C(X_L) = \sqrt{u_A^{\ 2}(X_L) + u_B^{\ 2}} \qquad u_C(X_I) = u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

五、数据记录与处理

$$u_C\left(\bar{f}'\right)=\sqrt{\left(\frac{\partial f'}{\partial X_O}\right)^2 u_C{}^2(X_O)+\left(\frac{\partial f'}{\partial X_L}\right)^2 u_C{}^2(X_L)+\left(\frac{\partial f'}{\partial X_I}\right)^2 u_C{}^2(X_I)},$$ 其中，

$$\frac{\partial f'}{\partial X_O}=-\frac{(\bar{X}_I-\bar{X}_L)^2}{(\bar{X}_O-\bar{X}_I)^2},\frac{\partial f'}{\partial X_L}=\frac{2\bar{X}_L\text{-}\bar{X}_I\text{-}\bar{X}_O}{\bar{X}_O-\bar{X}_I},\frac{\partial f'}{\partial X_I}=\frac{(\bar{X}_O-\bar{X}_L)^2}{(\bar{X}_O-\bar{X}_I)^2}$$

3 测量结果 $f'=\bar{f}'\pm u_C\left(\bar{f}'\right)$

五、数据记录与处理

2 二次成像法测凸透镜焦距

表 2　　单位：*mm*

测量次数	像屏位置 (X_I)	物屏位置 (X_O)	透镜位置I (X_{L1})	透镜位置II (X_{L2})	*d*	*D*
1						
2						
3						

五、数据记录与处理

1 计算各f '值及平均值 $\bar{f}' = \frac{1}{3}(f_1' + f_2' + f_3')$

2 求不确定度 $f' = \frac{D^2 - d^2}{4D} = \frac{(X_I - X_O)^2 - (X_{L2} - X_{L1})^2}{4(X_I - X_O)}$,

其中，X_O、X_I、X_{L1}、X_{L2}为直接测量量，则 $u_C(X_I) = u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$

$$u_A(X_O) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_O - \bar{X}_O)}{n(n-1)}};\ u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}},\ \Delta = 1mm;\ u_C(X_O) = \sqrt{u_A{}^2(X_O) + u_B{}^2},$$

$$u_A(X_{L1}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_{L1} - \bar{X}_{L1})}{n(n-1)}};\ u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}},\ \Delta = 1mm;\ u_C(X_{L1}) = \sqrt{u_A{}^2(X_{L1}) + u_B{}^2}$$

五、数据记录与处理

$$u_A(\mathrm{X_{L2}})=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(\mathrm{X_{L2}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L2}})}{n(n-1)}};\ u_B=\frac{\Delta}{\sqrt{3}},\quad \Delta=1mm;\quad u_C(\mathrm{X_{L2}})=\sqrt{u_A{}^2(\mathrm{X_{L2}})+u_B{}^2}$$

$$u_C\left(\overline{f}'\right)=\sqrt{\left(\frac{\partial f'}{\partial \mathrm{X_I}}\right)^2 u_C{}^2(\mathrm{X_I})+\left(\frac{\partial f'}{\partial \mathrm{X_O}}\right)^2 u_C{}^2(\mathrm{X_O})+\left(\frac{\partial f'}{\partial \mathrm{X_{L2}}}\right)^2 u_C{}^2(\mathrm{X_{L2}})+\left(\frac{\partial f'}{\partial \mathrm{X_{L1}}}\right)^2 u_C{}^2(\mathrm{X_{L1}})}$$

$$=\sqrt{[\frac{(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{I}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{O}})^2+(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L2}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L1}})^2}{4(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{I}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{O}})^2}]^2\times[u_C{}^2(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{O}})+u_C{}^2(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{I}})]+[\frac{\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L2}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L1}}}{2(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{I}}-\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{O}})}]^2[u_C{}^2(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L2}})+u_C{}^2(\overline{\mathrm{X}}_{\mathrm{L1}})]}$$

3 测量结果 $f'=\overline{f}'\pm u_C\left(\overline{f}'\right)$

五、数据记录与处理

3 自准直法测凸透镜焦距

表 3　　单位：*mm*

测量次数	物屏位置(X_O)	透镜位置(X_L)	f'
1			
2			
3			

五、数据记录与处理

1. 计算各f '值及平均值 $\bar{f}'=\frac{1}{3}(f_1'+f_2'+f_3')$

2. 求不确定度 $f'=X_L-X_O$

$$u_A(X_O)=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_O-\bar{X}_O)}{n(n-1)}};\ u_B=\frac{\Delta}{\sqrt{3}},\ \Delta=1mm;\ u_C(X_O)=\sqrt{u_A{}^2(X_O)+u_B{}^2},$$

$$u_A(X_L)=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(X_L-\bar{X}_L)}{n(n-1)}};\ u_B=\frac{\Delta}{\sqrt{3}},\ \Delta=1mm;\ u_C(X_L)=\sqrt{u_A{}^2(X_L)+u_B{}^2}$$

$$u_C(f')=\sqrt{\left(\frac{\partial f'}{\partial X_O}\right)^2 u_C{}^2(X_O)+\left(\frac{\partial f'}{\partial X_L}\right)^2 u_C{}^2(X_L)},$$

3. 测量结果 $f'=\bar{f}'\pm u_C(\bar{f}')$

七、思考题

1. 为何在用“自准直法”测量凸透镜焦距时，会在f/2处得到一个像？成像原因是什么？
2. 凹透镜焦距该如何测量？
3. 若有两面焦距分别为300 mm和45 mm的凸透镜，将其组成望远镜，则哪一面作为物镜？哪面作为目镜？其放大率如何测得？

广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

感谢您的观看

授课老师 - 吕凤珍