# 1061

## 1060111 物距像距法测量透镜焦距

## 预习要点

① 什么是薄透镜？什么是近轴光线？透镜成像公式的使用条件是什么？

② 什么是自准直法？利用自准直法测透镜焦距时，如何消除透镜中心与支架刻线位置不重合造成的系统误差？

③ 什么是共轭法？用共轭法测透镜焦距有何优点？

④ 什么叫等高共轴调节？为什么要进行等高共轴调节？如何进行调节？

⑤ 什么是测读法？何处使用测读法？其目的是消除什么误差？

⑥ 什么是平行光管法？利用平行光管法测量透镜焦距最突出的优点是什么？

⑦ 利用平行光管法测量凸透镜焦距时，透镜与平行光管间的距离对结果有无影响？

⑧ 什么是球面镜？球面镜的曲率半径与其焦距的关系是什么？

## 实验原理

这里只讨论涉及薄透镜、单球面镜、近轴光线的实验。薄透镜是指透镜的中心厚度ｄ远小于其焦距ｆ（ｄ<<ｆ）的透镜。近轴光线是指通过透镜中心部分并与主光轴夹角很小的那一部分光线。为了满足近轴光线条件，常在透镜前（或后）加一带孔的屏障，即光阑，以挡住边缘光线；同时选用小物体，并作等高共轴调节，把它的中点调到透镜的主光轴上，使入射到透镜的光线与主光轴的夹角很小。在近轴光线条件下，薄透镜的成像规律可用下式表示，即



式中，ｕ为物距，实物为正，虚物为负；ν为像距，实像为正，虚像为负；ｆ为焦距，凸透镜为正，凹透镜为负。对于薄透镜，公式中ｕ、ν和ｆ均从透镜的光心算起。

对于单球面镜，同样只研究其近轴区域的成像。由近轴区域内物像关系的光学（即近轴光学或高斯光学）可得知近轴单球面折射公式如下：

式中，ｎ、ｎ′分别为物方和像方介质的折射率；ｓ、ｓ′分别为物距和像距；ｒ为球面镜的曲率半径。

上述公式的推导对线段的正负作了如下规定：由指定的点（如折射点）沿光线进行的方向运动所构成的线段为正；反之，为负。

从式（４．９．２）可以看出，对于给定的ｓ，不同的球面（不同的ｎ、ｎ′和ｒ）将有不同的ｓ′与之相应，所以可以认为式（４．９．２）右端的项（ｎ′－ｎ）／ｒ是一个表征球面的光学特性的常数，称为该面的光焦度，记为Ф，则有



当物点在物空间主轴上的无限远处（ｓ＝－∞）时，即当投射到球面上的光线平行于光轴时，则有



由此ｓ′所确定的点称为折射面的像空间主焦点。由折射面顶点到该焦点的距离称为该折射面的像空间焦距，即



与像空间主光轴上的无限远点对应的折射面物空间的点称为折射面的物空间主焦点。由折射面到该焦点的距离称为该折射面的物空间焦距，即



至于光线在一个球面反射镜上的反射情况，则可由令ｎ′＝－ｎ的单球面折射公式获得。由式（４．９．２），当令ｎ′＝－ｎ时，可得曲率半径为ｒ的球面反射镜在近轴区域的反射公式如下：

从而可得知，当ｎ′＝－ｎ时，半径为ｒ的单球面反射镜的焦距与曲率半径的关系如下：

实验仪器

光具座、凸透镜、凹透镜、光源、屏、箭状孔、小孔、叉丝分划板、平行光管（含十字叉丝、玻罗分划板）、测微目镜、半导体激光器、凸面镜、凹面镜、平面反射镜。

## 实验内容

（１）物距像距法测量凸透镜的焦距请自行设计操作步骤。

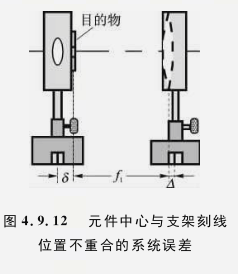
注意：当物距分别为ｆ＜ｕ＜２ｆ、ｕ＝２ｆ、ｕ＞２ｆ的情况下，利用测读法分别测出相应的像距，按照成像公式（４．９．１）计算出焦距ｆ，测量的同时应观察成像的特点。

（２）物距像距法测量凹透镜的焦距

① 将物屏、辅助凸透镜Ｌ１ 和像屏放在光具座上，使物屏与像屏的间距略大于４ｆ１。

② 移动凸透镜的位置，使像屏上成一个清晰的像，固定凸透镜Ｌ１，并测读像屏位置。

③ 在Ｌ１ 和像屏之间插入待测凹透镜Ｌ２，移动像屏，直至屏上出现较清晰的像。调节凹透镜Ｌ２ 的上下、左右位置，使像的中心与原凸透镜第一次成像的中心重合。固定像屏，然后仔



元件中心与支架刻线位置不重合的系统误差

细缓慢地前后移动凹透镜Ｌ２ 的位置，直至像屏上出现最清晰的像。记录此时凹透镜Ｌ２ 和像屏的位置。

④ 保持物屏、凸透镜Ｌ１ 的位置不变，再按照上述方法进行重复测量并记录原始数据，求出平均值，带入式（４．９．９）即可计算出凹透镜的焦距ｆ２。

提示：由于透镜中心与支架刻线位置不重合，上述方法测出的焦距将存在系统误差Δ（见图４．９．１２）。为减小该误差，采用对称测量法：将透镜反转１８０°，重复以上测量，然后取两者的平均值。

## 思考题

① 如图４．９．１３所示，一物ＡＢ，其中心已调在透镜的光轴上，并且已完成“自准直”的调节。试用作图法求出此时像的位置与大小。

图４．９．１３ 思考题①图

② 用自准直法测量凸透镜焦距时，平面镜与凸透镜之间的距离对成像位置和清晰度有什么影响？平面镜法线与光轴的夹角对成像位置有什么影响？（通过实验观察后，画出光路图进行分析说明。）

③ 在自准直法测量凸透镜焦距过程中，可能会发现有两个像，但只有其中一个才是我们需要的，如何判别？并分析另一个像的成因。

④ 用共轭法测量凸透镜焦距时，未作透镜反转１８０°的测量，那么透镜中心与支架刻线位置不重合是否会给实验结果带来误差？为什么？

⑤ 用实验中观察到的现象说明在用共轭法测量凸透镜焦距时，为什么取物屏距离要稍大于４ｆ，而不是甚大于４ｆ，更不能小于４ｆ？

⑥ 凹面镜和凸透镜都对光起会聚作用，那么奥运圣火的采集用的是前者还是后者？试举几个单球面镜在日常生活中的典型应用，并解释其原理。