

测量薄透镜的焦距

张欣睿^{*}

北京大学化学与分子工程学院 学号：1600011783

摘 要: 在本次实验中,学习了光学实验调节共轴的方法,并基于透镜成像原理,运用了位移法、自准直法测定了凸透镜的焦距、运用物像距法、自准直法测定了凹透镜的焦距。

关键词: 薄透镜; 调节共轴; 焦距; 位移法; 物像距法; 自准直法

^{*} e-mail: zhangxinrui16@pku.edu.cn; mobile number: 18801391162

1 引言

透镜是一类对透过的光有汇聚或发散作用的光学元件，在很多仪器装置中都有应用。对于薄透镜来说，焦距是一个重要的物理量。基于薄透镜对光路的折射规律和透镜成像规律，可以设计一系列方法测量薄透镜的焦距，包括物像距法、位移法、自准直法等。本次实验即对这些方法进行实践，通过不同的方法测量给定薄透镜的焦距，并比较对应方法的区别。

2 数据处理

在测定凸透镜焦距部分，采用的方法为位移法和自准直法。位移法测焦距利用的是物和像位置不变，变动凸透镜位置使物两次成像的规律。光路图如图 1 所示，根据位移法相关规律，凸透镜的焦距 f 可以表示为：

$$f = \frac{A^2 - l^2}{4A}$$

其中， A 为物像距， l 为透镜移动的距离。据此可以根据测量结果计算出凸透镜的测量焦距，如表 1 所示。

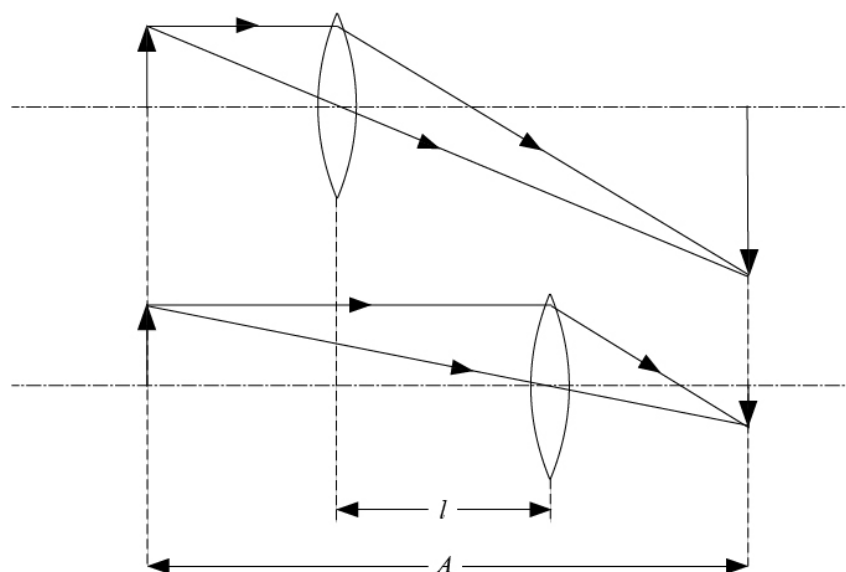


图 1 位移法测焦距光路图

次数	物 x_1	屏 x_2	$A = x_2 - x_1 $	大像 x_3	小像 x_4	$l = x_4 - x_3 $	f
1	17.68	79.47	61.79	41.90	55.39	13.49	14.71
2	17.68	83.79	66.11	39.82	61.73	21.91	14.71
3	17.68	80.09	62.41	41.35	55.99	14.64	14.74
平均值	—	—	—	—	—	—	14.72

表 1 位移法测焦距测量结果（单位：cm）

使用自准直法测量凸透镜的焦距，测一次，其光路图如图 2 所示，若物体到凸透镜的距离恰好为焦距，则在原位生成一个倒立等大的实像。测量数据如表 2 所示。

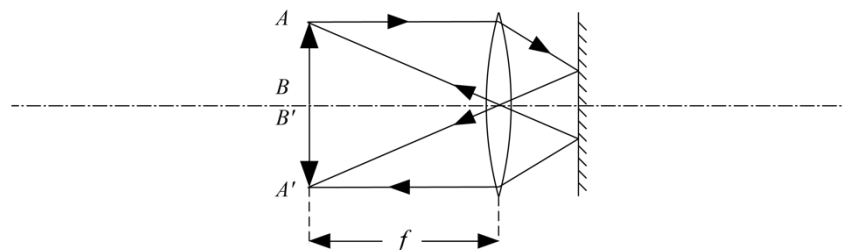


图 2 自准直法测凸透镜焦距光路图

物 x_1	凸透镜 x_2	平面镜 x_3	$f = x_2 - x_1 $
17.68	32.52	56.89	14.84

表 2 自准直法测焦距测量结果（单位：cm）

在测定凹透镜焦距部分，采用了物像距法和自准直法，两种方法都采用凸透镜进行辅助，都利用了虚物成实像原理。采用物像距法测定的光路图如图 3 所示，根据物像距法的焦距公式：

$$f = \frac{pp'}{p + p'}$$

可以求出测量所得的焦距，如表 3 所示。

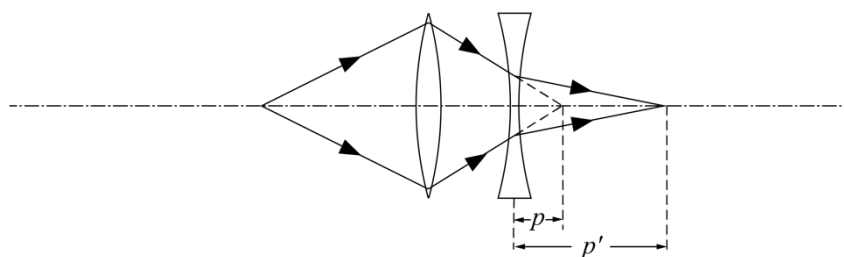


图 3 物像距法测凹透镜焦距光路图

次数	虚物 z_D	凹透镜 z_O	实像 $z_{D'}$	$p = - z_D - z_O $	$p' = z_{D'} - z_O $	f
1	89.33	80.05	108.49	-9.28	28.44	-13.77
2	86.69	77.62	104.04	-9.07	26.42	-13.81
3	95.60	86.58	111.70	-9.02	25.12	-14.07
平均值	—	—	—	—	—	-13.88

表 3 物像距法测凹透镜焦距测量结果（单位：cm）

而采用自准直法也只测量了一次，其光路图如图 4 所示，当在原位成等大、倒立实像时，虚物和凹透镜之间的距离即是凹透镜的虚焦距。测得的数据如表 4 所示。

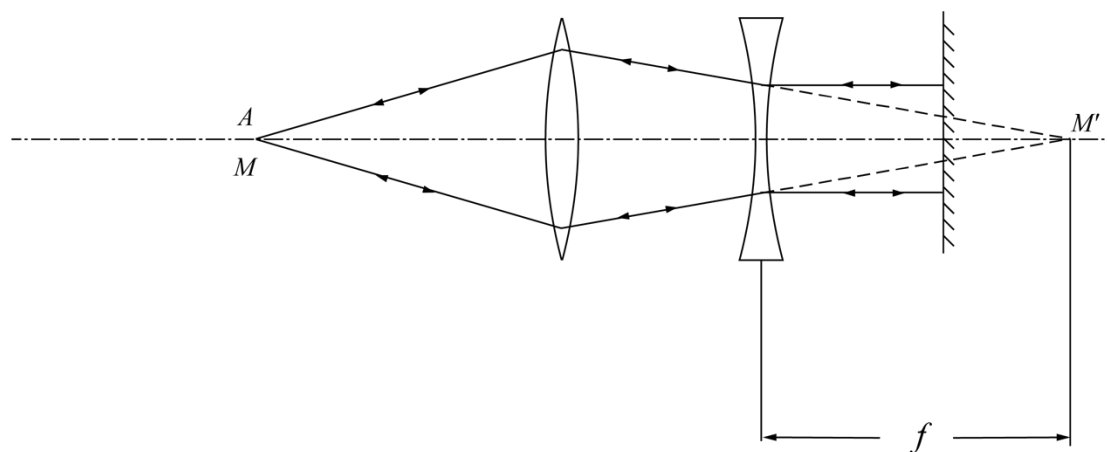


图 4 自准直法测凹透镜焦距光路图

凸透镜 z_1	虚物 z_D	凹透镜 z_O	平面镜 z_2	$f = - z_D - z_O $
53.41	78.19	63.92	78.25	-14.27

表 4 自准直法测凹透镜焦距测量结果（单位：cm）

3 分析与讨论

在实验过程中，发现使用位移法测量焦距时，相对比较好观察到清晰的成像，从而误差较小，但使用自准直法测量焦距时，在透镜移动的一个范围内，成像都比较清晰，并且清晰程度没有较大的差异，这也就导致读数上的困难，使实验误差增大。自准直法相对其他方法，其优势主要是快速，在共轴之后只需稍微移动凸透镜，读数即可，然而误差较大；位移法和物像距法稍慢，但是误差较小。

实验中最大的误差来源于对成像清晰程度的判断。各个元件在主光轴的一定范围内移动，观察到的成像都比较清晰，在自准直法中，这一范围较大；在其余方法中，这一范围较小，但都存在这一问题。读数时所读的位置可能为这一范围内的任意值，因而产生了误差。

其他的误差来源包括共轴调节不到位产生的误差、读数产生的误差、光学元件表面不光滑、有污损（被触摸）产生的误差等等，但最主要的误差来源仍然是对成像清晰程度的判断。

4 收获与感想

通过这一实验，我掌握了测量薄透镜焦距的几种方法的原理、操作和注意事

项，特别是学习了如何在光学实验中调节共轴以及调节共轴的重要意义，为以后的光学实验打下基础。

5 致谢

感谢杨景老师对实验的指导。