

测量薄透镜的焦距

王崇斌 1800011716

1 数据处理

表 1: 位移法测量凸透镜的焦距

次数	物 x_1/cm	屏 x_2/cm	$A = x_1 - x_2 /\text{cm}$	大像 x_3/cm	小像 x_4/cm	$l = x_3 - x_4 /\text{cm}$	$f = \frac{A^2 - l^2}{4A}/\text{cm}$
1	126.30	58.77	67.53	104.86	80.79	24.07	14.74
2	126.30	65.02	61.28	101.69	89.92	11.77	14.75
3	126.30	55.38	70.92	105.60	76.61	28.99	14.77
平均							14.75

表 2: 物像距法测量凹透镜焦距

次数	虚物 z_D/cm	凹透镜 z_O/cm	实像 z'_D/cm	$p = - z_D - z_O /\text{cm}$	$p' = z'_D - z_O /\text{cm}$	$f = \frac{pp'}{p+p'}/\text{cm}$
1	66.39	75.30	53.07	-8.91	22.23	-14.87
2	63.39	70.60	57.60	-7.21	13.00	-16.19
3	60.22	69.79	46.19	-9.57	23.60	-16.10
平均						15.72

表 3: 自准直法测量凹透镜的焦距

次数	虚物 z_D/cm	凹透镜 z_O	$f = - z_D - z_O $
1	64.78	80.51	-15.73

表 4: 自准直法测量凸透镜焦距

次数	物 x_1/cm	凸透镜 x_2/cm	$f = x_1 - x_2 /\text{cm}$
1	126.31	111.60	14.71

从表 1 与表 2 的对比可以看出，凹透镜焦距的测量显然有着较大的误差，这可能与测量凹透镜焦距时的光路复杂、距离测量的有效数字位数较少有关。用位移法与物像距法测量焦距时由于可以变化的参数比较多，所以我们多次实验取平均值以减小误差。但是对于自准直法，没有可以调节的参数，因此我们实验时只测量了一次数据。

2 分析与讨论

2.1 位移法和自准直法两种方法各自的优缺点

以讨论测量凸透镜的焦距为例：位移法要求在测量时保持接受屏与物保持固定的距离 A （要求这个距离大于四倍的焦距，否则无论凸透镜在两者之中的任何位置都不会有实像生成），而后调节凸透镜的位置，使得物在光屏上分别呈现出清晰的大像与小像，记录其中的间距 l ，由光路可逆以及薄透镜的成像公式可以计算出焦距 $f = \frac{A^2 - l^2}{4A}$ 。（图 2.1 为光路图）

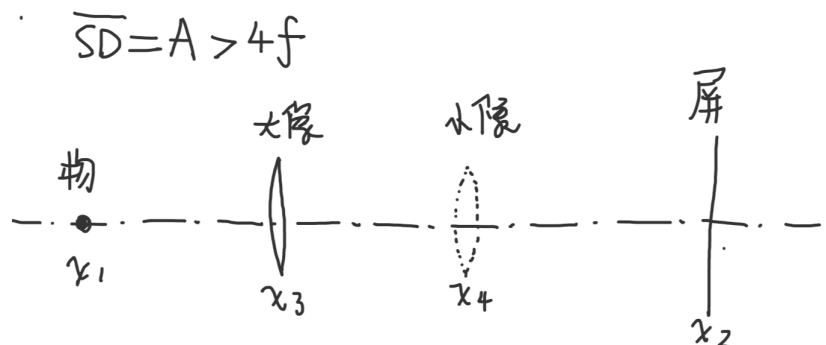


图 1: 位移法测量凸透镜焦距光路图

自准直法是将物置于透镜焦点的位置，物上每一点发出的光经过透镜折射变为平行光，再经过其后的平面镜反射，光线重新经过透镜，在原物中心对称的位置呈现出一个等大实像。

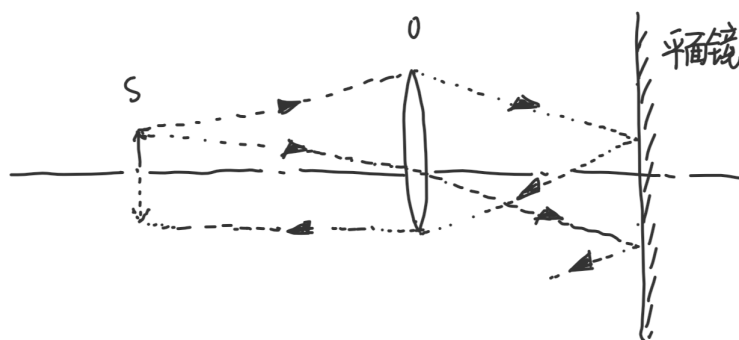


图 2: 自准直法测量凸透镜焦距光路图

使用位移法测量时需要读取较多的数据，进行一定的计算，而且在实验操作上比较复杂，但是其可以选取不同的 A 值多次实验，因而可以比较准确地测量出凸透镜地焦距。使用自准直法测量时操作、计算都非常的简洁，但由于其无法改变参数多次实验（因为这样的操作意义并不大，如果实验中光路本身出了问题，那么无论如何如何在光学导轨上平移这些器件，都会得到相同的结果），这样的测量受偶然因素影响更大。

2.2 实验中测量误差的来源分析

从实验条件的角度来看，长度的读数应该是一个会产生误差的地方，滑块上标示刻度的指针不与导轨上的刻度共面，所以读数时应该视线垂直于导轨读数，但是由于导轨较长，这样的操作比较麻烦，很有可能实验者为了方便而导致读数不准确，同时由于光学实验室内光线昏暗，所以也对读数造成了一定的困难。

在测量凸透镜的焦距时，明显可以看出数据的相对标准偏差很小，而对于凹透镜来说，焦距的相对标准偏差较大，这是和测量时的实验现象有关的。在对凸透镜进行测量时，光屏上物的实像的清晰程度对于距离很是敏感，很容易判断出在哪个距离下像最清晰，因此 l 的数值不确定度很小，自然会导致计算所得的 f 数值波动较小。在对凹透镜进行测量时，我们发现在相当距离范围内移动光屏，都会呈现出较为清晰的像。我们知道在固定了光屏与物之间的距离后，在其中间移动凸透镜会在光屏中呈现大像与小像两个大小不同的实像，观察表 2，其中第一个数据是利用凸透镜呈现的大像为凹透镜的虚像进行测量的，2、3 是利用凹透镜呈现的小像进行测量的。利用大像作为虚像时，光屏中会呈现一个比实物大得多的暗淡的虚像，其清晰的边缘不便于确认；而利用小像作为虚像时，光屏中的像相对较小较明亮，边缘便于确认，所以这样测量更为准确一些，2、3 组的结果更为接近也印证了这一点。但是值得注意的是，并不是小像越小越好，因为凸透镜距离实物越远所成的像越小，此时像距也会缩小（越来越接近焦距），如果向其中加入一面凹透镜，那么势必会导致物距的大小在 10cm 之下，减少了有效数字，会极大地提高误差。