

测量薄透镜焦距中存在的问题及解决办法

刘先慧¹, 梁治慧²

(1.西昌学院 数理系, 四川 西昌 615022; 2.乐山市草堂高级中学)

【摘要】本文针对测量薄透镜焦距实验中存在的问题,进行了细致分析和讨论,并给出了解决建议。

【关键词】等大倒立实象;中间象;透镜焦距

【中图分类号】O43 【文献标识码】A 【文章编号】1008-6307(2004)02-0108-03

The Problem Existing in Measuring the Focal Length of Thin Lens

LIU Xian-hui, LANG Zhi-hui

(Department of Physics, Xichang College, Xichang, Sichuan 615022)

Abstract: This paper discusses the problem existing in measuring the focal length of thin lens. It further puts forward some suggestions to solve it.

Key word: the same size and reversing image; middle image; focal length of lens

1 自准直法测凸透镜焦距易发生的错误及解决办法

在自准直法测量凸透镜焦距实验中,移动透镜的位置时为什么能在物屏上先后两次出现等大倒立的实象?哪一种透镜的自准直象?怎样判断?学生对此常常感到迷惑不解,针对这个问题作如下分析:

自准直法测量凸透镜焦距原理:如图1所示,当物体A位于凸透镜的焦平面上时,由A发出的光经透镜L折射后成平行光,若在透镜后面放一个与透镜光轴垂直的平面反射镜M,此平行光经M反射后再通过透镜,仍会聚于透镜光轴的对称位置上,即在透镜的焦平面处形成等大倒立的实象,物距、象距均等于该透镜的焦距。

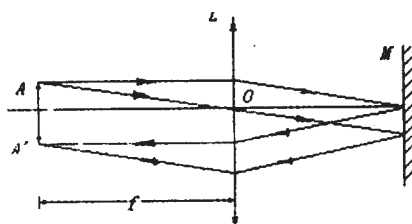


图1

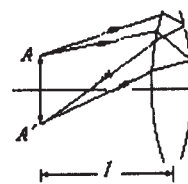


图2

在透镜的非焦平面处形成等大倒立的实象;学生在这一实验中,经常出现下述错误,如图2所示。图2中的象A',虽然相对于物A也是等大倒立实象,但它是物A经透镜后表面反射而形成的倒立实象,这

时,物距、象距都小于透镜焦距。在实验过程中,学生经常不能分辨这个象是不是自准直法得到的象,或者一见到等大倒立的实象,就以为是所要测的象,随即进行测量,结果使实验失败。所以正确辨别凸透镜

收稿日期:2004-02-23

作者简介:刘先慧(1962—),女,实验师,主要从事普物实验的教学与研究。

焦平面上形成的象是实验成功的关键。

对比法辨别凸透镜焦平面上形成的象:图1和图2中,象对于物,都是等大倒立的实象,若将平面镜取走后象没有消失,说明物光没有经过平面镜反射,而是透镜后表面对物光反射所形成的象。因为透镜的前表面,对于物相当于凸面镜,根据凸面镜的成像规律,对此物光的反射不能形成实象;只有透镜的后表面,对于物相当于凹面镜,由凹面镜的成像规律,对此经透镜折射所形成的物光进行反射可以成实象,该反射光再次经过透镜折射形成等大倒立的实象,其象距小于焦距。反之,若将平面镜取走,如象消失,此象即为所求的象。测出这时的物距就等于凸透镜的焦距。

2 物距象距法测量薄凹透镜焦距时,中间象对测量结果的影响

2.1 中间象的选择

物距象距法测量凹透镜焦距的光路如图3所示。图中物P经凸透镜 L_1 成象于P'(中间象),在 L_1 和P'之间放置待测凹透镜 L_2 ,P'即为 L_2 的虚物。对 L_2 而言,虚物P'又成象于P''。用 f_1 表示凸透镜 L_1 的焦距, u_1 、 v_1 分别代表它的物距和象距;若 f_2 和 u_2 、 v_2 分别代表待测凹透镜焦距的绝对值和其物距、象距的绝对值,则

$$f_2 = \frac{u_2 v_2}{v_2 - u_2} \quad (1)$$

实验证明,采用此法测量凹透镜焦距不易测准,原因在于中间象P'的大小和位置的选择不当,因为中间象的大小和位置直接关系到测量结果的不确定度。下面讨论应该选择什么样的中间象P'作为虚物才合适。

(1) 选择较大的中间象P'作为虚物

反复实验证明,当 $f_1 < u_1 < 2f_1$ 时,物P经凸透镜 L_1 成一倒立放大的实象P'(中间象),

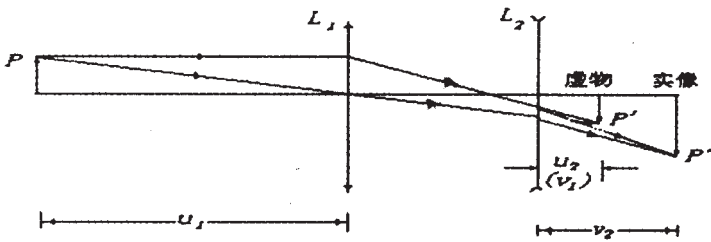


图3

如选择此象P'作为 L_2 的虚物不恰当,因为此时P'的准确位置不容易确定,P'的成象范围较宽,有时可宽达15.00cm。

(2) 选择较小的中间象P'作为虚物

当 $3f_1 > u_1 > 2f_1$ 时,物经凸透镜 L_1 成一倒立缩小的实象P'(中间象),选择此象P'作为 L_2 的虚物较为合适。

选择较小的象P'作为虚物,测得如表1所示的实验数据,分析表中实验数据得出如下结论:

表1

测量次数	1	2	3	4	5
u_2/cm	9.50	7.95	6.80	5.75	4.80
v_2/cm	45.00	23.80	16.15	12.40	11.90
f_2/cm	12.04	11.94	11.74	11.44	11.02

(a)中间象P'确定后,其位置的选择很关键。实验表明, u_2 值选得较大时,测量结果较准,分析表1中的实验数据并与给定值 $f_2=12.00\text{cm}$ 相比,可明显看出这一点。

(b)中间象P'确定后,随着 u_2 值的减小,测得的 f_2 总有逐渐减小的趋势,这种趋势不是偶然,恰好表明采用物距—象距法测量凹透镜焦距时存在由实验方法引入的不确定度的B类评定。

2.2 分析实验方法引入的不确定度的B类评定

(1) 测量 u_2 、 v_2 时产生的不确定度的B类评定

待测凹透镜并非理想的薄透镜,总有一定的厚度,两主点 H_1 和 H_2 同光心 O 并不重合,如图4所示。

对厚度为 d 的凹透镜,测量 u_2 、 v_2 时不能从光心 O 测起,应以两主点作参考,特别是当 u_2 和 v_2 都较小

时,厚度对 u_2 和 v_2 的测量影响更加明显。

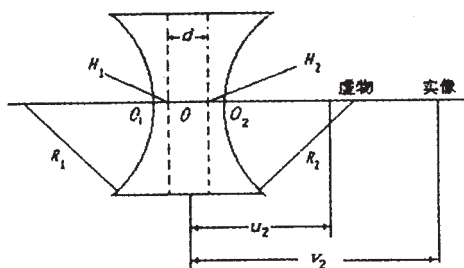


图4

设待测凹透镜是对称的, $H_1O=OH_2=\frac{d}{2}=X$, 则测量值 u_2, v_2 的不确定度的B类评定为(将不确定度按均匀分布处理):

$$U_B(u_2) = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_{\text{测}} - u_{\text{真}}) = \frac{1}{\sqrt{3}}[u_{\text{测}} - (u_{\text{测}} + x)] = -\frac{x}{\sqrt{3}}$$

$$U_B(v_2) = \frac{1}{\sqrt{3}}(v_{\text{测}} - v_{\text{真}}) = \frac{1}{\sqrt{3}}[v_{\text{测}} - (v_{\text{测}} - x)] = \frac{x}{\sqrt{3}}$$

f_2 不确定度的B类评定由(1)式得:

$$U_B(f_2) = \sqrt{\frac{u_2^4}{(v_2 - u_2)^4} U_B^2(v_2) + \frac{v_2^4}{(v_2 - u_2)^4} U_B^2(u_2)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{f_2^4}{v_2^4} x^2 + \frac{f_2^4}{u_2^4} x^2}$$

注释及参考文献:

- [1]姚启钧.光学教程(第二版).高等教育出版社,1993.
- [2]杨介信,陈国英.普通物理实验(光学部分)[M].高等教育出版社,1990.
- [3]刘智敏.不确定度原理[M].北京计量出版社,1993.

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} f_2^2 \sqrt{\frac{1}{v_2^4} + \frac{1}{u_2^4}} \tag{2}$$

由(2)式得:

$$\frac{U_B(f_2)}{f_2} = f_2 \frac{x}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1}{v_2^4} + \frac{1}{u_2^4}} \tag{3}$$

将表1中和第一组、第五组数据分别代入(3)式,得

$$\frac{U_B(f_2)}{f_2} = 0.08x \quad (\text{对第一组数据})$$

$$\frac{U_B(f_2)}{f_2} = 0.3x \quad (\text{对第五组数据})$$

由此可知,物距 u_2 值选得较大时,相对不确定度的B类评定较小,而 u_2 值选得较小时,相对不确定度的B类评定变大且存在 f_2 随 u_2 值变小而逐渐减小的趋势。

综上所述,采用物距—象距法测凹透镜焦距时,设法选择合适的中间象作为虚物,是实验成功的关键。

3 结束语

以上是笔者在教学过程中发现的两个问题,文中提供的解决办法仅是笔者的本人意见,同时也看出,在物理实验教学过程中有许多问题值得去探讨研究,实验教材也需要进一步完善。