

自准直法测凸透镜焦距易犯错误分析

俞莹

(东北林业大学物理系 黑龙江 哈尔滨 150040)

(收稿日期:2015-04-02)

摘要:自准直法测凸透镜焦距是大学物理几何光学实验中的一个重要实验.在利用该方法测量凸透镜焦距时,由于存在不是在凸透镜焦平面上形成的像,而造成学生测量中的错误.本文通过理论和实验角度,就测量中学生易产生的错误进行分析,同时提出切实可行的排除方法.

关键词:自准直法 凸透镜 焦平面

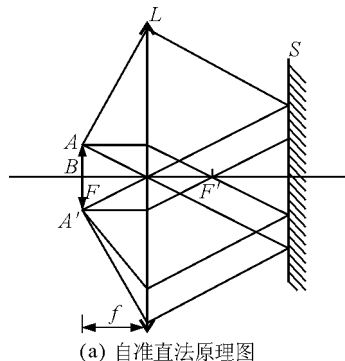
1 引言

自准直法是光学仪器调节的基本方法,常被用来调节分光计和望远镜^[1].大学物理几何光学实验中,利用自准直法测量凸透镜焦距是一个很重要的实验.对此实验的学习有利于学生掌握焦平面的概念,同时加深学生对凸透镜成像过程的理解.本文对自准直成像原理进行阐述,对学生利用自准直法测量凸透镜焦距过程中所产生的错误数据进行分析,同时给出排除错误数据的方法.

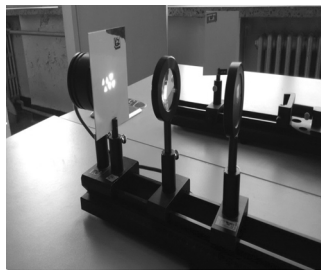
2 自准直法测凸透镜焦距原理

图1(a)为自准直法测凸透镜焦距的原理图,图1(b)为实验现象图.由薄透镜成像原理我们可知,当物体AB放在焦平面上时,由AB发射的光线经凸透镜L折射后成倾斜的平行光^[2].在透镜后面放一个与透镜光轴垂直的平面镜S,那么平行光经平面镜反射后仍然成平行光再次通过凸透镜,并会聚于透镜光轴的水平对称位置.这时所成的像相对于物是等大倒立的实像BA',像距和物距都为凸透镜的焦距.因此,在实验中,只要找到倒立等大的实像的位置,就可以测出凸透镜焦距.如图1(b)所示,此时的品字屏和凸透镜之间的距离就为凸透镜的焦距(为了让大家容易看出所成的像,我们让平面镜倾斜

一点).



(a) 自准直法原理图



(b) 自准直法实验现象图

图1

3 自准直法测凸透镜焦距错误现象

学生在实验过程中发现,有时明明观察到等大倒立的像,但是所记录的凸透镜焦距测量值小于实际值,这个像我们称之为干扰像,也就是很多文献中称之为的“假像”^[3,4].

3.1 干扰像成像原理

如图 2(a) 所示为此干扰像产生的光路图, 图 2(b) 为在实际测量中所产生的干扰像现象图.

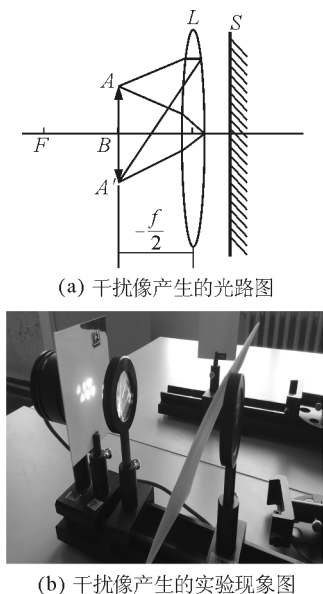


图 2

从图 2(a) 我们可以看出, 由物体 AB 所发出的光线首先经过凸透镜前表面, 在通过凸透镜前表面时发生折射. 物体经凸透镜前表面的折射成像公式为

$$\frac{n}{s_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{n-1}{r_1} \quad (1)$$

由凸透镜前表面折射后的光线再照射到凸透镜后表面, 凸透镜的后表面相当于凹面镜, 光线照射到凹面镜时发生反射. 物体经凹面镜的反射成像公式为

$$\frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_2} = \frac{2}{r_2} \quad (2)$$

经凸透镜后表面反射的光线再次经过前表面, 使光线再一次发生折射. 此时物体成像公式为

$$\frac{1}{s_3} - \frac{n}{s_3} = \frac{1-n}{r_1} \quad (3)$$

其中 r_1 和 r_2 分别表示凸透镜前表面和后表面两个球形界面的曲率半径; s_1 , s_2 和 s_3 分别为物距; s'_1 , s'_2 和 s'_3 分别为像距; 且有 $s_2 = s'_1$ 和 $s_3 = s'_2$; n 表示透镜介质的折射率. 我们知道空气中的折射率为 1, 公式中直接将空气的折射率代入.

综上所述, 干扰像的产生是由凸透镜的前表面和后表面, 分别经过折射、反射和折射这 3 个过程形

成, 这时的光线并没有经过平面镜.

3.2 干扰像的位置

对于对称的薄双凸透镜, 有 $r_1 = -r_2$. 联立公式 (1)、(2)、(3), 消去其中的 s'_1 , s_2 , s'_2 , s_3 和 r_2 , 最后得到 s'_3 和 s_1 的公式 (也就是光具组的物距和像距之间的关系式)

$$s'_3 = \frac{-r_1 s_1}{4n s_1 - 2s_1 + r_1} \quad (4)$$

依据透镜焦距公式有 $f' = r_1$, 代入公式 (4) 可得

$$s'_3 = \frac{-f' s_1}{4n s_1 - 2s_1 + f'} \quad (5)$$

另外干扰像与物为等大的, 因此有 $s'_3 = s_1$. 因此公式 (5) 最后等于

$$s_1 = s'_3 = \frac{f'}{1 - 2n} \quad (6)$$

对于一般玻璃的折射率 $n = 1.5 \sim 1.7$, 透镜介质折射率为 $n = 1.5 \sim 1.7$. 我们将 $n = 1.5 \sim 1.7$ 代入公式 (6) 可以得到

$$s_1 = s'_3 = -\frac{f'}{2} - \frac{f'}{2.4} \quad (7)$$

此时物距和像距为凸透镜焦距的一半左右. 物距和像距的位置就是干扰像的位置.

4 干扰像分辨方法

为了有利于学生在实验过程中快速地排除干扰像, 得到正确的焦平面成像, 我们根据上面所述的干扰像成像原理, 给出切实可行的分辨干扰像的方法.

由于干扰像的产生与平面镜没有关系, 因此如图 2(b) 所示, 这时将平面镜遮上, 仍然可以看到倒立放大的实像, 这个像就是干扰像. 而真正在焦平面上所成的像, 要经过平面镜的反射过程, 当我们遮上平面镜时, 倒立放大的实像则会消失, 正如图 3 所示的实验现象. 在实验中学生通过这种方法来判断所成的像是否是干扰像既快速又准确.

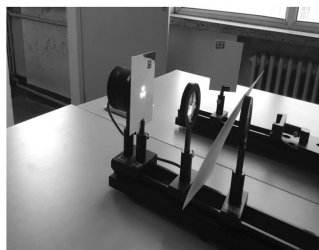


图 3 将平面镜遮上的自准直法测凸透镜焦距成像图

5 结论

在自准直法测量凸透镜焦距的实验中,利用遮挡平面镜的方法,有利于学生快速准确的排除干扰像,从而得到正确的凸透镜焦距.

参 考 文 献

1 杨瑞翠. 自准直法测薄透镜焦距. 仪器仪表用户,2008,15(1):115 ~ 116

2 励强华,陈宝玲,张飏. 光学教程. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1998.38 ~ 45

3 苏芳珍,杨德甫,曹海玲. 用自准直法测薄凸透镜焦距实验中“真”“假”像的判断. 延安大学学报,2008,27(4):40 ~ 42

4 袁进儒,崔志国,宋汉阁. 自准直法测焦距中的假相与排除. 东北师大学报(自然科学版),1995(3):37 ~ 39

Analysis on Fallibility in Measuring Convex Lens Focal Length by Auto – collimation Method

Yu Ying

(Department of Physics, Northeast Forestry University, Haerbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: Auto – collimation method is a main experiment to measure convex lens focal length in geometrical optics experiments. Students often confuse the “true” image and the “false” image. The “true” image is shown on the focal plane array of convex lens. However, the “false” image is not. This paper analyses the “true” and “false” images using the method of experiment and theory. A method is given to distinguish the “true” and “false” images.

Key words: Auto – collimation method;convex lens;focal plane array

(上接第 69 页)

4 结语

本文基于横波的特点,讨论了一种横波演示仪的设计与制作方法,并在此基础上清楚地展示出了它的演示效果.

同传统的模拟式横波演示仪相比,它能够真实地演示出横波的形成与传播的过程,具有结构简单、

成本低廉等诸多优点,在本领域中具有一定的技术进步意义,可供相关的物理教学借鉴.

参 考 文 献

1 谭浩. 横波演示仪和纵波演示仪的制作方法. 物理通报,1955,5(8):507 ~ 510

2 何丙华. 一种横波演示仪:中国专利,ZL200820045774.6.2008 – 12 – 31

Design and Production on Shear Wave Demonstrator

Li Yang Wang Hong Han Yanling

(School of Mathematics and Physics,China University of Geosciences,Wuhan,Hubei 430074)

Abstract: Transverse wave is a kind of typical mechanical wave,and it is also one of the important and difficult points of physics teaching in middle school. In order to helping students with a better understanding of the process of formation and transmission about the transverse wave,We have discussed a kind of design and fabrication of transverse wave demonstration apparatus which is based on the characteristics of the transverse wave. It can be truly demonstrated the process of formation and transmission about the transverse wave.

Key words: transverse wave;demonstration apparatus;design;fabrication