

自组望远镜测量凹透镜焦距*

施洋, 吕佩伟, 马靖

(福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350116)

摘 要: 文章提出了一种测量凹透镜焦距的新方法, 该方法是在自准直法测量凹透镜焦距的基础上, 结合自组望远镜系统, 通过观察望远镜视场中成像的清晰度变化, 从而测出凹透镜的焦距。该方法能避免传统自准直法测量凹透镜焦距时出现的成像较暗、不清晰等问题, 数据处理简单, 测量结果精确。

关键词: 凹透镜; 望远镜; 焦距

doi: 10.3969/j.issn.1007-550X.2021.04.007

中图分类号: O435

文献标识码: A

文章编号: 1007-550X (2021) 04-0023-03

凹透镜焦距测量方法多种多样, 常见的测量凹透镜焦距的方法有: 物距像距法^[1]、二次成像法^[2]、自准直法^[3]等。这些方法都是使用一块凸透镜作为辅助测量工具, 根据凹透镜所放位置的不同, 可以分为凹透镜后置 (凸透镜前置)^[4]与凹透镜前置 (凸透镜后置)^[5]两种情况。其中物距像距法与二次成像法在判断像的位置时, 由于光源对成像的像差、色差的影响^[6]虽然在景深、焦深^[7]的范围内一般都能成清晰的像, 但其测量准确度却受到人眼主观观察判断能力的限制而导致测量的相对误差较大; 自准直法的成像由于受透镜多次反射影响, 能量衰减严重, 往往成像较暗、不清晰, 因此无法做到准确测量。鉴于存在的上述问题, 本文对现有的方法进行研究

改进, 在测量过程中引入自组望远镜系统, 减小传统自准直法由于透镜多次反射而造成的成像暗淡问题, 可有效地提高测量精度。

1 传统自准直法测量凹透镜焦距

自准直法测量凹透镜焦距与自准直法测量凸透镜焦距类似, 都要使用一块平面反射镜。以凹透镜后置 (凸透镜前置) 为例, 如图1所示, 当物点O经过凸透镜所成的像即凹透镜的虚物P位于凹透镜的焦平面时, 虚物P所发出的光通过凹透镜后将成为一束平行光。利用平面镜把这束平行光反射回去 (反射光也是一束平行光), 反射的平行光再次通过凹透镜将会聚成像于凹透镜的焦平面上, 该像又经凸透镜再次成像在原先物屏上。通过调整凹透镜与其虚

*基金项目: 福州大学2018年一流本科教学改革建设项目——大学物理光学实验重难点指导数字教材建设;
福州大学2018年一流本科教学改革建设项目——电学设计性实验的教学改革;
福州大学2018年一流本科教学改革建设项目——基于创新人才培养的《大学物理实验》课程改革。

收稿日期: 2020-11-3

作者简介: 施洋 (1981—), 福建晋江人, 实验师, 主要从事物理实验教学工作。

物P之间的距离使得在物屏上能看到物体等大倒立清晰的像, 那么凹透镜与其虚物P之间的距离就是凹透镜的焦距 f 。

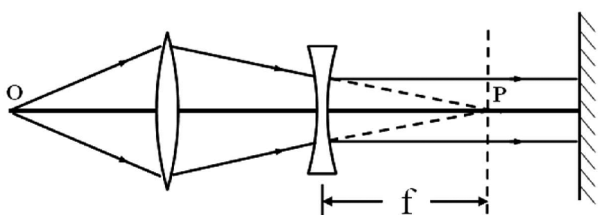


图1 自准直法测量凹透镜焦距

使用焦距为200.0 mm的凸透镜和焦距为-150.0 mm的凹透镜进行了实验测量, 数据记录在表1中。通过实验测量, 可以看出自准直法测量凹透镜焦距的优点在于计算简单, 通过测出凹透镜位置以及虚物P点位置, 两者之间的距离即为凹透镜焦距的绝对值。其缺点在于成像较暗, 人眼观察成像的清晰度上存在较大误差。从物点O发出的光, 通过凸透镜和凹透镜时, 分别在它们的表面发生反射从而光强衰减; 被平面镜反射后, 又再次通过这2个透镜, 光强进一步衰减; 经历了多次衰减后, 最终在物屏上只能看到暗淡的成像, 这给人眼判断清晰像造成严重影响, 导致形成较大的测量误差。

2 自组望远镜法测量凹透镜焦距

望远镜是用来观察、瞄准和测量远处物体的辅助仪器, 其构造的类型较多。比较简单的有两种: 由2个凸透镜组成的开普勒型望远镜和由一个凸透镜与一个凹透镜组成的伽利略型望远镜。以开普勒型

望远镜为例, 如图2所示, 2个凸透镜L1和L2组成开普勒型望远镜, 当望远镜对焦无穷远时, 这2个凸透镜之间的距离正好等于它们焦距之和。用构造好的开普勒型望远镜, 替代传统自准直法测量凹透镜焦距实验中的观察屏, 经由凹透镜出射的平行光, 此时入射望远镜系统, 观察者在望远镜视场中可以看到清晰的物像。因此, 与传统自准直法类似, 通过调整凹透镜与其虚物P之间的距离使得在望远镜视场中能看到物体的倒立清晰的像, 那么凹透镜与其虚物P之间的距离就是凹透镜的焦距 f 。

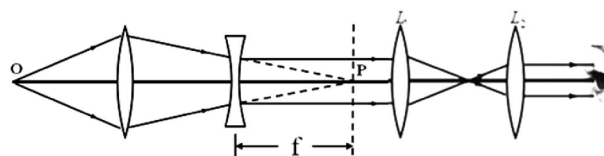


图2 自组望远镜法测量凹透镜焦距

同样使用焦距为200.0 mm的凸透镜和焦距为-150.0 mm的凹透镜进行了实验测量, 在开普勒型望远镜系统中, 分别使用一块焦距为150.0 mm的凸透镜与另一块焦距为100.0 mm的凸透镜作为物镜与目镜, 数据记录在表2中。通过实验测量, 可以看出自组望远镜法测量凹透镜焦距的优点同样在于计算简单, 通过测出凹透镜位置以及虚物P点位置, 两者之间的距离即为凹透镜焦距的绝对值; 另外, 从物点O发出的光, 通过4个不同的透镜时, 分别在它们的表面发生反射从而光强同样经历了多次衰减, 但是由于望远镜可以使得远处物体对人眼所张的视角放

表1 自准直法测量凹透镜焦距的实验数据

(单位: mm)

物屏位置	凸透镜位置	凹透镜位置	虚物位置	焦距	平均值	绝对误差	相对误差
200.0	500.0	957.5	1100.0	-142.5	-142.1	7.9	5.3%
	520.0	911.4	1053.3	-141.9			
	540.0	883.7	1025.7	-142.0			
	560.0	868.3	1010.0	-141.7			
	580.0	860.0	1002.2	-142.2			
	600.0	857.7	1000.0	-142.3			

表2 自组望远镜法测量凹透镜焦距的实验数据

(单位: mm)

物屏位置	凸透镜位置	凹透镜位置	虚物位置	焦距	平均值	绝对误差	相对误差
200.0	500.0	954.8	1100.0	-145.2	-144.8	5.2	3.5%
	520.0	908.5	1053.3	-144.8			
	540.0	881.0	1025.7	-144.7			
	560.0	865.5	1010.0	-144.5			
	580.0	857.2	1002.2	-145.0			
	600.0	855.4	1000.0	-144.6			

大, 观察者依旧能够清晰的看到物像, 提高了测量的精度。其缺点在于光路中透镜偏多, 对所有元件的共轴要求较高, 因此在实验测量过程中会产生一定的测量误差。

3 结论

2组实验测量数据测得凹透镜焦距值都比标定值小, 一方面可能是由系统误差造成的; 另一方面是该凹透镜的标定值存在误差。但从测量结果的相对误差来看, 自组望远镜法测量凹透镜焦距误差更小, 说明这种方法比传统自准直法测量凹透镜焦距更有优势。

2种方法使用的仪器元件基本相同, 光强同样

经历了多次衰减, 但是实验的结果不同。传统自准直的方法, 观察到的是暗淡、不太清晰的成像; 而自组望远镜的方法, 观察到的是明亮、清晰的成像。从这2种实验现象的对比中, 也能直观的体现出自组望远镜测量凹透镜焦距方法的优点。

自组望远镜测量凹透镜焦距的方法, 原理简单, 操作方便, 测量结果精确。该方法不仅能够使用自组开普勒型望远镜, 还能够使用自组伽利略型望远镜进行测量。而且, 凹透镜前置与凹透镜后置对实验结果的影响不大, 使用望远镜系统, 2种放置方法同样都能观察到明亮、清晰的成像。

参考文献:

- [1] 王江华, 顾菊观. 凹透镜焦距测量方法的改进[J]. 物理与工程, 2014, 24(01): 31 - 34.
- [2] 刘竹琴. 利用二次成像法测定凹透镜的焦距[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2013, 32(03): 28 - 29 + 32.
- [3] 李建华. 凹透镜焦距的测量方法[J]. 唐山师范学院学报, 2001(02): 53 - 57.
- [4] 曹鹏飞. 薄凹透镜焦距测定的探究实验[J]. 中国西部科技, 2013, 12(08): 23 - 24.
- [5] 许巧平. 凹透镜焦距测量新方法的实验研究[J]. 河南科学, 2014, 32(07): 1185 - 1188.
- [6] 廖立新. 凹透镜焦距测量自准直法的改进[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2015, 36(04): 30 - 32.
- [7] 张明霞, 令维军. 用读数显微镜视差法测凹透镜的焦距[J]. 甘肃联合大学学报(自然科学版), 2010, 24(06): 95 - 98.