

Experimental exploration and theoretical analysis of convex lens imaging law

Huilan Jing

Huangzhong District No.1 Middle School, Xining, Qinghai, 811600, China

Abstract

Through the deep exploration of convex lens imaging experiment, this paper systematically observes and records the properties, size and position relationship of convex lens imaging under different distance conditions. In the theoretical analysis part, this paper deeply explores the physical mechanism of convex lens imaging based on the experimental observations, and further deepens the understanding of its imaging principle. At the same time, combined with the practical application scenarios, this paper also analyzes in detail the important role of convex lens imaging law in optical imaging technology, and points out its wide application in photography, glasses making, microscope making, telescope and other fields. This study not only provides the basic data for the study of optical imaging technology, but also lays a solid theoretical foundation for the further development and application of related technologies.

Keywords

convex lens imaging; refraction of light; real image; virtual image; focal length

凸透镜成像规律的实验探究与理论解析

景慧兰

湟中区第一中学, 中国·青海 西宁 811600

摘要

本文通过对凸透镜成像实验的深入探究,系统地观察并记录了在不同物距条件下,凸透镜所成像的性质、大小以及位置关系。在理论解析部分,本文基于实验观察结果,深入探讨了凸透镜成像的物理机制,进一步加深了其成像原理的理解。同时,结合实际应用场景,本文还详细分析了凸透镜成像规律在光学成像技术中的重要作用,指出了其在摄影、眼镜制作、显微镜以及望远镜等多个领域中的广泛应用。本研究不仅为光学成像技术的研究提供了基础数据,也为相关技术的进一步发展和应用奠定了坚实的理论基础。

关键词

凸透镜成像; 光的折射; 实像; 虚像; 焦距

1 引言

凸透镜成像规律是光学领域中的基础内容,对于理解光的折射和传播特性具有重要意义。通过探究凸透镜成像的规律,不仅可以加深对光学现象的理解,还能为光学成像技术的研究提供理论基础。本文将从凸透镜成像的基本概念与原理出发,通过实验探究和理论解析,详细探讨凸透镜成像的规律及其应用。

2 凸透镜成像的基本概念与原理

2.1 凸透镜的定义与性质

凸透镜,其定义为中央厚度大于边缘的透镜,形态上呈现凸面特征。这一特殊结构赋予了凸透镜对光线的会聚功

能,即当光线穿过凸透镜时,会被引导并集中朝向透镜的焦点。凸透镜的这种会聚特性,是其在光学成像及光学测量等领域得以广泛应用的基础。焦距,作为衡量凸透镜会聚能力的关键指标,其长短直接关联着透镜的会聚效果:焦距较短时,透镜的会聚能力显著增强;相反,焦距较长,则透镜的会聚作用相对减弱^[1]。

2.2 凸透镜成像的原理

2.2.1 光的折射定律

光的折射定律是光学中的基本原理,它阐述了光在两种不同介质界面处传播方向变化的规律。当光线从一种介质进入另一种介质时,由于介质折射率的不同,光线会发生偏折。凸透镜的成像原理正是基于这一定律,其凸起的表面使得穿过透镜的光线在另一侧发生偏折并聚集。这种偏折和聚集的现象,使得凸透镜能够形成放大、缩小或等大的像,具体取决于物体与透镜的距离。凸透镜通过改变光线的传播方向,实现了对光线的会聚作用,这是其成像功能的基础。

【作者简介】景慧兰(1975-),女,中国青海西宁人,本科,一级教师,从事初中物理教育研究。

2.2.2 凸透镜成像的基本原理：基于光的折射和光路可逆性

凸透镜成像的基本原理植根于光的折射和光路可逆性。当物体置于凸透镜一侧，其发出的光线经透镜折射后向焦点会聚，依据光的折射定律，光线发生偏折并在透镜另一侧成像。此过程遵循光路可逆性，即若从像点反向发光，光线亦会经透镜汇聚至原物体位置。这一特性赋予了凸透镜成像的可逆性，使得我们可以通过观察像的位置和特性，来准确推断出物体的相应位置和性质，为光学成像提供了坚实的理论基础和实践应用的可能^[2]。

3 凸透镜成像规律的实验探究

3.1 实验探究的目的与意义

实验探究凸透镜成像规律，旨在通过实操观察验证并深化对凸透镜成像原理的理解。通过调整物距，直观观测成像的性质、大小及位置变化，从而全面掌握凸透镜成像的规律。此过程不仅巩固理论知识，还锻炼了学生的动手能力，培养了科学思维方式，提升了他们分析、解决问题的能力，对光学学习及科研实践具有重要意义。

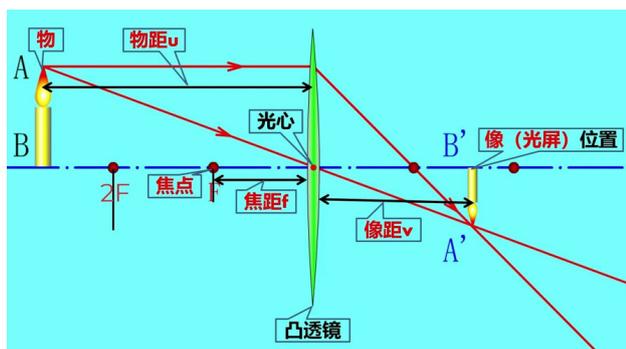


图1 凸透镜成像

3.2 实验探究的过程与步骤

3.2.1 凸透镜焦距的测量

凸透镜焦距的测量是实验探究的起始环节，对后续实验至关重要。焦距作为凸透镜会聚能力的关键指标，需准确测定。采用平行光聚焦法，将凸透镜正对平行光源，如太阳光或手电筒发出的平行光束，使光线经透镜会聚。在透镜另一侧置白纸作光屏，调整纸位直至找到最小最亮光斑。此光斑即为光线会聚点，用刻度尺测量光斑至凸透镜光心的距离，该距离即为凸透镜的焦距，此过程确保了实验数据的准确性和可靠性^[3]。

3.2.2 物体在不同位置时凸透镜成像的观察与记录

完成凸透镜焦距测量后，实验进入观察物体在不同位置时成像性质的阶段。将凸透镜稳固于光具座，并调整其高度，确保光屏、透镜及蜡烛中心基本对齐。点燃蜡烛作为成像物体，依次将其置于凸透镜的不同距离位置，包括大于2倍焦距、等于2倍焦距、小于2倍且大于1倍焦距、等于1倍焦距以及小于1倍焦距等关键点。随后，细致调整光屏位

置，直至获得清晰像，仔细观察并记录像的性质，如虚实、大小及正倒情况，同时测量并记录物距、像距等数据，为后续成像规律分析提供实证基础。

3.3 实验探究的结果与讨论

通过实验观测与数据记录，我们得以验证凸透镜成像的具体规律。实验结果显示，物距超过2倍焦距时，形成倒立且缩小的实像；物距恰为2倍焦距，则像为倒立等大实像；物距在2倍与1倍焦距之间时，呈现倒立放大的实像；物距等于1倍焦距，光线平行射出，不成像；而当物距小于1倍焦距，则形成正立放大的虚像。这些实验现象与凸透镜成像的理论规律高度吻合，充分证实了凸透镜成像原理的正确性与可靠性，为光学成像理论提供了坚实的实验支撑。

4 凸透镜成像规律的理论解析

4.1 凸透镜成像规律的总结

4.1.1 物距大于2倍焦距时，成倒立、缩小的实像

当物距超过凸透镜焦距的两倍时，凸透镜会形成一个倒立且缩小的实像。这一成像现象源于光线通过凸透镜后的会聚特性。在物距较大的情况下，来自物体的光线在经过凸透镜后，会在透镜的另一侧聚焦形成一个较小的像点。由于这个像点与物体分别位于透镜的两侧，并且像点尺寸小于于物体，因此形成的像是倒立的实像，且相较于原物体有所缩小。这一成像规律被广泛应用于照相机、摄像机等光学设备中，通过这些设备，我们能够捕捉到清晰、缩小的倒立实像^[4]。

4.1.2 物距等于2倍焦距时，成倒立、等大的实像

当物距恰好等于凸透镜的两倍焦距时，凸透镜会形成一个倒立且等大的实像。这一成像特性是由凸透镜对光线的会聚作用决定的。在物距等于2倍焦距的特定条件下，来自物体的光线经过凸透镜后，在透镜的另一侧会聚形成一个与物体尺寸完全相等的像点。由于像点与物体分别位于透镜的两侧，并且像点大小与物体保持一致，因此所形成的像是倒立的实像。这一成像规律在需要精确测量物体尺寸或进行特定光学实验等场合中，具有十分重要的应用价值。

4.1.3 物距小于2倍焦距、大于1倍焦距时，成倒立、放大的实像

当物距处于凸透镜焦距的1倍到2倍之间时，凸透镜会形成一个倒立且放大的实像。这一成像现象是基于凸透镜对光线的会聚原理。在此物距范围内，来自物体的光线经过凸透镜后，在透镜的另一侧会聚形成一个比原物体更大的像点。由于像点与物体分别位于透镜的两侧，且像点尺寸大于于物体，因此所成的像是倒立的实像，并且具有放大的效果。这一成像规律被广泛应用于投影仪、幻灯机、电影放映机等光学设备中，实现了图像或视频的放大投影功能。

4.1.4 物距等于1倍焦距时，不成像，成平行光射出

当物距恰好等于凸透镜的1倍焦距时，凸透镜并不会形成像，而是使来自物体的光线经过透镜后会聚到其焦点

处, 并随后以平行光的形式射出。这是因为焦点是凸透镜对光线会聚作用的特殊点, 它并非成像点, 而是光线会聚后改变传播方向(变为平行光)的位置。因此, 在物距等于1倍焦距的情况下, 凸透镜并不产生实像或虚像。这一特性在光学中具有重要意义, 它使得凸透镜可以被用于产生平行光束, 或在聚光系统中作为特定光路设计的一部分。

4.1.5 物距小于1倍焦距时, 成正立、放大的虚像

当物距小于凸透镜的1倍焦距时, 凸透镜会形成正立且放大的虚像。这一现象源于凸透镜对光线的发散作用, 在物距较小的情况下尤为明显。来自物体的光线经过凸透镜后, 并不在透镜的另一侧形成实际的会聚点, 而是呈现发散状态。这些发散光线的反向延长线在透镜的一侧相交, 构成了一个放大的虚像。由于虚像并非由实际光线会聚形成, 因此无法在光屏上呈现, 只能通过眼睛直接观察到。这一成像规律被广泛应用于放大镜等光学仪器中, 实现了对微小物体的放大观察。

4.2 凸透镜成像规律的应用

4.2.1 照相机、摄像机: 利用物距大于2倍焦距时成倒立、缩小的实像原理

照相机和摄像机等光学仪器, 其成像原理基于凸透镜在物距大于2倍焦距时形成倒立、缩小的实像。当物体置于镜头前较远位置, 即物距超过凸透镜的两倍焦距, 镜头内的凸透镜便将物体发出的光线会聚至镜头后方的感光元件上, 形成一倒立且缩小的实像。此实像随后由感光元件转换并处理为电信号, 进而获取物体的图像信息。通过调节镜头的焦距及光圈尺寸等参数, 可有效控制成像的品质与尺寸, 以满足多样化的拍摄需求, 实现清晰、准确的图像记录。

4.2.2 投影仪、幻灯机、电影放映机: 利用物距小于2倍焦距、大于1倍焦距时成倒立、放大的实像原理

投影仪、幻灯机及电影放映机, 其成像核心均依托于凸透镜在物距介于一倍与二倍焦距间时形成倒立、放大的实像原理。在这些设备中, 光源发出的光线经由光学系统导向凸透镜, 凸透镜作为关键成像组件, 将来自幻灯片、电影胶片或数字显示元件的光线聚焦并放大。此过程中, 凸透镜利用其对光线的会聚特性, 确保光线在特定距离上形成清晰的放大实像, 进而投射至屏幕。这一成像机制不仅实现了图像尺寸的放大, 还维持了图像的清晰度和色彩准确性, 为观众

呈现出生动、逼真的视觉内容。凸透镜的这一应用, 极大地促进了视觉传播技术的发展, 为教育、娱乐及信息展示等领域提供了强有力的技术支持。

4.2.3 放大镜: 利用物距小于1倍焦距时成正立、放大的虚像原理

放大镜, 这一广泛应用的光学工具, 其工作原理基于凸透镜在物距小于一倍焦距时形成正立、放大的虚像。当微小物体置于凸透镜焦点以内, 透镜将物体发出的光线发散, 并在透镜后方形成放大的虚像。使用者通过调整物体与透镜间的距离, 以及透镜与眼睛的位置, 即可直接观察到被显著放大的物体细节。这一成像机制无需复杂操作, 成像效果直观且清晰, 使得放大镜成为科学研究、医学诊断、珠宝鉴定及日常阅读辅助等领域的得力工具。它极大地提升了人们对微小细节的观察能力, 提高了工作的准确性和效率, 是光学原理在日常生活中的实用体现。

5 总结

本文通过对凸透镜成像规律的实验探究与理论解析, 深入探讨了凸透镜成像的基本原理及其在不同领域中的应用。实验探究不仅验证了凸透镜成像理论的正确性, 还加深了我们对光学现象的理解。同时, 理论解析则进一步揭示了凸透镜成像规律的内在机制和应用价值。在实际应用中, 凸透镜成像原理被广泛应用于照相机、摄像机、投影仪、幻灯机、电影放映机以及放大镜等多种光学设备中, 为现代视觉传播和观察技术的发展提供了有力支持。通过对凸透镜成像规律的深入理解和应用, 能够更好地利用光学技术, 提高生活质量和工作效率, 推动科学技术的不断进步。

参考文献

- [1] 常丽洁.探究凸透镜成像的规律[J].中学生数理化(八年级物理)(配合人教社教材),2024,(11):15.
- [2] 曹阳.“凸透镜成像的规律”知识巩固[J].中学生数理化(八年级物理)(配合人教社教材),2024,(11):26+30.
- [3] 舒爽.探究凸透镜成像规律实验解读[J].初中生学习指导,2024,(30):49-51.
- [4] 高婷.提高初中物理复习教学效率的有效尝试——以“凸透镜成像的规律”为例[J].中学教学参考,2024,(20):49-51.
- [5] 达亚宁.如何助力学生突破实验难点——以“探究凸透镜成像的规律”为例[J].中学物理教学参考,2024,53(17):31-33.