

自制光学创新实验教具

——立体化光学演示仪

张慧芬 袁海泉

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2022-09-13)

摘要:光学是物理知识体系中的一个重要内容,物理是一门以实验为基础的学科,光学实验在学生在学习光学知识的过程中起着重要作用.针对现有中学物理光学实验教具的不足,自制了立体化光学演示仪.该教具具有演示直观、功能多样及操作简便等创新特点,实现了通过更简便的操作步骤观察到更直观的光学现象,丰富学生的感性认识,提升中学物理光学的课堂教学效果.

关键词:自制教具;光学实验;立体化

1 引言

在中学物理教学中,物理实验发挥着重要作用.首先,物理实验为学生学习物理提供了丰富的感性认识,有助于深化学生对物理概念和规律的理解,激发学生的学习兴趣;其次,物理实验还能培养学生的观察和实验能力,发展他们的核心素养;另外,通过动手实验可以使学生掌握物理实验仪器的操作方法,培养学生尊重事实、实事求是的科学态度和遵守

纪律、爱护实验仪器的优良品质.

光学是整个物理学知识体系中的一个重要组成部分,中学物理教学中众多课题涉及到光学实验.《义务教育物理课程标准(2022年版)》及《高中物理课程标准(2017年版)》在“课程内容”板块中对光学实验均有要求,中学物理教材(以苏科版八年级物理上册教材和人教版高中物理选择性必修一教材为例)中对实验的要求与课标具有一致性,光学实验与课标对照情况可总结为表1所示.

表1 中学光学实验与课标要求对照表

教材	分布	课题内容	课标内容要求
苏科版 初中物 理教材 中的光 学实验	第三章·第1节	光的色散	通过实验,了解白光的组成和不同色光混合的现象
	第三章·第3节	光的直线传播	无
	第三章·第4节	平面镜成像特点	探究并了解平面镜成像时像与物的关系
	第三章·第5节	光的反射	探究并了解光的反射定律
	第四章·第1节	光的折射	通过实验,了解光的折射现象及其特点
	第四章·第2节	透镜	了解凸透镜对光线的会聚作用和凹透镜对光线的发散作用
	第四章·第3节	凸透镜成像规律	探究并了解凸透镜成像的规律
人教版 高中物 理教材 中的光 学实验	第四章·第1节	光的折射	通过实验,理解光的折射定律
	第四章·第2节	全反射	知道光的全反射现象及其产生的条件
	第四章·第3节	光的干涉	观察光的干涉、衍射和偏振现象,了解这些现象产生的条件
	第四章·第5节	光的衍射	观察光的干涉、衍射和偏振现象,了解这些现象产生的条件
	第四章·第6节	光的偏振	观察光的干涉、衍射和偏振现象,了解这些现象产生的条件

作者简介:张慧芬(1995-),女,硕士研究生,研究方向为学科教学(物理).

通讯作者:袁海泉(1962-),男,副教授,主要从事物理教学论研究.

物理学是一门以实验为基础的学科,光学实验对于中学生学习光学知识尤为重要.然而有研究表明当前中学物理光学实验教具存在一些问题^[1],如探究性功能不足、操作过程繁琐、现象可见度不高、实验效果不足等.针对现有光学实验教具的不足,笔者制作了一个可演示光的直线传播、反射、折射、凸面镜和凹面镜对光线的作用、凸透镜和凹透镜对光线的作用、全反射以及光的衍射等现象的“立体化光学”演示教具,目的是让学生通过更便捷的实验操作步骤观察更加直观的光学现象,以便于学生进行科学探究活动,更加系统全面地掌握物理知识和实验技能.

2 实验原理

本教具能演示的实验可分为“立体化光线”和“单束光线”两类,具体如表2所示.本教具所有可演示的实验都与相关的物理规律相对应,包括:光的直线传播、反射定律、折射定律、凸面镜和凹面镜对光线的不同作用、凸透镜和凹透镜对光线的不同作用、全反射及光的衍射等.

表2 演示实验列表

立体化光线	单束光线
光的直线传播	光的反射
凸面镜对光线的发散作用	光的折射(固-气介质、液-气介质)
凹面镜对光线的会聚作用	全反射
凸透镜对光线的会聚作用	光的衍射
凹透镜对光线的发散作用	

2.1 立体化光线的原理

立体化光线的光源由三束激光组成,激光笔均匀地固定在与电动马达连接的圆盘上,如图1所示.而人眼具有视觉暂留的效应,观察景物时,光信号传入大脑神经需要经过一段短暂的时间,光的作用结束后,先前的景物不会马上消失,视神经对景物的印象还会保留0.1 s左右的时间^[2].电动马达的转速约为每分钟400圈,由于视觉暂留的效果,高速转动的激光束在人眼视觉下,看起来形成的是一个立体光柱.运用立体化光线来演示“光的直线传播”“面镜对

光线的不同作用”以及“透镜对光线的不同作用”等实验,可以将书本上的平面光线转化为立体光柱,突显实验现象,解决了传统光学实验教具“实验效果不足”的问题,同时也更加接近真实世界中的光学现象.

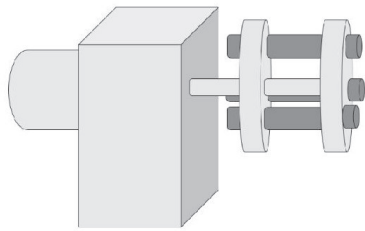


图1 光源装置简图

2.2 光路显现的原理

为了解决传统光学实验教具“现象可见度不高”的问题,本教具的所有演示实验中都营造了可以显现光路的环境.常规显现光路的原理多为丁达尔效应,当一束光线透过胶体,从垂直入射光方向可以观察到胶体里出现的一条光亮的“通路”,这种现象就是“丁达尔效应”.

为了制造出清晰的丁达尔现象,设计了密闭的展示容器来营造均匀的胶体环境,如图2所示.

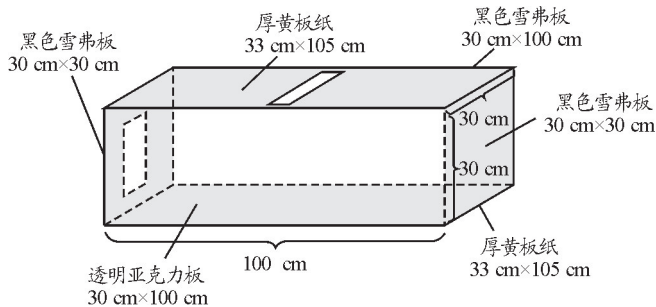


图2 密闭展示容器简图

容器除正面使用透明亚克力板,其余侧面均采用黑色雪弗板,以制造黑色的背景衬托绿色激光,突显实验现象.对胶体的物质种类分别试用了烟雾和水雾,实验发现,相较于烟雾,水雾充满整个密闭装置所需等待的时间更短,且水雾胶体产生的丁达尔现象也更加明显,所以最终采用加湿喷雾来制造均匀的水雾胶体.激光束穿过“加湿喷雾”制造的水雾胶体后,由于丁达尔效应显示出光路,大大提高光学实验的可见性.

3 教具制作

3.1 使用材料

制作该教具使用的全部材料包括旋转马达、激光笔(绿色)3支、三孔圆盘2块(具体尺寸见图3)、加湿喷雾器、光学元件(凸透镜、凹透镜、凸面镜、凹面镜、三棱镜、平面镜两块、自制发丝衍射元件)、可装水玻璃小容器(内壁的右侧面、底面、后面用黑色胶布粘贴)、开口展示容器(正面透明亚克力板,其余4个面为黑色雪弗板)、展示容器盖(厚黄板纸,中间挖矩形小孔用来倒挂元件)、木材-泡沫板“工型”支架(可旋转)。

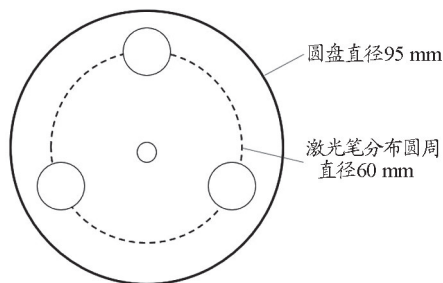


图3 三孔圆盘

3.2 教具实物

对上述器材进行组装后得到最终的教具装置,如图4所示。

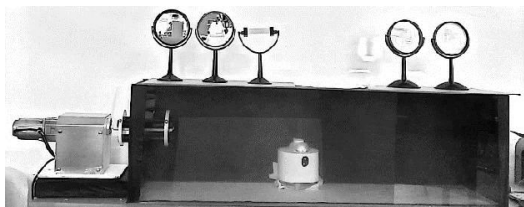


图4 教具实物图

4 操作步骤及演示效果

4.1 演示光的直线传播

(1) 打开加湿喷雾,盖上展示容器盖,使水雾在展示箱中均匀分布;

(2) 佩戴护目镜,打开3支激光笔开关;

(3) 接通马达电源,打开马达开关,将转速旋钮调到最大;

(4) 观察实验现象。

可以观察到展示箱中出现清晰的立体化光柱,

突显出光在同种均匀介质中沿直线传播的现象,实际演示效果如图5所示。



图5 光的直线传播演示效果

4.2 演示凸面镜对光线的发散作用

(1) 打开加湿喷雾,盖上展示容器盖,使水雾在展示箱中均匀分布;

(2) 佩戴护目镜,打开3支激光笔开关;

(3) 接通马达电源,打开马达开关,将转速旋钮调到最大;

(4) 将凸面镜倒挂在展示容器盖的方孔上;

(5) 观察实验现象。

创新设计了“倒挂式”的元件放置方式,便于根据教学中的演示需要更换不同的元件。可以观察到平行立体光柱经过凸面镜反射后发散射出,如图6所示。



图6 凸面镜对光线的发散作用演示效果

4.3 演示凹面镜对光线的会聚作用

(1) 重复上述步骤,将上述凸面镜替换为凹面镜;

(2) 观察实验现象。

可以观察到平行光柱经过凹面镜反射后集中到一点,如图7所示。



图7 凹面镜对光线的会聚作用演示效果

通过该演示现象学生可以清楚认识凹面镜对光线起会聚作用的规律。

4.4 演示凸透镜对光线的会聚作用

(1) 重复上述步骤,将上述凹面镜替换为凸透镜;

(2) 观察实验现象.

观察到平行立体光柱经过凸透镜的折射后会聚到一点,实际效果如图8所示.

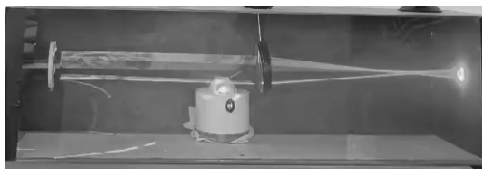


图8 凸透镜对光线的会聚作用演示效果

4.5 演示凹透镜对光线的发散作用

(1) 将上述凸透镜替换为凹透镜;

(2) 观察实验现象.

可以观察到平行立体光柱经过凹透镜后扩散开来,如图9所示,清晰地演示了凹透镜对光线具有发散作用.



图9 凹透镜对光线的发散作用演示效果

4.6 演示光的折射(气-固介质)

(1) 打开加湿喷雾,盖上展示容器盖,使水雾在展示箱中均匀分布;

(2) 佩戴护目镜,打开一支激光笔开关,转动圆盘将激光笔初步调至合适高度;

(3) 将三棱镜倒挂在展示容器盖的方孔上,转动圆盘将激光笔调至最适宜高度;

(4) 观察实验现象.

垂直进入三棱镜的激光斜射到空气介质后传播路径发生偏折,如图10所示,产生了清晰的光的折射现象.

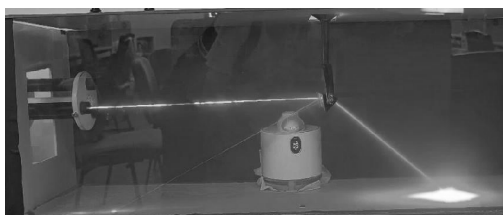


图10 光的折射(气-固介质)演示效果

4.7 演示光的衍射

重复4.6中操作步骤,将其中的三棱镜换为衍射元件,观察实验现象.

激光传播过程中遇到了头发丝,激光将偏离直线传播的路径而绕到障碍物后面传播,整体效果如图11所示.在教具右侧的光屏上呈现出清晰的明暗相间条纹,如图12所示.

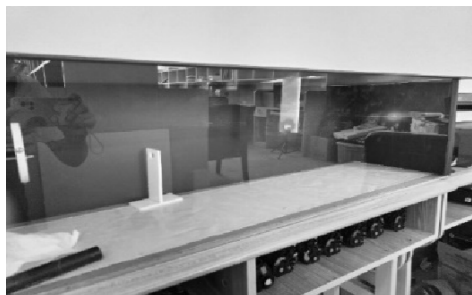


图11 衍射远景演示效果图



图12 衍射近景演示效果

4.8 演示光的反射

(1) 打开展示容器盖,放入“工型”反射镜;

(2) 打开加湿喷雾,盖上展示容器盖,使水雾在展示箱中均匀分布;

(3) 佩戴护目镜,打开一支激光笔开关,转动圆盘调整激光高度,使激光与上方平面镜大致位于同一高度;

(4) 转动上方平面镜不断改变光线入射角度,观察实验现象.

可以观察到清晰的人射光线及反射光线,演示效果如图13所示.

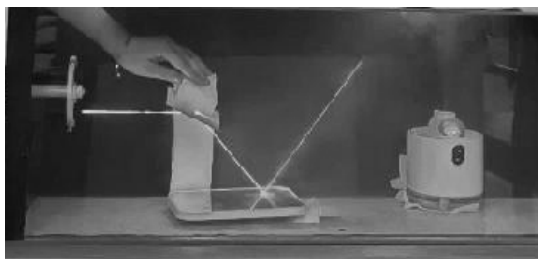


图13 光的反射演示效果

4.9 演示光的折射(液-气介质)

(1) 打开展示容器盖,放入“工型”反射镜、装水的玻璃小容器;

(2) 重复 4.8 中步骤(2)和(3);

(3) 转动上方平面镜改变光线入射角度,观察实验现象。

调整光线至合适的角度,可以观察到激光从水中斜射入空气中时,在两种介质的分界面上发生了折射,如图 14 所示。

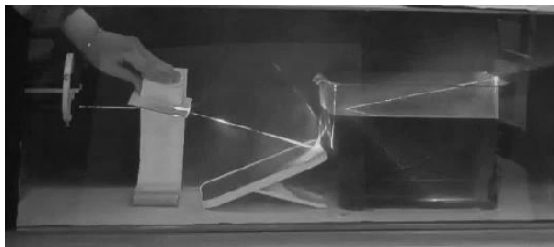


图 14 光的折射(液-气介质)演示效果

4.10 演示光的全反射

重复 4.9 中操作步骤,转动上方平面镜至合适的入射角度,观察实验现象。

转动平面镜的过程中入射光线的入射角逐渐增大,当增大到某一特殊角度时可观察到水面上方的折射光线突然消失,而水面下方的反射光线亮度明显增强,即出现全反射现象,实验演示效果如图 15 所示。



图 15 光的全反射演示效果

5 教具的创新特点

(1) 演示直观性. 本教具所有演示实验的效果都具有很强的直观性. 通过高速转动的激光笔制造立体光源,将书本上的二维平面光线转化为立体光柱,突显实验现象,解决了当前光学实验效果不足的问题. 另外,运用水雾胶体通过丁达尔效应显示光路,给学生带来新的视觉体验,实验现象清

晰直观,解决了当前光学实验可见度不高的问题. 同时,密闭展示容器能够积蓄烟雾,从而更清晰地显示光路;展示容器采用了黑色背景,突显立体光路;同时右侧黑色雪弗板可以作为光屏,承接实验中的光圈和光斑。

(2) 功能多样性. 该教具不仅可以展示常规的单束光线,还可以投射立体化的光柱,囊括了初高中诸多光学演示实验,功能多样. 各类光学元件与激光源、展示箱巧妙组合,节省了展示空间,同时也突显了实验现象。

(3) 操作简便性. 创新设计了“倒挂式”光学元件放置方式,可根据教学需要更换不同元件. 提高课堂效率,满足个性化教学需求. 教具操作步骤简便,解决了当前光学实验操作过程繁琐的问题. 另外,也便于学生亲身经历探究过程,解决了当前光学实验探究性功能不足的问题。

6 总结

自制教具对于物理教学意义重大. 通过自制物理教具能够吸引学生积极参与探究过程,培养学生的科学探究能力;由于教具是教师自己制作的,更能够满足个性化的教学需求,提升课堂教学效果;自制教具也蕴含着创造教育的因素,另外制作成本低廉,易于普及^[3]. 基于对已有文献的研究,了解到当前中学物理光学实验教具存在一些问题,在此基础上制作了光学创新实验教具——立体化光学演示仪. 本教具能够大大增强光学实验的演示效果,培养学生的实验探究兴趣,提升学生的科学探究能力。

本自制教具在 2022 年第十三届“格致杯”物理师范生教学技能展评活动中荣获“创新实验设计与自制教具”一等奖。

参考文献

- [1] 张芳田. 初中物理光学实验教具改进实践研究[D]. 重庆:西南大学,2020.
- [2] 蒋丽艳. 视觉暂留的奇特现象[J]. 物理教学,2013,35(11):29-30,28.
- [3] 许国梁. 中学物理教学法[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2020.