

自制光的全反射演示仪

杨燕婷, 邵温怡, 金 戈

(浙江师范大学 数理信息学院, 浙江 金华 321004)

摘 要: 利用全反射原理, 通过改变光疏介质的折射率, 使全反射条件在满足与不满足之间转换, 进而可使 2 条主要的出射光线颜色互换, 实验现象直观, 具有趣味性.

关键词: 折射; 全反射; 折射率

中图分类号: G642.423

文献标识码: A

文章编号: 1005-4642(2014)09-0020-02

1 引 言

现阶段的中学生基本上是 90 后, 追求新潮、对新鲜事物充满好奇. 中学物理理论知识的学习可能略显乏味, 与之相比, 一个新奇的实验往往能够激发学生的学习兴趣, 由被动地接受知识转为主动地探寻知识, 不仅提高了学习效率, 更重要的是激发了他们对物理世界的热爱. 全反射现象是生活中的常见现象, 也是中学物理学习的主要内容之一. 笔者设计了全反射演示仪, 取材便利, 操作简单, 现象明显, 颇具趣味性.

2 设计原理

当光线从光密介质(折射率 n_1)射向光疏介质(折射率 n_2 , 且 $n_1 > n_2$)时, 折射角大于入射角, 当入射角增大至某一数值 $i = \arcsin(n_2/n_1)$, 折射线消失, 光线全部反射, 称全反射.

在入射角一定的情况下, 通过改变光密介质折射率 n_1 与光疏介质折射率 n_2 的比值, 即可控制全反射能否发生. 满足全反射条件下的光路与不满足全反射条件下的光路存在一定的差异, 通过特殊设计的教具, 可使这种差异形成鲜明的对比, 产生有趣的现象.

如图 1 所示, 教具由 1 个亚克力容器、2 块等腰直角三棱镜、1 块平面镜、2 支激光笔组成. 此时在容器中, 对于 2 束入射激光而言, 光密介质为玻璃(等腰直角三棱镜的组成材料), 光疏介质为空气, 光线由光密介质射向光疏介质的入射角为

45° . 为使这一过程如图 1 所示发生全反射, 在入射角为 45° , 光疏介质空气的折射率近似为 1 的情况下, 玻璃的折射率最小值应为 $n_2/\sin i = 1/\sin 45^\circ \approx 1.414$.

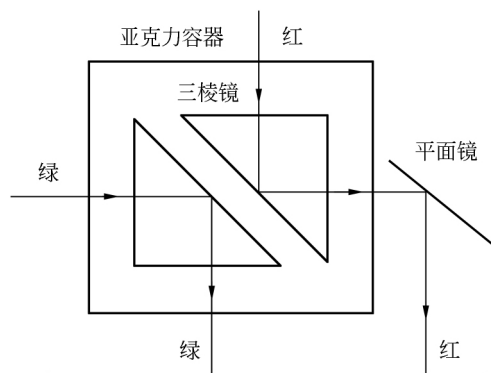


图 1 全反射演示装置示意图

向亚克力容器中注水, 光路如图 2 所示(部分反射光线未画出). 此时在容器中, 对于 2 束入射激光而言, 光密介质为玻璃, 光疏介质为水. 由光密介质射向光疏介质的入射角为 45° . 为使这一过程如图 2 所示不发生全反射, 在入射角为 45° , 光疏介质水的折射率近似为 1.33 的情况下, 玻璃的折射率最大值应为 $n_2/\sin i = 1.33/\sin 45^\circ \approx 1.881$.

通过图 1 和图 2, 可以清楚地看到, 经过特殊设计的光路, 可使发生全反射的光路和不发生全反射的光路中 2 条主要的出射光线颜色互换, 具有较强的趣味性.

收稿日期: 2014-05-12; 修改日期: 2014-08-06

作者简介: 杨燕婷(1992-), 女, 浙江义乌人, 浙江师范大学数理信息学院 2011 级本科生.

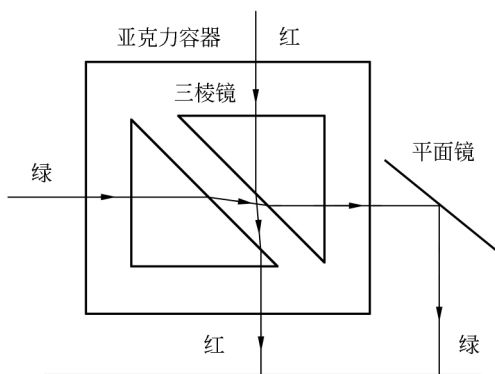


图 2 注水后的光路图

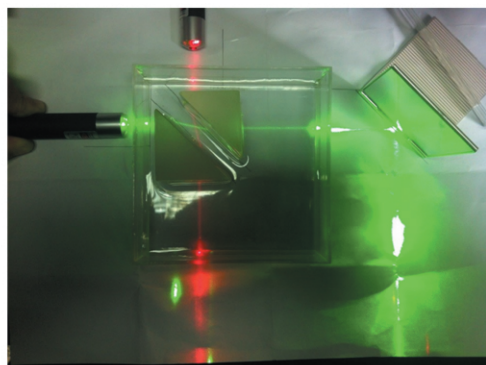


图 4 加水后的实际光路

为了使图 1 和图 2 中的现象能够顺利产生,对于玻璃的折射率的要求是介于 1.414~1.881 之间.多数玻璃的折射率在 1.5~1.9 之间,因此大多数玻璃制成的直角三棱镜都能满足本实验的要求.

利用全反射原理,通过改变光疏介质的折射率,使全反射条件在满足与不满足之间转换,进而可使 2 条主要的出射光线颜色互换,现象直观,具有一定的趣味性.激光亮度高,显示的光路十分清晰.各器材便于组装,体积小,携带方便.演示操作简单,具有可重复性,与课堂知识结合紧密,对全反射知识教学有一定帮助.

3 实际效果展示

未加水的实际光路如图 3 所示,加水后的实际光路如图 4 所示.

理想的演示效果是只有 2 条出射光线,在改变光疏介质后,2 条出射光线颜色互换;但实际上

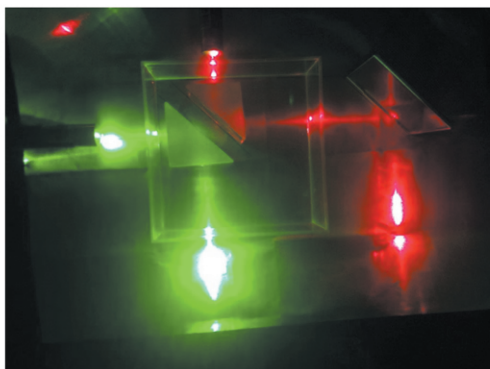


图 3 未加水实际光路

考虑到反射,在加水的实验条件下出射光线不止 2 条,使得实验效果欠佳.在实际实验中发现,另外的出射光线较弱,使得对实验效果的影响相对较小.进一步通过理论分析(菲涅尔反射折射公式),也可发现其余出射光线的影响较小.实验中三棱镜会被浸泡于水中,有可能损坏三棱镜.

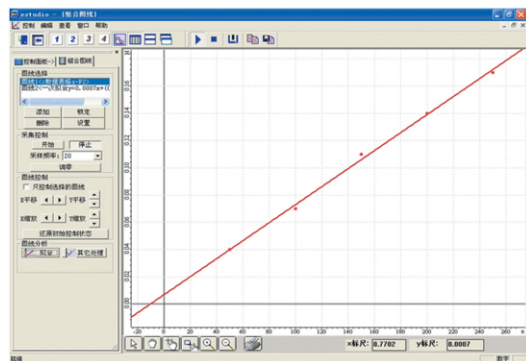
可考虑将本教具做成黑箱,只保留适当的入射孔和出射孔.在学生观察完实验现象后,引导学生探讨黑箱中可能的光路结构,既能够锻炼学生对知识的灵活应用能力,又能够激发他们的好奇心、求知欲、想象力,以及对自然科学世界的热爱.在实际教学中,可以先使用黑箱做演示实验,激发学生兴趣;之后打开黑箱,让学生观察实验中的具体光路,由此引出“全反射”的概念,开始讲授新课.

自制的教具是放在水平桌面上演示的.在实际教学中,为使所有学生都能够观察到该现象,需使用投影仪.如果没有投影仪,可考虑将该装置(包括亚克力容器、直角三棱镜)固定在竖直平面上,在亚克力容器上增加可开合的小孔,以此来控制是否加水.

参考文献:

- [1] 聂剑军. 全反射系列创新实验设计方案[J]. 中国教育技术装备, 2013,35:7-10.
- [2] 徐忠岳,曾裕,蒋富华. 几何光学实验教学的创新设计[J]. 物理教师,2014,35(4):34-36.
- [3] 赵丽,周亚洲. 全反射现象的演示[J]. 物理通报, 2009(12):56-57.

(下转第 24 页)

图 5 $F-L$ 图象

从保存图象中得出 $F-I$ 和 $F-L$ 图象为一倾斜直线, 图象离原点很近, 进而在误差范围内得出通电导线受力 F 既与导线中的电流成正比, 又与导线的长度成正比, 即 F 与 IL 的比值为一定值,

进而可以寻到描述磁场强弱的物理量 $B = \frac{F}{IL}$. 保持 I 和 L 不变, 改用 4 块钕铁硼超强方形磁铁进行实验, 可以明显发现 F 的大小增大, 也就是说 F 与 IL 的比值只与产生磁场的磁体有关.

6 结束语

经教学实践证明, 新的实验设计使磁感应强度的教学层次变得简单明了、逻辑性强, 符合学生的认知规律, 利于学生对磁感应强度的理解和掌握, 且该实验的改进可提高师生的动手能力, 体验创新过程带来的成就感, 有利于激发和培养学生的实验创新能力, 增加学习物理的兴趣爱好.

参考文献:

- [1] 肖少斌. 自制“磁感应强度的测量”原理演示装置[J]. 物理实验, 2005, 25(9): 33-34.

Experimental device of magnetic induction intensity

RUAN Chang-jiu, SU Jing

(Jinhua No. 1 Middle School, Jinhua 321015, China)

Abstract: The improvement on the experimental device for measuring magnetic induction intensity was introduced. The Ampère force of rectangular wire in the magnetic field was measured by sensor, and the quantitative determination of the magnetic induction intensity and the relationship between current and the effective length of wire were obtained, and the equation of $B = F/(IL)$ was confirmed.

Key words: magnetic induction intensity; current sensor; Ampère force

[责任编辑:任德香]

(上接第 21 页)

Demonstration device for total reflection

YANG Yan-ting, SHAO Wen-yi, JIN Ge

(College of Mathematics Physics and Information Engineering,
Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: A demonstrated device for total reflection was made. The total reflection condition was satisfied by adjusting the refractive index of optically thinner medium. Using this device, the color of the two outgoing light beam could be exchanged, which was intuitive and interesting.

Key words: refraction; total reflection; refractive index

[责任编辑:任德香]