

文章编号: 1005-4642(2023)05-0053-06



基础教育

## 利用自制教具构建光的折射模型

翟晶敏

(淄川区双沟中学, 山东 淄博 255100)

**摘 要:**综合初中物理教材中“光的折射”设计理念,自制了实验装置.通过该实验装置可以开展折射规律、趣味捕鱼、虚像位置真实呈现、全反射、生活中折射现象扩展解释、海市蜃楼模拟等实验,并能够体现视觉表征学习方法,变抽象为形象,从而培养学生的建模能力.

**关键词:**折射;虚像;海市蜃楼

**中图分类号:**G633.7

**文献标识码:**A

**DOI:**10.19655/j.cnki.1005-4642.2023.05.009

构建物理模型的能力是物理学科核心素养中培养科学思维的重要环节<sup>[1]</sup>.模型是学习者表征问题的重要科学工具,物理模型是为方便研究物理问题的本质,对研究对象进行简化和模拟,是从复杂的物理现象和物理过程抽象出来的<sup>[2]</sup>.物理建模包括模型的构建与模型的应用<sup>[3]</sup>.构建物理模型的过程是将学生的生活经验、研究对象、物理规律等现实素材进行抽象,简化成对研究对象本质的描述;物理模型的应用是学生面对问题和挑战时,可以运用已有的物理模型并结合具体问题加以改进,从而解决问题、直面挑战.

物理建模需要在学生生活经验的基础上进行.学生的生活经验、前概念、物理现象都是物理模型的前期素材,若跨过前期素材直接给出物理模型,不利于学生自主建模,也较难实现从现实到抽象的自然过渡.学生由已有的知识经验自然过渡、逐步建立物理模型的过程,有利于实现由形象思维发展为抽象思维的知识迁移.培养学生建模意识和能力的策略主要有 3 点<sup>[4]</sup>:a. 联系生活,突出建模的基础;b. 结合实际,构建过程模型的原型;c. 渗透知识间的联系,探究一模多用.本文以“光的折射”为例,介绍了如何通过自制建模培养学生的建模能力.“光的折射”在“光现象”一章中起到承上启下的作用,也是“透镜”一章的基础,其中光的折射光路、虚像位置、生活中的折射现象、

海市蜃楼等都需要构建光的折射模型并加以运用,而自制教具能够实现多种模型的再现,帮助学生积累前期物理素材,建立物理光学模型.

### 1 问题的提出

在探究光的折射规律实验中,很多演示实验装置使用的是磁吸式一字型线光源,照射在地面上是 1 条线形激光,传播路径为扇形平面.这些装置的优点是在黑板面可直接观察光路,节约调试时间,并能克服点光源的光线无法紧贴黑板面的弊端,因此深受一线教师青睐.但该方法并非真实的自然规律,而是为了实验现象而实验.一字型线光源的原理是激光通过圆柱形的分光束实现由光线到光面的变化,路径为扇面状的面激光,只有调节好角度才会出现理想的实验效果,并非 1 条真正的紧贴黑板面的光线.另外,该装置还存在以下缺点:a. 一字型线光源在较薄的玻璃砖上会出现 2 条光线,1 条光线偏折,另 1 条光线不偏折,该现象易让学生产生疑问;b. 用一字型线光源探究三线共面时,纸板向前折,在纸板上会显现光线,不利于学生理解三线共面.因此,一字型线光源不能完全替代点光源来演示实验,会影响学生对真实物理模型的认知和构建.基于以上原因,本文自制了演示教具以实现多个光学实验的展示,例如光的折射规律、趣味捕鱼、虚像位置真实呈现、全反射、生活中折射现象扩展解释、海市

**收稿日期:**2022-11-10;**修改日期:**2023-01-15

**基金项目:**山东省教育科学“十三五”规划 2020 年度课题项目(No. 2020ZC097)

**作者简介:**翟晶敏(1987—),女,山东淄博人,淄川区双沟中学一级教师,学士,从事初中物理教学工作. E-mail: cclovemix@sina.com

蜃楼模拟等. 该实验装置能够运用视觉表征的学习工具, 变抽象为形象, 培养学生建立光的折射物理概念. 通过对折射规律的提炼, 提高学生构建物理模型的能力和学科核心素养.

## 2 实验改进

### 2.1 自制仪器

制作水箱需用到的实验器材: 亚克力板、水、纯牛奶和纳米喷雾补水仪.

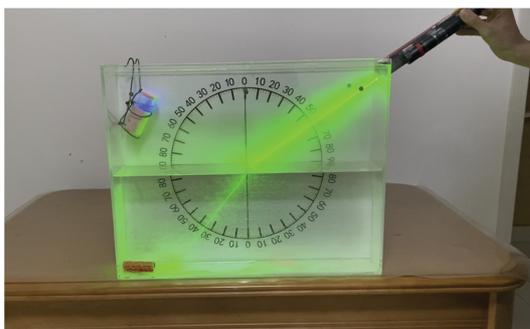
制作可折叠量角器需用到的实验器材: 广告KT板、防水薄膜、小刀.

制作激光笔支架需用到的实验器材: 用于固定平面镜的定制加大版支架、木直尺、钢尺、磁铁、透明胶、螺丝、垫片.

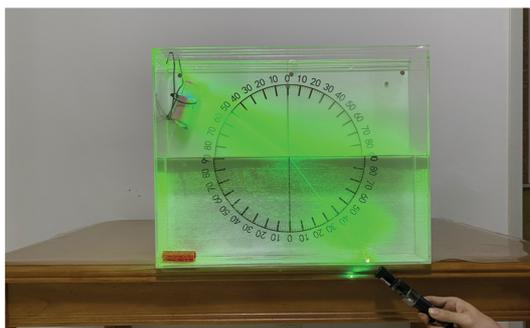
制作可变角度的 2 路激光光源需用到的实验器材: 2 个绿色激光头、电池盒、3.7 V 锂电池和 2 个 360° 旋转的手机支架.

仪器制作步骤:

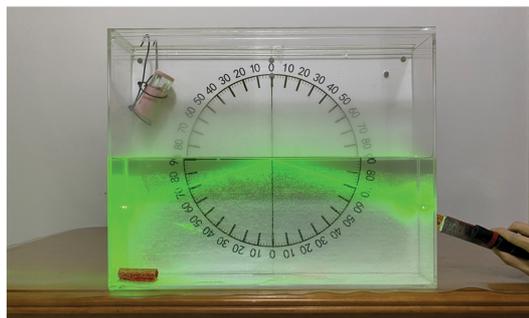
1) 水箱. 用亚克力板定制水箱 (50 cm × 10 cm × 40 cm), 装入 10 kg 水, 水高 20 cm, 在水中加入 5 滴纯牛奶, 空气中用纳米喷雾补水仪洒水雾显示光路. 该水箱可探究多种光学现象, 例如光从空气入射到水中中和光从水中入射到空气中的折射现象, 以及全反射现象, 如图 1 所示.



(a) 光从空气入射到水中的折射现象



(b) 光从水中入射到空气的折射现象



(c) 全反射现象

图 1 多种光学现象

2) 可折叠量角器. 对广告 KT 板的前后面进行覆膜防水处理, 其中 1 面打印上设计好的量角器图案, 在该面法线位置用小刀划开广告板 (不能划开对面的覆膜), 这样就可以实现量角器向后折叠. 水箱结合可折叠量角器后, 可以探究折射光线与入射光线是否在同一平面内, 如图 2 所示.

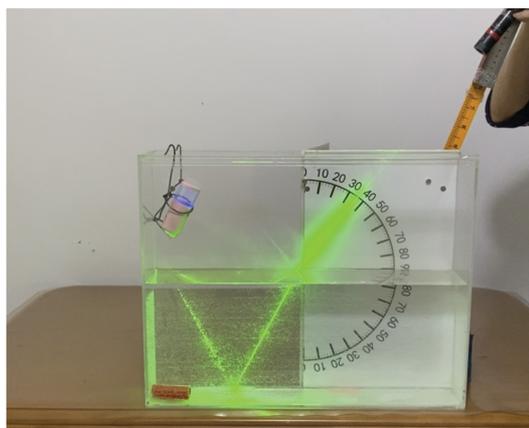
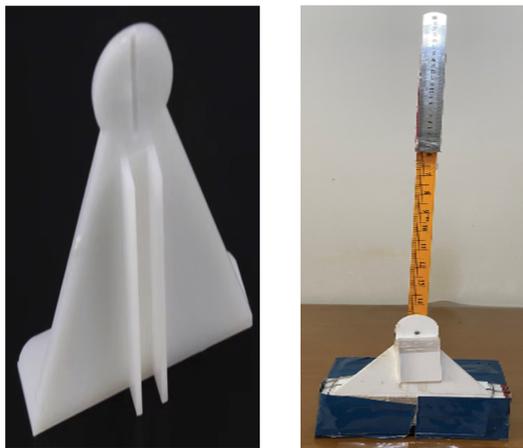


图 2 折射光线与入射光线在同一平面内的实验现象

3) 激光笔支架. 定制用于固定平面镜的加大版支架 (高 10 cm), 如图 3(a) 所示. 支架的圆心须与自制量角器圆心重合, 以方便入射光线始终照射量角器圆心 (若支架高度不够, 可以用 PVC 板垫高支架, 使支架的圆心距离地面 20 cm 高, 与水箱内水面相平, 达到支架圆心与自制量角器圆心重合的目的). 该设计的优点是通过旋转激光笔支架可以任意改变入射角度, 解决了用手拿激光笔找圆心入射点不准而导致入射角度不准的问题. 由于激光笔支架的整体较高、重心靠上, 容易不稳定进而歪倒, 因此需使用铁架台底座稳定其重心, 并用铁丝将支架、PVC 板和铁架台底座固定; 在圆心处和 45 cm 的长木直尺上打孔, 并用螺

钉和垫片将二者链接起来;在木直尺上方用透明胶带固定钢尺,若点光源不能照射到水箱内部平面,可在钢尺下面加木条平行垫高;激光笔用透明胶带和 2 个磁铁进行固定,这样就能得到可旋转的激光笔支架,如图 3(b)所示.



(a) 支架 (b) 可旋转激光笔支架  
图 3 可旋转激光笔支架

4) 可变角度的 2 路激光光源. 由 2 个绿色激光头(功率为 400 mW, 波长为 532 nm, 额定电压为 3.7 V)、电池盒、3.7 V 锂电池和 2 个 360° 旋转的手机支架组装而成<sup>[5]</sup>, 上方支架可以任意改变激光角度, 下方支架可以实现桌面和支架的固定, 能够满足多种场景需要固定光源的要求, 如图 4 所示.



图 4 可变角度的 2 路激光光源

## 2.2 课堂应用

### 2.2.1 探究光的折射规律: 模型素材前期积累

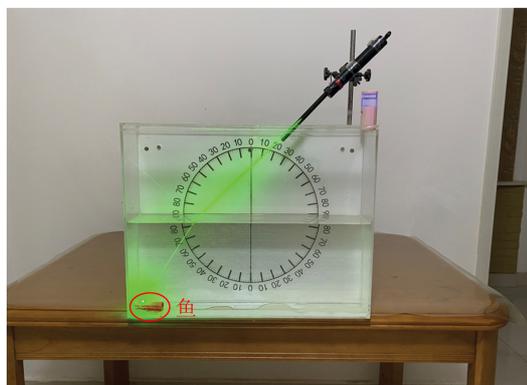
在探究光的折射规律实验中, 由于有了可折叠的量角器白板, 因此可以精确读出折射角和入射角的大小(见图 1). 支架的旋转臂可以灵活改变角度, 以保证入射点位置不变, 方便课堂展示,

节约调试时间.

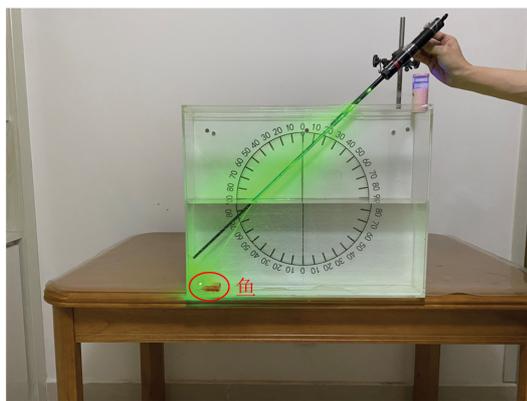
在探究折射光线与入射光线是否在同一平面内的活动中, 可以利用量角器的白板向后折叠, 通过观察白板上的折射光线来说明折射光线与入射光线在同一平面内(见图 2).

### 2.2.2 生活中的折射现象: 模型的过渡

结合叉鱼游戏和趣味演示, 还原真实场景, 以帮助学生更好地理解生活中的折射现象. 在实验活动中, 让学生用瞄准器瞄准鱼, 并利用激光模拟人看到鱼的情景, 激光沿着瞄准器的方向入射, 若小鱼被激光照射到, 则证明瞄准了鱼, 但用鱼叉沿着瞄准器去捕鱼, 会发现鱼叉的位置在鱼的上方, 并不能捕到鱼, 如图 5 所示.



(a) 激光模拟人看到鱼的情景



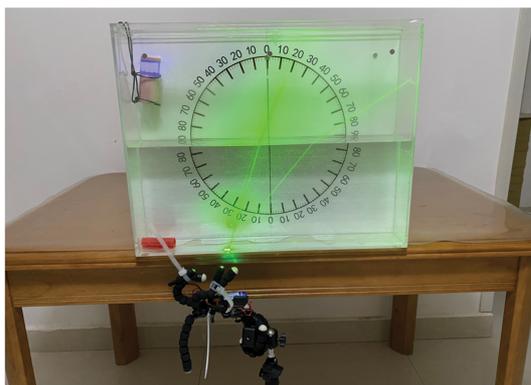
(b) 鱼叉沿着瞄准器捕鱼的情景

图 5 叉鱼游戏的真实场景

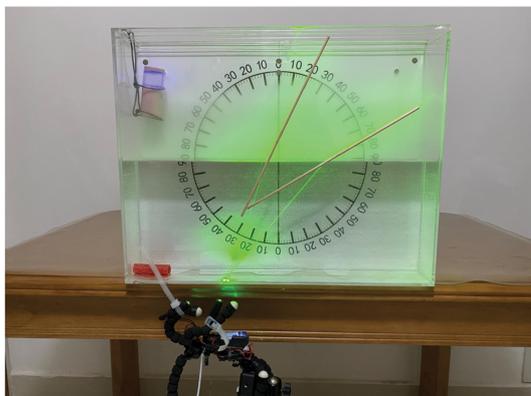
### 2.2.3 虚像原理解释: 模型构建

利用可变角度的激光光源(见图 4), 调整 2 束激光的角度, 使其相交, 交点位置表示小鱼的位置. 2 束激光可真实展现小鱼身上反射的光线, 2 根带双面胶的竹签可真实反映人眼看到的折射光线, 如图 6 所示. 2 根竹签沿折射光线反向延长,

竹签相交的地方就是人眼看到鱼的位置,即虚像位置. 观察发现虚像位置比实际位置靠上,从而解释了用鱼叉叉不到鱼的现象. 同时,该装置还可以解释“潭清疑水浅”的自然现象,告诉学生不能觉得水浅就贸然下水,从而对学生进行必要的安全教育. 另外,该装置还可以解释筷子在水中发生的弯折现象,方法相同.



(a) 小鱼实际位置

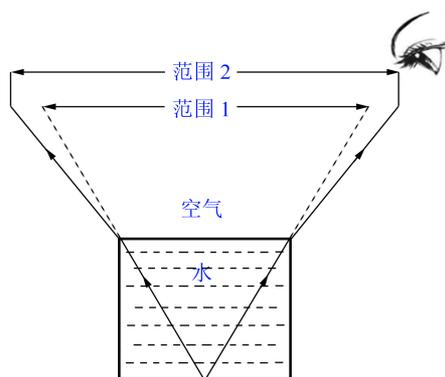


(b) 小鱼虚像真实位置

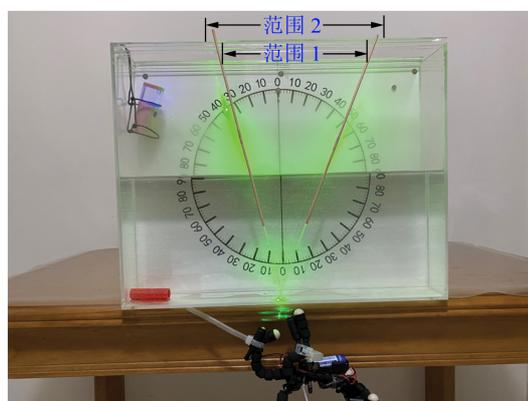
图 6 模拟小鱼实际位置与虚像真实位置的实验场景

#### 2.2.4 模型的应用:青蛙水中坐井观天

青蛙坐井观天所见范围甚小,井中有水时,青蛙看到的范围会变大吗? 带着该疑问,通过调整 2 束激光的角度,分析没水和有水时,青蛙看到天的范围,如图 7 所示. 当井中没有水时,光沿直线传播,青蛙看到天的范围为虚线的范围 1,如图 7(a)所示,对应实物图为图 7(b)中的竹签范围;当井中有水时,由于光的折射,青蛙看到天的范围为实线的范围 2,如图 7(a)所示,对应实物图为图 7(b)中绿色激光范围. 范围 2 大于范围 1,即水下的青蛙看到的天空范围更大,视野更开阔.



(a) 原理图



(b) 实物图

图 7 青蛙坐井观天的实验图

#### 2.2.5 模型的应用:重现的硬币

在碗底放入硬币,移动碗的位置,直至刚好看不到硬币,此时向碗中加水后,又可以看到硬币. 该现象是由于碗中没有水时,硬币反射的光线沿直线传播,可以看到硬币的范围为图 7 中的范围 1,若眼睛位于范围 1 之外,则看不到硬币;当向碗中加水时,由于光的折射,可以看到硬币的范围为图 7 中的范围 2,范围 2 比范围 1 大,因此又可以看到硬币了.

#### 2.3 海市蜃楼观察蜃景

利用自制的亚克力透明水箱(30 cm×5 cm×20 cm)观察蜃景的具体实验步骤为:

1) 在水箱中倒入 1 500 mL 的清水,将漏斗底端置于水箱底端;

2) 将 1 500 mL 的饱和食盐水或饱和糖水缓慢倒入漏斗,并尽量保证没有气泡产生;

3) 缓慢地将漏斗取出,形成密度分层液体,并在水箱后面放置 1 张苹果图片,眼睛从水箱上方向水箱下方移动,可以观察到陆续出现的海市蜃楼景象<sup>[6]</sup>,如图 8 所示.



图 8 自上而下观看到的海市蜃楼景象

根据图 8 可知,密度分层液体中可同时观察到 2~3 个苹果像,其规律为:在上部位置观察到的是逐渐变小且正立的苹果像;下部位置观察到的是先为模糊的正立像,而后变成 2 个苹果像,1 个为倒立像,另 1 个为正立像,并随着时间的推移,2 个苹果像的距离越来越远。出现以上现象的原因是由于扩散作用导致液体分界面的密度分布不均匀而发生折射现象,在上方清水和下方浓糖水中,光沿直线传播;在清水和浓糖水的扩散层,密度分布不均匀,光不沿直线传播,光的传播路径发生偏折,从而产生了海市蜃楼现象。如图 9 所示。



图 9 海市蜃楼光路图

### 3 结束语

运用可视化方式,在观察实验、操作实验及分析问题中,实现了模型的前期素材积累、构建和运用的过程,锻炼了学生的科学思维,培养了学生的物理核心素养。改进后的实验装置选用的是激光点光源,而非一字型激光线光源,有效避免了学生出现认知偏差的情况,并在光路显示、三线共面、角度显示等方面进行了改进。该实验装置可以展示多个光学实验,演示效果较好,能够引导学生由观察实验现象到分析实验原理的过渡,提高学生的建模能力。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 刘岩华. 例谈模型建构在物理“中考”中的应用[J]. 物理教学,2019,41(4):40-42.
- [3] 逢艳玲. 高三学生物理模型建构能力的现状研[D]. 北京:中央民族大学,2020.
- [4] 张永刚,朱巧萍. 高中生物理建模意识和能力的培养策略研究[J]. 物理教师,2021,42(6):2-4,9.
- [5] 车宗衡. 凸透镜成像光路实验改进[J]. 中小学实验与装备,2020,30(1):40-41.
- [6] 翟晶敏. 海市蜃楼观察器[P]. 中国专利:ZL 2021 3 0410388.3,2021-12-14.

## Constructing the light refraction model by self-made teaching device

ZHAI Jingmin

(Zichuan District Shuanggou Middle School, Zibo 255100, China)

**Abstract:** Synthesizing the design concept of the refraction of light in the junior high school physics textbooks, the experimental device was developed. The experimental device could perform experiments on the law of refraction, interesting fishing, real representation of virtual image position, total reflection, extended interpretation of refraction phenomenon in life, mirage simulation, and so on. It could also reflect the learning method of visual representation and transform abstraction into image, so as to cultivate students' modeling ability.

**Key words:** refraction; virtual image; mirage

[责任编辑:郭 伟]

(上接 52 页)

## Measuring refractive index of flat optical elements based on powder scattering

SHEN Yilan, WANG Jun, GAO Huiting, WU Shuyang,

LIN Chenghao, WANG Cheng, LI Shiqi

(School of Physical Science and Technology, Suzhou University of

Science and Technology, Suzhou 215009, China)

**Abstract:** The laser beam was scattered by the powder on the surface of the measured plate glass, and equal inclination interference was formed by the scattered light in all directions on the front surface and the reflected light on the back surface of the plate glass, thus the refractive index of the optical element could be calculated. The effects of powder particle size, thickness of measured plate, distance between plate and observation screen, camera resolution were analyzed. The experimental results showed that the high-quality interference image was easy to be obtained by using the powder with small particles. The refractive index was more accurately measured when the distance between the plate and the observation screen in the measurement optical path was 700~1 200 mm, and the thickness of the plate was 0.5~2.0 mm.

**Key words:** refractive index; laser interference; powder scattering; flat plate glass

[责任编辑:任德香]