



## 无色物质在水中溶解过程的可视化教学实验\*

萨如拉 贺 云 张尊听\*\* 董丽英

(陕西师范大学化学化工学院 陕西西安 710119)

**摘要** 在小学科学实验教学中,物质溶解大多是观察有色物质,如红糖、酸梅晶的溶解过程,而学生无法看到无色物质在水中扩散溶解的过程。为了实现无色物质溶解过程的可视化,借助光学方法开发了酒精与水互溶过程、白砂糖在水中溶解过程的演示实验,为学生认知物质溶解现象提供感性认识。

**关键词** 实验教学 溶解 光照射法 可视化

**DOI:** 10.13884/j.1003-3807hxjy.2022070244

实验教学是我国课程方案和课程标准中的重要内容,是培育创新型人才的重要途径。2019年11月,教育部颁布的《关于加强和改进中小学实验教学的意见》中指出,要不断将科技前沿知识和最新技术成果融入实验教学,丰富实验内容,改进教学方式<sup>[1]</sup>。中小学校应组织开好基础性实验和拓展性实验课程,设计和开发富有趣味性与知识性的探究性实验、创新性实验和综合性实验等拓展性实验,增强学生的动手能力,培养创新思维,提升科学素养。

2017年版《义务教育小学科学课程标准》要求学生能够通过观察描述一定量的不同物质在一定量水中的溶解情况,通过实验知道搅拌和温度是影响物质在水中溶解快慢的常见因素<sup>[2]</sup>。人教版小学科学二年级上册第二单元第五节“把它们放进水里”中将白砂糖、酸梅晶、食盐、沙子、食用油放入水中,观察这些物质在水中发生的变化<sup>[3]</sup>;教科版小学科学三年级上册第一章第五节“水能溶解多少物质”中把食盐和红糖放入水中,让学生观察食盐和红糖在水中的溶解现象<sup>[4]</sup>;秦佩娟、顾徐达<sup>[5]</sup>将食用色素溶于水,带领学生观察溶解的现象和过程,学习溶解的概念。在上述实验中,无色固体物质如白砂糖、食盐在水中的溶解,学生通过观察无色固体物质的外形变化即逐渐消失认识溶解过程和现象;有色固体物质在水中的溶解虽然可以看见带色物质的扩散过程,主要也是通过外形的变化判断溶解。为了帮助学生学习物质溶解的相关知识,本文利用光学技术和方法开发了观察物质溶解过程的教学实验,实现无色物质扩散溶解过程的微观可视化。

### 1 实验目标

(1) 利用光学技术和方法观察无色物质如酒精

与水互溶、白砂糖溶于水时溶液的微观变化过程,进一步理解溶解的概念。

(2) 通过激光照射技术,基于光线在均匀介质中直线传播和在非均匀介质中弯曲传播的原理,实现透明液体和无色固体在水中溶解过程的肉眼可视化。

(3) 通过体验和观察物质在水中扩散与溶解的实时动态过程,激发学生学习科学的热情和兴趣,初步培养学生学习科学探究的方法与创新意识。

### 2 实验仪器和药品

10 mW 532 nm 激光器、50 mL 量筒、方形玻璃杯(6 cm×6 cm×9 cm)、滴管、药匙、玻璃片、托盘天平、铁架台、升降台、秒表和白色幕布;乙醇、食用白砂糖和蒸馏水。

### 3 实验装置

实验装置如图1所示。首先,向方形玻璃杯中加入约50 mL蒸馏水并放置在升降台上。打开激光器开关,调节升降台,使激光光束从方形玻璃杯溶剂的中央穿过投射到离玻璃杯3~5 m的白色幕布或白色墙面上。

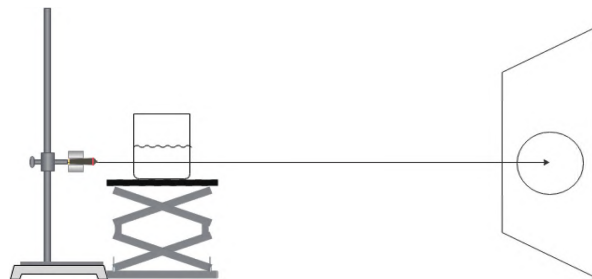


Fig. 1 Experimental device

图1 实验装置

\* 陕西省创新能力支撑计划项目(2021PT-043);陕西省提升公众科学素质计划项目(2021PSL107)

\*\* 通信联系人, E-mail: zhangzt@snnu.edu.cn

## 4 实验操作

### 4.1 观察酒精与水的互溶过程

(1) 水与水混合对照实验: 向方形玻璃杯中加入约 50 mL 水, 用滴管向水中滴加约 2 mL 水, 观察到

白色幕布上的光斑在 1 min 内无明显变化, 1, 15, 30, 60 s 的光斑如图 2 所示。向水中滴加水是同种物质的混合, 介质无浓度变化始终是均匀的, 当光通过均匀介质时沿直线传播, 因此光斑未发生明显波动。

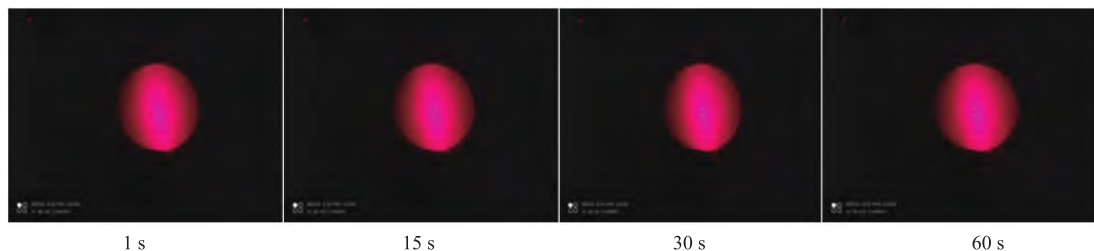


Fig. 2 Image of light spot at 1, 15, 30 s and 60 s after dropping water to water

图 2 向水中滴加水时 1, 15, 30 s 和 60 s 的光斑图像

(2) 酒精与酒精混合对照实验: 向方形玻璃杯中加入约 50 mL 酒精, 用滴管向酒精中滴加约

2 mL 酒精, 同样观察到随着时间的变化光斑无明显变化, 1, 15, 30, 60 s 的光斑如图 3 所示。

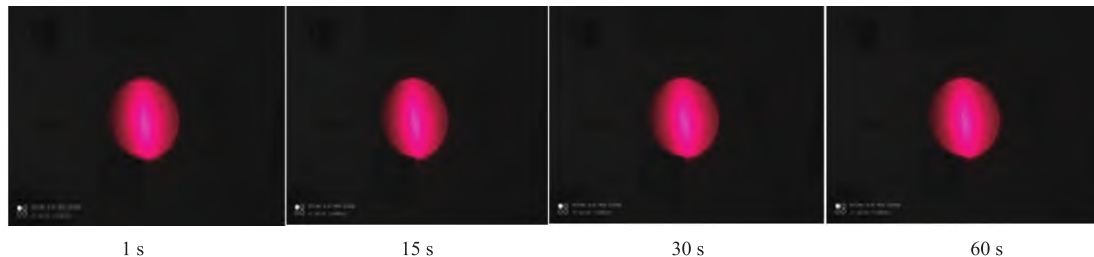


Fig. 3 Image of light spot at 1, 15, 30 s and 60 s after dropping alcohol to alcohol

图 3 向酒精中滴加酒精时 1, 15, 30 s 和 60 s 的光斑图像

(3) 酒精与水互溶实验: 向方形玻璃杯中加入约 50 mL 水, 用滴管向水中滴加约 2 mL 酒精, 观

察 1 min 内投射到屏幕上的光斑有剧烈的动态变化过程, 1, 15, 30, 60 s 的光斑如图 4 所示。

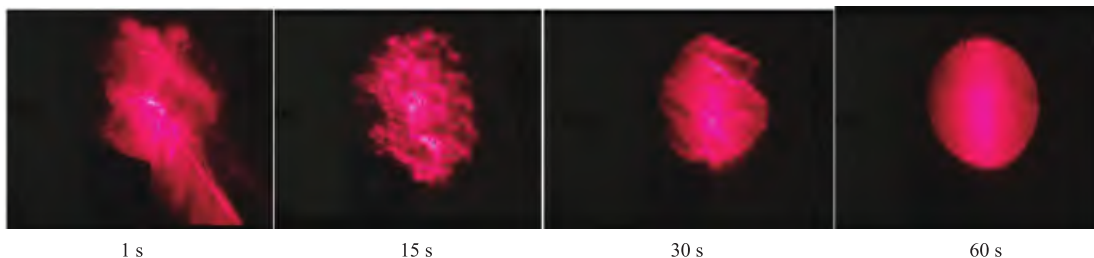


Fig. 4 Image of light spot at 1, 15, 30 s and 60 s after dropping alcohol to water

图 4 向水中滴加酒精时的 1, 15, 30 s 和 60 s 的光斑图像

向水中滴加酒精的瞬间, 酒精与水接触的界面浓度差最大, 此时光斑波动最大。随着酒精与水的相互扩散, 2 者界面浓度差逐渐变小, 光斑波动幅度也逐渐减弱, 直至光斑恢复稳定, 即表明酒精与蒸馏水互溶完成。

(4) 酒精用量的优化: 向方形玻璃杯中加入约 50 mL 水, 用滴管分别加入 0.5, 1, 2, 5, 10 mL 酒精, 记录从光斑产生剧烈波动到稳定下来所需要的时间如表 1 所示。从表 1 中不同体积酒精滴入 50 mL 水中完成互溶需要的时长可以看出: 酒精用量为 2 mL, 既能提供给学生充足的观察时间,

表 1 不同试剂用量光斑稳定所需时间

Table 1 Trip time for spot stabilization under different reagent dosage

| 水的<br>体积 | 不同体积酒精所需时间/s |      |      |      |       |
|----------|--------------|------|------|------|-------|
|          | 0.5 mL       | 1 mL | 2 mL | 5 mL | 10 mL |
| 50 mL    | 39           | 64   | 130  | 180  | 751   |

又能满足课堂演示的需要。因此, 确定向 50 mL 水中滴加 2 mL 酒精为最佳实验条件。

### 4.2 观察白砂糖在水中的溶解过程

向方形玻璃杯中加入约 50 mL 的水, 打开激光器, 将烧杯放置在升降台上, 调节升降台使激光束穿过烧杯中水的中央, 红色圆形光斑投射在

白色幕布的中心,如图1所示。向水中加入约0.2 g白砂糖,观察到1 s至20 s时光斑中不断出现明暗相间的条纹。约50 s时光斑中波动的条纹逐渐减少,90 s左右光斑恢复稳定,白砂糖在水中完全溶解。1, 20, 50 s和90 s的光斑如图5

所示。与4.1(3)中酒精滴入水中的实验现象一致,当白砂糖刚开始加入水中时,白砂糖与水接触界面浓度差最大,随着时间的延长溶液中浓度差逐渐缩小,因此,随着时间的延长光斑逐渐趋于稳定。

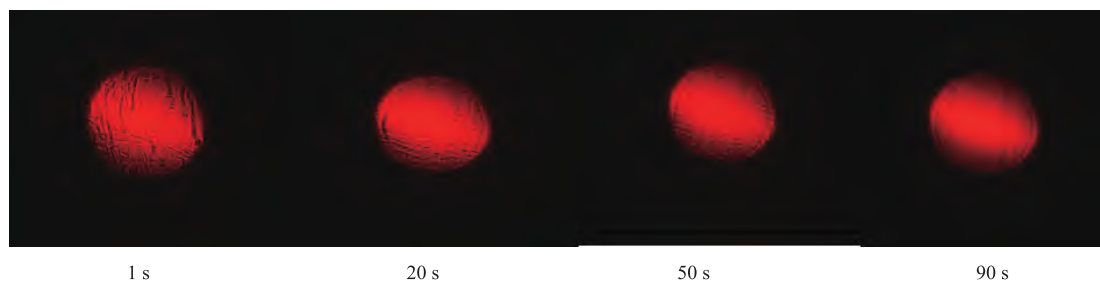


Fig. 5 Image of light spot at 1, 20, 50 s and 90 s when sugar dissolved in water

图5 白砂糖在水中溶解时的1, 20, 50 s和90 s的光斑图像

## 5 结果讨论

### 5.1 实验原理

当光从一种介质射入另一种介质(折射率: $n_1 < n_2$ )时,光发生折射,光线传播方向如图6所示。若光在传播过程中连续通过多层介质且各层介质的折射率均不同,从整体上来看,光的传播路径相对于入射时的方向会发生弯折。如果介质层次够多而且足够薄时,则可以将它看作连续的非均匀介质,因此光在非均匀介质中的传播路线为曲线<sup>[6]</sup>。

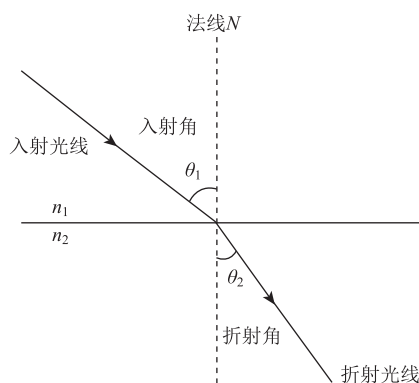


Fig. 6 Schematic diagram of light refraction law

图6 光的折射定律示意图

### 5.2 实验优点

(1) 传统实验往往通过观察固体物质的外形逐渐消失变化或有色液体颜色分布的情况来认识溶解过程和现象,如食盐、白砂糖、红墨水等。该实验借助光学技术,通过观察物质溶于水后的光斑变化,实现了无色透明液体互溶和固体溶解过程宏观现象的微观可视化。

(2) 该实验利用光线在均匀介质中直线传播和在非均匀介质中弯曲传播的特性,实现了透明液体

和无色固体在水中溶解过程的光学实时观察,学生在学习溶解和扩散现象概念的同时又能了解相关的一些光学现象和技术,是一个综合性拓展性实验。

(3) 该实验具有装置简单、操作方便、现象明显、实验成本低、耗时短等特点,适合作为小学科学课堂教学实验和学生探究实验。

### 5.3 注意事项

(1) 光在非均匀介质中弯曲传播的知识为初中物理内容,小学生理解有一定难度,在教学中对于原理部分不宜涉入太深,可通过水与水混合、酒精与酒精混合的对照实验,帮助学生理解水与酒精混合后、白砂糖溶于水后溶液内部浓度的变化引起了光斑的变化。

(2) 实验中使用的乙醇试剂具有挥发性、易燃性等特点,在实验过程中要注意通风,远离火种。另外,提醒学生眼睛不能直视激光光束,以防造成损害。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见. 中华人民共和国教育部公报, 2019
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育小学科学课程标准(2017年版). 北京: 北京师范大学出版社, 2017
- [3] 金准志, 郑长龙. 义务教育教科书: 科学(二年级上册). 北京: 人民教育出版社; 武汉: 湖北教育出版社, 2018
- [4] 郁波. 义务教育教科书: 科学(三年级上册). 北京: 教育科学出版社, 2019
- [5] 秦佩娟, 顾徐达. 教学仪器与实验, 2005, 17(2): 13-15
- [6] 刘志存, 唐琪. 高中物理拓展性实验. 西安: 陕西师范大学出版总社有限公司, 2021: 38-39

## Visualization Teaching Experiment of Colorless Substance Dissolved in Water

SA Ru-La HE Yun ZHANG Zun-Ting\*\* DONG Li-Ying

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

**Abstract** In scientific experiment teaching of primary school, material dissolution is mostly for students to observe the dissolution process of colored substances, such as brown sugar and sour plum crystal. However, students cannot see the diffusion and dissolution process of colorless substances in water. In order to realize the visualization of the dissolution process of colorless substances, the demonstrative experiments of the mutual dissolution process of alcohol and water as well as the dissolution process of white sugar in water by means of optical method were developed. These experiments provided perceptual knowledge for students to understand the phenomenon of dissolution of substances.

**Keywords** experimental teaching; dissolution; laser light; visualization

## 《化学教育》订阅办法

国家级全国中文核心期刊

权威、客观、全面、实用

《化学教育》是由中国科学技术协会主管，中国化学会、北京师范大学共同主办的国家级全国中文核心期刊。被北京大学《中文核心期刊要目总览》2008 版、2011 版、2014 版、2017 版、2020 版连续收录；美国化学文摘 (CA) 收录源期刊。

《化学教育》为半月刊，面向初中、高中、中职、高职、大学本科、研究生等所有类型、所有层次的化学教育研究与实践，促进各个层次化学课程与教学的衔接和贯通。内文为 128 页/期，全年共计 24 期，每期 36 元，全年共计 864 元/套。

**订阅方式 1:** 请到当地就近邮局的报刊订阅窗口办理，邮发代号为 2-106。

**订阅方式 2:** 微信订阅，请扫描下方二维码，进入订阅页面，选择“规格日期”，点击“立即购买”，填写“收获地址”“发票信息”等，提交订单付费即可。所有服务由“中国邮政”负责，请注意保留订单号等订阅信息。



立即扫码订阅

有化学课程的地方，就应该有《化学教育》期刊！

温馨提醒

- (1) 若留家庭地址，请保证居住小区有自己的信箱且正常使用，以便邮政投递；
- (2) 若留单位地址，请务必告知贵单位的信件收发室工作人员：订阅了《化学教育》期刊，请协助接收、保管并及时通知您取阅。