

文章编号:1005-4642(2020)12-0033-06

## 趣谈物理演示实验

姚 查<sup>1a,b</sup>, 梅仂盈<sup>1a</sup>, 吕俊鹏<sup>1a</sup>, 刘宏微<sup>2</sup>

(1. 东南大学 a. 物理学院; b. 吴健雄学院, 江苏 南京 211189;  
2. 南京师范大学 物理与技术学院, 江苏 南京 210023)

**摘 要:** 为了提高教学的有效性, 探索物理演示实验的教学方式变革尤为重要. 实践表明, 轻松愉悦的授课氛围更利于物理知识的传授与接受. 将脱口秀的元素恰当地融入传统的演示实验教学, 讨论了实验选题、表现形式、演示方法等方面的改进. 脱口秀元素的引入可以在轻松的氛围中将学习者的动脑思考和动手实践很好地结合, 在提高演示者与受众之间互动频率的同时, 调动学习者思考的积极性和主动性, 让学习者在参与过程中主动获取知识.

**关键词:** 物理演示实验; 教学方法; 物理演示脱口秀; POE

**中图分类号:** G424

**文献标识码:** B

**DOI:** 10.19655/j.cnki.1005-4642.2020.12.006

物理专业知识的学习一直都被很多人认为难度较大、挑战度较高. 对于物理基础薄弱的学生来说, 对物理知识的学习、理解和把握会略显晦涩难懂. 物理演示实验是物理教学中的重要手段, 不仅是受众循序渐进学习物理知识的重要途径, 更是引导学习者更好把握物理知识结构体系的关键环节. 作为物理知识传输的重要工具, 演示实验可以将抽象的物理概念进行可视化重组, 从而更好地帮助学习者理解和掌握复杂理论知识中涉及的物理原理.

### 1 物理演示脱口秀的意义

脱口秀通常指一种广播或电视节目, 其表现形式为观众聚集在一起讨论主持人提出的话题<sup>[1]</sup>. 近几年脱口秀在中国发展迅速, 逐渐发展为类似于相声的语言艺术. 一般脱口秀要求表演者具备流利的表达能力、幽默风趣的表演风格以及与听众间保持良好的互动性.

物理演示脱口秀指将物理演示实验以脱口秀的形式为载体与学生互动式教学. 演示者融合脱口秀主持人的特点, 与学生高频互动, 利用预测、观察、解释(predict, observe and explain, POE)

的教学策略进行物理实验的演示<sup>[2]</sup>. 在近几年的教学实践中, 脱口秀作为物理演示实验教学中的新颖的形式深受广大学生的喜爱. 脱口秀式的物理演示实验教学以知识受众为主体, 用幽默的知识传授形式把单向知识输出的教学模式转变为轻松愉悦的互动式课堂教学, 师生间形成良好的互动. 物理演示脱口秀关注学习者的性格特点和已有知识储备水平, 用风趣幽默的语言、浅显易懂的表达、灵活多变的创新授课赋予物理演示实验新的生命力, 并且可推广到大众科普中, 提升科学知识的民众可接受程度和社会普及率.

#### 1.1 激趣促行——提高学习主动性

在传统的演示实验教学中, 学生常常作为受众被灌输所演示的实验现象. 建构主义教学观认为, 学生应当通过积极建构学习新知识, 而不只是被动地接受或者照搬从教师或课本中获得的知识<sup>[3]</sup>. 缺少思维互动的物理演示实验导致受众对知识普及失去兴趣. 物理演示脱口秀作为新型的科普方式将脱口秀与物理演示实验有机结合, 提升了演示实验教学的互动性, 并且改善了知识传授过程中的学习氛围. 它不拘泥于把受众仅作为观看者, 增加了受众的表达和参与机会, 使枯燥无

收稿日期: 2020-05-25; 修改日期: 2020-10-04

基金项目: 中组部“千人计划”青年项目

作者简介: 姚 查(2000—), 女, 安徽芜湖人, 东南大学吴健雄学院 2018 级本科生.

通讯作者: 吕俊鹏(1986—), 男, 山东莱阳人, 东南大学物理学院教授, 博士, 研究方向为物理光电子学.

E-mail: phyljp@seu.edu.cn

刘宏微(1986—), 女, 山东莱阳人, 南京师范大学物理与技术学院教授, 博士, 研究方向为光谱学. E-mail: phylhw@njnu.edu.cn



味的单向演示实验变成互动式演示实验,达到寓教于乐、寓教于思的教学效果。

### 1.2 去伪存真——提高受众的科学理性

在科技发展日新月异的时代,飞速传播的信息在推动社会进步的同时也带来了谣言和“伪科学”的传播。物理演示脱口秀作为“亲民”的科普教育,能够提升科普活动对民众的吸引力。通过生动形象的语言和简洁直观的实验现象进行科学普及,让“伪科学”无处遁形,这种“接地气”的科普方式对提升国民素质和受众的科学理性有着积极的促进作用。2016年5月30日,习近平总书记在“全国科技创新大会”上指出:“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼,要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。”物理演示实验在科学普及中扮演重要角色,如何增强物理演示实验的民众接受程度,从而发挥其重要作用,是科研、教育工作者应该考虑的实际问题。

## 2 物理演示脱口秀的设计

演示实验的设计是决定物理演示脱口秀效果的重要环节。“动脑思考”与“动手实践”相结合、调动受众的积极性是设计演示实验需要考虑的2个重要因素。物理演示脱口秀的设计通常包含选题、开展形式、演示方式3个主要方面。脱口秀的设计需要遵循“3W”原则,即:Who,如何根据物理演示脱口秀的受众来确定选题?What,物理演示脱口秀应该采取什么样的表现形式?How,如何进行物理演示脱口秀?

### 2.1 物理演示脱口秀的选题——Who

研究表明,注重教学内容、教学方法和学生三者的适配性,使教学与学生的认知发展水平相适应,是一种有效的促进学生学习的方法<sup>[3]</sup>。物理演示实验的选题应当充分考虑学生的认知、接受和理解的能力,并以此为基础设计适合观众的实验。对于3~8岁的学龄前儿童和低年级小学生来说,他们的注意力较容易分散,尚未掌握基础物理概念,无法理解深层的物理知识,对枯燥无味的演示实验很难产生兴趣。因此物理演示实验的设计应当贴近于生活,其选题可以从生活中随处可见的物理现象入手。演示者应该尽量选择物理原理通俗易懂,现象有趣、直观的实验,以吸引受众的注意力,提高受众对物理学习的兴趣。对于9~15岁的高年级小学生和初中生来说,他们具有一

定量的物理知识储备,初步形成对简单的物理模型和架构的认识。基于此,演示实验的选题可依据学生当前所学的知识相应设计,鼓励他们用在课堂上学到的物理知识解释物理现象,解决日常生活中遇到的问题。对于16岁以上的中学生来说,他们已经掌握了基础物理知识,物理脱口秀的设计可以分阶段展示复杂的物理现象,从而帮助他们深入理解物理学的概念。物理演示脱口秀在提高课堂趣味性的同时也能调动学生学习的积极性,从而提高实验的演示效果。

### 2.2 物理演示脱口秀的表现形式——What

传统的物理演示实验通常以单一的展示形式进行演示,演示者通过单向的实验展示向受众科普物理知识。改进的实验演示需要实现形式上的多样化,要求根据实验内容、受众规模和年龄特征采用不同的表现形式开展实验演示。

对于较低年龄阶段的听众来说,可以通过木偶剧、话剧、魔术和动画片等形式开展实验演示。在物理演示脱口秀中以故事情节贯穿,加强物理脱口秀的观赏性,更能吸引小朋友们的注意力,以达到比较好的展示效果。调查显示,约有95%的学生认为科普情景剧的形式比传统的教学方法更加深刻<sup>[4]</sup>。除此之外,在观众规模比较小的演示实验脱口秀中也可以加入科普玩具DIY设计等环节,将“动脑思考”与“动手实践”相结合,加深受众对实验原理的理解。

对于有一定物理基础的受众来说,实验演示可以以小组合作、小组辩论、科普论坛等形式展开。在演示者展示实验现象之前,让学生开展组内讨论,预测实验现象。在实验演示过程中,让学生充分参与实验,通过合作的方式得到实验结果。观察实验现象后,让学生开展组内讨论并尝试解释实验现象。主动参与的演示方式给予学生更多动脑思考的机会和空间。多场合实践表明,学生在参与过程中,更容易主动问出“为什么”,从而引导自己思考其中涉及的物理原理。

### 2.3 物理脱口秀的演示方法——How

在传统的物理演示实验中融入脱口秀元素的目的是丰富演示实验的展示形式以及增强观众的主动参与性。一场成功的脱口秀需要演示者有扎实的语言功底和富有张力的舞台表现力,能通过轻松幽默的语言让物理演示的过程变得轻松且愉悦。而互动性是脱口秀中必不可少的关键元素。

在传统的物理演示实验中,学生通常作为被动的受众观察实验现象,缺少主动思考. 研究表明,互动性的演示或者教学往往更加有效,更能调动受众的参与感,提高受众的注意力<sup>[5-6]</sup>. 脱口秀元素的引入,可以大幅增加与受众的互动次数,在调动现场气氛的同时使实验的演示更具有交互性. 为了加强受众的主动思考,演示者可以采取 POE 的教学策略<sup>[2]</sup>. POE 在实验演示中的应用主要有 6 个阶段:

1) 演示者在介绍完相关实验的基本背景之后,在实验演示之前发起提问.

2) 小组讨论,让受众对实验现象作出预测.

3) 组间交流,讨论各组预测结果的异同之处,并对其作出解释.

4) 演示者演示物理实验,展示现象.

5) 组织受众反思,对比预测结果与实验现象.

6) 讲解演示原理,并对预测结果和实际情况有出入的想法做出合理解释.

与传统的演示实验相比,POE 演示方法增加小组讨论、结果预测和自我反思环节,在提高受众参与积极性的同时也给予学习者更多思考与交流的空间. 受众对实验结果的预测及与组员交流有助于拓展其思维. 受众的独立思考可帮助他们建立属于自己的完整的解决问题的知识体系.

为了实现“动脑思考”与“动手实践”相结合,可以在 POE 基础上增加动手参与环节,让受众在实践中加深对实验原理的理解. 除了参与到实验之外,还可以鼓励受众对原本的演示实验进行拓展改进,预测并验证改进后的实验与原实验之间的区别并解释原理,有助于提升受众在主动思考、动手实践、解决问题等方面的主观能动性.

### 3 部分成功的示例

#### 3.1 隔空移物——浮沉子

本实验的主要受众为物理启蒙阶段的儿童. 目的为将阿基米德原理形象具体化,引导受众观察日常生活中与浮力相关的物理现象.

实验器材尽量源于日常生活,主要有矿泉水瓶、小包番茄酱和水等. 器材简单,观众在实验结束后可以自己进行复现. 图 1 为实验中的番茄酱浮沉子示意图和实物图.

将番茄酱放入装满水的矿泉水瓶中,拧紧瓶盖,如图 1(a)所示,轻轻挤压瓶体,瓶中的番茄酱

缓缓地下沉至如图 1(b)所示位置;进一步增大对瓶侧面的压力,番茄酱将继续下沉直至瓶底,如图 1(c)所示,实物图如图 1(d)所示. 手松开瓶子,番茄酱将迅速上升到瓶的顶部,恢复到图 1(a)状态,实物图如图 1(e)所示.

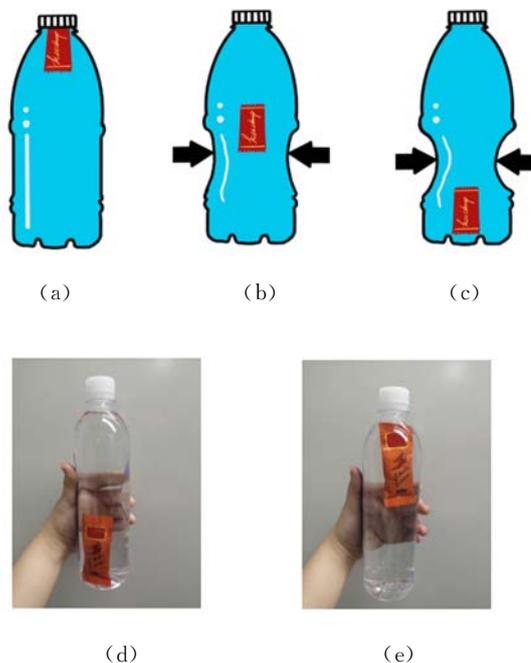


图 1 番茄酱浮沉子示意图与实物图

实验演示时,演示者可以适当加入“魔术”“隔空移物”等演示技巧,使得瓶中的番茄酱就像被演示者用“魔法”控制,可以随意上下浮沉. 这种情况下,观众的注意力会被充分吸引并迫切希望了解真相. 此时演示者可利用提问和引导思考的方式进行解密,解释其中涉及的物理知识.

演示结束后,要进行物理原理的讲解与验证. 为了增强可观测性,设计了透明滴管浮沉子,如图 2 所示. 滴管为软塑料材质,两端密封,管内装有有色液体,未装满液体部分为空气,如图 2(a)所示. 演示时挤压瓶体,压力通过水施加到塑料滴管上,由于压力增大,管中的空气体积变小,观众观察到管中的有色水位上升. 由于空气体积的变小,滴管总体密度增大,当总体密度大于水的密度时,滴管缓缓沉入瓶底,如图 2(b)所示. 可以看出自由状态下的透明滴管中的绿色液体未达到红线,在挤压瓶身后绿色液体上升到红色水位线处.

此实验可演变拓展,其一如图 3 所示. 在 2 个相同的塑料滴管中封装不同体积的有色液体,如图 3(a)所示. 演示者提问:哪个塑料滴管会先

下沉? 经过思考和讨论, 以及演示验证之后, 受众可以由体积压缩密度增加的概念拓展到空气相对于液体更容易被压缩, 因此有色液体较少的塑料滴管总体密度增加幅度更大, 该滴管会先下沉, 如图 3(b) 所示。

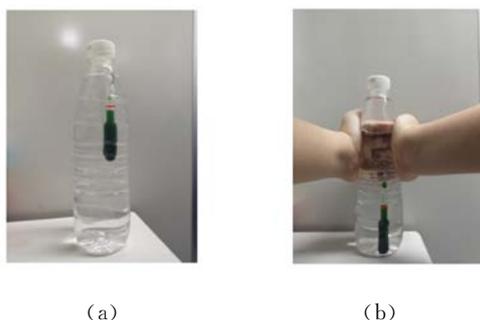


图 2 透明滴管浮沉子实物图

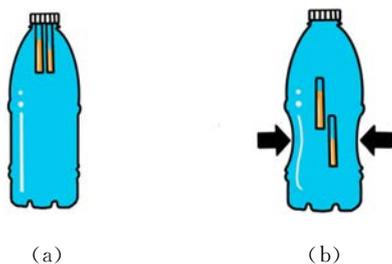


图 3 透明滴管浮沉子对比实验示意图

拓展实验 2: 利用椭圆形截面的塑料水瓶进行反向拓展, 演示初始状态为沉于瓶底的番茄酱浮沉子的运动规律[图 4(a, b)]. 挤压瓶体, 番茄酱会从瓶底上升到顶部[图 4(c, d)]. 这与之前实验的现象完全相反, 演示者可引导受众开展原因探索与讨论. 在对水瓶的底部截面进行展示后, 进行原理讲解。

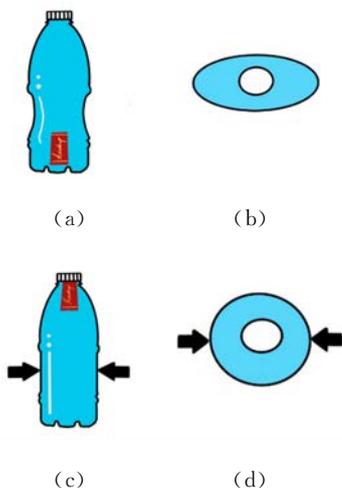


图 4 反向浮沉子实验示意图

当沿长轴方向向内挤压椭圆形的塑料瓶时, 椭圆会向圆形转变, 番茄酱受到水的压力会逐渐变小, 番茄酱中的空气体积增加, 导致总密度小于水的密度, 番茄酱上升。

### 3.2 会跳舞的声音——振动膜上的镜子

实验原料: PVC 塑料管、橡胶皮、小块镜子、激光笔等。

振动膜上的镜子实验示意图如图 5(a) 所示。将橡胶皮覆盖在塑料管的一端制作成 1 面简易鼓, 在鼓膜上贴小块镜子, 如图 5(b) 所示。当激光笔产生的激光束照射在镜子上时, 利用反射将光斑投射到远端的屏幕上。对着塑料管的另一端讲话或者唱歌, 声波会引起鼓面的振动, 镜面反射角度会由于鼓面振动从而相应变化, 屏幕上的激光光斑呈现不同的图案, 如图 5(c) 所示。声音频率和音量高低的变化, 都会引起反射激光图案的变化。

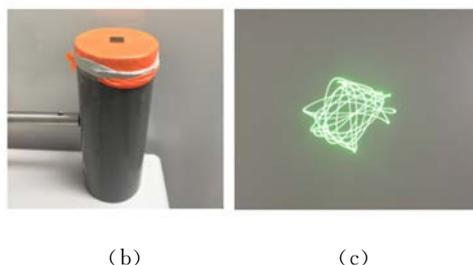
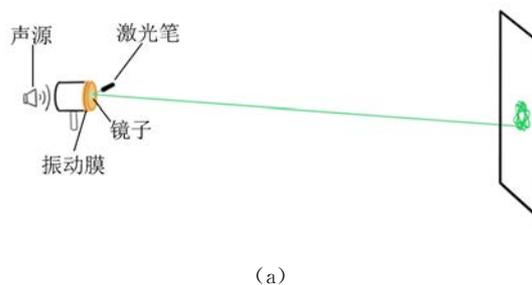


图 5 振动膜上的镜子实验

此实验将平时只能听得到的声音进行了可视化, 展示了“看得见的声音”以及“音符的形状”。

### 3.3 砸不碎的冰——复合材料

复合材料在日常生活中的应用日益广泛, 从钢筋混凝土到碳纤维复合材料等众多新型材料被应用于各行各业。复合材料最大的优点是 2 种材料复合后可以达到  $1+1>2$  的效果。

利用冰箱制作 2 块同样大小的冰块, 其中一块完全由水制成, 另一块在水中放入纸巾, 水与纸

巾的质量比约为 10 : 1, 纸巾均匀铺在水中, 制作过程如图 6 所示. 冰制成后, 用锤子分别敲击 2 块冰块, 如图 7 所示.

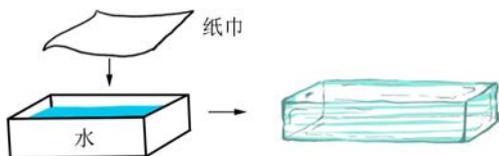


图 6 砸不碎的冰的制作示意图

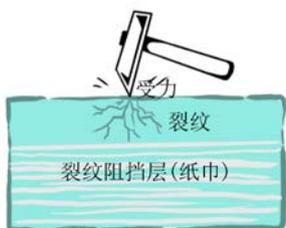


图 7 砸不碎的冰实验示意图

结果显示, 加入了纸巾的冰块比普通的冰块更为坚固. 此实验可邀请受众参与演示, 由受众掌锤砸冰, 近距离观察受力后冰的变化以及纸巾的作用. 在实验的同时, 可引导受众思考, 在冰受力形成裂纹后, 裂纹如何传播可使冰形成碎块, 如何阻止裂纹的传播从而保持冰块的完整性.

### 3.4 国外典型案例

融入脱口秀形式的演示实验展示在国外已经成熟, Veritasium(真理元素)是由毕业于悉尼大学的物理教育学博士所创办的物理科普频道, 其中包括演示实验类科普视频, 以此向观众介绍生活中常见的科学知识. 自开办以来, 该频道深受观众喜爱, 至 2020 年, 该频道在全球已有 715 万订阅者. 虽然 Veritasium 的科普内容通过网络平台进行传播, 但其展示形式体现了 POE 教学策略. 以视频“三个复杂的物理问题”(3 perplexing physics problems)<sup>[7]</sup>为例, 演示者以生活中常见的大瓶碳酸饮料开场, 向观众介绍日常生活中常见的现象——当打开被摇晃过的碳酸饮料时, 瓶中的饮料会喷出来. 该实验现象自然地引出所需讨论的问题: 当摇晃久置的饮料瓶之后, 瓶内的气压会增加、减少还是保持不变. 与传统的物理演示实验不同的是演示者并没有立即给出答案, 而是利用了 POE 的教学策略, 进入第 1 个 P 环节, 让观众们在讨论区进行预测与讨论. 通过主观的

判断, 绝大部分观众选择了“增大”. 在观众完成预测讨论与投票之后, 演示者进行了 O 环节, 通过演示实验现象来展现结果. 演示完毕, 瓶盖上的压力表显示瓶中的压力并没有增加而是维持 3 大气压(1 大气压等于  $1.01 \times 10^5$  Pa)不变. 为了充分引导受众积极思考, 演示者并没有急于给出解释, 而是将解释环节放在视频的末尾, 给予了观众充足的思考与反思时间. 通过解释环节, 观众会意识到, 之所以瓶中的气压没有变化是因为液体中所溶解的  $\text{CO}_2$  与瓶顶的气体处于了平衡状态, 如图 8 所示.

平衡态只取决于温度和压强, 因此晃动并不会导致瓶中压强的变化. 是什么导致摇后的碳酸饮料喷出来呢? 演示者首先打开瓶盖, 放出瓶顶压强约为 3 大气压的气体, 再盖上瓶盖, 此时瓶上部分气体压强为 1 大气压, 即打破了瓶中气体的平衡状态. 当摇动饮料瓶, 可以发现饮料瓶中的压强迅速增加, 使得瓶内气压迅速恢复到平衡时的压强. 产生这一现象的原因是, 摇晃产生的微小气泡被引入液体之中, 使得  $\text{CO}_2$  更加容易从液体中释放出来, 导致压强迅速增加. 因此当摇晃达到平衡状态的碳酸饮料时, 瓶内压强并没有增加, 然而这样的操作却向瓶内引入了许多微小的气泡, 它们起到了成核点的作用. 如果仔细观察会发现瓶壁上附着了许多微小的气泡. 若此时打开塑料瓶, 附着在瓶壁上的气泡会由于压力的降低而膨胀, 从而推动上方的液体, 同时它们作为成核点也促进了液体中溶解的  $\text{CO}_2$  释放, 最终导致了瓶中的饮料喷出, 如图 9 所示.



图 8 平衡状态下的碳酸饮料 图 9 碳酸饮料喷出

在理解了饮料喷出的原理之后, 演示者也用了“逆向思维”引导观众思考“如何能防止被摇晃过的饮料被喷出”. 经过思考, 观众很容易就能想到如果将瓶壁上附着的气泡去除则可以避免液体喷出. 演示者可以通过弹动瓶壁的方法来赶走瓶壁上的气泡, 之后再拧开瓶盖, 观众会发现本应喷

出的液体并没有喷出。

利用 POE 的教学策略,以网络视频为平台,演示者通过不断地提问来推进实验的进程,调动了观众的积极性,使观众即使通过网络平台的云学习,也能充分利用网络的优势,积极思考,更加深入地理解实验现象背后的物理知识。

#### 4 结束语

物理演示脱口秀用丰富多样的呈现形式和行之有效的教学策略,将“动手实践”和“动脑思考”相结合,让物理演示实验的展示更具感染力,将原本深奥的物理知识变得通俗易懂、贴切观众认知。脱口秀中多样化和幽默化的表现形式结合不同的实验展示,使得物理知识的传播更易被接受。其代入感较为强烈的演示氛围,突破了知识传播的年龄限制,使得受众更为广泛。物理演示脱口秀高频的互动氛围能够激活每位受众的思维,给予他们更多的思考机会和更多的创造空间,从而更

好地达到物理普及的效果。

#### 参考文献:

- [1] Talk show [EB/OL]. [2020-05-25]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Talk\\_show#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Talk_show#cite_note-1).
- [2] White R T, Gunstone R F. Probing understanding [M]. London: Falmer Press, 1992:44-64.
- [3] 姚利民. 有效教学研究[D]. 上海:华东师范大学, 2004.
- [4] 庞晓莹,张际家. 科学与戏剧的结合——科普情景剧应用于大学物理实验教学[J]. 艺术教育, 2019(9):116-118.
- [5] 郭玫莉. 浅谈初中科学课堂教学互动教学的重要性[J]. 科学咨询(科技·管理), 2018(10):136.
- [6] 王竹君. 初中科学课堂教学中互动教学的重要性分析[J]. 亚太教育, 2016(34):45.
- [7] 三个复杂的物理问题 [EB/OL]. [2020-05-25]. <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=K-Fc08X56R0>.

## Fun in physics demonstration experiments

YAO Yao<sup>1a,b</sup>, MEI Le-ying<sup>1a</sup>, LYU Jun-peng<sup>1a</sup>, LIU Hong-wei<sup>2</sup>

(1a. School of Physics; b. Chien-Shiung Wu College, Southeast University, Nanjing 211189, China;

2. School of Physics and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** To improve the effectiveness of teaching, exploring the teaching method reform of physics demonstration experiments is of great importance. Practice shows that a relaxing and pleasant teaching atmosphere exerts a good influence on the impartment and acceptance of physics knowledge. We integrated the elements of talk show into the science demonstrations, and enriched the demonstrations in terms of topics, forms, and methods. The introduction of talk show elements would combine minds-on thinking and hands-on practicing together, which could improve the interaction frequency between lecturers and students, stimulate the audience's initiative, and give them more opportunities to think.

**Key words:** physics demonstration experiment; teaching method; talk show; POE

[责任编辑:任德香]