

基于 PBL 和 POE 理论 创新演示 实验教学 促进学生深度学习

——以“互感现象”教学为例

薛富蓉 万 磊 朱巧萍* (宁夏大学物理学院 宁夏 750021)

摘 要 基于演示实验的教学现状,文章构建了 PBL 问题导向与 POE 教学策略双策略融合的教学模式,注重知识形成过程,革新传统演示实验教学范式,并以“互感现象”教学案例为实证载体,系统性地阐述了通过结构化演示实验设计来挖掘探究性教学价值的实施路径,帮助学生深度学习物理概念与规律的本质内涵,有效促进学生核心素养的发展。

关键词 演示实验 PBL 问题导向 POE 教学策略 深度学习

文章编号 1002-0748(2026)8-0022

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》提出:演示实验是师生共同探究物理问题的学习方式,也是体验性较强的学习方式^[1]。这强调了演示实验的探究性,为了展现演示实验的探究性,教师需具备探究式教学理念,创新演示实验,设置递进问题,引导学生经历探究过程,调动学习积极性,保持学生探究者和发现者的角色。本文提出结合 PBL 问题导向和 POE 教学策略的教学模式,以期充分发挥演示实验作用。

1 PBL 和 POE 概念及其相互结合教学流程

1.1 PBL 和 POE 的概念

PBL 是基于问题式学习(Problem-Based Learning)的简称,是一种聚焦具体问题的教学方法^[2]。该方法注重在真实学习情境中以学生为中心,通过设置问题驱动教学。基础流程为:创设情境→提出问题→寻找证据→解释评估。

POE 即“预测(Predict)-观察(Observe)-解释(Explain)”教学策略,源自学生对科学探究方法的理解,理论融合“观察渗透”哲学观念及建构主义等教育理论^[3],是了解学生前概念、研究迷思概念、助其科学建构概念的有效工具。其基本程序为:创设情境→学生预测→演示观察→学生解释。

二者区别在于 PBL 以问题为引领,首先强调的是发现并确立一个富有价值的问题,随后围绕这一

核心问题组织学习活动,而 POE 教学策略则侧重于以实验为起点,学生预测并观察实验现象,随后对这些现象进行深入的分析与解释。二者共性是以学生为中心,教师为引导者。

基于各自特点与共性,本文提出 PBL 与 POE 相结合的教学模式,与单独的 PBL 或 POE 相比,这种模式能有效帮助教师在真实情境下提出问题,此类问题实践性强,与生活紧密相关,能激发学生的探索兴趣和求知欲,在提升学生学习内驱力、促进深度学习、确保知识掌握与应用能力全面发展方面有独特优势。

1.2 PBL 和 POE 结合的教学流程

PBL 与 POE 相结合的教学流程如图 1 所示,流程包括五个环节:①创设问题情境,教师根据学生日常经验以及已有知识和教学内容制作教具;②在真实情境中让学生预测和观察实验现象,激发学生的学习兴趣;③挖掘学生大脑内部已有概念,在教师启发下一步步确定研究问题;④基于研究问题,教师引导学生对现象和结果进行探究,破除迷思概念,准确得出结论建构物理概念和规律;⑤能够将所学的知识解决生活中的实际问题,验证结论。

可见该模式特点是学生为教学主体,教师起引导作用。教师通过设置递进问题,引导学生预测、观察、探究、解释演示实验现象,实现深度学习。在师生互动中,有效发挥演示实验作用,培养学生元认知、核心素养及分析和解决问题的能力。

* 通信作者:朱巧萍。

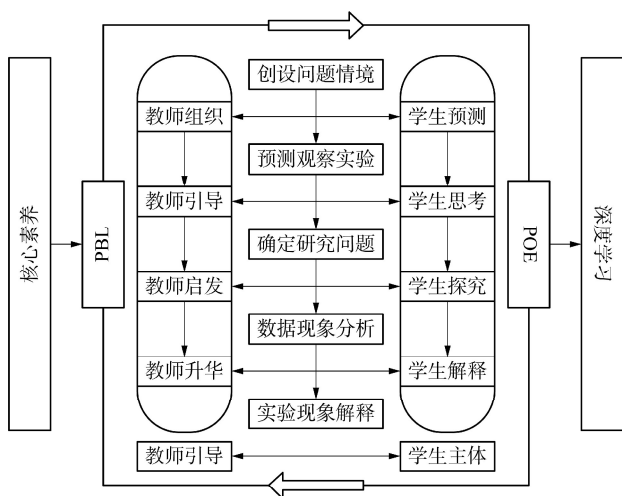


图 1 PBL 与 POE 相结合的教学流程

2 PBL 和 POE 结合下“互感现象”的深度学习

2.1 分析教学内容与学情确定教学目标

电磁学中的“互感现象”是人教版高中物理新教材选择性必修第二册第二章“电磁感应”第 4 节内容,在学生学过产生感应电流的条件、楞次定律和法拉第电磁感应定律后学习,是电磁感应现象具体应用实例,与日常生活和生产技术密切相关。所以,对互感现象的研究,既巩固和深化了电磁感应定律,又为后续学习交流电、电磁波知识奠定基础。生活中,学生对互感现象应用如无线充电宝、变压器等并不陌生,但需要在课堂从这些应用中抽象出互感概念及发生过程,这就需要教师设置真实情景,助其从生活常识转变为物理概念。

基于对教学内容与学情的分析确定以下教学目标,见表 1。

表 1 基于核心素养的教学目标

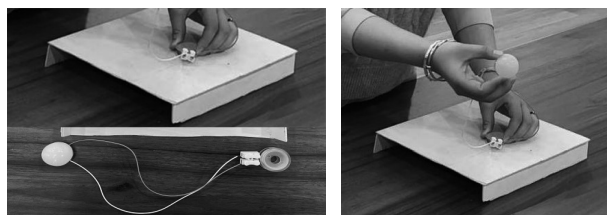
	教学目标
物理观念	① 知道互感现象本质是电磁感应现象的具体应用; ② 建立“磁场变化→感应电动势→能量传递”物理图景,能用互感原理解释变压器、无线充电、收音机等生活现象
科学思维	① 通过分析互感现象产生的过程,培养逻辑推理和模型构建能力; ② 通过一系列实验,利用归纳思维总结互感现象的具体发生过程
科学探究	① 通过老师自制的实验器材探究互感现象的具体发生过程; ② 能设计简单的实验验证互感现象。(如:妙传音乐)
科学态度与责任	① 了解互感现象在生产生活中的危害与防护措施,培养学生全面、客观、动态看待事物的态度; ② 感受互感现象其对科技发展和日常生活的巨大影响; ③ 从电磁感应现象的发展史,体会科学家们坚持不懈、勇于探索的科学精神

2.2 设置实验与层层问题,引导学生开展深度学习

2.2.1 创设情景 引出课堂主题

(1) 情景导入

本节课以“空中取电”魔术为导入(自制的无线充电教具),如图 2 所示,演示过程中,设置层层递进的问题引导学生深入思考,如:灯泡发光了,是闪了一下还是持续发光呢?没有电源,灯泡怎么发光了?灯泡回路中的电流从何而来?



(a) 外部结构

(b) “魔术”现象

图 2 魔术教具“空中取电”

通过该情景导入,充分激发学生的兴趣与求知欲,提升用物理知识解释实际现象的意识。教材上是用音响发出手机声音的实验引入互感概念,但学生可能对现象背后的转换过程更感兴趣,这涉及音频与电流信号的转换,理解有难度,不利于学生复现实验。笔者根据学生知识接受的渐进性和实验知识逻辑关系,对实验进行了创新。

(2) 推理分析

通过对演示实验的观察和教师的问题引导,学生已然萌生出各种问题,此时教师需要进一步创设问题或者任务,在解决问题的过程中培养学生科学推理的能力。

所以,在演示完“空中取电”后,教师可以提出以下问题,引导学生的思维逐渐对焦现象的本质。

问题 1:除了电源可以给电路提供电流外,还有什么情况下也能产生电流?

问题 2:感应电流产生的条件是什么?

问题 3:磁通量的表达式是什么?

整个过程教师提出层层问题,引导学生构建模型进行逆向推理,从结果(灯泡持续发光)出发,寻找原因。现象推理过程如图 3 所示,即如果是电磁感应现象,根据感应电流的产生条件,小线圈当中的磁通量始终发生变化,才能够产生持续的电流,而线圈的面积始终没有发生变化,说明是磁感应强度不断发生变化,进而猜测魔盒是一种产生变化磁场的装置。

(3) 引出课堂主题

教师打开魔盒介绍其内部结构,结合图 4 所示

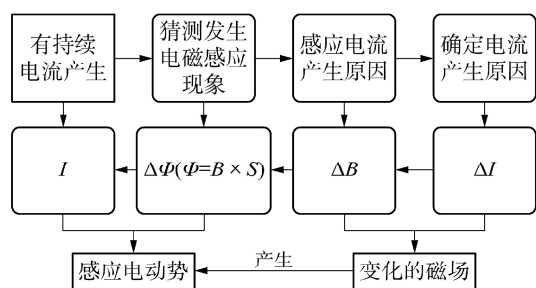


图 3 现象推理过程

电路,整个电路由三极管,干电池,电阻和耦合线圈组成,三极管和耦合线圈组成的回路可以将直流转变为交流,根据电流的磁效应,所以线圈中产生了变化的磁场。至此证实猜想,魔盒确实产生了变化的磁场,使小线圈回路当中磁通量发生变化,从而产生持续的感应电流,灯泡持续发光。

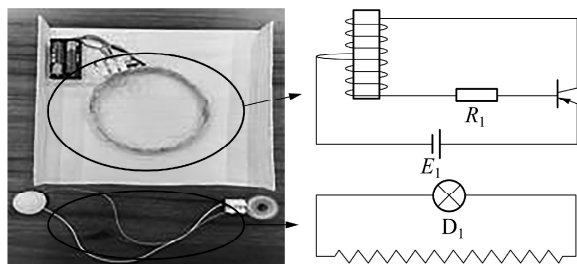


图 4 内部结构及电路图

以上分析过程印证了同学们的猜想,是电磁感应现象。将两个没有导线相连的线圈之间产生的电磁感应现象称为互感,进而确定本次课堂学习主题:互感现象。

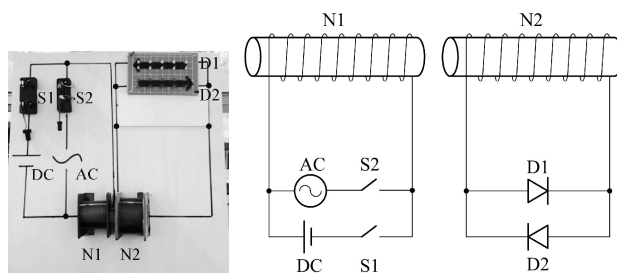
整个环节可以看出此种引出课堂主题的方式不仅大大提高学生的学习兴趣,也帮助学生回顾旧知联系新知,知识的获得是循序渐进的,符合学生的认知发展。更培养了学生的逆向科学思维以及分析问题、解决问题的能力。

2.2.2 演示观察 建立模型分析现象

将抽象的物理概念或模型具体化、形象化,则演示实验的主要目的就达到了,教师需一步步引导学生建立模型,也就是将生活情境中的经历转化为物理探究过程。从所观察到的实验现象中发现问题、提出猜想、获取证据、解释现象。

本小节教师演示自制的“互感现象演示仪”,让学生从具体现象的解释过程中,探究互感现象的发生过程。其组成部分如图 5(a)所示,回路 1 由 N1 线圈与开关 S1、S2 分别控制的交流和直流电源并联组成,回路 2 由 N2 线圈与两个方向相反的发光二极管

管灯带 D1、D2 并联组成,对应电路如图 5(b)所示。



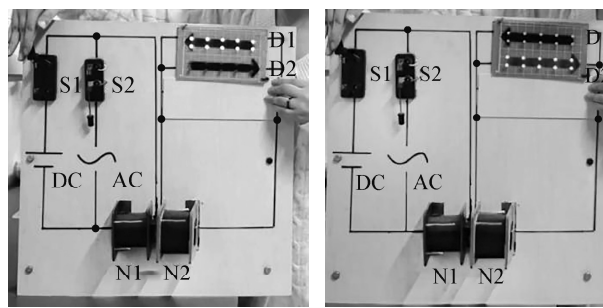
(a) 实物图

(b) 电路图

图 5 互感现象演示仪及电路图

(1) 通直流

在开关 S1 分别闭合和打开过程中,发现二极管灯带 D1、D2 交替闪烁,如图 6 所示。



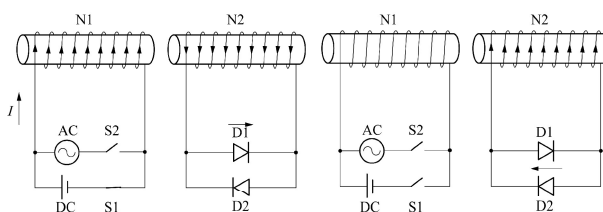
(a) 导通瞬间

(b) 断开瞬间

图 6 直流开关通断时现象

结合电路图分析,当直流开关 S1 导通时,图 7(a)中回路 1 电流从无到有,根据右手螺旋定则,N1 线圈内部产生的磁场向左增加,导致 N2 线圈内部的磁通量向左增加,根据楞次定律,则 N2 线圈产生的感应磁场方向向右,感应电流方向向下,D1 导通发光。

当直流开关 S1 断开时,图 7(b)中回路 1 电流从有到无,根据右手螺旋定则,N1 线圈内部产生的磁场向左减小,导致 N2 线圈内部的磁通量向左减小,根据楞次定律,则 N2 线圈产生的感应磁场方向向左,感应电流方向向上,D2 导通发光。



(a) 导通瞬间

(b) 断开瞬间

图 7 直流开关通断时电路图

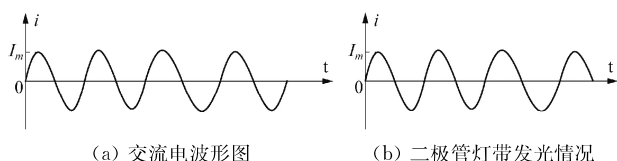
(2) 通交流

当交流开关 S2 闭合时,二极管灯带 D1、D2 持

续发光,如图 8 所示。

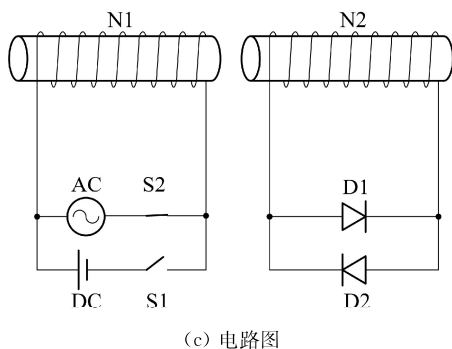
交流电特点是电流大小与方向不断发生周期性变化,波形如图 9(a)所示。当正向交流电从无到有时,结合图 9(a)、9(b)发现与直流通情况一致,则 D1 灯带先发光;从有到无时,与直流断开情况一致,则 D2 灯带发光。

当电流方向变为负向时,则灯带发光顺序与以上情况相反,此时 D2 灯带先发光,D1 灯带后发光。随着时间变化,D1、D2 灯带发光情况如图 9(b)所示,即 D1、D2 灯带交替发光(红色段表示 D1 灯带发光、蓝色段表示 D2 灯带发光)。但因本实验所通交流电频率为 50 Hz,即电流方向每秒变化 100 次,由于人眼视觉暂留效应,所以实际看到的是持续发光的状态。



(a) 交流电波形图

(b) 二极管灯带发光情况



(c) 电路图

图 9 交流控制开关导通电路图

显然演示实验在器材的准备和学生的参与度方面具有一定的局限,但只要具备问题、证据、解释、交流等要素,就具有探究性,也能让学生经历科学探究的基本过程,只是学生的参与程度不同。

2.2.3 归纳总结 构建概念

通过对物理现象进行归纳、总结与对比分析,揭示其内在共性,进而构建物理概念,是科学研究的基本方法之一。这就要求我们在归纳过程中:细致观察实验现象→严谨分析实验数据→大胆提出假设→小心验证修正,在这个过程中是对学生科学思维的

训练,更是学生从“看现象”到“懂本质”的关键跃迁。

此环节对以上实验中 N1 线圈与 N2 线圈的磁场变化、磁通量变化和电流变化进行汇总如表 2 所示。

表 2 电流与磁场变化统计表

电流	N1		N2	
	ΔI	ΔB	$\Delta \Phi$	I
DC	$0 \rightarrow I$	增加	增加	间断
	$I \rightarrow 0$	减少	减少	间断
AC	变化	变化	变化	持续

由表 2 总结可知,当 N1 线圈中的电流发生变化时,会产生变化的磁场,使得 N2 线圈中的磁通量发生变化,产生感应电流,也就是感应电动势。此过程就是互感现象的概念,即:两个相互靠近的线圈,当一个线圈中的电流变化时,它所产生的变化的磁场会在另一个线圈中产生感应电动势的现象,叫互感现象,产生的电动势叫作互感电动势。

2.2.4 设置实验 巩固概念

概念形成后,巩固概念是帮助学生从“初步理解”到“深层掌握”的关键环节,可以通过多维度输入(实验、讲解、可视化)、深度加工(联系、对比、应用)和持续反馈(联系、讨论、修正)等手段,使学生实现从“知识接受者”到“知识构建者”的转变。

本节设计“妙传音乐”实验如图 10 所示,让学生从听觉再次感受互感现象的奇妙之处,以此巩固“互感现象”的概念。

实验装置包括:音响一台、手机一部、音频线两根、铜线圈两个。连接时,用一根音频线连接小线圈与手机,另一根音频线连接音响与大线圈,手机播放音乐,小线圈置于大线圈中,音响中播放出与手机相同的音乐。



图 10 “妙传音乐”实验装置

探究问题:

- ① 什么是音频信号?
- ② 如何从音响中听到音乐?
- ③ 思考感应电流频率和原电流频率的关系。

探究结论:音频信号是变化的电流信号,所以小线圈中有变化的电流,产生变化的磁场,使得大线圈中产生感应电流。因为感应电流与原电流频率相同,所以音响中听到与手机播放相同的音乐。

2.2.5 解决问题 渗透核心素养

运用课程形成的物理观念、科学思维解决一些

实际问题,是提升学生核心素养的有效手段。教师要设计真实情境,让学生在应用知识时,像工程师般实践创新、像科学家般逻辑思考与抽象,既提升解决问题的能力,又培养适应未来社会的综合素养。

本小节通过举例互感现象在生活当中的具体应用以及我国在这些领域的成就,使学生在解释现象和解决问题的过程中,渗透核心素养。例如:

- ① 变压器是如何实现高低压转换?
- ② 无线充电宝如何对手机进行供电?
- ③ 收音机的天线如何接收特定频率的电台节目?

解释上述例子时,加强了物理观念渗透,培养学生辩证、全面看待事物的科学态度。譬如,在电力工程和电子电路中,互感现象往往会影响到电路的正常工作,则实际应用中,需优化电路布局或用滤波器、隔离器来防止产生不利的影响,真正实现从生活到物理、从物理到社会。

3 总结提升

对于演示实验教学,既要展示实验、解释现象,

又要通过实验使学生理解现象背后所蕴含的知识,有效促进学生对概念的内涵和外延的理解。

本文基于 PBL 和 POE 理论,探究了演示实验教学的基本流程,并以“互感现象”的演示实验教学为例,详细阐述了如何设定教学目标、依托真实情境引出学习主题、选择探究现象本质的方法、引导学生构建模型以及抽象概念等,从而展示了 PBL 和 POE 教学流程在演示实验教学中的有效应用。整个流程以学生为中心,教师为引导,实验为载体,教师在演示实验过程中,通过设置真实情景与层层问题,激发了学生的兴趣,引导学生观察实验现象,解释现象,充分发挥了演示实验的探究性,帮助学生实现深度学习。

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 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 徐发林,匡海发,李莉. 基于 PBL 教学的中学物理课堂教学实践——以“库仑定律”教学为例[J]. 物理教学,2023(10):17—20.
- [3] 王贤勇,喻斌. POE 和 PBL 导向下“弹性碰撞”的深度学习[J]. 物理教师,2022(10):8—10.

(上接第 42 页)

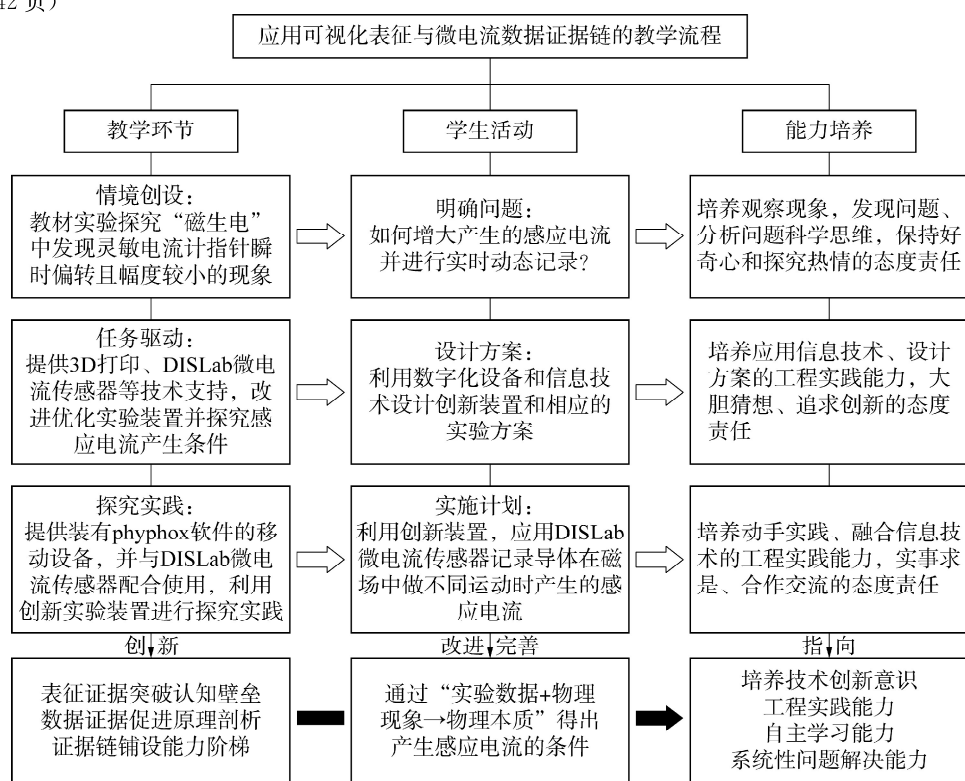


图 4 应用可视化表征与微电流数据证据链的教学流程

参考文献

- [1] 王涛. 自制实验教具科学探究法拉第电磁感应定律[J]. 物理教学,2025(5):29—32.
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.