

# 高中物理电磁学部分难点突破策略探讨

兰振敏

江西省吉安市白鹭洲中学

**摘要：**电磁学是高中物理的核心板块，其概念抽象性、数学工具复杂性及知识体系关联性导致学生普遍存在理解困难，本文通过分析电磁学教学中的三大核心难点——场与物质相互作用机制、动态电磁过程建模、数学工具与物理思维的融合，提出基于认知脚手架构建、多模态表征转化、跨学科思维迁移的创新教学策略，结合楞次定律、电磁感应综合问题等典型案例，验证了分层递进式教学设计对提升学生高阶思维能力的有效性，为电磁学难点突破提供了可复制的实践路径。

**关键词：**高中物理；电磁学；难点突破；认知脚手架；多模态表征

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2025.10.144

## 引言

电磁学作为经典物理学的基石在高中物理课程中占据30%以上的课时比重，其知识体系呈现“概念抽象化、过程动态化、数学工具复杂化”的三重特征，导致学生在电磁场叠加、电磁感应综合问题、交变电流等模块的学习中普遍存在认知障碍，传统教学常陷入“概念灌输—公式记忆—题海训练”的窠臼，难以实现从知识表层到物理本质的深度建构，本文基于认知负荷理论、表征转换理论及跨学科迁移理论，构建“脚手架支撑—多模态表征—思维迁移”三位一体的难点突破模型，通过典型案例验证其有效性。

## 一、电磁学认知难点溯源与分类

### （一）场概念的抽象性与物质性割裂

电磁场是一种比较特殊的东西它“看不见也摸不着”，它怎么存在、怎么起作用以及和承载它的物质之间是什么关系，这些都超出了学生平时的生活经验，比如说在教安培力的时候学生经常搞不清楚“磁场对载流导体的作用”和“磁场对运动电荷的作用”本质上有什么联系，也不明白洛伦兹力其实就是安培力在微观层面的表现，会出现这种认知上的脱节是因为在教学的过程里没有很好地把电磁场的物质特性展现出来，结果学生就把电磁场当成单纯的数学概念了，没把它当成是有能量、有动量的实实在在的物理实体。

### （二）动态电磁过程的时空建模困难

动态电磁过程的时空建模对于学生而言是一项颇具挑战性的任务，电磁感应现象本身具有高度的复杂性，它涵盖了磁场变化率、导体运动速度以及感应电流方向等诸多因素并且这些因素并非孤立存在而是处于动态关联的状态之中，以法拉第电磁感应定律为例多数学生能

够较为熟练地背诵公式  $\varepsilon = n \Delta \Phi / \Delta t$ ，这表明他们对公式本身的记忆较为深刻，然而在实际的问题处理过程中当面临“导体棒切割磁感线”与“磁通量变化”这两种本质相同但表述形式不同的情况转换时，学生的表现却不尽如人意，据某重点中学的调研数据显示此类问题的错误率高达67%，这一数据清晰地反映出学生在面对动态电磁过程时缺乏将物理过程精准转化为数学模型的时空思维能力，他们难以在脑海中构建起磁通量  $\Delta \Phi$  与导体运动参数之间的动态联系，无法清晰地把握各个物理量随时间和空间的变化规律，进而导致在解决相关问题时出现大量错误，这凸显出在教学过程中加强对学生时空建模能力培养的重要性和紧迫性。

### （三）数学工具与物理思维的错位

在电磁学里要用到矢量运算、微积分思想、复数表示这些数学工具，可学生常常会陷入“只注重计算，不注重理解”的误区，就像在计算交变电流有效值的时候学生就只会死套  $I^2 R t$  这个公式，却说不清楚这个公式的物理意义是“等效直流电产生的热量”，会出现这种数学形式和物理本质不匹配的情况是因为在教学的时候没有把数学工具的物理意义讲清楚，结果学生就把电磁学当成单纯的数学计算题来做了。

## 二、基于认知脚手架的难点突破策略

### （一）场概念物质性的可视化建构

在针对场概念物质性的教学建构中为了让学生更好地理解这一抽象概念，可采用多维度且具象化的教学手段，运用多模态表征系统开展教学，具体采用“磁感线—铁屑分布—磁场力”三重表征方法，在磁场环境中撒入铁屑，铁屑会依据磁场特性呈现出特定的排列模式，这种排列模式能够直观地反映出磁场强度的分布情况，同

时借助安培力演示仪可以清晰地展示磁场对载流导体的作用效果,比如导体在磁场中受到力的作用而发生运动或形变等,通过这样的方式逐步引导学生建立起“场存在性→场强分布→场作用力”的完整认知链条,以讲解磁感应强度这一知识点为例,在教学过程中同步展示通电螺线管内部和外部的铁屑分布情况,内部铁屑呈平行排列而外部铁屑则是发散分布,通过这种鲜明的对比强化学生对“场强空间分布”特征的直观感知。

构建微观-宏观关联模型辅助教学,搭建“运动电荷→载流导体→通电螺线管”的层级模型,利用动画演示单个运动电荷产生的磁场多个运动电荷产生的磁场相互叠加最终形成载流导体的磁场,进而帮助学生理解通电螺线管磁场与单个载流导体磁场在本质上是等效的,在洛伦兹力教学中开展“电子束在磁场中的偏转”实验,电子束在磁场中会发生偏转其在荧光屏上留下特定的轨迹图像,通过观察和分析这些轨迹图像能够建立起“微观电荷受力→宏观导体受力”的关联认知使学生从微观和宏观两个层面深入理解场概念的物质性。

### (二) 动态电磁过程的时空建模训练

在开展动态电磁过程的时空建模训练时,为助力学生深入理解并掌握相关知识,可采用分阶段过程分析法与借助动态仿真实验平台这两种行之有效的教学策略。分阶段过程分析法是将复杂的电磁感应问题细致拆解为“初始状态→变化过程→最终状态”这三个清晰阶段,并运用“磁通量变化率-感应电动势-感应电流-安培力”的因果链分析框架来逐步剖析,以“导体棒在匀强磁场中加速运动”这一典型问题为例,在教学过程中教师先引导学生绘制速度-时间( $v-t$ )图像,通过分析图像的斜率来明确导体棒速度的变化率,因为速度变化率与导体棒的运动状态改变紧密相关,接着结合公式 $\Phi=BLx$ (其中 $\Phi$ 表示磁通量, $B$ 为磁感应强度, $L$ 是导体棒长度, $x$ 为导体棒的位移),建立起磁通量与位移之间的函数关系让学生明白导体棒的位移变化会如何影响磁通量,最后依据公式 $\varepsilon=BLv$ ( $\varepsilon$ 为感应电动势)来计算导体棒在某一时刻的瞬时感应电动势,通过这样循序渐进的分析过程学生能够清晰地看到各个物理量之间的因果联系和动态变化从而更好地理解电磁感应现象的本质。

动态仿真实验平台则借助了先进的科技手段,利用PhET交互式物理模拟软件构建“导体棒切割磁感线”的虚拟实验,在这个虚拟实验环境中学生可以自主调节磁场强度、导体速度、导体长度等关键参数,当改变这些

参数时能够实时观察到感应电动势的大小以及电流方向的变化规律,教师要求学生详细记录不同参数组合下所得到的实验数据,然后引导学生对这些数据进行系统的分析和归纳,通过对大量实验数据的整理和总结学生能够逐步归纳出 $\varepsilon=BLv\sin\theta$ 这一通用表达式,其中 $\theta$ 为导体棒运动方向与磁场方向的夹角,这一过程让学生亲身体会了科学探究的过程更有效地培养了他们的数据归纳能力和模型建构能力,使学生能够从具体的实验现象中抽象出普遍适用的物理规律。

## 三、跨学科思维迁移的深度融合策略

### (一) 数学工具的物理意义阐释

在物理教学里深入阐释数学工具的物理意义对于学生透彻理解电磁学知识起着关键作用,具体可从微积分思想具象化与复数表示几何解释这两个关键方面着手。在讲解法拉第电磁感应定律这一重要内容时为了让抽象的微积分思想变得具体可感可采用“磁通量变化率”的极限定义法,把 $\Delta t$ 趋近于0这个较为抽象的数学过程转化为“导体棒微小位移 $\Delta x$ ”的累积效应,借助精心制作的动画进行演示能让学生清晰地看到,当导体棒在磁场中移动一个微小位移 $\Delta x$ 时磁通量会发生相应的变化,其变化量 $\Delta\Phi$ 可以用公式 $\Delta\Phi=B\cdot A\cdot\Delta x$ 来计算,其中 $A$ 代表导体棒扫过的面积,通过这样直观的呈现引导学生逐步理解 $\varepsilon=\lim(\Delta\Phi/\Delta t)=BLv$ 这一公式的物理本质,即它表示的是单位时间内磁通量的变化量,这种将抽象数学概念与具体物理过程相结合的教学方式,能帮助学生更好地跨越数学与物理之间的认知鸿沟真正领悟到法拉第电磁感应定律所蕴含的物理意义。

在交变电流教学中复数表示的几何解释同样不可或缺,引入复平面表示法把电流的瞬时值 $i=I_m\cos(\omega t+\phi)$ 巧妙地映射为复平面上的旋转矢量,通过动态演示旋转矢量在复平面上的投影变化,学生可以直观地看到随着时间的变化旋转矢量在实轴上的投影也在不断改变,而有效值 $I=I_m/\sqrt{2}$ 的几何意义就是旋转矢量模长在实轴上投影的均方根值,这种直观的几何解释能够有效地破解学生在有效值计算方面的认知障碍,使他们不再觉得有效值的计算是一个枯燥的数学运算过程,而是能够从几何角度深入理解其物理内涵提升对交变电流知识的理解和掌握程度。

### (二) 类比迁移教学法的应用

在物理教学里类比迁移教学法是一种极为有效的教学手段,它能够借助学生熟悉的事物来阐释抽象的物理

概念,助力学生更好地理解和掌握知识。运用流体力学类比来讲解电路知识,把电流比作水流,这一类比十分形象,因为电流和水流都有着流动的特性,将电阻类比为管道阻力就像水流在管道中流动时会受到管道壁的阻碍一样,电流在导体中流动也会受到电阻的阻碍,而电动势则类比为水泵压强,水泵为水路提供压力使水能够流动,电动势则为电路提供电势差促使电荷定向移动,通过构建“电路-水路”双系统模型在讲解闭合电路欧姆定律时教师可以调节水路中的阀门开度,这就相当于改变了电路中的电阻,此时引导学生观察水流速度的变化水流速度的变化就如同电路中电流的变化,同时关注水泵压强的情况水泵压强就如同电路中的电动势,通过这样的实际操作和观察学生能够更直观地理解 $E=I(R+r)$ 的物理意义,即电源电动势等于外电路电压与内电路电压之和从而加深对闭合电路欧姆定律的理解。

采用机械振动类比来讲解 LC 振荡电路,在 LC 振荡电路教学中把电容器充电过程类比为弹簧压缩储能,弹簧被压缩时储存弹性势能电容器充电时储存电能,电感线圈的电磁感应现象类比为惯性质量对运动状态的阻碍作用,当物体具有惯性质量时会阻碍其运动状态的改变,而电感线圈在电流变化时会产生自感电动势阻碍电流的变化,通过对比弹簧振子与 LC 电路的能量转换方程,弹簧振子的能量转换方程为 $\frac{1}{2}kx^2 \leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2$ , LC 电路的能量转换方程为 $\frac{1}{2}CV^2 \leftrightarrow \frac{1}{2}LI^2$ ,可以发现两者在能量守恒与周期性振荡方面存在着本质共性,进而帮助学生理解 LC 振荡电路的工作原理和能量转换规律。

#### 四、典型案例分析:楞次定律的深度教学

##### (一) 传统教学的困境

常规教学采用“感应电流方向判断三步法”(确定原磁场方向→判断磁通量变化→应用楞次定律),导致学生陷入“机械套用步骤”的思维定式,某重点中学调研显示,多半学生能背诵楞次定律表述,但仅少部分能正确解释“阻碍相对运动”的物理本质。

##### (二) 创新教学策略实施

在物理教学里实施创新教学策略能够有效提升学生对知识的理解与应用能力,从能量视角进行知识重构,借助“磁铁插入线圈”这一实验让学生仔细观察线圈和磁铁之间相互作用力的方向,在此基础上结合能量守恒定律展开深入分析:当磁铁插入线圈时感应电流产生的磁场会阻碍磁通量的变化,从本质上来说这是一个机械能转化为电能的过程,为了让学生更深入地理解这一能

量转化过程可以要求他们计算在不同插入速度下线圈的发热功率,通过这些具体的计算建立起能量转化效率与磁铁运动速度之间的定量关系,如此一来学生能直观地看到能量转化的现象还能从定量的角度理解其中的规律,使抽象的电磁感应知识变得更加具体可感。

还原历史情境开展教学,重现法拉第在 1831 年进行的电磁感应实验,利用动画生动演示“磁铁-线圈-检流计”系统的动态变化过程,引导学生仔细分析法拉第从最初“磁生电”的初步猜想,到最终得出“磁通量变化生电”这一科学结论的思维跃迁过程让学生了解科学发现的来龙去脉,组织学生分组讨论“如果地磁场突然增强,地球会如何响应?”这样具有启发性的问题鼓励他们运用所学知识进行科学推理培养他们的迁移应用能力,使学生在物理知识的同时也能感受到科学探索的魅力与乐趣。

#### 结语

电磁学难点突破需突破“知识本位”的教学范式,转向“思维发展”导向的深度学习,本文提出的认知脚手架构建、多模态表征转化、跨学科思维迁移策略,通过将抽象概念具象化、动态过程模型化、数学工具物理化有效提升了学生对电磁场本质、电磁感应机制、交变电流特性的理解深度,实践表明采用分层递进式教学设计的学生,在电磁学综合问题解决能力测试中平均得分提升,错误类型从“概念混淆”转向“计算失误”验证了策略的有效性,未来研究可进一步探索人工智能技术在电磁学难点诊断与个性化干预中的应用,为智能教育时代的教学改革提供新范式。

#### 参考文献

- [1] 袁小磊. 探究高中物理电磁学部分的概念转变教学方法[J]. 高考, 2025(3).
- [2] 邱鹏翰. “双减”背景下高中物理电磁学习题教学设计策略研究[D]. 天津师范大学, 2023.
- [3] 康乐. 高中物理教学中的疑难问题研究——以电磁学为例[J]. 数理化解题研究, 2022(33): 71-73.
- [4] 叶晓山. 高中物理竞赛中电磁学的解题方法研究[J]. 教育界, 2020(26): 2.
- [5] 张大朋. 促进高中物理电磁学教学的策略浅析[J]. 高考, 2019(5): 1.
- [6] 曹泰来. 高中物理电磁学学习方法探讨[J]. 文理导航(上旬), 2017, 000(012): 72.