

类比迁移法在初中物理规律教学中应用与研究

——以“电压概念建构”为例的认知诊断

莫佳昌

广西河池市金城江区第四初级中学

摘要：2022年《义务教育物理课程标准（2022年版）》以“核心素养”为指导思想，以“物理概念”和“规律”为目标，突出培养学生科学思考和探索精神。在初中物理教学中，由于其高度抽象和逻辑关系，使学生在受教育过程中呈现出较大的认知难度。类比迁移是一种有效的认知手段，它可以把抽象的物理观念和学生原有的生活体验相结合，符合科学思维的发展需求。本文就类比迁移法在初中物理规律教学中应用与研究——以“电压概念建构”为例的认知诊断展开分析探讨。

关键词：类比迁移法；初中物理；规律教学；“电压概念建构”

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2025.08.169

引言

在“双减”的大环境下，如何提高课堂教学效率，优化概念构建的途径，是当前教学的一个重大问题。通过对“电压概念构建”课程的认知诊断，分析其困难和途径，为有效地开展初中物理规律教学奠定了基础。类推迁移是指通过对各种事物之间的共性进行分析，从而使学生在原有的知识体系中获得的知识转移到新的知识。它在初中物理教学中的运用优点在于：可以把抽象的物理规律转换成形象化的认知模式，符合初中生形象思维为主，抽象思维有待发展的认识特征。

一、类比迁移法在初中物理规律教学中的应用价值

“类比迁移法”教学模式的形成是基于“多维”的理论支持和“核心素养”的深层整合。基于 Gentner 结构映射原理，其关键是将“水泵-管道-流体”的动态保持机理映射为“能源-导线-电流”的能源驱动关系，构建电压是促使电荷方向运动的“电能差异”这一基本认识，该研究强调的是：模拟拟物在因果关系、系统结构上的同构关系，而不是表象上的相似。Vosniadou 的类比推断三步模式可以指导我们如何进行学习：在提取过程中，老师需要根据之前的概念选择具共性类别（例如水泵、动力源）来启动长时记忆的关联图示。在映射过程中，通过对两个体系元件（阀门-开关，水位差-电压）之间的函数关系进行比较和分析，构建了一个跨领域的关联网。其中，认知负载和双通道的编码机制起着重要的调控作用，双通道的可视表示（例如：线路

和水道的对照图）与语言-符号体系相融合，可以减少内部的认知负担，从而帮助学习者把零散的概念元素融合为一个整体。在“核心素养”的层面上，通过“类推”的方式，打破抽象的电压概念障碍，让“电压是电能的转换推动力”这一基本认识向“电压是电磁场能转换的驱动力”这一基本认识转变为以能源守恒为基础的“回路体系”。从而建立起“模拟模型-试验测试-理论修改”的研究思路。这样的认识机理和素养目标之间的深层次偶联，使初中物理规律的实现从观念构建到能力转变的立体途径。

二、传统初中物理规律教学的局限探析以“电压概念建构”为例的认知诊断为例

（一）课堂层次的限制

初中物理定律的建构和观念的形象化和建构认识框架都有明显的缺陷。从具象性的角度来看，只有23%的电压课能够正确地选择出结构同构的类比体，但67%的电压课中却出现了“水力”的功能滥用，一些老师把水流的流速与电流的量进行了简单的比较，忽略了“水位差-电压”这个关键的对应关系，致使学生停留在了表面的类比上，而忽略了规律实质上的联系。该偏差源自 Gentner 结构映射理论在实际中的背离，没能构建起“水力体系”和“线路体系”之间的动力作用机理，而是加强了“管路厚度-线路阻力”等非本质特性的类比，造成了学生认知混乱。而在建构“知识支架”时，“知觉-表征-象征”的递进转换途径是教师教育实践中的共性

问题。根据沃斯尼阿杜的三步类推模式,老师经常忽略“检索激活”这一步骤,没有对“动力维持”(例如水泵运转)的生命体验给予足够的刺激,而将其转化为象征式的导出($U=IR$),造成了学生在没有具体形象的支持下,被迫进行了概念的理解。这样的“去情境化”的教育方式导致了“电压”的抽象表达,比如学生对“电池供电”的实际认识和“电压是静电力作用程度”的根本认识不清,违反了“通过双渠道代码减少内部负担”的教育原理^[1]。

(二) 学生学习层面障碍

在电位观念构建过程中,存在着对前科技观念的连续扰动和结构上的“转换”不足。电压消耗迷思的持久性是先前观念上的障碍,在讲授封闭的线路时,有72%的人继续相信“使用器具会消费电压”,其原因是能量耗尽在日常生活中发生的错误转移,把电能转化和电压维持这两种实际性质混为一谈。造成这一误区的原因在于,在教学中,老师没有对“电压是电位差的一种表示”做出清晰的界定,导致了学生认为“电压是电位差的一种表现”。其中最突出的表现就是跨背景问题的求解,只有34%的人能够独立地把“电压”的观念转移到“电位的定性”上。从认知机理上讲,学习者对于类源场与目的场间的关联结构的深层提炼,仅局限于“水泵-能源”这一特定的比拟对象,而不是“能源保持位能差异”的原初转化。在由单纯(蓄电池供能)转换到以并联平板电容为代表的复杂电场模式下,由于未能构建“电位差实质上是单元电荷电位能量的改变”这一核心理论框架,未能启动“电位差异驱动方向移动”这一“惯性力差异驱动方向移动”的重要机理,从而造成了迁移失效^[2]。

(三) 评估水平上的不足

传统的笔电测验依靠的是选择题和计算题等规范题,只能考查学生对概念的重复理解和对公式的运用,而不能抓住“归纳总结、建模修改能力”等关键素养的内容。比如,在问到“为什么要重视液压模拟中水泵的功能”这一问题时,很难从“结构图(动态保持机理)”和“水泵可视”两个角度来回答问题,从而扭曲了学生的科学思考能力。该方法的滞后导致了教师不能及时发现类比对象的特定认知卡点,比如对类比对象的实质和非实质性质的判断。缺乏反馈机制,92%的初中物理老师没有使用认知诊断工具。以条目响应理论为代表的现代认知

诊断理论,可以准确地找到该个体在“类推提取-比对-调节”各个环节中的缺陷,目前,在实践中,老师仍然依靠个人的主观判断,以总体结果为基础,进行一般性的重复和加强,缺乏对“液压模拟中忽略了能源转换的实质”这一特定问题的补偿性教学。这样的“评估”和“教学”之间的分离,使得学生的“迷思”观念无法得到及时纠正,“类比迁移”的训练陷入了“盲人摸象”和“经验性”的误区。

三、类比迁移法在初中物理规律教学中应用策略——以“电压概念建构”为例

(一) 精准化的教学设计

在布鲁姆的目标系统和建构主义的学习理念指导下,类比迁移法在初中物理规律教学中应用需要打破单纯的认知维度,建立“理念构建-思想发展-实际转移”的三元提升系统。物理理念上的研究重点在于对概念实质进行建模构造,通过类推转移把“电能差异带动电荷移动”的系统性认识转变为“电能差异带动电荷移动”;在科学思考过程中,需要将Gentner的结构图谱理论融入其中,阐明“相似来源提取-关联结构匹配-概念界限提炼”的培养思路。探索实践的目的在于通过设计具体化的实验任务,让学生在实际的学习过程中实现由类比模拟向独立迁移的认识跨越。

在“电压的观念构建”的教学过程中,老师以“用水果电池照亮发光二极管”的实验作为出发点,通过小组活动,使学生们通过几个小的柠檬串联,来观察电灯泡的光强的改变。以“水泵是怎样使水体不断流通”这一现实问题来激发学生对“电源保持位能差异”这一概念的认识,然后以“柠檬电池使电荷定向运动”为例,在黑板上画出“水泵-液面差-流量”与“单元-电压-电流”之间的函数关系,并将其作为“保持电势能量差异”的中心映射。在理念提炼阶段,老师给出了“两个电池并联,但相同的电灯泡的亮度却没有变化”的例子,让学生对“电压有没有被耗尽”进行了探讨,并在此基础上对“电压是电源的本质”这一科学理念进行了深入的探讨。根据基本任务建立“模拟模式”,并通过“确认供电方式与电压之间的联系”来提高学习效率。

(二) 结构化教学的实践统筹

以皮亚杰的认知发展分期理论为基础,建构“具象-

半抽象-提炼”的阶梯类推转移路线，以维果茨基最近发展区理论为辅助，辨识学生每一步的类比迁移策略。拟像锚阶段利用触、视觉双通道的刺激来减轻大脑的负担；喷射水动力学试验中，通过按下活塞来体验“压强推动液流”的过程；在“半抽象式”转换期，将“标示法”导入到“标示板”的试验中，利用可观察到的发光二极管发光强度的改变，将“现象”和“观念”联系起来；在该过程中，采用数值模拟方法，将电位梯度的空间分布进行了动态展示，从而实现了由实验类推向科研模式转换的过程。在此基础上，引入了元认知理论的认知监测机制，利用实时反馈和自我评估手段，对类推推理进行显性化跟踪。

在“电压和电位差”的教学过程中，老师们设置了三个层次的活动：①触觉感受层，学生们对“针筒-软管-阀门”设备进行了操作，观测被挤压后的流速，并将“压差-流量”的关系进行了记录，并对应着画出了“供电电压-电流”的对比图表。②现象观测层面，将各种能源（干电池和蓄电池）与LED灯具的电路板连接起来，让学生们将“供电种类-电灯泡亮度-电压指示数”的资料进行录入，并编写一个类推推断日记，着重对“为什么液压系统中的水泵功率会对水流产生影响，而在电路中的电压恒定时，则会发生电流的改变”，老师在日记注释中，让学生们注意到“电阻对电流的限制”这一新增变量；③深层认识层面：基于PhET交互模拟，建立并联平板电容模型，对平板电容进行动态调控，观测其电势差异；将“静水压模拟的等效对应区间（功率保持机理）”与“电气特征之间的相互转换（电-光）”进行融合，实现由现象类推向实质建模的认识提升。

（三）嵌入式评价系统的应用

基于认知诊断（CDA）和“循证中心设计”（ECD）模式的嵌入式测评体系的构建，需要具有多维度的结构覆盖和可跟踪的认知加工能力。迷思概念探测小组应当着重于先前的科学概念的具体表示，例如，关于“电压消耗”的迷思，“多个电灯泡的串联之后，供电电压会不会下降”这一问题；根据沃斯尼阿杜三步模式，拟设立评价指标，如“来源领域的搜索精确度”“关联地图的完备性”“理念的适应性”。在数据应用方面，通过

条目响应论（IRT），将诊断成果转换成视觉化的知识图，以达到对教育政策的精确自适应。

由一个老师小组编写的“电压概念类比转移诊断工具箱”，共有10个情景性的多项选择问题（例如“以下哪一种比喻最能体现出电压的作用：A. 水管厚度-电压高低 B. 水泵工作-电源供电”）与3道开放推理题（如“用水泵类比电源时，哪些地方相似？哪里不一样？如有例证”）。本项目拟通过线上考试系统采集考生答题资料，采用贝叶斯神经网络算法，对“结构图不够强”“类推界限不清”等特定问题进行标记，形成个性化的认知诊断报告。比如，在一个班中，有78%的学生选择了“A选项”，老师就有目的地编写了“管路模式和线路模式部件的函数比较表格”，并在课上进行分组讨论，阐明“障碍行为相似”与“动态保持相似”之间的实质差异。在随后的课程中，依据诊断结论对分类序列进行修正，首先对“水泵-电源”的能量来源进行增强，然后通过“管路阻抗-导线阻抗”的障碍因子进行类推，从而实现对接级相似特性的清晰认识，从而达到减少混淆概念的目的。

结语

类比迁移法在初中物理规律教学中应用，从理论模式和现实依据的双重互构上，解决了初中物理规律的抽象和学生认识具体化之间的矛盾，以“核心能力”为主线，通过递进式的设计和“嵌入式”的诊断反馈，为“电压”这一“抽象”的物理定律的可操作性构建坚实的理论基础；同时，也将检验“类比”方法对推动“体验”到“科学”转变具有重要的现实意义。研究证明，如果教学策略与认知发展规律紧密结合，评价系统准确把握了思考的路径，那么，学生对物理概念的构建就可以作为一种有效的载体，来培养学生对科学的本质的认识和高级思考的能力，从而对初中物理的核心素养进行真正的实践具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 崔立月. 类比法在初中物理教学中的运用研究[J]. 理科爱好者, 2025, (2): 131-133.
- [2] 吴镇帆. 项目式学习在初中物理“光的折射”教学中的应用策略[J]. 新课程, 2025: 125-128.

作者简介：莫佳昌（1968.9—），男，毛南族，广西河池人，本科，中学一级教师，研究方向：初中物理教学。