

等效替代法在初中物理实验教学中的运用

满敬东

山东济宁微山县第二实验中学

摘要：在学习初中物理的教学过程中应用了多种研究方法，等效替代法就是较为常见的一种教学方法。所谓等效替代法，是指探究物理现象和规律时，为了使较复杂的问题简化，变得直观，或者因实验本身的限制，或者因实验器材的限制，不能直接观察、揭示其规律的，常用一个与之相似或有共同特征的、等效的直观的现象来代替的方法。运用等效替代法从事初中物理学科教学，是值得教师经常运用的方法，以使初中生更好和更多掌握物理学科知识，提升物理课堂教学质量。

关键词：等效替代法；初中物理；物理实验；实验教学

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2025.11.076

引言

初中物理实验教学要在最基础的物理知识体系上建立以实验为探究手段的教学内容和方式。在实验教学中，实验方法起到了举足轻重的作用，等效替代法是初中物理实验中最常用的方法，它使物理实验过程中出现的比较复杂且不易操作的难题变得简单明了，实际操作性强，可有效地提高物理实验教学的整体效率。

一、等效替代法的核心概念与教学价值

（一）等效替代法的核心概念

等效替代法是一种基于效果等同性的科学思维方法，指在保证特定物理效果不变的前提下，将实际复杂、难以直接处理或者陌生的物理过程或问题，替代为等效、简化并且易于研究的模型或过程的方法。其核心在于借助替代实际问题的降维处理，同时保证原问题的物理本质不变。

等效替代法的本质特征包括三点：（1）效果可比性，替代物与原对象在特定物理效果上必须严格等效，如力的作用效果、电路功能、光学成像位置等，这是替代成立的前提。（2）操作简化性，替代的核心目标是简化操作或分析流程，例如用合力替代分力以回避矢量合成的复杂性，或用电阻箱替代复杂电路网络以规避烦琐计算。

（3）条件依赖性，等效性需要在特定条件下成立，脱离条件限制可能导致替代失效。

（二）等效替代法的教学价值

一是培养学生的抽象建模能力。等效替代法引导学生将复杂的物理现象，或者难以直接观测的实体转化为等效的简化模型，并进行多角度研究。通过识别物理本质，如功能属性、作用效果等，学生能够剥离非核心要素，构建出具体、可操作的抽象模型。该过程可以训练学生从具体现象中提取物理规律的能力，锻炼其抽象思维能力、逻辑推理能力等，为其后学习高阶物理概念奠定方法论基础。

二是突破实验操作的局限。在实验条件受限的情况下，等效替代法利用设计替代方案的方式实现间接验证或测量。例如，以可观测的等效量替代不可直接测量的目标量，或者借助简化装置模拟复杂系统。这一方法既可以拓展实验的可能性，还能促使学生理解实验设计的核心逻辑，也就是如何在约束条件下借助等效性保证结论的可靠性。同时，替代过程中的误差匹配要求，如环境控制、材料属性等，强化学生对误差来源的敏感性，培养其优化实验方案的严谨态度^[1]。

三是奠基科学方法论体系。等效替代法作为科学方法论的核心组成，与控制变量法、转换法等共同构建学生的科学认知框架。其本质在于揭示自然规律的统一性：不同物理现象在特定条件下可因效果相同而相互替代，如引力场与加速度场的等效性。借助该方法，学生可以形成化繁为简的科学世界观，理解物理学的简约性与普适性。此外，该方法在解决实际问题时需要综合运用分析、比较、推理等思维工具，既可以提高学生的探究能力，还能渗透科学家利用等效思维突破认知边界的创新精神，为其终身学习提供思维范式。

二、等效替代法在初中物理实验教学中的运用策略

（一）强化思维可视化设计

等效替代法的教学核心在于显性化抽象思维的过程。对于物理实验教学而言，教师需要将效果识别、替代选择、规律迁移的逻辑链条拆解为可视化步骤，引导学生借助实验操作的方式体会“为何替代可行”以及“替代如何保证结论可靠”^[2]。在整个教学过程中，教师重点强调前后物理本质属性的不变性，如功能属性、作用效果，借助对比分析的方式夯实等效性的认知基础。

教学“探究：凸透镜成像的规律”时，教师借助显性化等效替代的思维链条，分步引导学生理解虚像成像机制：（1）本质识别。教师提出核心问题：“如何验证虚像的位置？”引导学生明确虚像的物理本质是折射

光线的反向延长线交点，其特性是人眼可视但光屏无法承接。借助对比实像与虚像的差异，教师趁机聚焦像点定位的核心目标。（2）替代选择。教师鼓励学生围绕此次实验提出替代方案：“能否使用已知的实像位置等效推算出虚像规律？”实际操作过程中，教师引导学生分两个阶段展开：一阶段是用点燃蜡烛借助凸透镜成倒立实像的方式，测量物距和像距，验证 $u > 2f$ 时 $v \approx f$ 的规律；二阶段则是当 $u < f$ 时，撤去光屏，人眼透过透镜观察正立的放大虚像。此时，教师引导学生使用刻度尺测量蜡烛与透镜之间的距离，再以实像规律公式反推虚像距，实现公式等效替代直接测量。（3）规律迁移。教师引导学生对比实像与虚像的 v 值正负符号差异，实像 $v > 0$ ，虚像 $v < 0$ ，以此理解公式的普适性。借助多组数据的对比和分析验证虚像位置，学生最终建立公式代替测量的统一认知模型。

（二）建立分层体验机制

初中学生对等效替代的理解存在无趣，如操作易掌握、原理难内化等。对此，教师需要设计有趣的分层体验活动，从感知体验到原理剖析，再到自主迁移。在每一个层级，教师都需要明确替代法的应用条件与误差控制要点，逐步完成从动作思维到概念思维的过渡，实现学生思维能力、探究能力的提高^[3]。

教学“探究：产生感应电流的条件”时，教师针对学生的认知断层设计有趣的教学活动，逐步贯通动作思维与概念思维。（1）感知体验层，具象化切割本质。教师开展小组实验活动，要求其分组操作基础实验：闭合电路中导体棒在蹄形磁铁磁场中做竖直上下、水平左右运动，观察灵敏电流计指针偏转现象。围绕实验内容，教师提出问题：“同学们，为什么数值运动时指针不动？为什么水平运动时指针偏转方向相反？”引导学生发现运动方向与磁场方向之间的关系是核心变量。在此过程中，教师做好等效思想的渗透：将电流产生的抽象概念具象为指针偏转的可视效果，建立起从现象到效果的等效关联。（2）原理剖析层，解构切割磁感线条件。教师鼓励学生使用涂色磁感线模型与导体棒，模拟出斜向、平行、垂直的运动路径。其中，涂色磁感线模型用红色箭头模拟磁场方向，导体棒的箭头标注运动方向。在该活动中，学生记录不同角度运动时的电流大小，如水平左/右偏转幅度，斜向 30° 偏转幅度，归纳出切割角度与电流强度的量化关系。在以上活动中，教师强调闭合电路的前提，也就是断开开关重复实验，验证开路时无电流，明确等效替代的边界条件。（3）自主迁移层，应用等效思想创新实验。在此次活动中，教师布置挑战任务：提供条形磁铁、线圈、LED灯（无电流计），要求

学生设计无指针设备验证感应电流的反感。在此次活动中，学生设计出两个替代方案：方案A是用LED灯亮度替代电流针偏转，亮度变化等效电流存在；方案B则是用线圈匝数倍增效应替代强磁场，10匝线圈切割等效单匝线圈+强磁体。在以上活动中，教师引导学生从不同角度讨论方案的可行性，例如讨论LED响应速度对瞬时电力检测的误差，深化“等效需匹配动态效果”的误差控制意识。

（三）开发跨章节替代工具

等效替代法的教学需要突破单一实验的碎片化应用，转向构建跨领域、跨章节的可复用替代工具包。教师应系统梳理教材中高频出现的通用替代载体，如电阻箱、弹簧测力系统、标准液体等，分析其不同实验情境中的核心功能，如模拟作用效果、量化替代、等效物理属性等，探究其使用边界，如电学中的线性电路条件、力学中的弹性限度范围，形成工具、功能、适用场景的结构化对照体系。课堂中，教师引导学生识别同类工具在不同章节实验中的复现逻辑，强化对替代载体一材多用特性的认知；设计对比性任务，揭示等效条件随物理场景变化的动态调整规律^[4]。

对于物理实验教学而言，教师开发并应用电阻箱为核心的跨章节多功能工具包，借助系统梳理其在电路测量、动态调节、故障模拟等场景中的复用逻辑，引导学生掌握等效替代法的动态迁移能力。（1）量化替代未知电阻。在伏安法测电阻实验中，如果电流表损坏，教师引导学生使用电阻箱替代未知电阻 R_x ，闭合开关后调节 R 的阻值，使电压表示数保持恒定，此时电阻箱的阻值即等效于 R_x 的阻值。（2）模拟变阻器功能。在探究电流与电压关系的实验中，教师将滑动变阻器替换为电阻箱，要求学生分两组操作：A组调节滑动变阻器改变电流，B组借助电阻箱逐次调整阻值，并记录下对应的电流。数据对比显示，电阻值的阶梯式调节与滑动变阻器的连续调节在电流变化趋势上等效。在该活动中，教师引导学生发现电阻箱离散调节的特性，讨论其在精确控制电流时的优势，但需明确其无法实现连续调节的场景限制。（3）故障元件模拟。在电路故障诊断拓展任务中，教师用电阻箱模拟损坏的元件，如将怀疑短路的灯泡 L_1 从电路中移除，在 L_1 位置接入电阻箱并调至 0Ω ，仔细观察电流表示数是否与原先的故障现象保持一致。在此环节中，教师渗透导体与绝缘体的知识，将电阻器调至兆欧级模拟开路故障，强化高阻 \approx 断路的等效条件认知。

（四）明确物理概念本质

等效替代法的教学需要超越方法论的技能训练，将

重点放在物理观念的本质建构上。对此,教师引导学生洞察替代操作背后的深层物理规律,揭示守恒思想与统一性原理在替代逻辑中的核心作用。借助对比替代前后物理系统的本质属性是否保持恒定,学生可理解等效性成立的根源在于自然规律的内在统一性,而非人为操作的表象^[5]。这种教学促使学生从技术操作层跃升至哲学认知层,也能真正认识到等效替代法的本质就是人类利用自然规律的普适性解决各种复杂问题的思维工具:利用简化模型、转化测量维度等方法,间接量化不可测量的物理量,形成想象可替代性源于规律统一性的科学世界观。该过程既可以强化物理观念的稳定性,还能培养学生从守恒视角分析跨领域问题的能力。

教学“实践自制简易电报机”时,教学需以守恒思想与自然规律统一性为核心,引导学生从电磁感应、能量转换、信息传递三个层面深度理解等效替代法的本质,实现从技术操作到物理观念建构的跃升。(1)电磁效应与机械动作的等效性。教师要求各组制作简易电报机,使用电池盒、铜片按键、漆包线绕制的电磁铁、衔铁、蜂鸣器等。在按下按键时,电路导通,电磁铁吸引衔铁发出咔嗒声;松开按键时,电路断开,衔铁弹回。在完成以上活动后,教师引导学生分析本质:动作→电流的替代,机械按压等效替代为电流通断,揭示机械能转化为电能的守恒关系;声音→信息的替代,短按、长按的组合等效替代语言符号,体现信息传递的守恒性,也就是信息总量在发送与接收端不变。为了保证实验效果,学生需要合理控制误差,而教师强调衔铁与电磁铁之间的间距要保持在2mm左右,过大将会导致磁力不足,过小则剩磁导致粘连,破坏动作-声音的等效条件。(2)电路简化与能量传递的等效性。教师引导学生将蜂鸣器替换为LED灯,移除蜂鸣器,增加发光二极管,并对比两组装置:A组是原版蜂鸣器电报机,借助声音传递信息;B组则是LED版电报机,借助灯光闪烁传递信息。声音与光信号虽然形式不同,但均通过电流通断这一统一规律驱动,体现能量转换守恒。蜂鸣器依赖电磁铁机械振动,LED直接由电流激发,二者均已电路通断为共同支点,验证复杂装置可被简化为核心规律载体的替代思想。(3)自然规律统一性的哲学认知。教师引导学生测量按键按下前后的电路电流、电压、时间,计算电能消耗,使其发现:无论传递信息的长短,系统总电能=发光/发声能耗+导线热损耗,能量守恒始终成立;信息内容完整传递,证明能量守恒不受载体形式的影响。接下来,教师系统对比电话与电报,指出二者均依赖电磁统一性,也就是变化的电场产生磁场,变化的磁场激发电流;同时提炼出核心认知:等效替代法的本质是利

用自然规律的普适性,将不可直接测量的信息转化为可量化操作的物理量。

三、教学难点与突破路径

(一) 教学难点

一是概念理解偏差,学生对等效替代的物理本质认知模糊,容易将效果相同简单等同于外观相似,忽略守恒思想与统一规律的深层关联。二是条件识别疏漏,学生难以动态把握等效替代的边界条件。三是迁移应用的局限,学生常会将替代法禁锢于单一场景中,缺乏跨章节工具的整合能力。

(二) 突破路径

针对抽象概念或复杂系统,教师可采用分层解构法,将宏观观点拆解为微观知识模块,借助阶梯式任务链逐步提升认知复杂度,同步运用跨媒介转化将抽象关系具象化,降低认知负荷,实现从感性直观到理性思维的过渡^[6]。此外,教师需设计卷入式学习链,以矛盾问题、文化意象或跨界关联触发探究本能,结合学科大观念阐释知识价值,充分发挥等效替代法的教学优势。教师打造动态评估与精准干预系统,利用前测分析学生的能力断层,利用数字平台记录学生的思维轨迹,设计分层矫正方案,实现从纠错到建模的质变。

结语

等效替代法只要是适合了相应的教学实验,不失为一种较好的物理实验教学。起码它有它的积极作用。它能将物理现象或问题变得直观与简单,降低学生学习物理知识的难度,是最可取的优势。同时,如果等效替代法运用得法,对培养初中生科学思维能力,提升他们对物理知识的理解力、分析判断力和逻辑推理力大有裨益。教改提倡教法改革,而等效替代法则是一种教改产物和教改成果,更多运用等效替代法,利于提高初中生学习物理知识的质量,对学生综合素质提升有帮助作用。

参考文献

- [1] 车应莹. 初中物理实验教学中转换法与等效替代法运用分析[J]. 求知导刊, 2023, (01): 35-37.
- [2] 李甲林. 转换法与等效替代法在初中物理实验教学中的应用——以一堂测量人体血液密度的实验复习课为例[J]. 中学教学参考, 2019, (20): 52-53.
- [3] 潘涛. 等效替代法在初中物理实验教学中的应用初探[J]. 新课程(中), 2019, (01): 91.
- [4] 陈赛梅. 等效替代法在初中物理实验教学中的应用与思考[J]. 教育观察, 2018, 7(14): 39-40.
- [5] 曾新基. 例谈等效替代法与转换法的区分[J]. 湖南中学物理, 2017, 32(12): 42-44.
- [6] 程建清. 初中物理“等效替代法”的探索与应用[J]. 中学理科园地, 2017, 13(03): 30-32.