

物理实验室

利用认知冲突培养批判性思维的 物理实验教学研究*

李茗雪 (华中师范大学人工智能教育学部 湖北 430079;湖北省宜昌市夷陵区实验初中 湖北 443000)
夏一铭 (电子科技大学集成电路科学与工程学院 四川 611731)
曾祥军 (华中师范大学人工智能教育学部 湖北 430079;重庆市开州中学 重庆 405400)
黄致新 (华中师范大学物理科学与技术学院 湖北 430079)

摘要 批判性思维是创新能力的核心。为破解初中物理实验教学中存在的“重操作、轻思辨”的困境,本研究以“认知冲突”为核心驱动,构建了贯通“情境—动力—路径”的教学模型。文章通过“光的传播”“分子间作用力”等典型案例,实证了该模型在修正前概念、区分主次因素及提升论证能力三个维度的有效性。在此基础上,研究提出了“转变教学观念、构建冲突资源库”的实践策略,并初步提出了涵盖多维度的认知冲突资源库,为一线教学提供了系统化工具。实践表明,该路径能引导学生亲历“冲突—思辨—验证—建构”的完整科学过程,将批判性思维的培养从理念层面落实为可观测的课堂实践。

关键词 中学物理 认知冲突 实验教学 批判性思维

文章编号 1002-0748(2026)7-0019

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 问题的提出

批判性思维是国际公认的“4C”核心能力之首,亦是我国《科学技术进步法》强调的创新人才关键素质。物理实验作为科学探究的本体,本应是培养学生批判性思维的天然情境。然而,当前初中物理实验教学多陷于“验证性”范式,学生常遵循固定流程操作以复现既定结论,致使其思维活动被窄化为被动执行与结果确认,从而错失了质疑与思辨的关键环节。学生不仅难以领悟科学本质,更可能钝化其好奇心与创新潜能。认知冲突能有效打破学生思维的平衡态,激发其主动探究与深度思考。鉴于此,本文提出以“认知冲突”作为破解上述困境的枢纽,探讨如何基于认知冲突设计初中物理实验教学,从而将批判性思维的培养从理念层面落实为可观测的课堂实践。

2 批判性思维的内涵及其与实验探究的关联

批判性思维是一种以反思和理性为核心的高阶思维模式,强调运用分析、推理、评估等认知技能进行审慎判断^[1,2]。美国哲学协会通过德尔菲法将其

界定为一种有目的的、自我调节的判断过程^[3],我国学者文秋芳构建的层级模型明确指出,批判性思维是分析、推理、评价等认知技能与开放、自信、坚毅等情感特质的统一^[3]。这一能力与物理实验探究具有内在一致性。表1和表2清晰展示了《义务教育物理课程标准(2022年版)》中实验探究的学业要求与批判性思维的认知技能和情感特质维度高度同构^[4]。这表明,实验教学的全过程天然地蕴含着批判性思维的培养契机。实验探究绝非仅仅是技能训练,它更是批判性思维生长的实践场域;反之,批判性思维也为实验探究提供了深度的思想内核,使其超越机械操作,升华为真正的科学探究。

表1 批判性思维核心要素与实验探究学业要求对照(认知技能维度)

批判性思维要素	核心内涵说明	《义务教育物理课程标准(2022年版)》中的实验探究相关要求
分析	归类、识别、比较、澄清、区分、阐释	对实验数据进行整理,归纳总结;判断数据是否合理、有效;通过物理实验领悟概念内涵和相互联系;深化对物理规律的认识;关注主要因素,忽略次要因素;形成结论,做出解释

* 基金项目:本文系湖北省2022年基础教育优秀教学改革实验项目“‘三三四’课堂教学模式实践研究”(课题编号:HBJG2022121)的阶段研究成果。

续 表

批判性思维要素	核心内涵说明	《义务教育物理课程标准(2022年版)》中的实验探究相关要求
推理	质疑、假设、推论、阐述、论证	在实验中发现问题的意识;提出问题的意识;根据实验数据归纳推理;团队合作,交流讨论;撰写实验报告;根据实验数据通过归纳推理获得探究结论
评价	评判预设、假定、论点、论据、结论	根据实验目的设计实验方案;注意实验中安全问题;能对实验进行反思,提出改进意见;猜想与假设;会正确使用已学实验器材收集数据;能对收集数据进行整理;撰写简单的实验报告

表 2 批判性思维核心要素与实验探究学业要求对照(情感特质维度)

批判性思维要素	核心内涵说明	《义务教育物理课程标准(2022年版)》中的实验探究相关学业要求
开放	容忍、尊重不同意见,乐于修正自己的不当观点	有合作交流的团队意识;有判断实验数据是否合理、有效的意识;能对实验进行反思,提出改进意见;初步体验物理研究是创造性工作
好奇	好疑、好问、好学	在实验中发现问题的意识;有提出问题意识;有学习兴趣
自信	相信自己的判断能力、敢于挑战权威	发现问题、提出问题的意识;通过实验获得结论,产生成就感
正直	追求真理、主张正义	实事求是的科学态度;有节约资源、保护环境及自觉行为
坚毅	有决心、毅力,不轻易放弃	严谨认真、实事求是的科学态度

3 认知冲突:联结实验教学与批判性思维的理论支点

若将批判性思维视为目标,那么如何在其与实验教学之间建立一条有效的通路?认知冲突理论为此提供了强有力的学理支撑。认知冲突理论可追溯至皮亚杰的认知发展理论:当个体无法同化新经验时,会产生认知失衡,进而驱动认知结构的跃迁^[5]。Posner 等人的概念转变模型明确指出,认知冲突是引发概念转变的关键前提^[6]。国内物理教育研究亦长期关注学生的“前概念”与“相异构想”,并试图通过制造与科学概念的认知冲突,促成学生的观念转变。由此可见,认知冲突并非一个需要避免的教学障碍,而是一种可被精细设计的建设性心理状态。

基于上述理论,批判性思维与认知冲突之间构成了深刻的“情境—动力”与“路径—工具”的辩证关系。一方面,精心设计的认知冲突情境,能够有效打破学生思维的惰性平衡,激活其元认知监控能力^[7],

为批判性思维的发生提供真实的“情境”和内在的“动力”。另一方面,要解决冲突、重构认知,学生必须调动批判性思维的各项技能——他们需要分析冲突根源、评估不同解释的合理性、提出假设并进行推理、最终通过实验论证自己的观点。在这一过程中,批判性思维成为了解决认知冲突、实现概念转变的“路径”与“工具”(其作用机制如图 1 所示)。

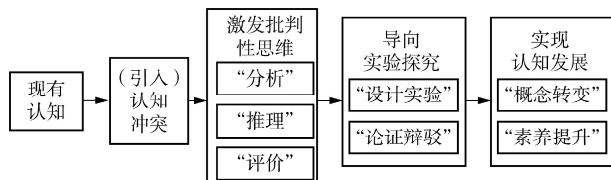


图 1 认知冲突驱动批判性思维的核心机制

因此,在物理实验教学中系统创设认知冲突,实质上是搭建了一个批判性思维的实践场。学生在此不仅学习知识,更亲身经历了从“产生困惑”到“理性求解”的完整思维训练,从而使批判性思维的培养从一种教育理念,落地为贯穿于探究过程的、可观测的教学实践。

4 基于认知冲突的批判性实验的实践意义

理论模型揭示了认知冲突驱动批判性思维的内在机制,但其最终实现的教育价值取决于教学实践中的有效运用。为系统回答“认知冲突如何具体提升学生的批判性思维”这一核心问题,本研究进一步提炼出三个关键的实践维度:修正前概念、区分主次因素、提升论证能力。下文将结合典型教学案例,实证分析认知冲突在以上维度如何引导学生在“冲突—思辨—验证—建构”的完整科学探究中,发展可观察、可评估的批判性思维技能。

4.1 经验与实验相冲突,修正错误前概念

物理知识源于对生活现象的观察与探究,但初中学生在正式接触科学知识前,往往已经基于日常经验形成了大量前概念。这些前概念受限于直观感受,缺乏严谨的逻辑验证和条件界定,部分存在主观性、片面性甚至错误,若不及时修正,会影响构建科学物理观念。批判性物理实验的重要任务之一,就是通过实验探究暴露前概念的局限,引导学生在经验与实验的冲突中修正认知,形成科学、严谨的物理概念。

以“光的传播规律”为例,生活中“舞台激光束的直线路径”“一叶障目不见泰山”等现象,易让学生形成“光始终沿直线传播”的前概念。这种经验性认知

忽略了现象背后的条件,对后续运用光的传播规律产生障碍。教学中,教师可围绕这一前概念设计层层递进的冲突情境,让学生在质疑与验证中逐渐修正认知。学生思维发展路径分析如表 3 所示。

表 3 “光的传播”教学中认知冲突驱动概念转变的思维发展路径

思维发展阶段	学生表现/论证焦点	主要培养的批判性思维要素
经验归纳	学生 A 以“激光灯光束是直的”等生活经验为依据,坚信“光始终沿直线传播”	分析(阐释)、推理(论证)
实验质疑	观察到“激光从空气斜射入玻璃发生偏折”的实验现象,与原有认知产生冲突	情感(好奇)、推理(质疑)
批判性实验与证据分析	学生 B 提出:“介质种类不同”是关键变量	分析(识别、比较、区分)、推理(假设、推论)
经验归纳	学生 C:如果介质种类不变,光就沿直线传播	分析(阐释)、推理(论证)
实验质疑	设计实验观察光在非均匀糖水水中的传播路径。观察实验现象,再次与原有认知产生冲突	情感(好奇)、推理(质疑)
批判性实验与证据分析	学生 D 提出:“介质的种类、密度”是关键变量	分析(识别、比较、区分)、推理(假设、推论)
结论修正	进一步修订结论,最终得出“光在同种均匀介质中沿直线传播”的科学结论	分析(澄清、阐释)、评价(论据)、情感(开放、正直、坚毅)

学生通过“经验归纳→实验质疑→批判性实验→证据分析→结论修正”的完整认知链条,得出科学结论。在这一过程中,经验与实验的冲突成为认知升级的驱动力。学生不再盲从日常经验,转而学会通过实验检验假设、依据证据修正认知。这种“发现冲突→设计实验→分析证据→重构概念”的思维过程,不仅纠正了具体的前概念错误,更让学生掌握了基于实验和逻辑修正认知的方法,为形成科学的物理观念奠定了基础。

4.2 多猜想相冲突,区分主次影响因素

在科学探究的复杂路径中,同一现象往往引发多种猜想。这些猜想的冲突并非认知阻碍,而是区分主次影响因素、逼近科学本质的重要契机。在初中物理实验教学中,教师可以借助实验中的多猜想冲突设计教学情境,重现科学思辨与验证过程,让学生直观感受:科学结论并非单一思考产物,而是在多元猜想交锋、次要因素排除与核心证据验证中逐步清晰的成果。

例如,在“分子间作用力”教学中,针对铅块结合的成因,部分学生会产生“大气压力”与“分子间引力”的猜想冲突。而这种多猜想冲突会成为驱动“主次因素区分”的引擎。教师可引导学生设计真空罩创新实验(见图 2),通过“抽气过程中音乐声消失但铅块未分离”的证据链,有效排除次要因素(大气压),锁定主要原因(分子间引力)。分析该案例中批判性思维的要素如表 4 所示。学生在此过程中掌握了“提出猜想→控制变量→收集证据→区分主次”的论证链条,从初始猜想的提出、辩护,到冲突激化后的变量控制思考,再到实验方案设计与证据分析,学生实现了从“接受结论”到“学会探究”的深度转变,批判性思维得以深化。



图 2 用铅柱吊起重物

表 4 “分子间作用力”案例:通过多猜想冲突辨析与实验验证区分主次因素

思维发展阶段	学生表现/论证焦点	主要培养的批判性思维要素
多元猜想提出	学生 A:类比吸盘挂钩,提出“大气压力”主因。 学生 B:引用教材,主张“分子间引力”主因	推理(质疑、假设)
冲突激化与实验设计	学生 C:指出需排除大气压力影响,提出反证条件。 小组:迁移“转换法”与“科学推理法”,设计真空罩实验	分析(识别、澄清)、推理(推论)、评价(评估预判)
证据分析与结论构建	基于“真空环境中音乐声消失但铅块未分离”的证据链,推理得出分子间引力是主要原因	分析(阐释)、评价(论据)、情感(开放、好奇、正直、坚毅、自信)

4.3 不同理论相冲突,提高论证分析能力

科学探索的漫长历程中,新旧理论的碰撞始终是真理诞生的催化剂。当既有认知框架无法解释新现象时,理论冲突便会激发批判性检验——正是通过对冲突观点的论证辨析、对矛盾现象的实验探究,人类才得以逐渐触及科学的本质。在物理学发展史上,诸多里程碑式的突破都源于对理论冲突的深度剖析:比萨斜塔实验通过对落体现象的精确观测,直接驳斥了亚里士多德“重物体下落更快”的经典论断;卢瑟福的 α 粒子散射实验则通过“少数粒子大角度偏转”的反常现象,推翻了汤姆生原子“西瓜模型”的核心构想……^[5]这些实验不仅是理论验证的工具,

更是科学家运用批判性思维解决理论冲突的典范。

在物理实验教学中,培养学生论证分析能力的关键,在于重现这种理论冲突的思辨过程^[6]。例如在“牛顿第一定律”教学中,亚里士多德与伽利略对运动和力的看法就存在分歧,教师便可借此引导学生基于“推小车的力撤掉后小车仍会运动”等现象展开辩驳,并通过设计斜面实验(阻力越小,滑行越远)进行科学推理。分析该案例中批判性思维的要素如表 5 所示。

表 5 “牛顿第一定律”案例:基于理论冲突重现科学家,提升论证分析能力

思维发展阶段	学生表现/论证焦点	主要培养的批判性思维要素
理论冲突呈现	学生 A:依据“推木块动,撤力木块停”支持亚里士多德观点。 学生 B:以“撤力后小车仍运动”反驳	分析(归类、识别)、 推理(质疑)
变量辨析与概念界定	学生 C:指出“小车受阻力”变量,试图调和冲突。 学生 D:辨析“阻力是阻碍而非维持运动”	分析(比较、区分、 澄清)
实验设计与科学推理	设计递进实验:同一小车在不同粗糙程度平面运动,观察滑行距离。基于“阻力越小,滑行越远”进行科学推理	推理(假设、推论)、 评价(评估预判、论据)
结论达成	得出“若不受力,物体将保持匀速直线运动”的结论,完成概念转变	分析(阐释)、评价 (结论)、情感(开放、好奇、正直、 坚毅)

在这一教学案例中,理论冲突成为驱动论证分析的关键:从初始观点的提出与辩护,到反例出现后的质疑与修正,再到实验方案的设计与证据的整合,学生经历了“明确冲突→构建论证→检验论证→完善结论”的完整思维过程,经历科学家所经历的探究过程,学会用批判性思维界定问题焦点、辨析证据有效性、运用逻辑推理构建结论,逐步掌握高阶分析论证方法。

5 基于认知冲突设计批判性实验的策略

5.1 转变教学观念,营造批判氛围

教师需打破“实验教学是为了验证书本结论”的传统认知,将批判性思维培养作为实验教学的核心目标之一。课堂中应弱化“标准答案”的绝对权威性,建立“质疑有理、举证有据、辩驳有序”的教学规则,使批判性思维内化为学生的思维习惯。具体实

践中,教师要从“知识传授者”转型为“思维引导者”:面对学生的错误猜想,不直接否定而是引导验证,如在“光的传播”教学中,当学生坚持“光始终直线传播”时,通过介质变化实验制造冲突,鼓励学生用实验数据自我修正;对于争议性观点,组织“观点辩论会”,如“铅块结合成因”讨论中,让支持“大气压”与“分子引力”的学生分别举证,在辩驳中明晰论证逻辑。同时,教师需对学生的批判行为给予正向反馈,即使猜想错误,也优先肯定“敢于质疑”的态度,再针对“论证漏洞”提供改进建议,以此保护学生的好奇特质与自信品质,让课堂成为批判性思维生长的沃土。

5.2 深挖教学素材,构建冲突资源库

认知冲突资源库的构建是培养批判性思维的重要实践路径。本研究初步建立了包含“生活经验与科学概念”等四个维度的范式框架,为教师提供了可操作的教学工具。该框架将抽象思维要素转化为具体教学行为,推动实验教学从“验证结论”转向“激发思辨”。需要说明的是,当前资源库展示的仅为部分典型范式,其价值在于提供方法论示范而非完整体系。这一开放式框架期待在实践中持续完善,逐步形成更加系统的批判性思维培养资源体系。

表 6 基于认知冲突的批判性实验教学资源库(分类与实例)

冲突类型	典型实例	基于冲突的批判性实验设计	批判性思维要素
生活经验与科学概念的冲突	力推物,物动,力维持运动	使用气垫导轨或磁悬浮小车,创造近似的无摩擦情境,演示撤去推力后物体仍匀速运动	观察、 质疑、 假设、 推理、 比较、 澄清
	水沸腾后继续加热,温度会一直升高	使用温度传感器实时测量水在加热至沸腾及沸腾过程中的温度。学生观察到沸腾时温度稳定在沸点,与“持续加热温度就应一直升高”的生活经验(如观察烧开水时火越大看似越“滚烫”)产生冲突,从而理解沸腾是剧烈的汽化过程,温度保持不变	
	浮力与物体形状有关	提供相同质量的橡皮泥,让学生分别捏成实心球和船形,放入水中观察沉浮情况,探究浮力本质	
实验现象与理论预期的冲突	光斜射入玻璃发生偏折	让激光通过盛有浓糖水(底部浓度高,上部浓度低)的透明容器,观察光线的弯曲路径,挑战“光在同种介质中一定沿直线传播”的认知	识别、 比较、 区分、 评估、 论据
	真空罩中铅块未分离	将两个铅柱的平滑断面紧压在一起后悬挂重物,然后将其置于真空罩内抽气。即使大气压力逐渐减小,铅柱依旧结合,证明是分子间引力主导	

续 表

冲突类型	典型实例	基于冲突的批判性实验设计	批判性思维要素
	不同介质中声速差异显著	将正在响铃的闹钟分别放在空气中、水中和固体(如长木桌)一端,比较声音的传播效果和清晰度	
学生典型错误中的认知偏差	压力始终等于重力	将同一物体先后放在水平电子秤、斜面和竖直墙面上(用传感器或弹簧测力计间接测量),观察“支持力/压力”的示数变化,挑战“压力=重力”的前概念	归类、识别、澄清、假设、推论
	电流越大灯泡越亮	连接串联和并联电路,使用不同规格的灯泡,让学生测量并对比电路中的电流与各灯泡两端的电压,发现灯泡亮度实际由实际电功率($P=UI$)决定	
	摩擦力总是阻碍运动	让学生观察人走路时鞋底与地面的摩擦、传送带运送货物时的摩擦,分析摩擦力在哪些情形下是动力,哪些情形下是阻力	
历史理论与现代认知的冲突	亚里士多德 vs 伽利略的运动观念	重现伽利略的理想斜面实验思想,通过让小球从同一斜面高度滚下,在摩擦逐渐减小的不同水平面上滑行,推理出“若无摩擦,球将永远运动”的结论	评判预设、论点、论据、结论
	热质说 vs 分子动理论	设计摩擦生热、压缩气体点火等实验,说明热是一种能量形式(与运动有关)而非一种物质(“热质”),与历史上的“热质说”形成冲突	

6 结束语

本研究证实了认知冲突是激发学生批判性思维

(上接第 27 页)

问题 15: 根据由实验数据绘制的图象, 同学们能否发现某种数学关系? 请据此推导平行板电容器电容的决定式。

设计意图: 问题 13 创设认知冲突, 激发学生对物理概念本质的分析, 主动提出猜想建立起结构决定属性这一核心物理观念。问题 14 要求学生验证猜想自主设计实验方案, 聚焦控制变量法的应用, 培养实验设计能力, 发展高阶思维。实验五通过操作自制教具、采集数据并拟合, 使学生亲身参与定量探究过程, 强化证据意识, 增强数据处理能力。问题 15 引导学生分析图象发现数学规律, 完成从实验数据到物理公式的抽象概括, 深刻理解决定式的物理内涵。

3 结 语

“实验链+问题链”双驱教学模式通过环环相扣的实验搭建探究阶梯, 以层层递进的问题引领思维

的有效心理机制, 而物理实验教学为其提供了理想的实践平台。通过构建系统的批判性思维培养模型及资源体系, 将认知冲突从单一教学技巧提升为核心教学理念。在“光的传播”“分子间作用力”等典型案例中, 该路径有效引导学生经历“质疑—求证—建构”的科学探究过程, 显著提升了概念理解与论证能力。这要求教师完成从知识传授者向思维引导者的角色转变, 通过精心创设认知冲突情境, 将实验课堂转化为批判性思维的实践场域。实践表明, 该模式不仅深化了学生的知识掌握, 更培养了“重实证、善思辨”的科学理性精神, 为发展核心素养和创新能力奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 廖元锡. 物理教学培养批判性思维探讨[J]. 物理教师, 2016(12): 2—4.
- [2] 李棠玺, 孙鹏伟. 从“批判性思维”视角窥探“创新能力”培养[J]. 物理通报, 2022(12): 124—127.
- [3] 汪明. 批判性思维与中学物理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2021.
- [4] 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: 5.
- [5] Piaget J, Duckworth E. Genetic epistemology [J]. American Behavioral Scientist, 1970(3): 459—80.
- [6] Halpern D F. Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking [M]. Psychology Press, 2013.
- [7] Posner G J, Strike K A, Hewson P W, et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change [J]. Science Education, 1982(2): 211—27.

方向, 为物理课堂教学提供了可操作、可推广的实施路径。

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] 李树祥. 高阶思维能力培养, 问什么[J]. 物理教学, 2022(3): 13—16.
- [3] 钟志贤. 如何发展学习者高阶思维能力? [J]. 远程教育杂志, 2005(4): 78.
- [4] 陈世春. “浮力+密度”相互融合培养学生高阶思维能力——以“借助浮力知识测量密度”教学为例[J]. 物理教学, 2020(9): 47—49.
- [5] 刘佳, 袁杰. 基于智能平台的高中物理实验教学策略以“电容器与电容”教学为例[J]. 物理教学, 2024(11): 25—28, 21.
- [6] 付庭松, 王秋, 李光洪, 等. 定量探究平行板电容器电容影响因素的实验设计[J]. 中学理科园地, 2024(6): 79—81.