

专 论

物理与科学教育研究：基本问题、全球生态与 PRPER 的未来^{*}

——访 PRPER 主编 Eric T. Brewé 教授和东南大学包雷教授

丁 奕（南京信息工程大学教师教育学院 江苏 210044）

包 雷（东南大学生物医学与工程学院学习科学研究中心、儿童发展与学习科学重点实验室 江苏 211189）

摘 要 加强科学教育，是我国加快建设教育强国、实现高水平科技自立自强的奠基性工程，而扎实推进科学教育研究则是其中的重要一环。文章聚焦于物理与科学教育研究的基本问题、全球研究生态以及 PRPER 的未来发展方向展开探讨。物理与科学教育亟须构建“根植于学科”的核心研究问题，以巩固其学科独立性与学术品格。此类研究必须基于清晰、具体且“根植于学科”的教育目标，揭示物理与科学教育实践的本质与基本规律并实施科学的测量与评估。伴随生成式人工智能与教育领域的交叉越来越频繁，物理与科学教育研究也需要进一步探索人机协作在教学和学习中的潜能，由此支持学生高阶思维与复杂问题解决能力的发展。从全球视角来看，物理与科学教育研究正呈现出更加多元与开放的学术生态。物理教育研究领域的作者群体日益国际化，研究视角、议题与方法不断拓展，中国学者在国际学术界的参与度正在扩大。面向未来，PRPER 将陆续推出审稿人报告制度、专题合集、审稿人培训工作坊以及设立“亚太专集”等举措，促进全球学者之间的学术对话与合作研究，为物理与科学教育研究的高质量发展注入新的动力。

关键词 物理与科学教育 物理教育研究 全球研究生态

文章编号 1002-0748(2026)7-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 A

党的二十大报告指出，“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”^[1]。加强科学教育，是我国加快建设教育强国、实现高水平科技自立自强的奠基性工程。要想做好科学教育“加法”，扎实推进科学教育研究是其中重要一环。2025年11月，教育部等七部门在《关于加强中小学科技教育工作的意见》中指出，要“加大对科技相关领域的研究支持力度”“在全球范围内推动中小学科技教育研究与实践”^[2]。从科学教育研究到科技教育研究的变迁，意味着相关研究更加突出实践导向。然而，长期以来，我国科学教育研究偏重宏观教育理论的“泛化”指导，而忽视对学科教学与学习本身的深入实证研究。这一研究范式使得我国科学教育理论研究与实践彼此疏离，一方面，科学教育理论研究悬浮于具体学科知识与科学教育实践之上，无法扎根一线教学并对优秀的科学教育实践经验进行提炼；另一方面，科学教育实践也缺乏基于学科内容特性和认知规律的研究支撑，科学教育领域亟

须构建科学教育理论与实践双向哺育的良好生态。

在此背景下，2025年10月18日至20日，“国际物理与科学教育研究与发展论坛”在南京召开，来自全国各地的超过50位物理教育与科学教育研究者在此集聚，就物理和科学教育的分歧、共识与挑战展开探讨。本次会议邀请了《物理教育评论—物理教育研究》(Physical Review Physics Education Research, 简称 PRPER) 期刊主编 Eric T. Brewé 教授和东南大学生物与医学工程学院、学习科学研究中心教育部重点实验室包雷教授。两位教授就物理与科学教学与学习研究的基本问题、全球生态以及 PEPER 的未来展望等问题接受了笔者的采访。

Brewé 博士是美国德雷塞尔大学 (Drexel University) 文理学院物理与科学教育系教授、研究生院副院长，美国物理学会 (American Physics Association, 简称 APS) 会士，物理教育研究专题组首任主席。2021年至2024年间，他担任美国物理学会教育论坛 (APS Forum on Education) 主席，并

* 基金项目：本文系江苏省2025年教育科学规划课题“生成式人工智能背景下学科知识转化路径及困境审思研究”的阶段性研究成果。

于 2025 年 1 月起出任 PRPER 期刊主编。Brewer 教授的研究聚焦于大学阶段的物理教学与学习,主要包括为“建模教学 (Modeling Instruction)”课程开发,通过网络分析等定量方法描述学习参与的作用等。除大学物理教学研究外,Brewer 教授还通过建模教学工作坊参与美国物理师资培养,并担任由物理教师教育联盟 (Physics Teacher Education Coalition, 简称 PhysTEC) 资助出版的著作《招募与培养未来物理教师: 案例与有效实践》(《Recruiting and Educating Future Physics Teachers: Case Studies and Effective Practices》) 的联合主编。

包雷博士是东南大学生物科学与医学工程学院、学习科学研究中心教育部重点实验室教授、博导,全球华人科学教育研究会副会长。曾任美国俄亥俄州立大学物理系和教育学院双聘教授,国际华人物理及天文学会前任会长。他的研究领域聚焦在 STEM 教育,认知与学习科学, AI 智能学习,科学思维、知识整合和深度学习的测评和教学,中美比较教育等。包雷教授主持多项美国国家科学基金和生命科学项目,主要研究成果发表于《Science》等国际著名期刊。

1 物理与科学教育研究的基本问题

丁奕:物理与科学教育的专业化程度及研究水平,很大程度上决定了整个科学教育系统的构建和先进性^[3]。长期以来,中国物理与科学教育一直作为教育学的的一个分支学科处于依附性发展。但是有学者呼吁“物理教育需要像建立物理学科那样,采用同样严格的学术标准和科学精神,建立专业水平得到认可的物理教育学科。”^[4]基于这种呼吁,您认为当前物理教育是否已经成为一个相对独立的学科领域?

包雷教授:物理教育作为物理学与教育学的交叉学科这一点是毋庸置疑的,但是作为教育学分支学科的物理教育和作为物理学分支学科的物理教育在推进物理教育专业化上的路径大有不同。中国的学科教学或课程与教学论学科普遍作为教育学的的一个分支学科存在,主要以从事中学物理教育研究和培养中学物理教师为目的。依托教育学专业化的物理教育由于失去了沿袭物理学科知识的自主性,很容易沦为一个教学技能培训场所,而无法进行基于学科知识的学科教育知识专业生产,也就很难成为一个独立的学科领域。美国的物理教育学科设立之初是为了改进大学物理教学,因此它通常设置在物理系中,并与地球物理、生物物理、量子物理等二级

学科平行。作为物理学分支学科的物理教育不仅关注中学物理教学和学习研究与中学物理教师培养,往往还关注大学物理教学和学习研究,并为一线教研员队伍与大学物理教育领域的研究输送拥有博士学位的人才。美国物理教育专业的博士研究生在专业课程安排上与其他物理学专业的博士研究生大体相同,此外还需额外学习科学教育学或物理教育学^[5]。这种“内嵌”于物理学科的专业模式,使得物理教育天然地与学科的主流研究及学术文化紧密相连,其研究工作也被物理学科共同体视为一个有价值的交叉研究方向,并获得学科内部的认可与地位。

丁奕:物理教育若要得到专业认可,就必须具备一个成熟学科的知识基础^[4]。那作为物理教育学科知识生产主要来源的物理教育研究 (Physics Education Research, 后简称 PER) 是否有必要建构自己的“核心问题”或“基本命题”,以巩固物理教育学科的独立性。

包雷教授:物理与科学教育研究的核心问题必须深入学科内部,聚焦该学科特定内容(知识、概念、原理)的学习过程、认知规律、教学策略及教师的学科教学知识。具体而言,物理与科学教育研究的核心问题可分为两个方面:第一,揭示物理与科学教育实践的本质与基本规律。正如相关学者指出的,将物理与科学教育研究回归“中国实践”,是构建中国科学教育自主知识体系的重要途径^[6]。这要求研究者系统化提炼专家与资深教师的实践经验(即“隐性实践知识”),并通过实证研究将其转化为可操作、可推广的教学理论与方案。这一研究范式有助于化解高校理论研究与中小学一线教学实践脱节的局面,确保教育理论来源于实践并能精准反哺实践。第二,实施科学的物理与科学教育测量与评估。研究者需要认识到,对中国学生物理与科学概念理解进阶规律的实证积累,是设计高质量、创新性课程、教学及评价体系的基础^[3]。这意味着需要研发并使用基于学科特点和核心素养的测评工具与方法,对学生的学习过程与认知效果进行有效测量,从而为教学改进和效果评估提供精准的实证依据。需要强调的是,无论是生成优质教育内容,还是开展有效测量与评估,其逻辑起点都必须是清晰、具体且“根植于学科”(Discipline-Based)的教育目标。只有明确了特定学科期望学生掌握的核心知识、发展的关键能力及核心素养,才能有针对性地提炼教学内容,设计或选择测评工具,并确保教学评价与目标的一致性。相反,若仅停留在学科之上的一般教育变量及其关

系探讨,最终难以转化为课堂实践,也无法为一线教师提供实质性指导。

丁奕:20 世纪末,国际物理与科学教育研究已实现了由以概念阐释为主的思辨性研究向以跨学科为主导的质性与量化研究的过渡^[5]。中国科学教育研究学者也强调关注基于证据的科学教育政策制定和教学实践改进^[7]。在您看来,当前国际物理与科学教育研究更加偏重于某一类方法取向,还是在这两种取向之间实现了某种平衡?

Brewe 教授:我可以结合我本人在物理教育研究中的实例来说明这个问题。近期,我们团队的研究聚焦在“本科生的主动学习(Active Learning)”这一主题。“主动学习”并非只是一种具体的教学法,而是一种强调学习者积极参与的教学理念。这一理念强调,学习不仅是个体内部的思维加工过程,更是在社会互动中共同建构意义的动态过程。有大量研究表明,“主动学习”能够显著促进学生的概念理解,并有效提升学习成绩^[8]。当前的理论研究揭示了六种标志性主动学习教学法:同伴教学、探究式科学学习环境、情境化问题解决、以学生为中心的建构型课堂、建模教学以及物理入门教程。这些方法都强调学生的主动参与和合作学习,旨在帮助他们更深入地理解物理概念。然而,为了评估这些教学法的实际效果,我们必须通过高保真度的实证数据收集来展开研究和验证。因此,我们团队在“物理中的主动学习环境特征刻画”(Characterizing Active Learning Environments in Physics)这一项目中使用了本科生 STEM 课堂观察量表(Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM, COPUS)和网络分析(Network Surveys)来搜集和处理数据,以便更真实地把握课堂中的教学实践和师生互动模式。第一轮研究发现,情境化问题解决和建模教学这两种教学法并不广泛存在,因此我们在第二轮研究中只聚焦于剩下的四种主动学习教学法,并引入概念测验得分(Conceptual Inventory Scores)来测评主动学习教学法与学生概念理解之间的关系。从这个例子中我们可以看到,基于严格设计、聚焦实践过程并进行系统性迭代验证的实证研究对物理与科学教育研究非常重要。从 PRPER 的角度来看,现有很多研究最常见的问题是实证结果对研究结论起不到很好的支撑作用,这也是杂志选择暂时不发表这些文章的原因。

包雷教授:我很赞同 Brewe 教授的观点。物理与科学教育研究必须根植于具体学科。国际上,这种“根植于学科的研究”(Discipline-Based Education

Research,简称 DBER)高度强调基于证据的实证研究方法,通过系统化设计、数据收集与分析来指导教学实践。相比较之下,中国当前的物理与科学教育研究更偏重于理论思辨和宏观政策分析等研究范式。这类研究的局限性在于,难以直接转化为可操作的教学改进策略。因此,基于严格设计、聚焦学生认知过程并进行系统性迭代验证的实证研究,在中国仍具有广阔的发展空间。物理与科学教育研究者应当打破“唯思辨”的桎梏,注重基于认知科学原理,采用严谨的实证研究设计收集和分析数据,以探究学生学习的深层机制并开发、验证有效的教学干预。

丁奕:近几年,PER 与生成式人工智能领域的交叉越来越频繁。已有研究揭示了生成式人工智能在学生自主科学探究、科学论证学习和科学思维诊断中的积极作用^[9]。您认为,这种跨界融合对物理与科学教学与研究范式产生了哪些可能的变革?

Brewe 教授:在教学方面,我认为生成式人工智能的出现极大地重构了我们的教学评价方式,我们必须意识到那些可以连接到人工智能智能的设备,比如智能眼镜、智能手表对我们评价方式的挑战。对于物理教育研究来说,当前 PRPER 收到了大量与人工智能相结合的物理教育研究工作,PRPER 在今年秋天也设置了“物理教学与物理教育研究中的人工智能工具”这一专题,以此为相关领域的研究者提供一个交流与讨论的平台。但这也给我们的期刊带来了一个较大的挑战,我们很难找到从事生成式人工智能相关领域研究的审稿人。同时,我认为,生成式人工智能的出现将会带来物理与科学教育量化研究的一个繁荣阶段。在过去,对于许多研究者来说,使用一些高级的数据处理工具是非常昂贵的,但是现在,几乎每个人都可以轻松获取并使用这些数据处理工具。不过,研究者应该保持基本的立场与判断,生成式人工智能只是辅助学术研究的一个工具,而不应用它进行论文生产。

包雷教授:生成式人工智能本身是新兴技术,其教育应用的潜能远未完全释放。在教学场景中,它能与人类协同创新、产出内容、根据反馈调整策略,并整合信息以实现教育目标。若想充分发挥生成式人工智能的教育潜力,教师和学生应形成“人类-AI”深度协作的思维习惯,与生成式人工智能进行指向学科知识教学本质与学科深度学习的交互。当前物理与科学教育领域也亟须开展更多相关研究,探索如何利用人机协作来提高科学学习成效、改进教学实践,并支持对学生的高阶思维和复杂问题解

决能力的培养。然而,物理教育研究者与物理教师应当认识到,即便是最先进的人工智能技术,其在教育领域的有效应用仍需建立在 DBER 提供的学科学习规律与教学有效性洞察之上。基于这些深刻见解进行模型训练与应用设计,人工智能才能真正成为促进高质量教学的赋能工具,而非取代教师的知识来源或教学内容的最终裁决者。

2 物理与科学教育研究的全球生态

丁奕:PER 早期多由物理学家发起并推动。据我所知,美国大多是在物理系内部设立专门的物理与科学教育系,而中国的物理与科学教育大多隶属于教育学院或教师教育学院内部,您如何看待这两者在机构组织上的区别?

包雷教授:两者还是有较大的区别的。机构组织模式在一定程度上决定了相关研究者是否具有明确的学科归属、该学科的发展是否拥有稳定的师资队伍,以及相关研究是否得到专属资源的支持。在美国,物理与科学教育团队通常设置在相应的科学技术院系内部,并被正式认定为物理学科的一个子方向。从事 DBER 研究的学者通常拥有相应科学学科的博士学位,具备深厚的学科专业背景,是学科共同体的正式成员,其研究工作获得学科内部的认可与地位。在这种模式下,美国科学教育领域汇聚了稳定且不断拓展的研究人员,并且会获得以美国国家科学基金(National Science Funding, NSF)为代表的机构的长期且稳定的各类研究资助和基金的支持^[7]。与此形成对比的是,中国当前承担物理与科学教育研究任务的“课程与教学论”或“学科教学”团队,主要设置在教育学院或教师教育学院之下。这种组织模式使得研究者虽然可能对教育理论与教学实践有深入理解,但往往与 STEM 学科院系及其学术共同体存在一定的组织与文化壁垒。因此,其研究容易呈现出悬浮于学科之外的宏观理论思辨特征,缺乏来自科学学科内部的直接认可和深度融合。此外,由于中国拥有课程与教学论博士授权点的高校有限,科学教育研究领域的人才储备严重不足,这极大地制约了中国科学教育的蓬勃发展。

丁奕:20 世纪初,有学者提出科学教育研究的“文化关联”(cultural-relevant)理念,主张科学教育研究不应是“去文化”的^[10]。从国际视角看,PER 的研究主题和方法在不同国家和地区是否存在差异?

Brewe 教授:在相当长的一段时间内,美国的物理与科学教育研究主要聚焦于多样性、公平与包容

等议题,这些研究无疑具有重要的社会与教育价值。但与此同时,若从全球视角来看,不同国家的研究关注点有所差异。在美国以外的一些国家,研究者则相对更关注物理学科知识与学生理解之间的互动机制。值得一提的是,当前很多北欧国家,如瑞典、丹麦和德国的物理与科学教育研究发展得相当快。尤其是德国的研究者在人工智能与物理教育结合、量子物理教育方面做了大量的工作。这些新视角的出现是令人欣喜的,物理与科学教育研究的未来应该理解、包容与支持来自不同文化背景的研究者的声音。从更加广阔的视角去看不同类型的研究,对物理与科学教育研究共同体的发展和拓展人类的认识能力与价值观都是有益的。

包雷教授:从全球物理教育研究的发展格局来看,亚太地区的研 究力量正快速崛起。无论是在研究数量、国际合作网络,还是在区域性教育改革与文化情境研究方面,亚太地区均展现出独特的研究活力与理论贡献。在此背景下,我认为,在 PRPER 中体现更多亚太地区的研究具有重要的学术价值。首先,物理教育研究具有显著的情境性与文化嵌入性。亚太地区研究成果的发表有助于呈现不同于欧美教育体系下的教学文化、课程改革与教师专业发展特征,从而拓宽 PRPER 的国际视野,实现学科话语的区域平衡。其次,亚太地区兼具东方教育传统与现代科学教育理念的交汇特点,可形成有利于跨文化比较、理论对话与概念重构的平台,这不仅能够为全球物理教育研究的理论创新提供新素材与新视角,也与 PRPER 所倡导的“基于多元视角的物理教育研究”目标相契合。

丁奕:自 2005 年美国物理学会在物理评论系列期刊中增设了子刊“物理评论特别话题——物理教育研究”以来,PRPER 在确立 PER 作为物理学中的一个稳健研究领域方面发挥了关键作用。PRPER 作为国际物理教育研究领域的权威期刊,吸引了很多物理教育研究领域的学者投稿。当前 PRPER 的文章接收数量与发表数量大致呈现什么现状?在 PRPER 的作者中,中国学者的占比如何?对希望在 PRPER 上发表论文的中国青年学者,您有哪些建议?

Brewe 教授:PRPER 接收的文章数量和发表数量均呈现逐年增加的趋势。PRPER 的作者越来越呈现一种多元化的趋势,尽管来自美国和加拿大的学者仍然占据了很大的比例,但随着时间推移,来自欧洲、亚洲、太平洋地区、中东与非洲、拉丁美洲等地区的作者比例逐渐增加,近几年增长尤其明显。2024 年的数据显示,PRPER 的中国作者大概占

7%。这说明中国学者在国际学术界的参与度正在扩大,物理教育研究领域的作者群体也正在变得更加全球化,我们也非常希望中国物理教育研究者能够继续向我们贡献有价值的研究成果。我认为,对于青年物理教育研究者来说,他们所面临的最大的挑战是找到一个有价值的研究问题,并且用强有力的实证数据来支撑研究问题的解决。我们会经常看到一些理论驱动的教学方法类文章,但是却没有任何数据去支撑这类教学方法的有效性。此外,许多研究所存在的问题是,作者要么过度夸大他们的论点,要么他们的论点与证据相互不匹配。

3 PRPER 的未来展望

丁奕:PRPER 所覆盖的核心研究议题有哪些?是否鼓励研究方法的多元化?

Brewer 教授:PRPER 涵盖与物理天文学相关的实证研究与理论研究的全序列,包括与物理教学和学习有关的不同内容、不同研究方法、从小学阶段起的教学连续体。

丁奕:展望未来,您认为 PRPER 面临着哪些机遇与挑战?

Brewer 教授:就机遇而言,物理教育研究领域正处在一个充满潜力的关键时期。首先,研究者们将迎来更多机会将自己的成果发表在跨学科与综合性更强的学术期刊上,从而进一步提升研究的国际影响力与学术传播度。其次,我们计划 2026 年初正式推出审稿人报告制度(Reviewer Report System),这一制度的建立将显著提高审稿过程的透明度与公正性,并有助于提升论文评审的整体质量。此外,期刊将继续推进并优化每年的专题合集(Focused Collections)。事实证明,这一形式不仅能够聚焦物理教育领域的前沿议题与研究热点,还有效促进了全球学者之间的学术对话与合作研究,成为推动学科持续发展的重要机制。与此同时,我们还将在 APS 全球物理峰会(APS Global Physics Summit)上举办审稿人培训工作坊,为来自不同国家和地区的学者提供一个系统学习、经验分享与学术交流的平台,帮助更多研究者深入理解高水平学术审稿的标准与理念。这些举措相互衔接、相互支撑,将共同为物理教育研究开辟出更加广阔的发展空间与合作前景。

然而,PRPER 的未来发展同样面临一系列挑战。首先,新兴期刊的不断涌现带来了更为激烈的竞争,要求我们在学术质量、出版效率与读者服务上持续创新。此外,科研经费的不确定性对部分作者

构成了现实压力,尤其是部分研究资助被削减的情况下,如何持续支持这些研究者成为一个亟需关注的问题。最后,随着研究领域的扩大与论文数量的增长,每篇论文所需的审稿邀请次数不断增加,审稿人资源的紧张也成为制约发展的重要因素。因此,我们真诚地希望来自中国及其他地区的物理教育研究者能够积极加入我们的审稿人团队。你们的专业知识、学术洞见与全球视野,将为期刊的持续高质量发展注入新的活力,也将进一步推动国际物理教育研究社区的多元交流与共同进步。

4 总 结

本文围绕物理与科学教育研究的基本问题、全球研究生态以及 PRPER 的未来发展路径展开了探讨。总体来看,物理与科学教育作为一个跨越自然科学与教育学的复合领域,其学科独立性与研究品格的确立,关键在于持续建构“根植于学科”的核心研究问题。这不仅要求研究者以学科知识为基点,揭示教学与学习过程的内在逻辑与基本规律,更需要发展以实证为基础的研究方法体系。从全球视角来看,物理与科学教育研究正在形成一个更加多元、开放与互联的学术生态。不同国家与地区在研究议题、方法论及价值取向上呈现出互补格局,为该领域的理论创新与实践转化提供了丰富的文化与制度背景。中国学者的国际学术参与度不断提升,也为全球物理教育研究带来了中国式的研究视角与研究动力。

面向未来,PRPER 在推动国际物理与科学教育学术交流方面承担着重要使命。通过实施审稿人报告制度、专题合集、审稿人培训工作坊以及推动亚太地区研究等举措,期刊希望进一步加强全球学者之间的沟通、理解与合作,构建一个更加包容、多元与高质量的学术共同体。

参考文献

- [1] 新华社. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/xw_zt/moe_357/jjyzt_2022/2022_zt17/bg/bg_bgzy/202210/t20221028_672948.html.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部等七部门关于加强中小学科技教育的意见[R]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/jcys_jyzb/202511/t20251111_1419878.html.
- [3] 裴新宁. 技术时代的科学素养观与科学教育改革——兼论科学教育对教育强国建设的重要意义[J]. 现代远程教育研究, 2024(5): 3—15.

(下转第 18 页)

又通过对磁通量变化情况的归纳培养他们的科学推理素养,学生逐步厘清实验现象的本质规律。

3.3 阶三:直觉修正——工具固化构建推理逻辑

在阶二探究的基础上,引导学生补充“电路必须闭合”这一条件,进而明确核心结论:闭合导体回路的磁通量发生变化,是产生感应电流的充要条件。随后引导学生构建“电路是否闭合→磁通量是否变化→是否产生感应电流”的推理逻辑链条,将抽象的推理过程具象化、结构化。在此基础上开展阶梯式训练,基础层让学生判断“线圈静止+磁场增强”“非闭合线圈切割磁感线”等简单情境,强化对核心条件的理解;拓展层让学生分析发电机工作原理,实现知识迁移。

设计意图:这一环节通过逻辑梳理与工具固化,帮助学生形成稳定的过程 2 推理路径,有效抑制过程 1 的直觉干扰,既落实学生科学思维中的模型建构素养,又帮助他们灵活运用核心知识解释实际问题,实现从“直觉驱动”到“逻辑驱动”的思维转变。

4 教学实施的关键要点

本教学矫正方案的实施需围绕“抑制直觉干扰、降低推理负荷、强化素养落地”的核心目标展开,实施要点如下:

(1) 精准铺垫。教师课前梳理初高中衔接,预设“切割即有电流”“忽略闭合回路”等过程 1 典型误区,让阶一的“情境冲突”更精准。同步筹备可视化教具并绘制配套示意图,设计“冲突现象→引导问题”。

(2) 多维施策。课堂中教师利用可视化工具降低过程 2 的认知启动负荷,同时通过“现象对比→关键归因→本质归纳”的针对性问题链引导学生进行逻辑分析,助力学生摆脱过程 1 的直觉依赖。此后,教师可以融入法拉第探索电磁感应的物理学史,渗透科学态度与责任素养,明晰直觉思维的局限性。

(3) 迁移拓展。课后教师设计基础辨析、实际应用、实验设计类多元化作业,让过程 2 从“课堂刻

意启动”转化为“课后自主调用”。基于双过程理论,教师引导学生提炼反直觉问题的通用推理路径——“识别直觉误区→启动分析推理→借助工具验证→得出科学结论”,帮助学生构建通用思维模式。

5 结论与启示

电磁感应条件相关的反直觉错误,其根源在于双过程加工失衡,基于双过程理论构建的“障碍暴露—过程 2 激活—直觉修正”三阶教学方案,既抑制过程 1 的直觉干扰、激活过程 2 的分析推理,帮助学生建立科学判断模式,又协同培养学生的物理核心素养。

反直觉教学需精准运用双过程理论,以“抑制过程 1 干扰、降低过程 2 启动门槛”为核心策略。同时,教师需关注教材各学段的表述衔接,助力学生构建完整概念体系;抽象概念教学可依托“具象支撑+结构化工具”,推动学生在解决问题时实现从直觉向逻辑的思维进阶。将双过程理论融入物理教学,能让教学回归素养本质,通过显性化推理探究、科学精神深度融入等方式,切实推动物理学科核心素养培养的落地见效。

参考文献

- [1] 付朝林,李太华,许西伶,等.反直觉物理问题的内涵及其形成原因[J].物理通报,2024(9):43—46.
- [2] 邓金祥,李太华.反直觉物理问题的特征及解题困难成因探析[J].物理教学,2023,45(2):49—52,57.
- [3] 李梦雅,胡象岭.反直觉问题研究进展与展望[J].中学物理,2023,41(15):20—25.
- [4] Santangelo B, Kriveckaja M. Intuition and reasoning: What can we learn from cognitive psychology? [J]. The Physics Teacher, 2023(61):564—567.
- [5] 刘炳昇,李容.物理(九年级下册)[M].南京:江苏科学技术出版社,2013:53.
- [6] 人民教育出版社 课程教材研究所 物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理必修(第三册)[M].北京:人民教育出版社,2020:116.
- [7] 白洁.论认知吝啬[J].西北师大学报(社会科学版),2013,50(1):99—104.
- [8] Freeman S, Eddy S L, McDonough M, et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014(23):8410—8415.
- [9] 郑娅峰,黄璟玥,包昊罡.教育智能体赋能科学教育:概念特征、应用价值与实施策略[J].远程教育杂志,2025(3):24—32.
- [10] Warren B, Ballenger, Ogonowski M, et al. Rethinking diversity in learning science: the logic of everyday sense-making [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2001(5):529—552.
- [4] 周彬.学科教育专业化:知识基础和行动路径[J].教育研究,2019(3):59—67.
- [5] 杨娟.美国物理教育研究缘起、实践和展望——美国物理教育学家迪恩·佐尔曼教授访谈[J].全球教育展望,2023(7):106—116.
- [6] 赵书琪,于洪波.教育强国背景下科学教育研究范式的变革[J].中国教育科学(中英文),2025(1):112—120.
- [7] 陶丹,杨杰,赵芳芳,等.美国科学教育研究资助体系分析及其启示[J].中国科学基金,2024(2):271—278.

(上接第 6 页)