物理跨学科实践教学的内涵价值、现实困境与优化策略*

许 静 （天津师范大学教育学部 天津 300387）
于海波 （东北师范大学物理学院 吉林 130024）

摘 要 跨学科实践教学是物理课程实施的重点。跨学科实践教学应实现课程实践活动的综合育人功能，指向学生发展为本的核心素养培育，落实“做中学”理念的育人价值。立足物理跨学科实践教学的内涵价值，分析教师对跨学科实践的理解与实施存在的主要问题，探讨物理跨学科实践教学的优化策略，以期实现课程的综合育人价值，探索培育学生核心素养的实践路径。

关键词 物理跨学科实践 综合育人 内涵价值 优化策略
文章编号 1002-0748(2024)1-0012 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

1 跨学科实践教学的内涵价值

2022年版义务教育物理课标提出“跨学科实践”，既是学习内容，也提出了变革育人方式的要求。分科教学背景下实施跨学科实践教学，不仅仅是从方法层面探讨如何做，更需要对其内涵价值做深入讨论。

1.1 实现课程实践活动的综合育人功能

19世纪以来，现代学科的建立促进学科研究的深入发展，各门学科以各自的研究对象和研究方法形成相应的理论体系，学科间的界限也愈加明晰。20世纪中期，随着时代的发展，复杂性和综合性的现实问题日益突出，如能源危机、气候变化、技术伦理等，这需要人类突破认识能力的局限，整合多学科知识和方法开展跨学科研究。义务教育课程改革背景下的跨学科学习正是对跨学科研究文化思潮的回应，从物理学到化学、生物学、地球与宇宙科学乃至人类学、社会学是连续的统一整体，物理学的研究成果极大地推动了科学、技术以及社会的发展，为人类文明和社会进步做出了巨大贡献，现代物理学的辉煌成就改变了世界。物理跨学科实践是融合不同学科的内容和思维方法，探索现实问题解决的一种学习方式。与分科教学不同，跨学科实践围绕健康生活、低碳生活、动手实践及社会热点等方面的问题[1]，以实践性主题为桥梁加强物理学与日常生活、能源、环境、材料、工程、技术应用等方面的联系，以学科知识的系统学习为基础，强调综合应用不同学科的知识和技能，思想和方法帮助学生在知识建构和问题解决中，践行探究实践，学会独立思考，具有敢于探索、勇于创新的品格。综合化的学习方式、实践性的探索体验、开放性的学习环境基于学科又超越学科，以学科课程的综合化实施为学生终身发展奠定基础。

1.2 指向学生发展为本的核心素养培育

2022年版义务教育物理课标提出以学生发展为本，提升全体学生核心素养的课程理念，将核心素养融入课程内容、课程实施、学业质量，围绕培养学生核心素养体现“知行合一、学以致用”的思想，核心素养是物理课程育人价值的集中体现。物理课程要培养的核心素养带有科学领域特性的品质，聚焦物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任，培养学生的正确价值观、必备品格和关键能力。核心素养的四个方面相互联系、互相渗透、形成合力，共同发挥作用，实现培育学生核心素养发展的课程目标。跨学科实践教学相比单一学科教学而言，更加突出综合性、实践性、开放性、体验性等特点，教学中应立足物理课程目标和内容要求，关联相关学科要培养的学生核心素养、课程内容等，关注真实情境中的问题解决，综合运用多学科知识和方法，让学生对知识进行思维加工与内化，经历问题解决过程，在较为复杂的情境中做出自主分析和判断，制订合理的解决方案，发展批判性思维、创造性解决问题等高阶思维

* **基金项目**：本文系课程教材研究所重点项目“落实基础教育课程标准实验研究”（项目编号：JCSZDXM2022002）研究成果。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

能力，具有解决问题的兴趣和探索热情，积极协作、善于分享和交流。这表明跨学科实践主题学习能发展学科素养和跨学科素养[2]，基于学科本质加强科学世界与现实世界的融合，实现知识内化、能力发展、态度养成，通过多学科融合指向学生核心素养的培育。

1.3　强调“做中学”理念的育人价值

教学方式变革是深化物理课程改革，落实课程育人功能的关键问题。物理是一门以实验为基础的学科，物理课程具有实践性特点，注重对学生实践能力的培养。科学探究是物理核心素养的重要组成部分，既是学生的学习目标，又是重要的学习内容和学习方式，以实验为载体的科学探究式教学是培养学生核心素养的有效途径。在2022年版义务教育物理课标中，“实验”一词出现了185次，“探究”一词出现了147次，“实践”一词出现了79次。对课程内容进一步统计发现，内容要求条目中要求学生动手操作、做中学的占比为59%，另有样例和活动建议中要学生动手实践的占比为73%，这些实践内容紧密联系生产生活、社会发展、科技发展成就，实践形式灵活多样，这是学生认识世界、探索自然，获取知识的重要途径和方式，由此说明物理课程很重视实践性，此外，初中物理和高中物理教科书难易程度的国际比较研究也说明我国中学物理教科书对物理课程实践性的重视[3,4]。跨学科实践具有实践性特征，强化了学科实践是重要的育人途径，遵循课程方案提出的“变革育人方式、突出实践”的基本原则，跨学科实践教学更强调观察、分析推理、动手操作、交流合作、反思评价等系列学习经历。教学中应灵活运用多样化的教学方式，适用于不同的教学情境，达成相应的目标要求。融通课内和课外学习，充分利用社会、家庭等学习资源拓展学生学习时间和空间，增强学习体验，合理运用信息技术使物理课程的学习生动和高效，照顾不同学生的发展需求，让学生主动参与，实践操作、动脑思考，通过“做”培育学生的综合素养，“做中学”理念的育人价值应得到重视。

2　跨学科实践教学存在的现实困境

2023年3月，课程教材研究所“物理课程标准实验研究”项目组面向实验区初、高中学校的物理教师开展调研，了解物理课程理解与实施现状，关于初中物理教师对跨学科实践的理解及实施是其中一项重要调研内容。调研表明，教师高度认同将跨学科实践纳入课程内容一级主题，但同时也发现，50.91%的初中物理教师认为实施跨学科实践教学的难度较大。进一步访谈发现，教师对跨学科实践的理解与实施存在误区和困惑。

2.1　存在的主要问题

(1) 教学目标设计缺失

目前跨学科实践教学的目标设计指向不明晰，学习活动组织和实施主要停留在动手操作、兴趣培养等层面，对学习活动的教学目的缺乏深入思考，导致教学目标的系统设计缺失，无法发挥教学目标的导向作用，不能很好地对接课程要培养的核心素养的目标要求，也使得教学内容和教学活动设计缺乏系统性和连贯性，教学评价也会失去方向性。

(2) 教学内容整合肤浅化

教学内容的选择和组织是跨学科实践教学的主要困难，实践活动内容架构仍处于探索阶段。例如，某学校选取“酒的制作”为主题开展跨学科教学，融合了语文、物理、化学、道德与法治多学科的相关内容，不同学科的教师分别围绕体会诗词意境、酒的蒸馏和提纯、利用发酵技术酿酒、了解与酒相关的社会风俗等内容开展实践活动，这种“组团式”授课反映出教师将“常识化”“活动化”“实践化”理解为跨学科实践，缺乏基于主题形成不同学科融合的知识体系，难以帮助学生形成普遍联系的意识、提升运用知识解决问题的能力，不利于发展学生的高阶思维能力，培养科学态度与精神等方面的价值也未得到重视。

(3) 教学方式单一化

由于跨学科实践教学目标不明晰、教学内容缺乏整体架构，目标、内容、活动之间系统关联不强，导致教学方式的选用不适切。课堂讲授是主导课堂教学的主要方式，课外小实验、制作活动等实践性任务则窄化了对跨学科实践的理解。综合实践活动与跨学科实践的性质不同，两类学习不能替代[5]。问题情境设计和任务驱动关注不够，跨学科实践教学要求的探究、实践、交流、合作等方式较难得到有效实现，这不利于实现素养导向的教学方式和学习方式的变革。

2.2　教学难为之困

跨学科实践教学是课标坚持的课程优化方向，是落实新课标精神的重点，也是难点。针对理解和实施中出现的问题，究其原因，主要在于教师对课标深度理解不充分、学科与跨学科的统一性认识不足、跨学科实践教学保障条件的落实不完善。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(1) 课程标准深度理解不充分

首先,教师普遍认同课标理解的作用与价值,认为课标最重要的功能是指导教学实践,但同时也发现教师对课标存在刻板印象,认为课标偏理想化,与自己的教学有差距,更倾向于较为直观、实用的教学案例作为参考。其次,在实践操作层面则表现出基于核心素养确定教学目标难,跨学科教学内容组织浅层化,对科学探究式教学能培养学生批判性思维的认可度低,评价学生学习效果的方式偏向于智力因素而忽略非智力因素等。这些都反映出教师对课标功能感知仅停留于解读层面,而未落实到构思层面,课标理解能力不足甚至缺失。事实上课标理念的贯彻落地需要有一个从学习领会到实践探索的过程,加深教师对课程理念的理解,增强教师教学实施的内在动机才能高质量地开展教学。

(2) 学科与跨学科的统一性认识不足

首先,长期的分科教学影响下,大部分的物理教师对物理学科有很强的归属感,关注自身的物理学科知识以及教学技能,知识传授的教学观念依旧存在,对于跨学科知识的积累不够,不熟悉相关学科的内容和要求。其次,对跨学科性特征认识不足,往往将学科与跨学科对立起来,较少关注不同学科的知识组织方式和思维方式的差异,导致实践探索中出现误区,如,内容主题选取不当,教学内容拼凑、学习活动的序列设计无进阶等,没有契合跨学科实践教学的内在要求,跨学科实践强调立足物理学科,拥有跨界思维。基于真实情境的问题解决的跨学科教学方法能实现学科融通,促进学生成长,教师发展,学科也能实现自身的发展[6]。为此教师应加强理论学习,完成跨学科身份的转变和认同,理解跨学科的本质特征,探索跨学科实践教学模式,加强与各学科教师、专家学者间的合作与交流,创新跨学科实践教学。

(3) 跨学科实践教学的保障条件落实不完善

首先,相比于传统教学模式而言,跨学科实践教学要实现学科融合需要相应的课程资源条件予以保障,目前研训资源的开发程度不高,现实条件难以满足教师在教学实践中常态化地开展跨学科实践教学研究,实施跨学科实践教学的时间和空间也需要得到保证。其次,教师的跨学科实践学科知识、学科教学知识、开发跨学科实践课程资源能力及反思能力不足,是开展跨学科实践教学面临的困难之一。这需要建立专家引领、同伴交流、自我反思的交流共同体,搭建合作机制,创新教师研训形式,提高教师的跨学科教学素养,帮助教师树立开展跨学科实践教学的信心,推动跨学科实践教学有效实施。

3　跨学科实践教学的优化策略

跨学科实践教学是课程改革深化过程中探索的焦点,落实了“从生活走向物理,从物理走向社会”的课程理念,教学方式突出创设问题情境,注重做中学、做中思、做中创,凸显实践育人,融通相关学科的思维引导学生创造性地解决问题。跨学科教学涉及选择实践课题、制定实践方案、体验实践过程、评价实践成果等环节,各环节紧密联系,相互关联,与之对应的教学目标、教学内容、教学方式、评价方式等都会有新要求。依据物理课程的育人功能及跨学科实践的内涵价值,提出跨学科实践教学的优化策略(见图1),基于跨学科实践的学科性、跨学科性、实践性特征,由五个互相关联的部分组成,涵盖提炼有价值的实践主题、确定素养发展的教学目标、指向问题解决的内容统整、任务驱动下的实践体验、基于实践过程证据的学习评价,其中学科内容和思想是根基,综合运用多学科知识和技能解决实际问题为导向,提升物理学科能力和跨学科解决问题的能力获得素养发展为目标,指向实现课程综合育人,优化策略能为跨学科实践教学提供指导,操作上也有一定的灵活性。

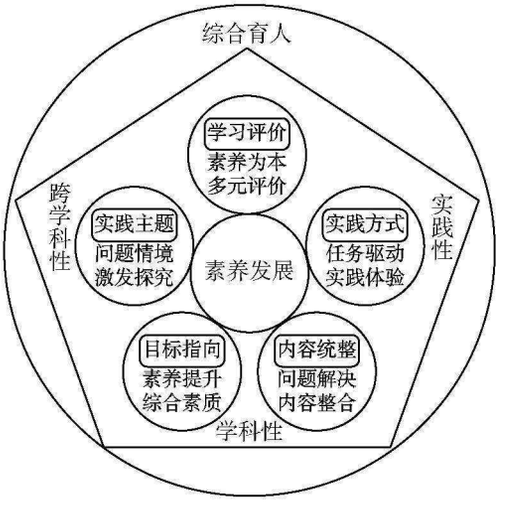

图1　优化物理跨学科实践教学

3.1　提炼有价值的实践主题

选取实践主题是跨学科实践教学的首要问题,主题应基于学习内容,具有更高的视角且富有教育意义。适切的实践主题应立足物理内容,寻找不同学科密切联系的现象,源于真实情境,有启发性且有价值,关注生产生活、科技发展、能源、环境、安全与

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

健康等社会热点问题，以及社会可持续发展的重大课题，同时应贴近学生生活，激发其探究与他们生活体验相关问题的兴趣，从不同学科视角聚焦主题，引发学生从不同角度提出问题、理性思考，让学习内容变得更有意义，能更好地促进学科知识的深度理解和创新运用。如，从能源利用和环境保护的角度确立“节能环保小屋的设计和模型制作”实践主题[7]，帮助学生深入理解能量转化和转移，能源与可持续发展等内容，开展工程设计及制作模型，在自主实践中增强可持续发展的责任感。

4.2　确定素养发展的教学目标

物理课程对学生核心素养发展提出四个方面的目标要求，这也是跨学科实践教学应遵循的目标。物理概念、规律、技能、思想、方法是跨学科学习的基础，跨学科实践对学生的实践能力和创新精神提出了更高要求，如批判性思维、工程设计思维、问题解决能力、协作能力和沟通能力等，涵盖知识整合、能力发展、态度养成的教学目标。教学目标应考虑教学内容与核心素养、学业质量要求的关联，结合具体内容确定跨学科实践主题的教学目标，体现教学目标的全面性和整体性，并有所侧重。通常主题可分解为相互关联的系列任务或若干课时，还应从知识、能力、情意的综合表现等方面细化课时教学目标，强化跨学科实践促进学生综合实践能力发展的意义。

4.3　指向问题解决的内容统整

跨学科实践教学围绕主题统整学习内容，创设问题情境，以任务驱动解决实践问题，适度整合关联度高的相关学科，把握核心学科和关联学科的关系，综合不同学科的学习元素解决实际问题，这种知识统整的教学模式能帮助学生形成完善的认知结构，在建构知识、质疑和创新知识中发展能力。如，“人体中的杠杆”实践主题，从生产生活、手臂关节和肌肉的活动等现象认识杠杆，描述它们的共同属性，概括其本质特征，建立杠杆模型；用控制变量法制定探究方案，探究杠杆的平衡条件。融合物理学、生物学等知识分析人或动物身体结构中的杠杆模型，以及杠杆模型在劳动生产中的应用，并且从物理学、工程技术等综合视角认识机械发展对人们日常生活的影响。该案例依照感知现象—概括本质—探究规律—知识建构—迁移应用的思维逻辑，基于问题解决形成结构化的知识体系，发展跨学科思维。跨学科知识的有机融合符合学生的认知逻辑，知识的意义贯通能更好地促进学生全面且深刻理解。教学中应把握内容统整的跨度，问题的层级设计应符合学生认知发展水平，避免肤浅化，游戏化，也要合理控制难度，不能增加学习负担。

3.4　任务驱动下的实践体验

实践性是跨学科实践教学的特征，任务驱动下的问题解决促使学习内容逐次展开，感知现象、建立概念、规律探究、问题解决是具体情境中的一种实践互动模式。跨学科实践教学更加关注学生在自主实践、独立思考中主动学习，获得实践体验。教学中可通过科学探究、观察、参观、调查、设计与制作、科学阅读、科学辩论等形式开展实践活动，如，以我国古代的灌溉农具“龙骨水车”为例，可以设计以下驱动性任务：通过查阅资料或实地考察等方式，了解龙骨水车等汲水装置在古代农业生产中发挥的作用，体会伟大的发明创造推动了生产力的发展；讨论龙骨水车的结构和工作原理，设计并组装龙骨水车，进行提水测试；从龙骨水车看古人的智慧等系列活动，让学生在参与中学会解决问题。实践任务设计应重视工程学思维，工程实践能让学生面对真实问题和设计难题，运用所学知识有目的地构思方案、创造产品，体会工程设计的特点。还应利用信息技术为实践活动创设更便利、更形象的学习环境，如，利用3D打印制作不同形状的对象，比较空气阻力对物体运动的影响。

3.5　基于实践过程证据的学习评价

2022年版义务教育物理课标提出了培养学生核心素养的课程目标，建立与之相应的学习评价标准尤为重要。跨学科实践学习效果的评价应强化素养为本，充分发挥评价促进学生发展的功能，关注学生在实践问题解决中的知识理解、技能运用、能力发展、学习态度等情况。实践过程证据源于学生在跨学科问题解决中的行为表现、作品成果等。运用主体多元，形式多样的评价方式，采用过程性评价和终结性评价收集不同类型的证据，综合评价多种学习场景中的学习效果，从建构知识、解决问题、进行探究、设计制作、科学态度、社会责任、交流评价等方面，明晰学生理解什么、能做什么、能解决哪些问题、获得了哪些发展，获取真实反映学生学习及发展状况的证据，诊断素养导向的教学目标的达成，为改进学习和教学提供决策依据。根据逆向设计理念，可将评价设计前置，不仅能打破教学思维定势，而且也能更好地促进“教-学-评”有机衔接，实现以评导学、以评促学。

（下转第61页）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

不一致，那又如何能肯定这些沙子在不同参考系中排成的形状一定相同？

对于该质疑笔者认为，在牛顿力学的框架下，同一个物体在不同参考系下的运动形式虽不尽相同，但不同运动物体在同一时刻的相对位置关系，并不会随参考系的改变而变化。下面仅就与本题相关的平动非惯性系情况加以说明。

如图7所示，在惯性系K中建立二维坐标系xOy，在非惯性系K'中建立二维坐标$x'O'y'$，令零时刻两坐标系重合，此时K'系相对K系的速度为u，方向沿x轴正方向，同时K'系还具有相对K系沿x轴正方向的加速度a。

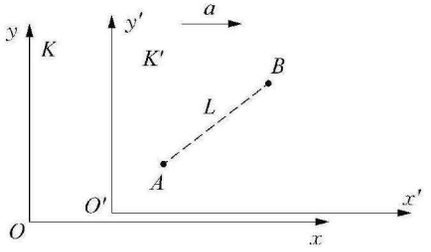

图7

设t时刻有A、B两质点，它们在K系中的坐标分别为$(x_A,\ y_A)$和$(x_B,\ y_B)$，不难理解两质点在K'系中的坐标分别为：$x'_A=x_A-\left(ut'+\frac{1}{2}at'^2\right)$、$y'_A=y_A$；$x'_B=x_B-\left(ut'+\frac{1}{2}at'^2\right)$、$y'_B=y_B$。其中$t'=t$。

分析质点A在K'系中的运动轨迹，即考察y'_A与x'_A的函数关系，其结果确与u和a有关。这说明物体的运动形式与参考系本身有关。现计算同一时刻t两质点A、B之间的相对位置关系。

在K系中观察A、B之间的距离为：$L=\sqrt{(x_B-x_A)^2+(y_B-y_A)^2}$。$AB$连线与$x$轴方向的$\alpha$夹角满足：$\tan\alpha=\frac{y_B-y_A}{x_B-x_A}$。

在K'系中观察A、B之间的距离为：$L'=\sqrt{(x'_B-x'_A)^2+(y'_B-y'_A)^2}$。$AB$连线与$x$轴方向的夹角$\alpha'$满足：$\tan\alpha'=\frac{y'_B-y'_A}{x'_B-x'_A}$。

化简可得：$L'=L$、$\tan\alpha'=\tan\alpha$。

这说明在非相对论情况下，同一时刻两质点之间的位置关系与参考系无关。这很好理解，因为变换参考系时两质点遵循了相同的轨迹变换。推广到漏出的全体沙子，它们在同一时间也做了相同的变换，整体的位置关系（也称之为秩序）并不会改变。反过来想，如果发生变化，就会产生尺缩（或者尺扩）效应，这将与经典力学的绝对时空观相违背。

5　结束语

综上所述，这道题题目虽短，但富有深刻的内涵，情境熟悉却对考生的要求较高，并具有较高的拓展研究价值，是一道非常成功的改编题。同时，达·芬奇对落体运动的研究的相关素材也是对高中物理教材必修一“伽利略对自由落体运动的研究”一节的有益补充。

参考文献

[1] 李宏彬. 参考系变换的“不变性”应用及条件分析[J]. 物理教学，2008(5)：48　49.
[2] 高嵩，焦蕊. 自由落体运动中的物理学史与教学[J]. 物理教师，2019(5)：13　16.
[3] 陈玉奇. 用非惯性系求解物体的运动方程[J]. 物理教师，2013(9)：18　19.
[4] 邵云，窦瑾. 运用矢量几何分析方法及伽利略变换求直杆端加速度[J]. 物理教学，2022(11)：63　65.
[5] 徐卫华. 发展“科学思维”素养的探索与思考　以“伽利略对自由落体运动的研究”教学为例[J]. 物理教师，2019(10)：8　11.
[6] 于正荣. 是否存在伽利略所设想的那种运动　对新教材“伽利略对自由前体运动的研究”中一段内容的研究[J]. 中学物理教学参考，2006(7)：13　15.
[7] 翟爽，侯恕. 优化问题设计　培养物理学科核心素养[J]. 物理教学，2022(4)：6　8.

（上接第15页）

参考文献

[1] 廖伯琴. 提炼核心素养，凸显课程育人价值　义务教育物理课程标准（2022年版）解读[J]. 基础教育课程，2022(10)：46　52.
[2] 李洪修，崔亚雪. 跨学科教学的要素分析、问题审视与优化路径[J]. 课程·教材·教法，2023，43(1)：74　81.
[3] 李春密. 中小学理科教材难度国际比较研究（初中物理卷）[M]. 北京：教育科学出版社，2016.
[4] 廖伯琴. 中小学理科教材难度国际比较研究（高中物理卷）[M]. 北京：教育科学出版社，2016.
[5] 杜明荣. 物理“跨学科实践”的内涵特征与教学建议[J]. 物理教学探讨，2023，41(1)：1　4.
[6] 孙宽宁. 学科课程跨学科实施的学理与路径[J]. 课程·教材·教法，2023，43(7)：4　10.
[7] 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，2022：63　61.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net