

多学科整合视角下初中科学长周期探究教学设计、实施与评价

毕可雷¹ 李丽琴^{2*} 陶术研²

1.北京市第一六一中学, 北京 100053

2.清华附中志新学校, 北京 100083

[摘要]2022 版义务教育课程方案全面落地后, 多学科整合式主题探究成为初中科学落实核心素养培育、破解分科教学割裂难题的核心实施路径。针对当前初中科学课堂普遍存在探究活动流于表面、学科知识融合生硬、教学偏重操作训练忽视逻辑思维发展等现实痛点, 本文以北方校园冬小麦完整周期种植实践为研究载体, 从沉浸式真实场景搭建、分层递进探究任务链设计、全过程多维评价体系构建三个核心维度, 完成长周期跨学科探究教学完整设计与落地实践。实践结果表明, 将生物学生理机理、化学溶液性质、分子物理作用原理有机融合冬小麦耐寒机理完整探究流程, 能够有效打破学科知识壁垒, 转变学生被动记忆书本知识的传统学习模式, 引导学生自主完成知识体系建构, 全方位锻炼科学逻辑思维与实验探究实操能力。本教学实施模式可迁移、易复制, 能够为义务教育阶段初中科学长周期多学科整合探究课程常态化开展提供可落地实践参考。

[关键词]多学科整合; 初中科学; 长周期探究教学; 核心素养; 冬小麦抗寒机制

DOI: 10.33142/fme.v7i6.20116

中图分类号: G632.41

文献标识码: A

Teaching Design, Implementation, and Evaluation of Exploring the Long cycle of Junior High School Science from the Perspective of Multidisciplinary Integration

BI Kelei¹, LI Liqin^{2*}, TAO Shuyan²

1. Beijing No. 161 High School, Beijing, 100053, China

2. Tsinghua University High School - Zhixin, Beijing, 100083, China

Abstract: After the comprehensive implementation of the 2022 version of the compulsory education curriculum plan, interdisciplinary integrated theme exploration has become the core implementation path for cultivating core competencies and solving the problem of fragmented teaching in junior high school science. In response to the common pain points in current junior high school science classrooms, such as superficial exploration activities, rigid integration of subject knowledge, and emphasis on operational training while neglecting the development of logical thinking, this article takes the complete cycle planting practice of winter wheat in northern campuses as the research carrier, and completes the complete design and implementation of long-term interdisciplinary exploration teaching from three core dimensions: immersive real scene construction, layered progressive exploration task chain design, and multi-dimensional evaluation system construction throughout the process. The practical results have shown that the organic integration of biological physiological mechanisms, chemical solution properties, and molecular physics principles into the complete exploration process of winter wheat cold resistance mechanisms can effectively break down disciplinary knowledge barriers, transform the traditional learning mode of passive memory of textbook knowledge for students, guide students to independently construct knowledge systems, and comprehensively exercise scientific logical thinking and experimental exploration practical abilities. This teaching implementation model is transferable and easy to replicate, providing practical reference for the normalization of interdisciplinary integration and exploration courses for junior high school students in compulsory education.

Keywords: multidisciplinary integration; junior high school science; long term exploratory teaching; core competencies; cold resistance mechanism of winter wheat

引言

2022 年教育部印发的《义务教育课程方案》明确提出,各学科需统筹设计综合课程与跨学科主题学习,原则上每门学科不少于 10% 的课时分配给综合性主题学习,引导学生在真实问题解决中综合运用多学科知识,实现课程综合化与实践化的育人转向^[1]。同期发布的《义务教育科学课程标准》也将科学探究纳入核心素养框架,强调科学探究并非固定僵化的操作步骤,而是学生建构科学观念、发展科学思维的核心路径^[2]。

从学科本质层面分析,自然界真实存在的生命、环境现象不存在清晰的学科划分边界,单一分科知识点很难完整解释复杂自然规律。多学科整合教学以真实综合性问题为纽带串联不同学科理论、实验方法,长周期探究教学依托完整科学研究流程培养学生证据意识与逻辑推演能力,二者育人目标高度契合,共同服务于学生科学核心素养的长效培育^[3]。

但从一线教学现状来看,中学科学探究教学仍存在不少共性问题。谢昱圣在对初中科学探究教学的调研中指出,当前课堂普遍存在三类误区:一是重结果轻过程,以得出标准答案为最终目标,忽视学生的思维推演过程;二是重操作轻思想,将探究简化为实验步骤训练,弱化了科学方法与思维的培育;三是重形式轻本质,情境仅作为课堂导入的“引子”,未贯穿学习全程,学科知识之间缺少实质性关联^[4]。究其根本,是部分教师对探究教学的本质认知存在偏差,误将“体验活动”“掌握流程”作为教学目标,没能发挥探究在知识建构与思维发展中的核心价值。

基于此,本研究结合北方校园的种植条件,选取冬小麦越冬抗寒这一兼具生活性、探究性与跨学科融合空间的真实问题,设计覆盖完整生长周期的长周期探究活动,探索跨学科视角下中学科学探究教学的实施路径,为一线教学提供可落地的实践案例。

1 多学科整合长周期探究教学的设计与落地流程

1.1 打造贯穿全流程实景种植场域,生成持续性探究问题

沉浸式真实学习场景是激发学生长期探究内驱力的基础,也是打通书本理论与现实自然现象的重要桥梁。素养导向下的长周期探究课堂,必须让实景素材贯穿“问题产生-实验验证-规律应用”全部学习环节,让学生在真实观察、长期照料中自主发现问题、运用实验结论解释现实现象,真正理解科学知识的实用价值^[5]。传统课堂的情境设计大多仅用于新课导入,实验、习题、拓展环节脱离初始场景,造成知识与生活割裂,学生短期探究兴趣难以维

持,无法形成长期自主探究习惯。

本次教学以校园专属冬小麦种植试验田为核心实景载体,将真实种植场景贯穿整个 8 个月的完整探究周期。学生统一在每年 10 月上旬完成小麦播种,充分利用课后服务、课间活动、社团实践时段持续观测记录,完整跟踪冬小麦出苗、越冬休眠、春季返青、拔节、成熟全生长阶段。进入冬季低温时段后,学生通过每日实地观察能够直观捕捉典型现象:环境气温下降至 0℃ 上下时,冬小麦株高完全停止生长,但叶片始终保持青绿不枯萎,次年春季气温回升后可快速恢复生长。来自亲身长期观察的直观现象,自然生成课堂核心探究疑问:冬小麦为何能够在零度低温环境下存活?植株内部依靠何种生理机制抵御冻害?

后续全部实验室探究实验均采用学生亲手栽种培育的麦苗作为实验材料,最终总结得出的耐寒机理结论,还可延伸应用至大田农作物防冻、温室大棚温度调控、园林绿植越冬养护等农业、生活实景。全程连贯的实景场域既为探究提供原生问题、现成实验样本,也让学生在数月长期养护中建立对研究对象的情感关注,从被动完成课堂任务转变为主动持续探究,从根源上杜绝“形式化探究”的课堂顽疾。

1.2 设计分层递进式任务支架,实现学生探究能力阶梯式提升

长周期探究以综合性科学问题为核心驱动力,以证据收集、逻辑论证为核心学习环节。结合初中阶段学生具象思维为主、抽象逻辑逐步发展的认知特征,围绕“冬小麦抗寒内在机制”核心研究问题,搭建三级逐层递进探究任务支架,引导学生由浅层现象观察逐步深入微观本质探究,由单一学科碎片化思考转向多学科综合逻辑分析。

任务 1: 长期定点观测+横向对比调研,提炼可验证科学问题

自主提炼具备可操作性、可验证性的科学问题,是长周期探究的起点。为帮助学生从直观自然现象中剥离出标准化研究问题,教师统一设计标准化《冬小麦全生长周期观测记录表》,要求学生每月固定日期同步记录田间环境温度、整片麦田小麦平均株高,积累连续完整生长数据。

学生通过横向、纵向数据对比,首先明确客观事实:冬小麦在冬季低温阶段生长停滞,但植株不会死亡。结合日常生活认知,学生初期普遍提出猜想:冬小麦依靠特殊外形结构抵御严寒,与松柏、冬青等冬季常绿植物原理一致。针对该猜想,教师组织校园冬季常绿植物横向对比调研活动,学生实地观察松柏针状叶片、冬青叶片厚角质层等形态防冻结构,再和冬小麦薄软叶片做对比,直接排除

“依靠外形结构抗寒”这一猜想。通过对比、排除、筛选的逻辑训练,学生探究疑问逐步聚焦微观层面:既然外形结构无法抵御低温,是否是小麦细胞内部可溶性物质发生改变,以此提升植株耐寒能力?

在本阶段任务中,学生完成从宽泛生活化疑问到精准、可实验验证的科学问题的转化,逻辑辨析、问题提炼能力得到系统性锻炼,同时为下一阶段实验室探究划定清晰研究方向。

任务 2: 小组自主规划实验方案,独立完成实操探究

确定核心探究问题后,教师引导学生调动已学生物学科基础理论:生物性状由遗传物质与环境共同作用,遗传物质起主导作用;耐寒性作为冬小麦关键生理性状,必然对应专属细胞微观生理机制。结合课前分组查阅的农业生理相关文献资料,学生自主提出标准化研究假设:低温环境胁迫会刺激冬小麦叶片细胞合成更多可溶性蛋白质,细胞内可溶性蛋白积累量与植株耐寒能力呈正相关。

围绕预设研究假设,以 4 人小组为单位自主设计完整对照实验方案:挑选饱满度、活力水平完全一致的小麦种子,平均分为两组,在相同常温光照环境下统一培育至幼苗长出 2~3 片嫩叶;一组持续放置常温环境作为空白对照组,另一组转移至 4℃ 恒温冰箱完成低温胁迫处理作为实验组;持续处理 3 天后,分别取两组等量小麦嫩叶样本,使用 Tris-HCl 缓冲液充分研磨破碎细胞,提取叶片内部可溶性蛋白质,运用 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳技术对比两组样本蛋白质种类、含量差异^[6]。

整个实验实施阶段,教师仅针对电泳精密仪器操作等高难度技术环节提供操作指导,实验方案撰写、实验材料筛选、样本处理、完整操作流程全部交由学生小组自主完成。学生不仅熟练掌握蛋白质提取、凝胶电泳检测等专业实验操作技能,更深度理解对照实验、单一变量控制、重复实验等核心科学研究方法,实现从“照搬步骤完成实验”到“自主设计完整探究流程”的能力进阶。

任务 3: 多学科联动解析实验数据,搭建一体化完整知识网络

实验数据图谱分析、逻辑推理论证是长周期探究的核心环节,也是落实多学科整合教学的关键节点。学生观察电泳成像图谱后直观发现:低温胁迫实验组小麦叶片可溶性蛋白质条带数量更多、显色深度更深,证明低温环境会显著提升细胞内可溶性蛋白总量,初步验证前期提出的研究假设。

新的探究疑问随之产生:细胞内可溶性蛋白质含量升高,为何能够提升植株抗冻能力?仅依靠生物学细胞生理

知识无法完整解释整套作用机理,教师顺势引导学生调动化学、物理两门学科理论开展多学科联合逻辑论证。从化学溶液知识点切入,结合溶液依数性核心原理:溶液内部溶质浓度越高,对应凝固点数值越低;冬小麦细胞大量积累可溶性蛋白质,直接提升细胞液整体溶质浓度,降低细胞液冰点,避免低温环境下细胞内部水分结冰刺破细胞膜,保护细胞完整结构。再结合物理分子作用力理论补充分析:蛋白质分子表面大量亲水基团可与水分子形成稳定氢键,改变水分子原有聚集排布方式,进一步降低细胞液结冰温度,该理论可借助冰点测定仪完成量化实验验证。

通过分层拆解、多学科联动分析,学生构建起“宏观植株越冬现象—微观化学溶液特性—分子物理氢键作用”完整认知链条,清晰理解生命现象背后跨学科内在逻辑。该分析过程彻底打破分科教学造成的知识割裂壁垒,将零散、孤立的单科知识点串联成系统化知识网络,同时推动学生思维层次从记忆、理解低阶认知,升级至分析、综合、论证等高阶科学思维。

1.3 构建全过程多维评价体系,综合衡量多学科整合学习成效

多学科整合长周期探究具备实施周期长、教学环节丰富、核心素养覆盖全面的特点,单一纸质试卷测验无法完整、客观评价学生综合学习收获。结合本次冬小麦探究项目实施特征,参考多学科主题学习相关评价研究成果,采用过程追踪评价+多元化成果终结评价相结合的综合评价模式,从多个维度完整记录学生科学素养成长全过程^[7]。

(1) 全过程追踪评价:动态记录探究全流程能力发展。过程性评价贯穿探究从播种到实验结题全部阶段,借助三类标准化工具完成动态追踪记录。第一是小麦生长观测记录表,重点评价学生野外观察细致程度、数据记录规范性、基础数据对比分析能力;第二是个人专属探究档案袋,统一收纳学生实验方案初稿、实验室原始数据记录、文献摘抄笔记、各阶段学习反思等材料,完整留存学生探究思路变化、试错调整全过程;第三是小组互评+教师现场观察量表,重点评估学生小组合作沟通、主动质疑提问、阶段性任务完成质量。

全过程追踪评价不设置统一标准答案,更加关注学生课堂参与度、自主思考的完整过程,能够及时捕捉学生学习难点,方便教师动态调整教学支架、优化课堂指导策略,真正实现“以评价推动学习、以评价优化教学”。

(2) 多元化终结评价:支持学生个性化成果表达。终结评价摒弃传统单一笔试考核,为学生提供三类差异化成果输出路径,学生可结合自身特长自主选择结题呈现形

式。第一种为标准科学探究报告,完整呈现问题提出、研究假设、实验设计、数据结果、综合结论全流程,侧重考核学生科学文本撰写、逻辑梳理能力;第二种是课堂主题汇报演讲,面向全班完整展示探究实施过程与核心研究结论,侧重锻炼学生语言表达、现场论证能力;第三种是科普创意作品,以科普海报、科普短视频、手绘科普连环画等形式,向低年级学生讲解植物防冻相关科学原理,侧重考核学生知识迁移、创意转化与科普传播能力。

多元分层的终结评价模式,既能全面评估学生多学科知识掌握水平、综合探究实操能力,也充分兼顾学生个体特长差异,让不同学习基础、不同优势特长的学生都能在长周期探究中获得学习成就感。

2 教学实践反思与后续优化策略

本次多学科整合长周期探究教学实践基本达成预设素养育人目标,学生自主探究积极性、课堂逻辑思考活跃度相比常规分科课堂明显提升,但长达 8 个月的项目实施过程中,也暴露出三类现实教学难题,后续教学实践需针对性优化调整。

第一,长周期探究项目实施周期长与常规课时有限的矛盾突出。冬小麦完整种植观测周期覆盖秋、冬、春三个季节,持续近 8 个月,大量野外观测、实验室实验无法在固定 45min 正课时间内完成。本次实践主要依托课后服务、生物社团开展,参与学生覆盖范围有限。后续教学可重构分层任务体系,将日常观测、数据记录等低难度任务转化为寒暑假实践性作业,同时简化电泳等复杂实验操作流程,设计简化版课堂微型实验,让全部班级均可在常规课堂完成核心探究环节。

第二,多学科教师协同教研、联合授课深度不足。本次教学虽融合生物、化学、物理三类学科理论,但整体教学设计、课堂实施主要由生物教师独立完成,理化教师仅在理论分析环节提供碎片化知识点指导,学科融合存在浅层化问题。后续计划组建固定跨学科教研小组,生物、化学、物理教师共同打磨完整教学设计、联合开展课堂分段授课,充分发挥各学科教师专业优势,实现知识点深度融合、课堂协同教学。

第三,分层差异化教学落地效果不足。长周期探究全程学生能力分层差异显著:综合能力较强的学生可快速独立完成实验设计,主动提出拓展性延伸研究问题;基础薄弱学生在实验操作、多学科数据综合分析环节存在明显学习障碍。下一阶段将设计梯度化分层任务清单,为不同认知水平学生匹配难度差异化探究任务、配套分层指导材料,落实因材施教,缩小班级内部探究能力差距。

3 结论

依托多学科整合思路开展初中科学长周期探究教学,是落实 2022 版课程改革要求、全方位培育学生科学核心素养的有效实施路径^[8]。本文以冬小麦抗寒机制长周期探究项目为实践载体,通过搭建全程连贯实景种植场域、设计三层阶梯式探究任务支架、构建全过程多维综合评价体系,形成一套可复制、可推广的初中科学多学科整合长周期探究教学完整实施模式。

该教学模式将生物生理、化学溶液、分子物理相关理论自然融入真实自然问题完整解决流程,破除传统分科教学造成的知识碎片化问题,推动学生从被动背诵书本知识点转向自主整合建构完整知识体系,全方位提升学生科学逻辑思维与完整探究实践能力。与此同时,长周期多学科探究项目也为理化生跨学科集体教研提供了具体落地载体,对推动初中科学课堂教学模式转型、促进各科教师协同专业成长具备现实实践价值。后续将持续拓展多元化长周期探究主题,完善多维综合评价细则,逐步形成适配义务教育初中阶段、普适性更强的多学科整合科学探究教学实施经验。

【参考文献】

- [1]李高峰,杨洪斌.教师对《义务教育生物学课程标准(2022 年版)》理解的偏差及对策[J].天津师范大学学报(基础教育版),2026,27(3):59-64.
- [2]梁涛,王静文,张彩云.关于《义务教育科学课程标准(2022 版)》若干问题的思考[J].淮北职业技术学院学报,2025,24(4):50-54.
- [3]董艳,于浩,陈辉.跨学科主题学习的内涵再辨与实施路径[J].中国电化教育,2025(4):57-65.
- [4]谢昱圣.从“假探究”走向“真探究”——初中科学探究教学中的典型问题与解决策略[J].上海教育科研,2017(12):78-82.
- [5]周建秋.基于核心素养的初中科学情境教学的实践路径[J].现代中小学教育,2023,39(5):40-44.
- [6]王玉玲,康洁.低温胁迫对冬小麦苗期和拔节期生理生化特性的影响[J].河南农业科学,2004(5):3-6.
- [7]陈春云.跨学科主题学习的内涵、困境与突破策略[J].教育实践与研究,2023(33):4-6.
- [8]俞莉丹.素养导向下跨学科主题学习的现实困境与实施策略[J].教学与管理,2024(7):53-57.

作者简介:毕可雷(1986—),女,汉族,黑龙江大庆人,高级教师、博士、中国科学院生物物理研究所,研究方向为中学科技教育,项目式学习等。