

分类号: G623.6

单位代码: 10636

密 级: 公开

学 号: T1122021056

四川师范大学

硕士学位论文

(同等学力)



中文论文题目: 指向高阶思维能力培养的小学科学
PBL 活动设计行动研究

英文论文题目: Action Research on Designing Science PBL
Activities for Cultivating Higher-Order
Thinking Skills in Primary Schools

论文作者: 蔡雨双

指导教师: 王丽丽

专业名称: 课程与教学论

研究方向: 科学教学论

所在学院: 教育科学学院

论文提交日期: 2024 年 11 月 30 日

论文答辩日期: 2024 年 11 月 18 日

指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动设计行动研究

课程与教学论 专业

研究生 蔡雨双

指导教师 王丽丽

摘要 小学科学教育在培养学生的主动探索精神、批判性思维 and 创新能力等方面具有重要意义。然而，基于现有文献分析发现，国内小学科学教育普遍存在一些问题，如教学方法单一、缺乏深入拓展的教学环节、过分注重科学知识的传授，忽视了学生高阶思维能力的培养。鉴于小学科学教学所强调的实践性、探究性、自主性与项目式学习（Project-based Learning，简称 PBL）核心特征的高度契合，为发展学生高阶思维能力，本研究的核心议题是：构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架并通过行动研究验证其有效性。

本研究主要采用行动研究法开展。首先，使用文献研究法对国内外已有关于“高阶思维能力培养”与“小学科学项目式学习”相关研究的现状进行梳理总结。在分析过程中，对本研究关键词“高阶思维能力”“项目式学习”等进行界定与明晰；对布鲁姆认知目标分类理论、建构主义学习理论等进行深刻的理解与分析，为行动研究奠定了坚实的理论基础。

接着，设计《高阶思维力量表》作为高阶思维能力的测量工具，并以此对学生进行前测评估，发现学生高阶思维能力一般且学生间差距较大。同时，利用课堂观察法对小学科学课堂关于学生高阶思维能力培养的现状进行调查，发现当前科学教师对高阶思维能力的培养不够重视且缺乏有效途径。为突破以上困境，本研究从理论阐释和实证分析两方面论证了 PBL 活动培养学生高阶思维能力的可行性，并在此基础上设计出“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”，具体流程为：情境设置→明确问题→方案设计→探究实践→反思评估，每个环节又细化成若干个子环节，为接下来 PBL 活动的设计与实施提供了指导。

最后，对四（2）班实施三轮行动研究。三轮 PBL 活动主题为《乐器实验室》《光影魔术师》和《见“圾”行事，绿色“童”行》。每轮行动研究中都使用《高阶思维力量表》对学生进行后测，并通过对 PBL 活动手册完成情况进行分析、对 PBL 作品进行评价、发放主题知识问卷的方式综合分析学生高阶思维能力的发展，并以此不断改进活动框架中的环节。三轮行动研究的结果显示：随着“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”的不断优化，学生的高阶思维能力

不断提升，不同维度的高阶思维能力均得以发展。

本研究设计并改进了“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”，并在此基础上进行了三轮行动研究，结果表明其能够显著提升学生的高阶思维能力和学习兴趣。研究过程中不断迭代和优化所形成的 PBL 案例具有高度的可操作性，为一线教师提供了宝贵的教学参考。

关键词：高阶思维能力；项目式学习；小学科学教育；PBL 活动框架设计

Action Research on Designing Science PBL Activities for Cultivating Higher-Order Thinking Skills in Primary Schools

Major: Curriculum and Teaching Theory

Postgraduate: Cai Yushuang **Supervisor:** Wang Lili

Abstract: Primary school science education is crucial for fostering students' active exploratory spirit, critical thinking, and innovative abilities. However, an analysis of existing literature reveals common issues in primary science education in China, including a reliance on singular teaching methods, a lack of in-depth and extended teaching connections, and an excessive emphasis on the transmission of scientific knowledge at the expense of developing students' higher-order thinking skills. Given the strong alignment between the practicality, inquisitiveness, and autonomy emphasized in primary science teaching and the core principles of Project-Based Learning (PBL), this study aims to construct a framework for primary science PBL activities focused on cultivating higher-order thinking skills. Furthermore, the effectiveness of this framework will be validated through action research.

This study primarily employed an action research methodology. Initially, a literature review was conducted to summarize the current state of domestic and international research concerning the development of higher-order thinking skills and Project-Based Learning (PBL) in elementary school science. The keywords "higher-order thinking skills" and "project-based learning" were defined and clarified during this analysis. Additionally, a comprehensive understanding and analysis of Bloom's taxonomy of cognitive objectives and constructivist learning theory were undertaken, establishing a solid theoretical foundation for the research design.

Secondly, the "High-Order Thinking Ability Scale" was designed as a measurement tool for high-order thinking skills, and pre-tests were conducted on students with this scale, revealing that students' high-order thinking abilities were generally average with significant disparities among them. Concurrently, the current state of cultivating students' high-order thinking abilities in primary school science classrooms was investigated using classroom observation methods, and it was found that current science teachers do not place enough emphasis on the cultivation of high-order thinking skills

and lack effective approaches. To address these challenges, this study demonstrated the feasibility of PBL activities in cultivating students' higher-order thinking skills through both theoretical interpretation and empirical analysis. Based on these findings, we designed the "Framework of Primary School Science PBL Activity for Cultivating Higher-Order Thinking Skills," which involves the following specific process: Scenario Setting → Clarifying Problems → Program Design → Exploring and Practicing → Reflecting and Evaluating. Each of these stages is subdivided into several sub-links, guiding the design and implementation of subsequent PBL activities.

Finally, three rounds of action research were implemented across four classes. The themes of the three rounds of PBL activities were "Musical Instrument Laboratory," "Light and Shadow Magician," and "Seeing 'Trash', Acting 'Green' Children." In each round of action research, students underwent post-testing using the Higher Order Thinking Skills Inventory. The development of higher-order thinking skills was comprehensively analyzed by evaluating the students' PBL activity booklets, assessments of the PBL projects, and questionnaire surveys regarding subject matter knowledge. The links within the activity framework were continuously refined based on these analyses. The three rounds of action research results indicate that, with the ongoing enhancement of the "Primary Science PBL Activity Framework for Cultivating Higher-Order Thinking Skills," students' higher-order thinking skills have shown consistent improvement, with advancements observed across various dimensions.

This study concludes that implementing the Elementary Science PBL Activity Framework for Higher-Order Thinking Skills Cultivation can significantly enhance students' higher-order thinking skills and increase their interest in learning. The iterative and optimized PBL cases proved highly actionable throughout the three rounds of action research, offering valuable teaching references for practical teachers.

Key words: High-order Thinking Skills; Project-based Learning; Primary School Science Education; PBL Activity Framework Design

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
目 录.....	V
一、绪论.....	1
(一) 研究背景.....	1
1. 培养学生的高阶思维能力是新时期的迫切要求.....	1
2. 小学科学教学对 PBL 的现实需求.....	1
3. PBL 是培养学生高阶思维能力的有效途径.....	2
(二) 研究意义.....	2
1. 理论意义.....	2
2. 实践意义.....	3
(三) 国内外研究综述.....	3
1. 高阶思维能力的相关研究.....	3
2. PBL 的相关研究.....	9
3. PBL 对高阶思维能力培养的价值研究.....	15
4. 研究述评.....	16
(四) 核心概念界定.....	17
1. PBL.....	17
2. 高阶思维能力.....	18
(五) 理论基础.....	21
1. 布鲁姆认知目标分类理论.....	21
2. 建构主义学习理论.....	22
二、研究设计.....	24
(一) 研究对象.....	24
(二) 研究问题.....	24
(三) 研究方法.....	24
1. 文献研究法.....	24
2. 问卷调查法.....	25
3. 课堂观察法.....	28
4. 行动研究法.....	30

5. 访谈法.....	30
(四) 研究思路.....	30
三、小学生高阶思维能力水平及培养的现状调查结果分析.....	33
(一) 小学生高阶思维能力水平现状调查.....	33
1. 调查结果.....	33
2. 存在的问题及原因分析.....	39
(二) 基于小学科学课堂的学生高阶思维能力培养课堂观察.....	40
1. 观察结果.....	40
2. 存在的问题及原因分析.....	42
(三) 小学生高阶思维能力水平及培养的现状总结.....	43
四、指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架构建.....	45
(一) PBL 活动培养高阶思维能力的可行性分析.....	45
1. PBL 活动培养高阶思维能力的理论阐释.....	45
2. PBL 活动培养高阶思维能力的实证分析.....	49
3. PBL 活动培养高阶思维能力的可行路径.....	50
(二) 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架构建.....	51
1. 小学科学 PBL 活动基本要素.....	51
2. 小学科学 PBL 活动的流程.....	53
3. 培养高阶思维能力的小学科学 PBL 活动关键特征.....	54
4. 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架的雏形设计.....	56
五、行动研究的过程及结果.....	61
(一) 第一轮行动研究.....	61
1. 学习者分析.....	61
2. 学习内容概述.....	61
3. 学习目标分析.....	61
4. 活动实施过程.....	62
5. 活动实施效果分析.....	64
6. 指向高阶思维能力培养的 PBL 活动框架的第一次改进.....	70
(二) 第二轮行动研究.....	73
1. 学习者分析.....	73
2. 学习内容概述.....	74
3. 学习目标分析.....	74
4. 活动实施过程.....	75
5. 活动实施效果分析.....	77

6. 指向高阶思维能力培养的 PBL 活动框架的第二次改进.....	83
(三) 第三轮行动研究.....	85
1. 学习者分析.....	86
2. 学习内容概述.....	86
3. 学习目标分析.....	86
4. 活动实施过程.....	87
5. 活动实施效果分析.....	89
6. 指向高阶思维能力培养的 PBL 活动框架的第三次改进.....	94
(四) 行动研究的效果分析.....	95
1. 学生高阶思维能力前后测结果对比.....	95
2. 行动研究后期学生访谈.....	95
六、研究总结及展望.....	97
(一) 研究总结.....	97
1. 构建了指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架.....	97
2. 研究的创新点.....	98
(二) 研究反思.....	99
(三) 研究展望.....	99
参考文献.....	100
附 录.....	106
附录一：小学生高阶思维力量表（前后测问卷）.....	106
附录二：小学科学 PBL 活动培养学生高阶思维能力路径专家问卷.....	108
附录三：《乐器实验室》PBL 活动手册.....	110
附录四：《乐器实验室》作品评价表.....	117
附录五：《乐器实验室》主题知识问卷.....	118
附录六：《光影魔术师》PBL 活动手册.....	119
附录七：《光影魔术师》作品评价表.....	129
附录八：《光影魔术师》主题知识问卷.....	130
附录九：《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动.....	131
附录十：《见“圾”行事，绿色“童”行》作品评价表.....	144
附录十一：《见“圾”行事，绿色“童”行》主题知识问卷.....	145
附录十二：学生访谈提纲.....	146
后 记.....	147

一、绪论

（一）研究背景

1. 培养学生的高阶思维能力是新时期的迫切要求

2015年,国务院教育督导办发布的《国家义务教育质量监测方案》中科学学科监测的重点是测查生命科学、物质科学、地球与宇宙,知识的了解、理解和运用,科学问题的探究、解释、解决,学习兴趣、学习信心和学习习惯等^①。到2021年,《国家义务教育质量监测方案》中科学学科主要监测学生掌握科学基础知识和思维方法情况、科学探究能力等^②。这表明科学教育的关注点已从单纯的基础知识转向更高阶的思维方法运用和综合探究能力,以及他们在综合探究过程中展现的创新和批判性思维。

到2022年,教育部修订颁布的《义务教育科学课程标准》中明确指出“科学课程要培养学生的核心素养,主要是指学生在学习科学课程的过程中,逐步形成的适应个人终身发展和社会发展所需要的正确价值观、必备品格和关键能力,是科学课程育人价值的集中体现,包括科学观念、科学思维、探究实践、态度责任等方面。”^③新课程标准的提出,凸显了科学思维的培养在科学课程教育中的重要地位。高阶思维能力的培养,作为科学思维培养的核心,对学生的全面发展至关重要。

国家监测方案重点的转移和课程标准的修订对科学教育提出了新的挑战,传统教学模式已难以适应课程改革的要求。为顺应这一改革,需要将高阶思维能力的培养融入各种教学模式、教育理念、教学方法和教学过程中。通过这种融合,学生在问题解决能力、批判性分析能力和创新能力等方面将得到提升,这也是新时期教育的重要方向和迫切要求。

2. 小学科学教学对 PBL 的现实需求

根据《义务教育科学课程标准(2022年版)》中提供的教学建议,教师应基于核心素养确立确定教学目标;围绕核心概念组织教学内容;以学生为主体进行教学设计;以探究实践为主要方式开展教学活动^④。具体来说,科学教学应重视探究实践,通过创建生动的教学场景和提出引人入胜的问题来激发学生的好奇心,引导他们进行自主探索和集体讨论。

PBL——项目式学习(Project-Based Learning)的缩写,是一种创新的教学策略。其核心理念是让学生在参与真实项目的过程中,通过设计、执行和评估等环

① 国务院教育督导委员会办公室. 国务院教育督导委员会办公室关于印发《国家义务教育质量监测方案》的通知[EB/OL]. https://www.kmsx.com.cn/news_show.aspx?id=547, 2015-04-15.

② 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《国家义务教育质量监测方案(2021年修订版)》的通知[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A11/moe_1789/202109/t20210926_567095.html, 2021-09-24.

③ 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022版)[S]. 北京:北京师范大学出版社, 2022: 4.

④ 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022版)[S]. 北京:北京师范大学出版社, 2022: 118-120.

节, 锻炼问题解决、团队协作和创新思维等关键能力。在小学科学教育领域, PBL 能够显著提升学生的主动性。通过观察、实验和调查等实践活动, 学生的实践技能和科学推理能力得到深化。这种学习方式通常聚焦于学生感兴趣的课题, 从而激发他们的学习热情, 促使他们更加投入地参与学习过程。在项目中, 学生的自主选择和决策不仅增强了他们的自主学习能力, 还提升了自我管理技巧。此外, PBL 通过跨学科整合, 促进了知识的综合应用, 帮助学生将科学概念与其他学科领域相联系, 构建起全面而深入的知识体系。这种教学模式的综合性和实践性, 与现代教育倡导的学生中心、探究为本的教育理念相契合, 满足了教育改革对于培养学生主体性和实践能力的要求。

因此, 科学学科的特性与 PBL 的核心特征有着自然的契合度, 它们的属性和观念相互呼应。在科学课程中融合 PBL 的方法, 可以使得科学知识的学习更加系统化和深入, 满足了新课程标准下科学教育的现实需求。

3. PBL 是培养学生高阶思维能力的有效途径

PBL 已被多次证实是培养学生高阶思维能力的有效途径。国内外的研究表明, PBL 通过提供真实情境下的问题解决机会, 激发学生的主动探索和深入思考, 从而有效培养学生的分析、综合、评价和创造等高阶思维能力。例如, 国外的研究者 Harmer 和 Stokes 认为 PBL 是一种以学生为中心的教学方法, 它促使学生在教师的有限指导下, 在协作小组中解决实际问题, 以获得高阶思维技能^①。国内学者赵永生等人在《高阶思维能力与 PBL》文中指出: 高水平的项目式教学具有高阶学习教学模式的所有主要特征, 是高阶学习的最佳教学模式^②。在教师的引导下, 学生被鼓励自主开展具有开放性的项目, 这一过程重视的是学生的实践和探索, 而非仅仅关注最终成果。这种教学方法有助于锻炼学生的问题解决技巧和探究能力。同时, 通过信息交流和逻辑推导, 学生的高阶思维能力, 如概念化思维, 得到了有效的培养和提升。

综上所述, PBL 因其问题导向、以学生为中心、注重实践的特性, 已成为培养学生高阶思维能力的重要途径。故本研究将设计指向高阶思维能力的小学科学 PBL 活动框架用于指导实际科学教学, 力求突破目前学生思维主要处于低阶水平的困境。

(二) 研究意义

1. 理论意义

本研究构建了指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架, 在如何通过具体的教学活动促进学生高阶思维能力的发展方面提供了新的视角和方法。其次,

^① Harmer N A, Stokes A. The benefits and challenges of project-based learning: A review of the literature[J]. PedRIO, 2014, 10(02): 6.

^② 赵永生, 刘鑫, 赵春梅. 高阶思维能力与项目式学习[J]. 高等工程教育研究, 2019, 36(06): 146.

本研究有助于深化对 PBL 在小学科学教学中应用效果的理解,明确 PBL 在激发学生探究兴趣、培养科学态度和方法,以及提升科学素养方面的积极作用。最后,还能够为教师提供实证基础,指导他们在实际教学中更有效地设计和实施 PBL 活动,从而促进学生综合能力的全面提升。

2. 实践意义

本研究以构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架为目的开展了行动研究。在行动研究中把高阶思维能力的训练融入小学科学课堂,利用 PBL 活动框架设计教学活动来培养学生的高阶思维能力,一方面,这些案例有助于教师直观地了解学生高阶思维能力的发展状况;另一方面,它们为小学科学教师在培养高阶思维能力方面提供了具体的 PBL 活动实例。这些实例不仅为一线科学教师提供了实践上的参考,还激发了他们根据具体教学情境进行创新和本土化开发的灵感,有助于教师在真实的课堂环境中调整和完善教学策略以培养学生的高阶思维能力。

(三) 国内外研究综述

1. 高阶思维能力的相关研究

通过在中国知网总库中,以主题含有“高阶思维能力”为关键词,更新时间不限,中英文扩展进行搜索,发现高阶思维能力的有关研究中外文文献共计 6749 篇,知网中显示其学术关注度及增长率近十四年趋势如图 1.1 所示。由图可知,近年来,国内外学术界对“高阶思维能力”的关注度较高,2019—2021 年期间最盛,近些年热度虽有所下降,但仍是学者们关注的热门研究方向。



图 1.1 “高阶思维能力”有关中外文献发表增长率及学术关注度年度趋势图

通过在知网上查询到“高阶思维能力”相关研究所涵盖的学科发现(见图 1.2),对于高阶思维能力的研究主要集中于中等教育、教育理论与教育管理、高等教育等,涉及初等教育的文献仅 64 篇,关注度较低。

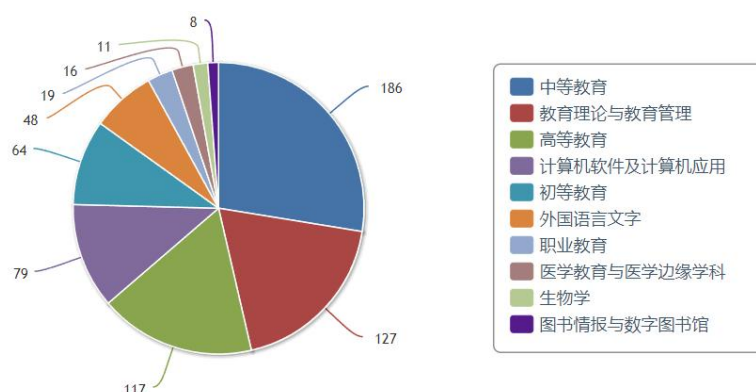


图 1.2 “高阶思维能力”有关中外文献学科分布图

以下主要从高阶思维能力的内涵、培养以及评价三个方面来总结分析高阶思维能力的研究。

(1) 高阶思维能力的内涵研究

目前对高阶思维能力内涵的研究数量并不多，且国内外学术界就高阶思维能力还没有形成统一的认识，对于高阶思维和高阶思维能力的区分也莫衷一是。

对高阶思维的内涵研究主要源于 20 世纪 50 年代，美国著名的教育和心理学家本杰明·布鲁姆（Benjamin Bloom）教授提出的教育目标分类学，他将教育目标分成了六个层级，从简单到复杂依次是：知识、理解、应用、分析、评价、创造^①。2001 年，安德森与克拉斯沃尔等人联合对布鲁姆教育目标分类学进行修订，并根据人的认知过程和规律，将认知过程分为：记忆、理解、应用、分析、评价和创造六个维度，其中记忆、理解、应用被认为是“低阶思维”，而分析、评价、创造被认为是“高阶思维”^②（如图 1.3 所示），进入 21 世纪以后进行的高阶思维研究多以这个修订后的布鲁姆教育目标分类为基础^③。



图 1.3 布鲁姆教育目标分类视角下的高阶思维

① 安德森著. 学习、教学和评估的分类学——布鲁姆教育目标分类学[M]. 皮连生主译. 上海: 华东师范大学出版社, 2007: 3-4.

② L. H. 克拉克, I. s. 斯塔尔. 中学教学法(下)[M]. 赵宝恒, 蔡俊年译. 北京: 人民教育出版社, 1985: 54-55.

③ 周玉珍. 基于项目式教学培养中职学生高阶思维能力的研究与实践——以《图形图像处理技术》课程为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2022.

还有一些国外学者从高阶思维的产生方式、思维特征等方面描述了高阶思维的内涵,如恩尼斯(Ennis)将高阶思维视为基于推断原则来组织零散信息以构建系统化有序信息的复杂处理技巧^①。瑞斯尼克(Resnick)认为高阶思维具有以下特征:它们通常是不规律和复杂的;能够衍生出多样的解决策略;需要依据多种不同的评价标准进行考量;具备自我调节的能力;常常伴随着不确定性^②。Sternberg提出具有“认知复杂性、低规范度、无明显结构性”特征的思维方式为高阶思维^③。Presseisen B Z 将高阶思维定义为问题解决、决策、批判性思维和创造性思维能力^④。Amaral, O. M 把高阶思维能力的教育概括为对学生进行批判性思维和创造性思维的过程^⑤。虽然国际上的专家们尚未就此达成一致,但是他们普遍认为高阶思维是发生在较高认知水平层次上的心智活动或认知能力。

目前我国学者对高阶思维能力内涵的认识也没有统一。高阶思维是一种相对抽象的概念,学者们对于高阶思维与高阶思维能力的界限没有进行明确的区分。但一般认为高阶思维能力可以被视为高阶思维的组成部分,它代表了从能力角度对高阶思维的描述和理解。

钟志贤教授认为高阶思维能力是以高阶思维为核心,能够解决问题或复杂任务的心理特性,更确切地说,它指的是问题求解、决策制定、批判性思维和创造性思维的能力,它是一种将分析性、创造性和实践性思维相结合的能力^⑥。解月光博士认为高阶思维是具体思维发展到抽象思维的高级综合能力的具体体现,高阶思维能力应包括批判性思维能力、创新能力、问题求解能力、自我调节能力、决策能力等高级综合能力^⑦。张浩等研究者将元认知能力归入高阶思维能力范畴^⑧。刘红梅总结大量学者的研究,认为高阶思维能力是一种位于“更高层次认知状态”下的心理行为或者说认知技能,它体现在教学目标分级的分析、综合、评估和创新等环节;而高阶思维能力则是高阶技能的核心部分,主要涵盖的是创意思维能力、解决问题的能力、决断力和批评性的思维能力这些关键因素^⑨。华蕾从不同角度对高阶思维能力进行解读,在信息检索方面,高阶思维能力体现在对信息的选

① Edy Suprpto, Fahrizal Fahrizal, Priyono Priyono, Basri K. The Application of Problem-Based Learning Strategy to Increase High Order Thinking Skills of Senior Vocational School Students[J]. International Education Studies, 2017, 10(06): 124.

② Stanley D. Ivie. Ausubel's learning theory: an approach to teaching higher order thinking skills[J]. The High School Journal, 1998, 82(01): 40.

③ Sternberg R J. Thinking styles[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 22.

④ Presseisen B Z. Thinking Skills Throughout the Curriculum: A Conceptual Design[J]. Educational Practices, 1985, 15(01): 3-57.

⑤ Amaral, O. M, Garrison L. Missing the forest for the trees[J]. Journal of Science Education and Technology, 2019, 27(16): 160.

⑥ 钟志贤. 促进学习者高阶思维发展的教学设计假设[J]. 电化教育研究, 2004, 25(12): 21.

⑦ 解月光, 袁文铮. 在中小学学科课堂教学中如何培养学生的高阶思维[J]. 中国信息技术教育, 2017, 16(22): 6.

⑧ 张浩, 吴秀娟, 王静. 深度学习的目标与评价体系构建[J]. 中国电化教育, 2014, 35(07): 51-55.

⑨ 刘红梅. 项目教学模式在中职计算机应用基础课中的应用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2012.

择和评估，超出了简单的识记水平；在信息处理方面，高阶思维能力体现在分析和综合水平，超出了理解和掌握的水平；在思维监控方面，高阶思维能力注重更强的“元认知”能力^①。华东师范大学汪茂华博士认为高阶思维主要包括思维能力、思维倾向、领域知识、方法论知识四个部分，它们之间的关系如图 1.4^②所示：高阶思维的核心由高阶思维能力和高阶思维倾向共同构成。在具备领域知识和方法论知识的基础上，这些要素在特定任务情境的推动下，共同促进高阶思维过程的激活与高阶思维的发展。

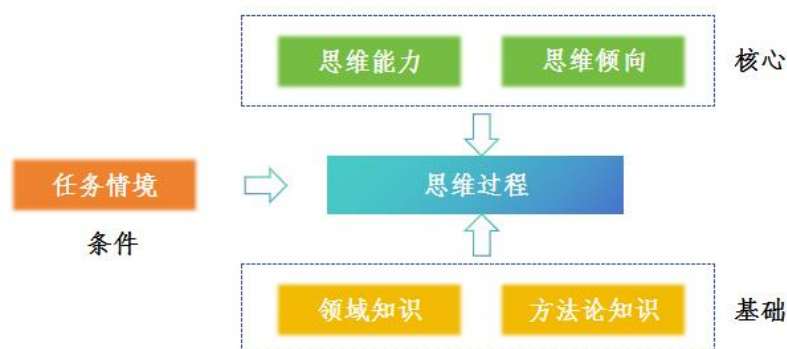


图 1.4 高阶思维内涵

总而言之，国内学者关于高阶思维能力内涵的主流观点认为，高阶思维能力是一种发生在较高认知水平层次上的认知能力。它不仅仅要求对信息的简单处理，而是涉及分析、综合、评价和创造等更高层次的认知过程，通常包括批判性思维能力、创新创造能力、问题解决能力、自我调节能力等。

（2）高阶思维能力培养的研究

高阶思维能力并非天生的，而是在后期持续地被塑造并磨炼出来的。早在十九年代初期的文章《美国的核心目标：对大学及学院的教育改革建议》^③里，全国高校联盟就已经清晰阐明了“必须致力于提升孩子的思辨才能”这一观点。哈佛大学心理学教授戴维（D. Perkins）认为：“高阶思维是可以培养和训练出来的，良好的思维能力，就像百米赛跑一样，是一种技术、技巧上的训练结果。最有效的高阶思维教学是与学科相整合的教学”^④。帕金斯也指出，高阶思维能力是一种必须经过持续练习才可掌握的能力^⑤。由此可见，通过具体的培养策略可以培养学生的高阶思维能力。

① 华蕾. 高中物理教学中培养学生高阶思维能力的实践研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2010.

② 汪茂华. 高阶思维能力评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018: 99.

③ Toolin R E. Striking a balance between innovation and standards: A study of teachers implementing project-based approaches to teaching science[J]. Journal of Science Education and Technology, 2004, 13(13): 179-187.

④ Louisiana Teacher Assistance and Assessment Program. What is HOT? Higher Order Thinking[R]. May 1996, Revised July 1998, 1999, 2000.

⑤ Goldstein O. A project-based learning approach to teaching physics for pre-service elementary school teacher education students[J]. Cogent Education, 2016, 3(01): 1200833.

国外对高阶思维能力的培养主要有两个方向：第一个是关于概念性的理解，比如霍华德·加德纳在《多元智能》中提到，人类的智能是多元的，主要由八项组成：语言智能、数学逻辑智能、空间智能、身体运动智能、音乐智能、人际智能、自我认知技能、自然认知智能^①。个体之间在智能优势上存在差异，这为针对各自独特的智能特征，发展相应的思维技能提供了可能。该理论也被认为是高阶思维能力培养的理论基础之一。第二个是注重于实操方面的探索，例如恩尼斯（Ennis）在1990年归纳的培养高阶思维的三种教学实践模式：“过程”模式、“内容”模式与“注入”模式^②。“过程”模式提倡将思维技巧的训练作为一个独立领域，从正规课程中抽离出来，进行有组织的教授，目的是让学生能够跨学科地应用他们学到的认知技巧；“内容”模式则认为，某些认知技巧的学习应该与特定学科的教学紧密结合，如数学、物理等，以实现学科知识和思维技能的同步提升；“注入”模式强调在教学过程中融入创造性思维和批判性思维等高阶思维技巧，目的是培养学生评估、创造和表达观点的能力，让学生能够在日常生活实践中灵活运用这些高阶思维技能。再如Kizlik B发现，课堂讨论是培养高阶思维的一种有效策略，在这课堂讨论中，事实材料是以直接、合乎逻辑的方式呈现，可以给学生提供启发性的体验，并且，它还是传递教师口语信息最有效的方式^③。

尽管国外研究人员很早就关注到了高阶思维能力培养的问题，但他们中的大多数人仅局限于理论层面的探讨，虽有一些实际应用，但也仅限于提出可能的方法，将其与基础教育阶段的特定课程结合起来的研究较少。

国内对高阶思维的培养研究更加注重于具体学科领域，并且还提供了针对性的教学方法。文科方面，艾礼岗依据他在课堂上的发问情况，解析当前学生的低级思维水平出现原因，归纳并推导出一系列有助于在英语学科中提高学生高阶思维能力的教学技巧：巧设疑难，培养学生质疑能力；问题设置有梯度，引导学生自主分析；师生共思考，增强学生评价能力；变换提问方式，激发学生创新性思维等提问策略^④。雷韬强调高中政治课程能够更好地提高学生的高阶思维能力，为了激发学生学习的主动性和创造力，需要利用课堂环境、创建场景及提问的方式去引导他们发展思维能力^⑤。零兰清基于最新版布鲁姆知识目标分类法和高中历史的新标准，深入探讨了在核心素质视角下的方法，用于指导学生的高阶思维训练：筑牢学科基础，促进高阶思维能力的发展；巧设指向学生高阶思维能力发展的课堂教学问题；巧设指向学生高阶思维能力发展的课堂教学问题；创新课堂教学形

① 霍华德·加德纳著. 多元智能[M]. 沈致隆译. 北京: 新华出版社, 2023: 8-29.

② 李金阳. 指向高阶思维能力提升的初中议论文教学研究[D]. 牡丹江: 牡丹江师范学院, 2024.

③ Kizlik B. Instructional methods information[J]. Adprima, 2012: 91-92.

④ 艾礼岗. 基于高阶思维能力培养的高中英语阅读课堂提问策略研究[D]. 汉中: 陕西理工大学, 2021.

⑤ 雷韬. 高中思想政治课堂培养高阶思维能力探析[J]. 华夏教师, 2020, 9(07): 47-48.

式,发展高阶思维能力;创设深度学习活动,激活高阶思维能力^①。至于理科教学部分,李俊永、许光曙、王长江解释了设计问题情景可以构建一种以解决问题为中心的教育模式,这对培养学生的高阶思维能力具有重要价值,同时也分享了这种问题情景与高阶思维培训的具体实施步骤。于俊杰^②利用调查问卷及访谈的方式,了解到当前学生的高阶思维能力状况,然后对其结果进行解析后制定出一套适合教师提升学生高阶思维能力的数学教学方案^③。为了提升学生的高阶思维能力,任华交通过探讨数学理论、自我反省和独立评价这三个层面以促进学生对知识的深度理解与高阶思维能力的提高^④。而吕雪晴则是首先自行构思了相关课程的设计方案,接着将其应用于实际授课环境,并对该策略用于激发学习者的高阶思维能力的影响进行了深入研究^⑤。

总的来说,国内学者在高阶思维能力培养的实践操作方面非常看重,把学科教育和高阶思维能力的培养相联系,通过多种方式探讨如何提升学生的高阶思维能力。

(3) 高阶思维能力评价的研究

通过文献研究发现国外对高阶思维能力评价的研究先于国内,并且形成了一些适用于学生的评价体系。比如国际学生评价项目(PISA)、国际数学与科学教育成就趋势调查(TIMSS)和国际阅读素养发展项目(PIRLS),从不同角度评价学生的高阶思维能力。其中PISA主要是针对数学、科学和阅读三个领域。TIMSS研究重点在于评估参与国的四年级与八年级学生在数学和科学两门学科上的表现。PIRLS是一项由国际教育成就评估协会(IEA)发起的研究项目,其目标是评估和深入分析全球不同国家和地区小学四年级学生的阅读技能水平。这些评价体系通过不同的测试和评估方法,全面地评价了学生的高阶思维能力。

20世纪70年代,John D. Ross与Catherine M. Ross共同研究开发出罗斯高阶认知过程的测试工具^⑥。他们设计了一个包含105个题目的问卷,这些题目覆盖了七个关键领域,包括逻辑推理、问题解决、创造性思维、信息分析、元认知技能、批判性思维和决策制定等方面。这一工具在教育、心理学研究以及人才选拔等多个领域中得到了广泛应用。

由此可见,国外学者在高阶思维能力评价的领域进行了深入的研究,其成果为国内研究者在本土化评估高阶思维能力方面提供了坚实的理论基础和指导原则。

在当前的各学科核心素养评价的理论框架中,与高阶思维有关的表述大多根

① 零兰清. 核心素养视角下高中历史高阶思维能力培养研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2021.

② 于俊杰. 基于高阶思维能力培养的高中数学教学策略研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2021.

③ 李俊永, 许光曙, 王长江. 创设物理问题情境发展高阶思维能力[J]. 物理教师, 2021, 42(11): 31-36.

④ 任华交. 新课程理念下培养学生高阶思维能力的实践研究[J]. 中国教育月刊, 2020, 41(S1): 64-65.

⑤ 吕雪晴. 高阶思维能力培养取向的高中生物学项目学习实践研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2021.

⑥ 万昆, 饶宸瑞, 徐如梦. 国际教育领域学习投入度研究的焦点与转向[J]. 现代教育技术, 2021, 31(04): 37.

据其使用情境来进行分类的^①。例如国内很多关于高阶思维能力的测评是以具体学科知识为载体。邓泓为测量学生物理高阶思维能力水平，在布鲁姆的教育目标分类学说和钟志贤教授的高层次思维能力四个维度的基础上，针对物理课程具有的学科特征，制作学生 HOTS（Higher Order Thinking Skills，高阶思维能力）问卷^②。赵伟聪同样以钟志贤四个维度的高阶思维能力为指标，进行了高中生地理高阶思维能力的现状调查^③。汪茂华博士通过对高阶思维内涵的梳理，对高阶思维与高阶思维能力之间的关系进行了界定和区分，进而确定了高阶思维能力的构成要素，并在学科本质分析的基础上建立了高阶思维能力的评价框架^④。马玲在其硕士论文中对 PISA 科学试题进行针对性修改，以高一学生为研究对象，编制了一套测量高一学生化学高阶思维能力测评工具，并从高阶思维能力培养重要性的认识、化学高阶思维能力进行发展提高的现有环境以及学习者在进行学习时教师所安排的教学活动三个方面针对性地提出了关于学生化学高阶思维能力的培养教学策略^⑤。

总体而言，评估学生的高阶思维能力一直是学术领域中的一个挑战，目前尚未形成一个普遍认可的评价体系。虽然我国的教育专家已经尝试通过调整现有量表或创建新的量表来衡量这些能力，但大多数研究依然依赖于问卷调查法。这表明，高阶思维能力的评估工具尚需进一步的开发和验证。

2. PBL 的相关研究

通过在中国知网总库中，以主题含有“项目式学习”为关键词，发表时间不限，中英文扩展进行搜索，发现项目式学习的有关研究中外文文献共计 10929 篇，知网中显示发文量近十四年趋势如图 1.5 所示。由图可知，近年来，国内外学术界对“项目式学习”的关注度逐年增加，呈明显的上升趋势。

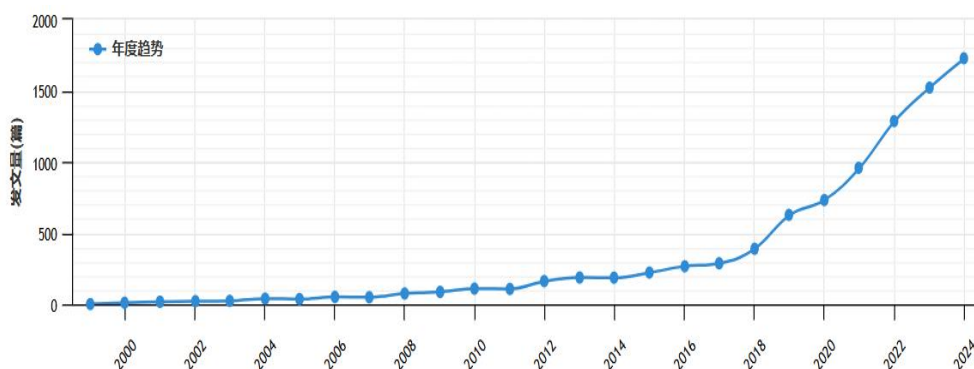


图 1.5 “项目式学习”有关发文量年度趋势图

- ① 马淑凤, 杨向东. 什么才是高阶思维? ——以“新旧知识关系建立”为核心的高阶思维概念框架[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2022, 40(11): 65.
- ② 邓泓. 高中物理教学中高阶思维能力的培养探究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- ③ 赵伟聪. 高中地理教学中高阶思维能力的培养策略[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2020.
- ④ 汪茂华. 高阶思维能力评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- ⑤ 马玲. 高一学生化学高阶思维能力现状及培养对策研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2018.

以下主要从 PBL 的发展历程、内涵、应用、评价以及其在小学科学中的实践五个方面来总结分析 PBL 的相关研究。

(1) PBL 的发展历程

PBL 的最初起源于欧洲建筑行业。1577 年在罗马建立的圣卢卡学院把艺术创作作为培养目标^①，为学生提供具有挑战性的设计项目。1969 年，加拿大麦克马斯特大学医学院正式引入了 PBL 教学模式，并逐步将这一概念拓展至工程教育、职业教育并向更多高校以及中小学教育领域传播。20 世纪初期，美国的“专题性”教育得到了蓬勃发展，形成了一套比较完整的教育理论。随着建构主义学习理论的兴起，PBL 开始被广泛接纳和推广。特别是进入 21 世纪以后，PBL 已经在美国的许多学校和课程中得到广泛应用。从此，PBL 的运用范围不断扩大，涵盖了各个年龄段的教育机构，包括高等学府及基础学校^②。

另一方面，20 世纪 20 年代开始，设计教学法被引入我国，这可视为我国 PBL 研究的开端。然而，受限于当时的社会环境，并未形成广泛的研究热潮。进入 20 世纪 90 年代，随着国际上 PBL 研究热度的增加，它再次引起了国内学者的关注。1998 年，洪长礼首次在学术领域发表了探讨项目教学法的论文，题为《项目教学法培训效果的初步研究》，但是这篇文章并不在教育领域，而是企业培训领域的。直至 2001 年《基础教育课程改革纲要（试行）》的发布，PBL 才逐渐进入到职业教育、信息技术及基础教育等领域^③。

(2) PBL 的内涵研究

“项目”这个概念首次用于教育，源于杜威“做中学”，“项目”是可以激发孩子们兴趣并值得他们为现实生活进行深度调查研究的一门课程，它可以由一个班或者一个小组进行，适用于所有年龄段的学生，由此产生了“项目式学习”的概念。它围绕学科知识概念和原理，以成果演示为目标，在实践中利用多种资源进行探究，强调在特定的时期里，通过一系列有联系的问题来开展探索教学^④。美国著名教育学家屈伯克于 1918 年首次提出“项目式学习”的概念，他指出 PBL 是建立在学生兴趣和需求之上，经过有目的的探究活动作为教学过程的主体内容或是有效学习的依据^⑤。

国际上还有很多学者对 PBL 提出了不同的内涵理解。John Thomas 认为 PBL 是以模糊且复杂的实际任务为基础，通过在问题的解决过程中开展工程设计和活动探索，使学生的自主性和协作性得到充分的发展，最后，以项目成果制作或展

① 刘育东. 国外项目学习的历史沿革及发展趋势[J]. 教育理论与实践, 2019, 39(19): 60.

② Phillips, Denis Charles, ed. Encyclopedia of educational theory and philosophy[M]. New York: Sage Publications, 2014: 666.

③ 周丽萍. 地理核心素养培养视域下的项目式学习研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2020.

④ 王文静. 情境认知与学习理论研究述评[J]. 全球教育展望, 2022, 31(01): 51.

⑤ 威廉·赫德·克伯屈著. 教学方法原理——教育漫谈[M]. 王建新译. 北京: 人民教育出版社, 1991: 58.

览等方式完成项目^①；Jones 认为 PBL 在狭义上强调教学情境中的项目学习，认为项目学习的最大特征是以产品或者陈述等形式为结果^②；Markham 把项目学习定义成一种学习方式，学生不仅学习课程的核心知识同时也 将他们所学的知识应用到实际问题的解决上，学习中学生利用数字工具通过团队合作产出高质量的产品^③。

国内学者们也对 PBL 进行了多种本土化的描述。夏雪梅认为：项目式，是用问题来引导学生去思考、探究概念，它是以问题作为学习的出发点并围绕问题解决而展开的学习^④；胡雪涵认为 PBL 是在教师的引导下，学生通过项目小组合作的形式，以解决实际生活中的问题为主要目标^⑤。在项目学习活动中，学生利用已有的知识和技巧，借助教师所提供的各种原材料制作项目作品，最终实现知识的建构与自身素质的提高的过程；程里会认为项目式是指让学生在真实的情境中，通过对一个复杂的问题充分参与，在独立探索、合作交流的过程中，精心地设计出成果，从而获得知识和技能，从而提升他们综合素质^⑥。

综上所述，可以发现关于 PBL 的内涵有众多表述形式，总结可得：PBL 是一种学生中心的教学模式，通过让学生参与到真实世界的问题解决过程中，以项目的形式进行探索和学习。PBL 强调学生的主体性和教师的引导作用，通过项目的方式促进学生的深入学习和实际问题解决能力的提升。

(3) PBL 的应用研究

有关 PBL 的应用研究主要有两个方面，一是 PBL 模式的研究（国外聚焦），二是在具体学科的实践应用（国内聚焦）。

随着对 PBL 的研究与创新，已经形成了多个版本的 PBL 模式，如美国的卢卡斯教育研究模型、巴克的学习模型等。卢卡斯教育研究模型是国外关于 PBL 方法的代表。根据卢卡斯研究机构的“严格准则”，该研究机构提倡的项目目标是让学科知识与实际操作相结合，以便为学生的深入学习提供助力，能让学生有机会多次对所学内容进行调整、反省并优化^⑦。巴克的学习模型所定义的项目式的“金标”包含三大部分：一是针对学生的学习要求；二是项目的基本结构因素；三是基于项目的实际操作教学^⑧。该理论强调，能使学生充分吸收知识且积极参与的项目应满足如下条件：项目要有足够的挑战性，持续深入探讨问题，保持真实性和

① Thomas J W. Project-based learning: A review of the literature[J]. Improving schools, 2016, 19(3): 267.

② Jones: B. F. Rasmussen. C. M. Moffitt, M. C. , Real life problem solving: a collaborative approach to interdisciplinary learning[M]. Washington DC: American Psychological Association, 1997: 3.

③ Markham: T. , Project Based Learning[J]. Teacher Librarian, 2011, 39(02): 38-42.

④ 夏雪梅. 项目式学习设计：学习素养视角下的国际与本土实践[M]. 北京：北京教育科学出版社, 2018: 2-16.

⑤ 胡雪涵. 基于项目式的小学 STEM 课程开发研究[D]. 重庆：西南大学, 2021.

⑥ 程里会. 小学高段数学文化项目式的教学策略研究[D]. 重庆：西南大学, 2022.

⑦ 巴克教育研究所著. 项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法（第 2 版）[M]. 任伟译. 北京：教育科学出版社, 2008: 45-48.

⑧ 罗伯特·M·卡普拉罗, 玛丽·玛格丽特·卡普拉罗, 詹姆斯·R·摩根著. 基于项目的 STEM 学习[M]. 王雪华, 屈梅, 赵中建译. 上海：上海科技教育出版社, 2016: 13 上海：上海科技教育出版社, 2016: 13.

客观性，让学生拥有话语权和自主选择的机会，全过程需进行自我反省和调整，最终成果要得到公开展示^①。

PBL 在具体领域和学科中的应用研究是近年来的热门研究方向。统计中国知网总库以“项目式学习”为主题的相关文献（发表时间不限，中外文拓展），其所涵盖的具体领域见图 1.6。

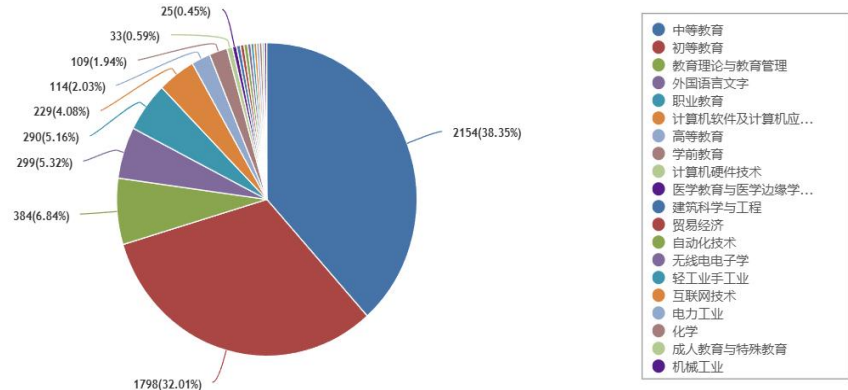


图 1.6 “项目式学习”相关文献学科分布图

由图可知，PBL 最热门的应用领域为中等和初等教育。以国内学者为例，在中小学教育方面，李倩结合 PBL 模式与信息技术课程开展研究，探讨了项目学习模式在信息技术课堂中的教学效果^②。白茹成功地把 PBL 应用到了乡村小学校园内的科学教育领域，并且针对如何改进这种模式下的农村小学科学教学实践提供了有效的策略^③。王爽强调需要转变教师角色来执行 PBL 法，同时他指出应合理分配讲解理论的时间，确保各个阶段有连贯性和逻辑关系，突破传统的一元化思考模式，掌握网络化的教学思路，充分利用团队合作在小群体中发挥的作用，推动所有学生的进步^④。在职业教育领域，广州美术学院在设计专业课程中成功应用了项目教学，效果显著^⑤。在高等教育领域，杨莉萍、韩光于 2012 年发表的文章《基于 PBL 模式的大学英语学术写作教学实证研究》，将该模式应用于英语写作教学中，研究表明，PBL 使学生获得了更多体验真实世界和应用语言的机会，增强了学生的创新意识以及英语写作能力^⑥。

总体来说，国内外学者都相当注重 PBL 的应用，并已在多个学科及领域取得了实践成果。PBL 的广泛应用和实践成果表明，它是一种能够满足 21 世纪教育需求的有效教学方法，有助于培养学生适应快速变化世界所需的关键技能。

① 李莉. PBL 教学法研究述评[J]. 甘肃科学, 2021, 37(01): 71-73.
 ② 李倩. 基于翻转课堂的项目教学在高职课程中的应用研究——以《网页设计与制作》为例[D]. 河南: 河南师范大学, 2015.
 ③ 白茹. 项目教学优化农村小学科学教学活动的设计与应用研究[D]. 甘肃: 西北师范大学, 2018.
 ④ 王爽. 初中数学项目热的冷思考[J]. 科技风, 2024, 37(06): 59.
 ⑤ 刘晓卉. 基于项目式学习的小学科学教学设计与实践研究[D]. 广西: 广西师范大学, 2020.
 ⑥ 杨莉萍, 韩光. 基于项目式模式的大学英语学术写作教学实证研究[J]. 外语界, 2012, 32(05): 8-16.

(4) PBL 的评价研究

学术界对 PBL 的评价有多种方式。国外学者 Blanco J M 采用基于项目的评价、螺旋学习评价以及同学之间的相互评价,经过三年追踪研究,验证了这种评价模型的有效和全面^①。Garcia Varcalle 及其团队挑选了超过一百名小学生作为研究样本,并针对他们开发了一套 PBL 的评估量表。通过学生答题情况不仅测量了该量表的信效度良好,还验证了项目式对教学的促进作用^②。

国内学者对 PBL 的评价也有研究。陈亚鹏依据互联网的学习特性构建了一套适用于在线教学环境的 PBL 塔形评分系统,有助于提升教师对线上 PBL 的监督效果,能引导教师关注学生在学习进程中的行动表现,从而高效培育他们的多种技能和素质^③。他主张,在对 PBL 进行评估时,应更多关注学习过程而非最终成果。在 PBL 的整个周期内,应丰富评估手段。例如鼓励学生从项目初期就开始撰写日志并进行反思,在学期末,每个小组需提交一份详尽的项目实施报告等。杨其勇提出,PBL 是一种主要用于创新者教育的方法,所以其从创新者角度出发,详细阐述了 PBL 评估的具体方法,比如实行全面性的评估、整合多个评估主体、设定多层次的评估标准等,并对 PBL 的评估作出了详尽的解析^④。

总而言之,关于 PBL 的评价目前有多种方式适用于多种学科,其主要的评价内容是基于学生课堂表现和项目作品来进行。

(5) 小学科学 PBL 的实践研究

用“小学科学项目式学习”为主题词在中国知网总库查找资料时(发表时间不限,中外文拓展),文献数量较少,总计 230 篇,其主要主题分布详见图 1.7。其中真正属于小学科学项目式学习相关的文献不足 100 篇,可见目前有关小学科学项目式学习的研究还较为有限。

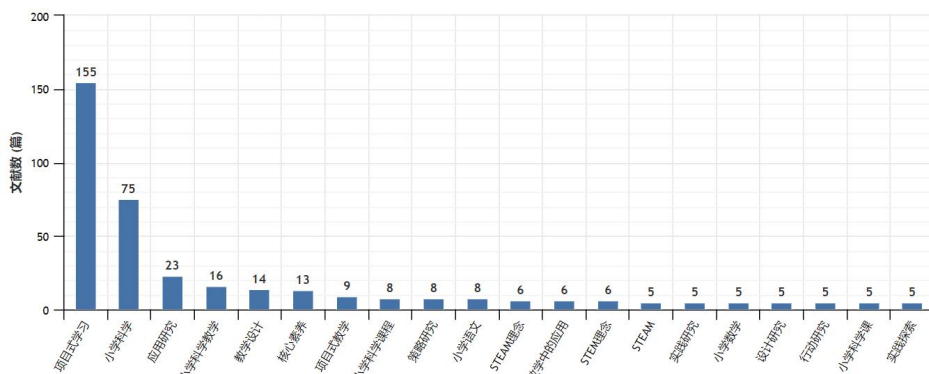


图 1.7 “小学科学项目式学习”文献检索结果统计图

① Jaime A, Blanco J M, Domínguez C, et al. Spiral and project-based learning with peer assessment in a computer science project management course[J]. Journal of Science Education and Technology, 2016, 25(03): 439-449.

② Garcia-Varcalle Muñoz-Repiso A, Basilotta Gomez-Pablos V. Project based learning (PBL): Assessment from the Perspective of Primary Level Students[J]. RIE, 2017, 35(01): 113-131.

③ 陈亚鹏. 项目教学法内涵、理论与问题探讨[J]. 吉林农业科技学院学报, 2014, 23(04): 84-87.

④ 杨其勇. 小学 STEM 项目式的教师指导策略[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科版), 2019, 32(05): 54-59.

不过,伴随着 PBL 研究的持续进步,我国已经开始深度探讨各种基于 PBL 的小学科学教学实践。

部分学者单纯就 PBL 融入科学课堂教学进行实践研究。例如朱启跑针对小学科学教育中引入 PBL 策略做了实践解析,观察到其优点在于:1)理性的效率;2)激起内在动力;3)高层次的目标设定;4)定向的能力发展^①。这些优点能够激发学生的学习热情并增强他们的主动参与程度,进而促进其各项技能和综合素质上的全面提升。该研究提供的实践经验为将 PBL 有效融入小学科学课程提供了宝贵的参考依据。

很多学者将小学科学 PBL 与其他教学理念相结合进行实践研究。例如张颖基于对学生参与学校及社区的科学课参与情况进行课堂观察,对苏教版小学科学课程中的《降落伞》一课进行重新设计,以 STEAM 教育理念为指导,实施 PBL,最终得出结论:学生对于 PBL 运用于科学课程持比较肯定的态度;PBL 对于学生掌握科学知识、增强科学探究能力、提高科学态度、拓宽对科学、技术、社会与环境的了解起到了积极的作用^②。该研究不仅对 PBL 在实践中的应用和推广提供了关键的指导作用,而且也加深了人们对 PBL 所具有的独特价值和深远意义的理解。再如李扬基于 5E 模式构建了 STEM 教育下的科学课程 UIRDE 模式,分为:理解问题、调查或探究、查阅材料、设计和构建、解释和建议等五个阶段,力图使学生在教师的引导下,在一定主题范围内经历科学探究,进行自主学习和合作学习^③。杨羚通过将 PBL 整合到单元教学的整体框架中,以核心问题为驱动,开展项目活动。这种方法强调了素养目标的实现,指向了实际问题的解决;提炼了教学内容的核心,优化了学习资源的整合;注重了合作探究的过程,促进了学生综合素质的提升;实施了多元化的评价,推动了教学评价方式的革新^④。这项研究提出了一种将单元教学与项目化学习相结合的教学理念与策略,为学科教育领域带来了创新的视角和方法论。

还有些学者将新兴的技术手段与小学科学 PBL 相结合。例如张楚玥基于 Arduino 开源软件进行小学“智慧种植”PBL 活动的实践探究,得出以下结论:“在小学高年级学生中进行基于 Arduino 的 PBL 活动是可行的;在 PBL 活动中加入 Arduino 开源软件能够提升小学高年级学生的学习兴趣;PBL 活动可以提高学习者的创造力和综合运用知识的能力。”^⑤再如丁爽将 VR 环境应用于小学科学 PBL 中,通过实践证明 VR 环境对学生的科学学习有明显的促进作用,具体表现在:“项目

① 朱启跑.项目式融于小学科学课堂教学的策略分析[J].科幻画报,2019,17(01):174-176.

② 张颖.STEAM 理念下的小学科学课项目式学习研究[D].漳州:闽南师范大学,2019.

③ 李扬.STEM 教育视野下的科学课程构建[D].金华:浙江师范大学,2014.

④ 杨羚.项目式学习在小学科学单元整体教学中的应用研究[D].扬州:扬州大学,2023.

⑤ 张楚玥.基于 Arduino 的小学“智慧种植”项目式学习活动实践探究[D].银川:宁夏大学,2022.

学习中的主题最好源自学生的真实情境,综合性、实践性和趣味性的学习更有利于吸引学生的兴趣;有利于科学知识的迁移应用;有利于学生的实践操作能力的提高;有利于学生科学素养的提高和创新精神的培养。”^①

同时,通过文献分析,可以发现目前小学科学 PBL 在培养学生高阶思维能力方面中还存在一些问题。第一,项目内容单一。目前的小学科学实验项目内容较为狭窄,以重复验证实验为主,创新性不足,限制了学生解决实际问题的能力^②。第二,高阶思维引导不足。高阶思维的引导需要教师具备相应的教学能力和理解能力,然而一些教师在这方面还有所欠缺,在设计问题和任务时,未能考虑到如何有效激发学生的高阶思维能力^③。第三,PBL 仅留于形式。新课标背景下,教师常常带领学生扮演“科学家”的角色,投入“科学探究”的状态。然而,在实践推行探究式教学的过程中逐渐出现了“形式化探究”的现象,教师没有做到有效引导学生投入到科学探究的每一个环节当中,对科学探究过程的做法进行分析,学生实际上就很难在这个过程中获得学习的自主性^④。

综上所述,当前处于教育一线的教师们已经在小学科学领域实施了多样化的 PBL 实践,探索将其与不同的教学理念及技术工具相结合。这些实践从多个角度验证了 PBL 在提升科学教学效果中的显著作用和价值。虽然 PBL 在小学科学教育中已经显示出巨大的潜力,但为了实现其最大的教育价值,还需要在实践中不断探索和完善。本研究将设计指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架来指导小学科学教学,力求对小学生高阶思维能力的培养有所突破。

3. PBL 对高阶思维能力培养的价值研究

PBL 在促进学生综合能力发展方面具有深远的价值和意义,特别是在培养学生的高阶思维能力方面表现尤为突出。通过这种学习模式,学生能够在解决复杂问题的过程中,锻炼自己的批判性思维、创造性思维和问题解决技能。

国外的诸多研究可以佐证。Turner E T 研究发现项目式教学对培养学生的高阶思维起着积极的作用,学生在规划项目活动、小组合作解决问题的学习过程中,激发批判性思维的提升^⑤。Barak M 通过对实验对象采用 PBL 的教学模式,在项目开始前为学生发放前测问卷,对实验小组中的成员开展深度访谈并结合后测问卷来收集数据,其研究结果表明,项目学习能够培养学生高阶思维能力中的创新能力^⑥。Chen P 提出使用 PBL 可以使学生更好地理解和应用高阶思维能力。其团队

① 丁爽. VR 环境下小学科学项目式学习模式的设计与实践研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2022.

② 张慧莹. 基于 PBL 的小学科学教学模式构建与实践[J]. 教育界, 2021, 13(43): 15.

③ 拾零. 浅谈高阶思维能力在小学科学教学中的培养[J]. 新智慧, 2023, (19): 127.

④ 钱秉阳, 曾焕, 王欣昀. 小学科学课堂高阶思维培养存在的问题及对策分析[J]. 读写算, 2022, (19): 26.

⑤ Turner E T. Meeting Learners' Needs through Project-Based Learning[J]. International Journal of Adult Vocational Education & Technology, 2012, 3(04): 24-34.

⑥ Barak M., Yuan S., A cultural perspective to project-based learning and the cultivation of innovative thinking[J]. Thinking Skills and Creativity, 2021, 16(39): 100766.

编制项目式教学的评价量表,利用可视化工具将学生的高阶思维提升过程可视化^①。

国内的多项研究^{②③④}也表明 PBL 能提升学生的高阶思维能力,其表现包括:1) PBL 有助于构筑思维模式,展现学生的思维历程;2) 运用 PBL 来搭建思维结构,协助学生逐一排查可能的原因,同时鼓励他们提出疑问、持续探究,以此提高他们的高阶思维能力;3) 采用 PBL 策略,借助该 PBL 明确学生高阶思维形成的路径,进而实现课程的设计,旨在达成培育学生高阶思维目标;4) 通过项目式的教育方法融入团队合作的学习环境里,使用这种方式可以清晰地展示学生的思考过程,推动他们之间的交流与配合,进而提升高中生的高阶思维能力。此外,PBL 也能够协助学生搭建他们的知识体系和网络结构。以盛维林为例,他在教授高等数学时,采用 PBL 来构造该学科的基本框架,引导学生制定需要学习的知识点;并将其中的复杂数学概念转化为具体且生动的方式,以此辅助学生形成自己的知识系统,培育其高阶思维能力^⑤。以上研究者都采用了 PBL 的方式来培养学生的高阶思维能力,这些研究主要集中在高中生及更高层次的学生群体上。然而,对于低龄学生,尤其是小学生的高阶思维能力培养,目前的研究还相对欠缺。这一现象揭示了在课堂教学中培养学生高阶思维能力方面的研究尚存在诸多空白,同时也为本文的研究提供了进一步探索和深入的空间。

综上所述,从 PBL 培养高阶思维能力的研究来看,PBL 用于培养高阶思维有着重要的发展前景。高阶思维能力的培养是在一系列真实情境任务开展和复杂问题解决以及知识建构过程中体现的,在完成任务时,能够利用 PBL 搭建思维框架,梳理任务流程;在解决问题时能够利用 PBL 呈现思考过程,将问题解决过程可视化,在知识建构时利用 PBL 构建知识网络,促进知识结构化和整体化。

4. 研究述评

综合已有研究来看,高阶思维是一个在教育领域广泛讨论的话题,国际对高阶思维理论有着丰富的阐述,各领域的专家都以不同的视角对其进行了诠释。虽然国内外对于高阶思维能力的研究都比较深入,但是对于高阶思维能力的概念没有一个明确的界定,基本是按照研究方向的不同,有不同的认识,然而在理论阐述和结论上却有异曲同工之处。它通常指的是批判性思维、创造性思维、问题解决等复杂的思维过程。就国内研究现状而言,如何通过特定的教学主题来提升高阶思维能力的研究则占据了主导地位,且多数为实证性的探索。但是针对中小学

① Chen P, Mcgrath D. Visualize. Visualize: Designing Projects for Higher-Order Thinking[J]. Learning & Leading with Technology, 2005, 32(04): 54-57.

② 王滢,刘文涛.项目式学习为载体的数学高阶思维培养——以一节“三角函数复习课”教学为例[J].西藏教育,2024,41(05):29-32.

③ 彭小立.如何通过项目式学习培育学生的高阶思维能力[J].天津教育,2023,73(28):82-83.

④ 胡伟玉.基于项目式学习的高中生化学高阶思维培养实践研究[D].南宁:南宁师范大学,2023.

⑤ 盛维林,徐文锋.思维导图:优化高等数学教学的有效途径[J].科学咨询·教育科研,2020,21(07):42.

特别是小学生的高阶思维培训研究还存在不足。

“项目式学习”严格意义上属于舶来品，起源于欧洲并且在国外已经开展了相对成熟的研究，已经取得了一定的研究成果。国际上的研究表明，PBL 已发展成一种高效的教导方法及学习的辅助手段。但从宏观层面来看，整体研究仍是偏于理论研究，对于实践研究的开展较少，尤其是在小学科学教育领域。基于已有研究，PBL 可以提升学生的多种思维能力，但是目前将高阶思维能力培养与小学科学项目教学进行结合的研究鲜有人涉猎。

因此，本次研究立足对高阶思维能力的培养展开行动研究，针对性地设计小学科学 PBL 活动框架，分析其在教学实践的过程中得到的效果，不断反思、改进活动框架，力求证明通过“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”设计项目活动并实施，学生的高阶思维能力可以得到全面发展。

（四）核心概念界定

1. PBL

PBL 以建构主义学习理论、杜威实用主义教学理论、布鲁纳的“认识—发现”学习理论等为依据，是欧美发达国家和很多发展中国家广泛开展应用的一种教学模式和学习方式。因为是从英文翻译而来，所以它也有很多其他名字，比如项目化学习、项目学习等等。从教师的角度出发，也可以将其称为项目式（化）教学。

刘景福等人提出 PBL 是以项目学习为基础，以学科的理念和原则为核心，以创作和向顾客销售工作为目标，在现实环境中利用各种资源进行探究过程，在特定时期解决一系列相关问题的探究式学习方式^①。夏惠贤认为，项目学习是一套能够协助教师指导学生深入探究现实世界话题的一套进程，可以是构想、验证、提炼和创造特定对象的方式^②。美国的巴克教育研究所将以课程标准为核心的项目学习定义成一个过程“既是对真实和复杂问题的探究过程，也是对项目作品进行规划并实施项目任务的过程，在整体过程中，学习者可以掌握所需知识与技能，这个过程也是一个完整的教学系统”^③。杨玉芹认为 PBL 强调的是实践性与体验性，它的核心并不是最终的结果，而是要使学生们从实际的工程中获取知识、技能以及解决问题的方法，在这个项目中，为了充分激发学生的责任感和团队合作精神，教育应鼓励他们跨越学科和领域的界限，接受更复杂的挑战，并支持他们自主地深化和扩展知识体系^④。从这一点可以看出，PBL 不仅是一种教学过程，同时也是一种学习方法。

① 刘景福，钟志贤. 基于项目的学习（PBL）模式研究[J]. 外国教育研究, 2002, 29(11): 18.

② 夏惠贤. 多元智力理论与项目学习[J]. 全球教育展望, 2002, 31(09): 21.

③ 巴克教育研究所著. 项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法（第 2 版）[M]. 任伟译. 北京: 教育科学出版社, 2008: 4-5.

④ 杨玉芹. 反思性评价在协同知识创新能力培养中的应用研究[J]. 中国电化教育, 2019, 40(01): 42-49.

基于前人的研究成果，本研究把 PBL 界定为既包含教师授课过程又包含学生学习过程，在教学过程中，学生在教师的引导下，以小组协作的方式，在真实情景任务的驱使下，通过自主探索完成课题，以表现性评价作为考核手段，促进学生对所学内容的反思、深化和扩展。

2. 高阶思维能力

(1) 高阶思维的界定

查阅文献整理发现，目前有众多理论支持：高阶思维是一种具有较高水平的认识过程，即通过批判性思维和创造性思维等在进行科学研究和科学问题的求解过程中所具有的一种综合素养。具体体现在布鲁姆认知目标分类的“分析—综合—评估”、安德森新教育目标分类法的“分析—评估—创造”、韦伯知识深度的“拓展性思维”与“策略性思维”、加涅在学习成果的分类中的“认知策略、有组织的语言信息、智慧技巧”、豪恩斯坦认知目标分类的“评价、综合”均建立在高阶思维的层次分析之上（参见表 2.1）。

表 2.1 高阶思维的层级结构

	布鲁姆认知目标 分类	安德森新教育 目标分类	韦伯知识深度	加涅学习成果分类	豪恩斯坦认知 目标分类
高阶	评估	创造	拓展性思维	智慧技能	综合
思维	综合	评估		有组织的语言信息	
	分析	分析	策略性思维	认知策略	评价
低阶	应用	应用	技能/概念	态度	应用
思维	领会	理解			理解
	知道	记忆	回忆	动作技能	概念化

观察上表可知，高阶思维主要包括分析、评价、创造、综合等思维认知的层次。以安德森的认知目标层次为例，他对布鲁姆的知识目标层次进行了全面的完善，将认知目标层次进一步完善为“记忆、理解、应用、分析、评价、创造”，具体涵盖的认知过程如表 2.2 所示^①。

表 2.2 安德森认知目标层次及过程

思维层次	知识层次	认知过程
低阶思维	记忆	再认、回忆
	理解	解释、举例、分类、总结、推断、比较、说明

^① 党利娟. 初中英语读后活动观察研究——以“一师一优课、一课一名师”部级优课为例[D]. 云南: 云南师范大学, 2020.

表 2.2 安德森认知目标层次及过程（续）

思维层次	知识层次	认知过程
高阶思维	应用	执行、实施
	分析	区分、组织、归因
	评价	检查、评论
	创造	产生、计划、生成

（2）高阶思维能力的测评

伴随着理论框架的不断更迭，安德森的框架逐渐被汉化，获得了比较广泛的应用范围，但究其根本，其所开展的研究是国外的教学环境，与我国所开展的科学教学并不契合。基于此，杨翊、赵婷婷在安德森认知目标层次的基础上，通过构建测试蓝图，对本土化和针对性问题进行解决，构建了高阶思维能力的测试蓝图，具体如表 2.3 所示^①。他们认为高阶思维能力的评价不应该只考虑“分析、评价、创造”的知识层级，“理解、应用”作为思维发展的基础也应该被纳入评价范围。同样的，汪茂华博士也认为良好的高阶思维测评工具，应能考查学生的“理解、应用、分析、评价、创造”等认知要素^②。

高阶思维能力测评

高阶思维	高阶思维能力
理解	举例，推断
应用	实施
分析	区别、组织、归因
评价	检查、评论
创造	生成

在上述的高阶思维能力测评框架中，将高阶思维外化为高阶思维能力，为本次研究中高阶思维能力的界定提供了理论基础。同时，此框架具有较强的操作性，对于教师了解学生的认知水平所达到的程度更加有利，更有利于制定合适的教学目标，并在不断实践的过程中设置相应的教学环节，为学生的思维实现从低阶到高阶的过渡发展提供保障。

（3）高阶思维能力的测评维度

那么高阶思维能力具体包括哪些能力维度呢？众多学者提出了自己的观点

① 杨翊，赵婷婷. 中国大学生高阶思维能力测试蓝图的构建[J].清华大学教育研究, 2018, 39(05): 61.

② 汪茂华. 高阶思维能力评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.

（见表 2.4）。

表 2.4 高阶思维能力维度界定代表观点

学者	高阶思维能力维度界定
钟志贤	问题求解、决策制定、批判性思维和创造性思维的能力 ^①
姜玉莲	创造性思维、问题解决能力、同伴情感支持、推理与决策能力、批判性思维、自我调节学习、元认知与反思性评价、自我效能感 ^②
汪茂华	推理能力、论证能力、分析能力、评价能力和创造能力 ^③
吴荣燕	探究创新能力、批判质疑能力、直观想象能力、问题解决能力 ^④
首新	元认知能力、批判性思维能力、创造性思维能力 ^⑤

在探讨学者们对高阶思维能力维度的界定时，可以从不同学者的观点中提取共性和差异性。具体分析如下：

①所有学者都提到了批判性思维能力，这表明批判性思维是高阶思维能力中一个核心的组成部分。

②多数学者都强调了创造性思维能力的重要性，说明在高阶思维能力中，创新和创造性解决问题的能力被普遍认为是关键。

③钟志贤、姜玉莲、汪茂华和吴荣燕都提到了问题解决能力，意味着问题解决能力在不同学者的研究中被视为高阶思维能力的一个基本要素。

④姜玉莲和首新提到了元认知能力，包括自我调节学习和反思性评价，这表明自我监控和自我调整在学习过程中的重要性。

⑤姜玉莲特别提到了自我效能感，这指的是个体对自己完成特定任务的信心和能力感。

从上述分析可以看出，虽然不同学者对高阶思维能力的界定有所差异，但批判性思维和创造性思维是被普遍认同的核心要素。其他能力如问题解决能力、元认知能力、自我效能感等也在多个研究中被提及，显示了它们在高阶思维发展中的重要性。

（4）本研究对高阶思维能力的界定

小学科学教育是小学生科学素养发展的重要基石。小学科学课程覆盖了物质科学、生命科学、地球与宇宙科学以及技术与工程学四大核心领域，全面地融合了科学知识与科学探究的技能。其独特之处在于：激发学生的自主探究的精神；培育他们具备批判性与创造性思维；以及培养他们综合运用科学知识去解决问题

① 钟志贤. 促进学习者高阶思维发展的教学设计假设[J]. 电化教育研究, 2004, 25(12): 21.

② 姜玉莲. 技术丰富课堂环境下高阶思维发展模型建构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2017.

③ 汪茂华. 高阶思维能力评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.

④ 吴荣燕. 突出问题解决发展高阶思维[J]. 中学数学, 2023, 45(21): 13-15.

⑤ 首新. 小学生的科学高阶思维[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.

的能力。即小学科学是以基础科学知识为核心,以教育者的教学、学习者的自主学习和协作探索为主要手段,旨在培养学习者科学素养的一门小学学科^①。

而 PBL 是一种有效的教学策略,旨在通过真实世界的项目挑战来激发学生的高阶思维能力。这种学习方式超越了传统教育的局限,将学生从被动接受知识转变为主动探索和解决问题的参与者。在 PBL 的过程中,学生被鼓励运用创新思维,批判性分析,以及深入理解来应对复杂多变的问题情境,从而得到高阶思维能力的全面发展。

综上所述,结合安德森认知目标层级、有关高阶思维能力的学术界定以及小学科学课程的特点,本次研究将高阶思维能力分为批判质疑能力、主动探究能力、创新创造能力、问题解决能力、意识调控能力五个维度来测量。同时参照上述的杨翊、赵婷婷的高阶思维能力测试蓝图对每个高阶思维能力维度进行了具体的内容解析,得到表 2.5:高阶思维能力操作性定义。

表 2.5 高阶思维能力操作性定义

高阶思维能力维度	指向的安德森认知目标层级	内容解析
		(划线字符为高阶思维能力测试蓝图中的关键词)
批判质疑能力	理解 分析 评价	能够对问题提出具有个人见解的 <u>推断</u> ; <u>区别</u> 不同事件间的联系;有勇气提出自己的评论
主动探究能力	理解 应用 分析	<u>举例</u> 说明问题处理的方式;对事件进行正确的 <u>归因</u> ; <u>实施</u> 有效的方法主动地探究
创新创造能力	应用 创造 分析	综合 <u>组织</u> 所有知识生成多样的问题解决解决方案并 <u>实施</u>
问题解决能力	应用 分析	具备 <u>实施</u> 问题解决解决方案的能力;对问题的产生进行合理的 <u>归因</u>
意识调控能力	评价	对自身的 <u>学习</u> 过程进行合理的 <u>检查</u> 和 <u>评论</u>

(五) 理论基础

1. 布鲁姆认知目标分类理论

布鲁姆认知目标分类理论,由本杰明·布鲁姆(Benjamin Bloom)及其同事于 1956 年提出,至今仍是教育领域最具影响力的理论之一。该理论通过将认知目标分为六个层级,构建了一个由简单到复杂的教育目标体系,为本研究中教学目标的设定、学生作品的评价以及高阶思维能力的概念界定提供了重要的理论基础。

其六个层级从低到高依次为:知识(Knowledge)、理解(Comprehension)、应用(Application)、分析(Analysis)、综合(Synthesis)和评价(Evaluation)^②。每个层级都代表了不同的认知处理过程,要求学生在不同深度上与学习材料互动。

① 周雯晨,杜萍. 2022 新课标下教育融入小学科学的路径探析[J]. 基础教育研究, 2022, 35(21): 99.

② 李艳丽,赵荣宪,冯国杰. 美国高等工程教育的特点及其启示[J]. 广西教育, 2009, 56(05): 25.

在知识层级，学生需要记忆和回忆事实、术语和基本概念。这是最基础的层级，为后续更高层次的认知活动打下基础。理解层级要求学生不仅要记忆知识，还要能够理解其含义，能够用自己的话来解释或总结。应用层级则进一步要求学生将学到的知识应用到新的情境中，解决实际问题。分析层级要求学生将复杂的知识体系拆解为其构成要素，并深入理解这些要素之间的相互联系。这一层次的活动包括比较、对比、识别因果关系和组织信息。综合层级则是一个创造过程，学生需要将不同的概念或信息整合成新的整体，进行创造性思考。评价层级是最高的层次，要求学生基于标准或准则做出判断，评估信息的价值或质量。

在小学科学 PBL 活动中，教师可以根据布鲁姆的分类理论，设计不同层次的学习活动，确保学生在每个层级上都能得到充分的发展。以本研究中《光影魔术师》PBL 活动为例，教师设计从记忆投影灯各部分名称（知识层级）到理解投影灯发光所需的条件（理解层级），再到应用这些知识设计投影灯（应用层级），分析投影灯的效果（分析层级），结合不同小组的作品优缺点提出本组作品的改进方案（综合层级），最终对不同的投影灯进行评价（评价层级），教学活动涵盖了各个层级的认知要求。

布鲁姆认知目标分类理论也为学生学习成果的评价提供了框架指导。教师可以根据每个层级的认知要求，设计评价标准和工具，全面评估学生在各个认知层级上的表现。例如本研究中设计了学生作品评价表，从设计思路（知识、理解、应用层级）、分享表达（分析、评价层级）、美观性（综合层级）、实用性（应用层级）、完成度（综合层级）6 个方面对作品进行评价。这有助于教师了解学生的认知发展水平，及时调整教学策略，以满足学生的个性化学习需求。

此外，本研究在布鲁姆的认知目标分类理论（后被安德森等人修改优化）指导下对高阶思维能力的维度进行了界定，具体在上一节中已经有所阐述。

2. 建构主义学习理论

建构主义学习理论，作为一种强调学习者主体性和知识建构过程的教育哲学，为小学科学 PBL 活动中高阶思维能力的培养提供了坚实的理论基础。本研究旨在探讨如何将建构主义理论应用于小学科学 PBL 活动，以促进学生高阶思维能力的发展。

首先，建构主义学习理论认为知识不是被动接受的，而是学习者在特定情境中通过活动、体验和社会互动构建出来的。这一观点与 PBL 活动的核心理念不谋而合。在 PBL 活动中，学生被赋予了更多的自主权，他们需要在真实或模拟的科学探究情境中，主动提出问题、设计方案、收集数据、分析结果并得出结论。这一过程不仅要求学生运用和整合已有的知识，更要求他们进行批判性思考、创造性构思和综合性分析，这些都是高阶思维能力的重要组成部分。

其次,建构主义学习理论强调学习过程中的社会文化因素。在 PBL 活动中,学生通常以小组为单位进行合作学习。在这个过程中,学生需要与同伴交流想法、协商方案、共享资源并相互评价。这种社会化的互动不仅能够促进学生之间的知识共享,还能够通过多元视角的碰撞激发学生的创新思维和批判性思维。在这一教学过程中,教师担当着指导者和辅助者的角色,他们负责向学生提供必要的帮助和学习资源,帮助学生在合作学习中实现知识的共建和能力的培养。

再者,建构主义学习理论倡导学习者在真实情境中进行探究学习。PBL 活动通常围绕一个具有实际意义的科学问题展开,这些问题往往与学生的生活经验或社会现象紧密相关。在解决这些问题的过程中,学生需要运用科学方法和思维技巧,如观察、分类、推理、实验和论证等。这些科学方法不仅能够帮助学生更深入地理解科学概念和原理,还能够锻炼他们的逻辑推理和实证分析能力,从而促进高阶思维能力的发展。

此外,建构主义学习理论强调学习过程中的反思和自我调节。在 PBL 活动中,学生需要对自己的学习过程和结果进行反思,评估自己的学习策略和思维方式,调整自己的学习计划和目标。这种反思和自我调节的能力是高阶思维能力的重要组成部分,它能够帮助学生更好地理解自己的学习状态,发现学习中的问题和不足,并采取有效的策略进行改进。

最后,建构主义学习理论认为学习是一个持续的、终身的过程。PBL 活动为学生提供了一个开放的学习环境,鼓励他们不断探索、发现和创新。通过参与 PBL 活动,学生不仅能够在小学阶段培养高阶思维能力,还能够为未来的学习和生活奠定坚实的基础。这种以学生为中心、以探究为基础、以实践为导向的学习方式,能够有效地激发学生的学习兴趣 and 潜能,促进他们的全面发展。

综上所述,建构主义学习理论为本研究提供了一个全面的理论框架,指导教师如何设计和实施小学科学 PBL 活动,以培养学生的高阶思维能力。科学教学应该以学生为中心,教学过程应注重情景的设置,促进学生自主探究,进行有意义的知识建构,感受知识建构的成果。基于建构主义学习理论的四大基本要素:“情境”“协作”“会话”“意义建构”^①,本研究结合高阶思维能力的训练目标,将 PBL 活动的基本要素设为:情境、问题、方案、探究、反思,具体将在第四章第二节中阐述。

^① Cunningham, D. J. Assessing. Constructions and Construction Assessments: A Dialogue. Hillsdale[M]. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1992: 134.

二、研究设计

（一）研究对象

笔者所在学校为浙江省温州市 L 区 S 小学，校内共设有六个年级，每年级五个班级，每班级学生数 40 至 45 人不等。笔者自参加工作以来均任教高段科学，近两年为四年级。所以本次研究选取的是我校四年级学生，他们的年龄在 9-10 周岁之间。按照授课进度的先后顺序，本研究中高阶思维力量表的编制过程（详见下一节）选取四年（1）（3）（4）（5）班学生进行了多次测试，之后的三轮行动研究挑选了四（2）班进行，共计 42 人，学生参与的详细研究阶段如表 2.1 所示。

表 2.1 研究对象情况表（记录时间：2023 年 9 月 2 日）

班级	男生人数	女生人数	总人数	平均年龄（周岁）	参与的具体研究阶段
四（1）班	20	23	43	9.53	量表初稿小样本测试
四（2）班	21	21	42	9.75	三轮行动研究的实施对象
四（3）班	23	21	44	9.45	量表第一次信效度检测
四（4）班	21	22	43	9.81	
四（5）班	18	22	40	9.70	量表修改后信效度检测

（二）研究问题

思考如何通过小学科学 PBL 活动培养并提升学生包括批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决以及意识调控能力在内的高阶思维能力，构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架指导小学科学教学活动的开展。

（三）研究方法

本研究基于研究实际情况需求，决定以行动研究法为主。研究开始之前通过文献研究法对相关文献进行梳理，使用课堂观察法观察一线课堂教学发现目前小学科学课堂存在学生高阶思维能力培养不足的问题，提出解决办法：构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架。之后通过行动研究，不断改进活动框架，并结合问卷调查法证明其有效。

1. 文献研究法

在文献梳理阶段发现现有研究主要集中在 PBL 的理论框架、实施策略以及对学生认知能力的影响等方面。明确了培养学生高阶思维能力是新时代的要求，而小学科学教学对 PBL 存在现实需求。同时发现，小学生高阶思维能力水平有待提高。然而，对于如何在小学科学课堂中有效培养高阶思维能力的实证研究相对较少，尤其是针对不同年龄段和不同科学主题的研究。

2. 问卷调查法

(1) 问卷调查法使用概述

首先,以温州市L区S小学四(2)班年级学生(共计42人)为研究对象,在开展PBL活动之前以《高阶思维力量表》对样本实施调查以掌握学生高阶思维能力初始水平概况。之后有指向性地设计并实施PBL活动,共计三轮。每次项目完成后再次让学生填写《高阶思维力量表》,分析前后测数据看学生高阶思维能力是否有变化。同时在每次活动结束后设计主题知识问卷以了解学生的科学知识学习成果。通过问卷调查的研究方法,能够明确学生对PBL活动的学习态度、所获得的学习成果、高阶思维能力的发展情况。问卷调查的结果为研究的准备阶段、实施阶段、总结阶段都提供了数据支持。

(2) 调查工具设计

①查阅文献,建构初稿

基于前文所述,本研究将高阶思维能力界定为:批判质疑能力、主动探究能力、创新创造能力、问题解决能力和意识调节能力五个维度。通过文献研究,最终以姜玉莲编制的《高阶思维调查问卷》^①、邓泓编制的《高阶思维能力调查问卷》^②、首新编制的《小学生科学高阶思维核查表》^③、Borich & Tombari 编制的《高阶思维和问题解决核查表》^④所采用的问题集为主,结合教学实际情况对问题集进行了修改与完善,形成题库初稿。之后,分别向小学科学教育研究领域和学习评价研究领域的两位教授进行咨询。经过专家指导,最终得到本研究使用的高阶思维力量表题库(如表2.2)。问卷设计采用了李克特五点量表,其中1分代表“十分不同意”,5分代表“十分同意”。量表的设计旨在通过量化的方式,更精确地捕捉和评估学生在高阶思维能力方面的表现和进步。

表 2.2 《高阶思维力量表》题库

高阶思维 能力维度	序 号	题目	十分不 同意	不同 意	部分 同意	十分 同意
批判质疑 能力	1	当我与大家意见不一致时,我能清晰地表达自 己的观点。				
	2	我认为科学中的任何观点都要有依据。				
	3	我认为在提出反对意见时需要充分的理由。				
	4	我经常思考、评估同学说的话。				

① 姜玉莲. 技术丰富课堂环境下高阶思维发展模型建构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2017.

② 邓泓. 高中物理教学中高阶思维能力的培养探究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.

③ 首新. 小学生的科学高阶思维[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.

④ Gary D. Borich, Martin L. Tombari. 中小学教育评价[M]. 国家基础教育课程改革“促进教师发展与学生成长的评价研究”项目组译. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 156-159.

表 2.2 《高阶思维能力量表》题库（续）

高阶思维 能力维度	序 号	题目	十分不 同意	不同 意	部分 同意	同意	十分 同意
主动探究 能力	5	我常常对科学现象产生的原因进行思考。					
	6	我十分愿意通过实验操作来验证生活中的很多科学现象。					
	7	我能够对科学探究的原理、过程及结论进行完整地表达。					
	8	我具有独立完成科学实验的能力。					
	9	我认为应当自主安排步骤对问题进行分析。					
	10	我常常以一种打破常规的眼光和角度看待问题。					
	11	我倾向于提出一些他人未曾考虑的问题。					
	12	我热衷于构想一些科学事件的可能性。					
	13	我常常萌生一些新颖的想法，哪怕它们看似不切实际。					
创新创造 能力	14	在执行任务时，我总会思考是否有更具创造性和个性化的方法。					
	15	我总是渴望创造出一些不常见的物品。					
	16	我做一个行为的时候会想做法是否新颖、独特。					
	17	在处理问题前，应当分析问题的类型。					
	18	在处理问题前应当分析问题的解决方法和流程。					
问题解决 能力	19	我认为需要找出处理问题的主要因素。					
	20	我倾向于收集证据来帮助处理问题。					
	21	我认为需要对比、分析不同的处理问题方式所带来的结果。					
	22	我定期进行反省以评估是否实现了既定目标。					
意识调控 能力	23	我会参考个人或他人的评价和反馈，适时调整自己的行动策略。					
	24	面对不确定性，我会质疑并积极寻求证据来支持或反驳。					
	25	当面临多项任务时，我会根据它们的优先级来决定处理的顺序。					
	26	我会根据现实情况灵活调整我的计划和行动方案。					

②小样本测试，修改问卷

本研究编制的《高阶思维力量表》问卷主要分为两大部分：首先是对受访者的个人信息如性别、年龄段等做了详细记录；其次则是针对他们的批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决、意识调控五个维度的高阶思维能力表现形式来对他们做全面深入的分析以确定其整体上的高阶思维能力水平如何。

选取四（1）班学生（43 人）作为样本，进行问卷的发放并收集数据；然后，对收集到的数据进行统计分析，了解问卷的可行性和有效性；最后，根据数据分析结果，对问卷进行必要的修改和调整，如调整题目顺序、修改问题表达等，保证问题的描述准确无误且易于学生理解反馈。

③信效度检测，形成终稿

本研究旨在对学生高阶思维能力的发展进行检测，所以作为高阶思维能力评估工具的《高阶思维力量表》的可靠性和有效性对后续工作的展开至关重要。为此，我们对量表进行深入的检验，以确保其具有高度的信度和效度。以四（3）班和四（4）班（共计 87 人）作为样本开展量表的检验，共发放 87 份量表，回收 80 份，回收有效率为 91.95%。

利用 SPSS 22.0 软件中的 Cronbach's Alpha 系数来评估量表的信度。将量表数据导入该软件进行分析，结果显示，Cronbach's Alpha 系数为 0.825（见表 2.3），表明该量表具有较高的内部一致性，其信度较好。同时可以得到量表的 KMO 系数和巴特利球形检验的结果，以此明确量表的效度。结果显示，KMO 系数为 0.758，同时 Sig.=0.000（见表 2.4），由此印证量表具有一定的效度。

表 2.3 量表信度检验

Cronbach's Alpha	项数
0.825	26

表 2.4 量表效度检验

KMO 系数	0.758
近似卡方	1152.867
巴特利球形检验	df
	528
	Sig
	0.000

在对量表进行效度检验的过程中，通过探索性因子分析（EFA）中的旋转成分矩阵我们观察到：第 16 题的因子载荷较低，仅为 0.487 小于 0.5；第 9 题存在 0.515 和 0.532 两个较为接近的因子载荷。为了保证量表有良好的信效度，删除了第 16 题并修改了第 9 题的问题描述。

量表调整之后,选取四(5)班(40人)学生重新进行了信效度的测试,共发出量表40份,回收量表40份。同样利用SPSS 22.0软件测试,结果显示Cronbach's Alpha系数为0.865,KMO系数为0.804,且显著性水平Sig.=0.000,这证实了修改后的问卷在信度和效度上均表现良好,可以作为评估学习者高阶思维能力变化的有效工具。

至此,形成了本研究最终的《高阶思维力量表》的终稿(详细内容见附录一)。

3. 课堂观察法

(1) 课堂观察法使用概述

为了解小学科学课堂对于学生高阶思维能力培养的现状,本研究在行动研究开展之前对本校4名教师(分别记为A、B、C、D)共计22节科学课进行了课堂观察,对学生的学习情况和教师的授课情况进行了统计和分析。

课堂观察内容具体见表2.5。

表 2.5 课堂观察内容一览表

听课年级	听课内容(教科版)	授课教师(字母代替)
五年级	1.1 有关光的思考	A
	1.2 光是怎样传播的	A
	1.2 光是怎样传播的	B
	1.3 光的传播会遇到阻碍吗	B
	1.4 光的传播方向会发生改变吗	A
	1.4 光的传播方向会发生改变吗	B
	1.5 认识棱镜	A
	1.6 光的反射现象	A
	1.6 光的反射现象	B
	1.7 制作一个潜望镜	A
	1.7 制作一个潜望镜	B
	1.8 单元整理	A
	1.1 放大镜	C
	1.1 放大镜	D
六年级	1.2 怎样放得更大	C
	1.2 怎样放得更大	D
	1.3 观察身边微小的物体	D
	1.4 观察洋葱表皮细胞	C
	1.4 观察洋葱表皮细胞	D

表 2.5 课堂观察内容一览表（续）

听课年级	听课内容（教科版）	授课教师（字母代替）
六年级	1.5 观察更多的生物细胞	C
	1.5 观察更多的生物细胞	D
	1.6 观察水中微小的生物	C

对学生的学习和教师授课情况进行了总结和分析，结合文献研究、问卷调查的结果，明确学生高阶思维能力的培养亟待重视，科学课堂需要培养学生的综合素养。在之后的 PBL 活动中，同样利用课堂观察法观察学生个体以及小组在课堂中的实情，作为对小学生高阶思维能力形成情况的掌握途径，可以得到具有一定可信度的学生学习流程数据。

（2）观察工具设计

由于目前对于小学科学课堂高阶思维能力培养的观察还不多，本次课堂观察的评估工具借鉴了赵欣设计的《小学高年段语文阅读思维能力观察量表》^①，结合小学科学课堂教学实际来设计出《小学科学课堂高阶思维能力培养观察量表》（见表 2.6），每个观察指标都有四个选项：完全符合、基本符合、基本不符合、完全不符合。该量表是一个创新性工具，旨在系统地观察和评估小学科学课堂中教师对学生高阶思维能力培养的现状，并为教师提供反馈和改进教学方法的依据。

表 2.6 小学科学课堂高阶思维能力培养观察量表

观察维度	观察点	完全符合	基本符合	基本不符合	完全不符合
批判质疑能力	教师引导学生进行自主判断				
	教师鼓励学生质疑				
主动探究能力	教师引导学生自主学习科学知识				
	教师引导学生自主设计研究方案				
创新创造能力	教师引导学生运用跨学科知识解决问题				
	教师引导学生进行知识迁移				
	教师鼓励学生提出新的想法				
问题解决能力	教师引导学生提炼问题				
	教师引导学生区分科学问题				
	引导学生利用科学知识解决问题				
意识调控能力	教师指引学生对错误进行反思				
	教师引导学生在任务中适时调整方案				

量表中五个高阶思维能力观察维度的观察点又涵盖了分析、评价、综合三种

① 赵欣. 小学语文阅读教学中高阶思维能力的培养研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2023.

不同层级的认知要求。具体来说，在分析层级，评估了教师对学生自主学习的引导，例如从科学素材中提取关联问题以及区分不同科学问题的能力。在综合层级，量表关注学生对科学问题的自主判断与运用跨学科知识解决问题的能力。在评价层级，量表特别强调学生批判性思维的培养，要求学生能够在新旧知识之间进行有效迁移，并具备清晰的语言表达能力和创新思维能力。通过设置不同的高阶思维能力观察点，为教育研究者提供了一个深入理解和分析科学教学实践的视角。

4. 行动研究法

本研究以培养学生高阶思维能力为导向，设计小学科学 PBL 活动框架的雏形，并在此指导下形成《乐器实验室》PBL 案例进行第一轮行动研究。之后总结案例的实践经验，两次改进小学科学 PBL 活动模式，并设计《光影魔术师》《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 案例依次进行第二、三轮行动研究，得以形成指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架的最终设计（见图 2.1），明确在此框架指导下设计的 PBL 活动能够显著提升小学生高阶思维能力。

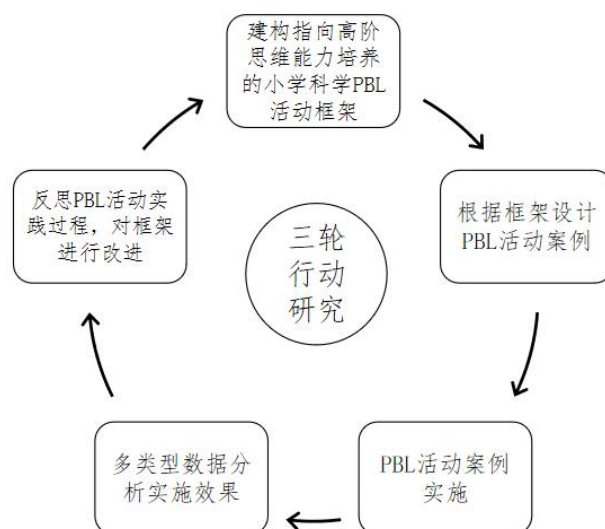


图 2.1 行动研究过程

5. 访谈法

访谈法作为一种研究工具，在本次行动研究的后期阶段发挥着重要作用。通过精心设计的访谈问题，研究者能够与学生进行深入的对话，探讨他们在 PBL 项目中的高阶思维能力各个维度的具体表现。这种方法不仅有助于评估学生高阶思维能力的提升情况，还能洞察学生对科学学习态度和状态的变化，从而为教师提供宝贵的反馈。

（四）研究思路

结合上文所述，本研究的研究路径流程为：发现问题→提出方案→实施验证→结果评析（见图 2.2）。首先采用文献研究法，对“高阶思维能力”和“项目式

学习”等关键概念进行界定和阐释。接着，通过开发和应用《高阶思维力量表》，结合课堂观察法，对当前小学科学教育中学生高阶思维能力的发展现状及其存在的问题进行深入分析。在明确了问题之后，本研究提出了解决方案：通过小学科学 PBL 活动来培养学生的高阶思维能力。之后通过三轮行动研究不断迭代和优化“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”，结合问卷调查法，收集数据来验证所提出的 PBL 活动框架在实际教学中培养学生高阶思维能力方面的有效性。最后对整体研究进行总结和评析，对研究过程进行反思与展望。

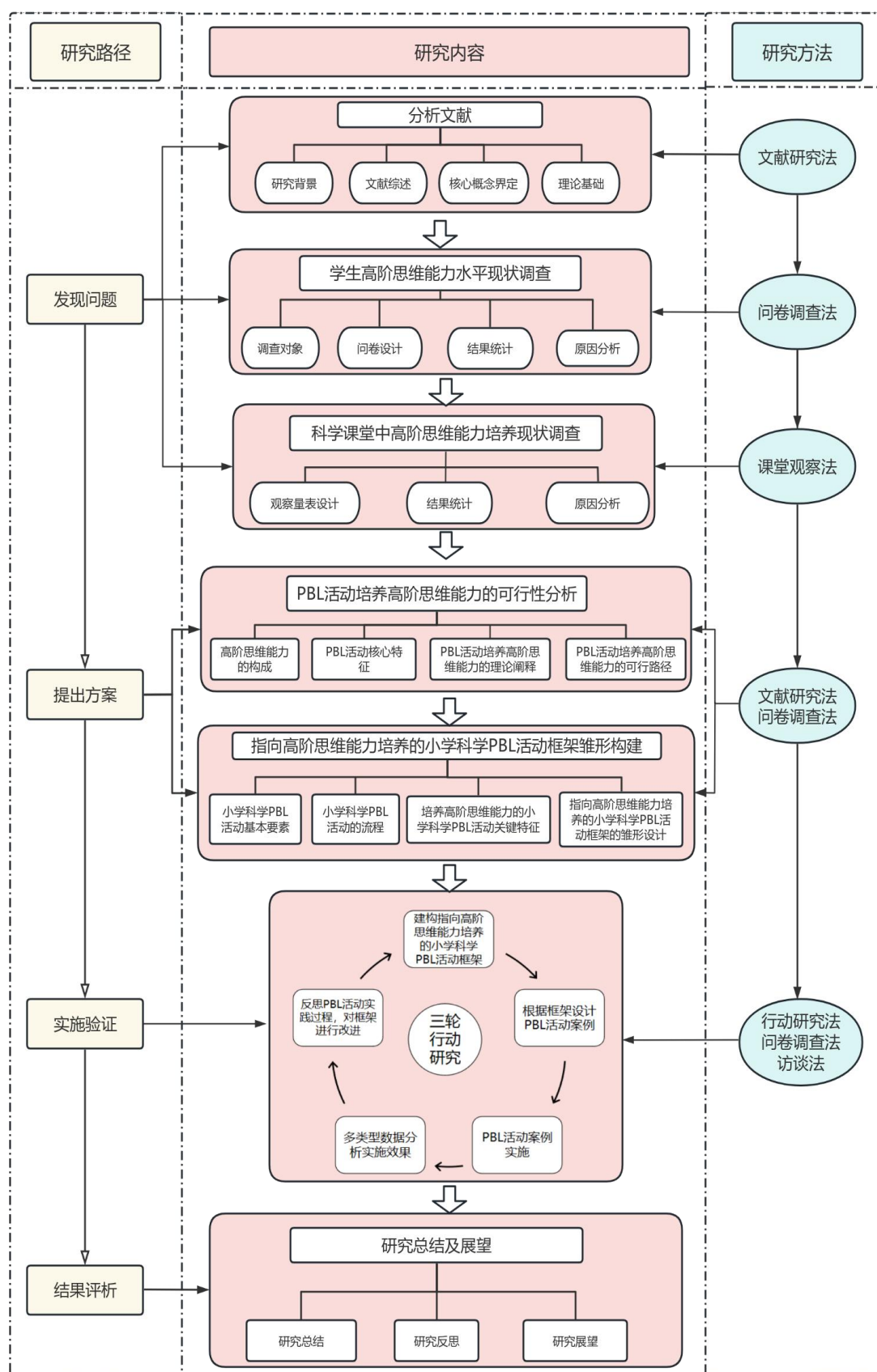


图 2.2 研究流程图

三、小学生高阶思维能力水平及培养的现状调查结果分析

(一) 小学生高阶思维能力水平现状调查

以即将参与 PBL 活动的四(2)班(42 人)学生为作为小学生高阶思维能力水平现状调查的代表对象,发放《高阶思维力量表》并回收,分析结果得到行动研究中前测的数据。

1. 调查结果

最终回收有效问卷 42 份,回收率 100%。量表中高阶思维能力分为批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决、意识调控五个维度统计,每个维度满分 5 分,计算每个维度的平均分与标准差,结果见图 3.1。经图 3.1 不难发现,学生高阶思维能力各维度得分平均为 3.5 分左右,由此印证学生具有一定的高阶思维能力,但整体水平较为一般。从标准差结果来看,所有维度的标准差都超过了 0.75,这意味着每个高阶思维能力维度上的结果分数差异都比较大,表明学生在高阶思维能力上有着显著的不平衡性和较大的差距,他们的潜力仍有待挖掘。

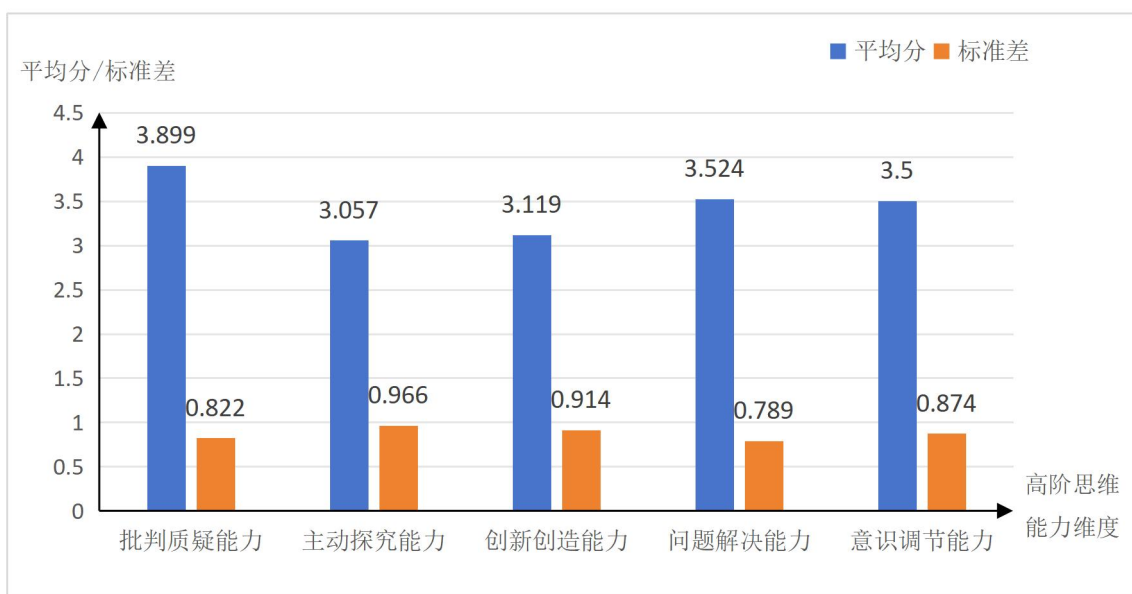


图 3.1 高阶思维能力前测结果统计图

对高阶思维能力各维度的前测结果进行统计,具体分析如下:

(1) 批判质疑能力

对量表中的第 1-4 题的前测结果进行统计,每题的具体结果如表 3.1。

表 3.1 批判质疑能力前测结果

题目	当我与大家意见不一致时,我能清晰地表达自己的观点。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	1	5	14	16	6
选择百分比	2.38%	11.90%	33.33%	38.10%	14.29%
平均得分	3.500				

表 3.1 批判质疑能力前测结果（续）

得分标准差	0.957				
题目	我认为科学中的任何观点都要有依据。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	0	0	0	15	27
选择百分比	0.00%	0.00%	0.00%	35.70%	64.30%
平均得分	4.643				
得分标准差	0.479				
题目	我认为在提出反对意见时需要有充分的理由。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	0	0	6	19	17
选择百分比	0.00%	0.00%	14.29%	45.24%	40.48%
平均得分	4.262				
得分标准差	0.692				
题目	我经常思考、评估同学说的话。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	3	9	14	9	7
选择百分比	7.50%	22.50%	33.33%	21.43%	16.67%
平均得分	3.190				
得分标准差	1.160				

批判质疑能力是五个维度中得分最高的，显示出学生们普遍具备一定的勇气和意识去质疑。调查结果显示，高达 86.71% 的学生认为自己在面对与大家意见不一时能够较为清晰地表达自己的观点。学生们普遍认同科学观点需要有依据，且在提出反对意见时需要合理的理由，这一点在所有学生中达成了共识。然而，也有 30.00% 的学生缺乏对他人观点进行评估和思考的意识，这表明他们在批判质疑的深度和广度上还有待提高。

（2）主动探究能力

对量表中的第 5-9 题的前测结果进行统计，每题的具体结果如表 3.2。

表 3.2 主动探究能力前测结果

题目	我常常对科学现象产生的原因进行思考。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	2	3	25	10	2
选择百分比	4.76%	7.14%	59.52%	23.81%	4.76%
平均得分	3.167				
得分标准差	0.814				
题目	我十分愿意通过实验操作来验证生活中的很多科学现象。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	3	8	17	11	3
选择百分比	7.14%	19.05%	40.48%	26.19%	7.14%

表 3.2 主动探究能力前测结果(续)

平均得分	3.071				
得分标准差	1.009				
题目	我能够对科学探究的原理、过程及结论进行完整地表达。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	6	8	20	7	1
选择百分比	14.29%	19.05%	47.62%	16.67%	2.38%
平均得分	2.738				
得分标准差	0.977				
题目	我具有独立完成科学实验的能力。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	5	7	20	8	2
选择百分比	11.90%	16.67%	47.62%	19.05%	4.76%
平均得分	2.881				
得分标准差	1.005				
题目	我认为应当自主地将问题进行细化和分析。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	2	3	20	9	8
选择百分比	4.76%	7.14%	47.62%	21.43%	19.05%
平均得分	3.429				
得分标准差	1.027				

主动探究能力是所有维度中得分最低的,这反映出学生在科学知识学习上更倾向于被动接受,而不是积极寻求。有超过四分之一的学生(26.19%)对于通过实验来验证科学现象的主动性不足,表现出对实验操作的不积极态度;约三分之一的学生(33.34%)在表述科学探究的原理、过程及结论时表达不完整,显示出对科学探究流程的理解不够深入;同时,近三成(28.57%)的学生缺乏独立完成科学实验的能力。有 88.10%的学生认同自主地细化和分析问题是很重要的,这表明学生们认识到了自主探究的价值,但在实际能力上尚显不足,需要进一步的培养。

(3) 创新创造能力

对量表中第 10-15 题的前测结果进行统计,每题的具体结果如表 3.3。

表 3.3 创新创造能力前测结果

题目	我常常以一种打破常规的眼光和角度看待问题。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	4	7	24	5	2
选择百分比	9.52%	16.67%	57.14%	11.90%	4.76%

表 3.3 创新创造能力前测结果（续）

平均得分	2.857				
得分标准差	0.915				
题目	我倾向于提出一些他人未曾考虑的问题。				
选项	十分不同意(1 分)	不同意(2 分)	部分同意(3 分)	同意(4 分)	十分同意(5 分)
选择次数	2	4	19	11	6
选择百分比	4.76%	9.52%	45.24%	26.19%	14.29%
平均得分	3.357				
得分标准差	0.996				
题目	我热衷于构想一些科学事件的可能性。				
选项	十分不同意(1 分)	不同意(2 分)	部分同意(3 分)	同意(4 分)	十分同意(5 分)
选择次数	1	2	27	10	2
选择百分比	2.38%	4.76%	64.29%	23.81%	4.76%
平均得分	3.238				
得分标准差	0.840				
题目	我常常萌生一些新颖的想法，哪怕它们看似不切实际。				
选项	十分不同意(1 分)	不同意(2 分)	部分同意(3 分)	同意(4 分)	十分同意(5 分)
选择次数	2	5	24	9	2
选择百分比	4.76%	11.90%	57.14%	21.43%	4.76%
平均得分	3.095				
得分标准差	0.840				
题目	在执行任务时，我总会思考是否有更具创造性和个性化的方法。				
选项	十分不同意(1 分)	不同意(2 分)	部分同意(3 分)	同意(4 分)	十分同意(5 分)
选择次数	1	6	26	7	2
选择百分比	2.38%	14.29%	61.90%	16.67%	4.76%
平均得分	3.071				
得分标准差	0.768				
题目	我总是渴望创造出一些在日常生活中不常见的物品。				
选项	十分不同意(1 分)	不同意(2 分)	部分同意(3 分)	同意(4 分)	十分同意(5 分)
选择次数	3	2	28	6	3
选择百分比	7.14%	4.76%	66.67%	14.29%	7.14%
平均得分	3.095				
得分标准差	1.050				

创新创造能力的得分在所有维度中倒数第二，反映出学生们普遍缺乏创新意识和能力。具体来看，73.81%的学生在面对问题时未能展示出创新性思维，表明他们在思考问题时很少打破常规。85.72%的学生很少提出别人未曾想到的新问题，这意味着他们在接受知识时较为被动，缺乏主动探索和质疑的精神。虽然 83.33%的学生在执行任务时会考虑是否有更具创造性和个性化的方法，但只有 21.43%的学生对生活中常见物品表现出较强的创造欲望，这表明他们在将创新思维转化为

实际行动方面还有所欠缺。

(4) 问题解决能力

对量表第 16-20 题的前测结果进行统计, 每题的具体结果如表 3.4。

表 3.4 问题解决能力前测结果

题目	在处理问题前, 应当分析问题的类型。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	2	2	14	17	7
选择百分比	4.76%	4.76%	33.33%	40.48%	16.67%
平均得分	3.595				
得分标准差	0.977				
题目	在处理问题前, 应当会分析问题的解决方法和流程。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	1	4	21	10	6
选择百分比	2.38%	9.52%	50.00%	23.81%	14.29%
平均得分	3.381				
得分标准差	0.925				
题目	我认为需要找出处理问题的主要因素。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	0	2	15	20	5
选择百分比	0.00%	4.76%	35.71%	47.62%	11.90%
平均得分	3.667				
得分标准差	0.745				
题目	我倾向于收集证据来帮助处理问题。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	0	1	25	12	4
选择百分比	0.00%	2.38%	59.52%	28.57%	9.52%
平均得分	3.452				
得分标准差	0.697				
题目	我认为需要对比、分析不同的处理问题方式所带来的结果。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	0	1	14	22	5
选择百分比	0.00%	2.38%	33.33%	52.38%	11.90%
平均得分	3.738				
得分标准差	0.692				
题目	我倾向于收集证据来帮助处理问题。				
选项	十分不同意 (1 分)	不同意 (2 分)	部分同意 (3 分)	同意 (4 分)	十分同意 (5 分)
选择次数	0	1	25	12	4
选择百分比	0.00%	2.38%	59.52%	28.57%	9.52%
平均得分	3.452				
得分标准差	0.697				

问题解决能力在各维度中得分处于中等水平，学生们在一定程度上掌握了解决问题的基本技巧。绝大多数（90.48%）学生认识到了在问题解决过程中，对问题类型进行分析的重要性，这表明他们理解了问题解决的第一步是正确识别问题的性质。88.1%的学生认为在采取行动之前，需要对可能的解决方法和流程进行分析，这说明学生们倾向于采取系统化的方法来解决这个问题。95.24%的学生认为识别问题的主要影响因素是解决问题的关键步骤，这反映了他们在问题解决策略上具有深入分析的意识。此外，97.62%的学生倾向于通过收集证据来辅助问题的处理，这显示了他们在解决问题时重视实证支持的倾向。同样，几乎所有学生都认为对比和分析不同解决问题的方法及其结果是非常必要的，这表明他们认识到了评估不同解决方案的效果对于有效问题解决的重要性，也能够在实际解决问题的过程中得到一定成就感。

（5）意识调控能力

对量表中第 21-25 题的前测结果进行统计，每题的具体结果如表 3.5。

表 3.5 意识调控能力前测结果

题目	我定期进行自我反省，以评估我是否实现了既定目标。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	2	4	20	12	4
选择百分比	4.76%	9.52%	47.62%	28.57%	9.52%
平均得分	3.286				
得分标准差	0.933				
题目	我会参考个人或他人的评价和反馈，适时调整自己的行动策略。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	1	2	21	14	4
选择百分比	2.38%	4.76%	50.00%	33.33%	9.52%
平均得分	3.429				
得分标准差	0.821				
题目	面对不确定性，我会质疑并积极寻求证据来支持或反驳。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	3	6	17	14	2
选择百分比	7.14%	14.29%	40.48%	33.33%	4.76%
平均得分	3.143				
得分标准差	0.965				
题目	当面临多项任务时，我会根据它们的优先级来决定处理的顺序。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	0	2	16	10	14
选择百分比	0.00%	4.76%	38.10%	23.81%	33.33%
平均得分	3.857				
得分标准差	0.940				

表 3.5 意识调控能力前测结果(续)

题目	我会根据现实情况灵活调整我的计划和行动方案。				
选项	十分不同意(1分)	不同意(2分)	部分同意(3分)	同意(4分)	十分同意(5分)
选择次数	0	0	16	19	7
选择百分比	0.00%	0.00%	38.10%	45.24%	16.67%
平均得分	3.786				
得分标准差	0.708				

意识调控能力在各项能力维度中的得分处于中等水平,学生在自我管理和调节方面具备了一定的能力。85.72%的学生表现出了自我反思的意识,他们会定期评估自己是否达到了既定的目标,这显示了他们在自我监控和目标导向方面的积极性。92.86%的学生能够根据个人或他人的评价和反馈,适时调整自己的行动策略,这表明他们在自我调节和适应性方面具有较好的能力。此外,95.24%的学生在面对多项任务时能够根据任务的优先级来决定处理的顺序,这反映了他们在时间管理和任务组织方面的成熟度。所有学生都表示会根据现实情况灵活调整自己的计划和行动方案,这显示了他们在面对变化时的应变能力和灵活性。尽管意识调控能力总体上处于中等水平,但学生们在自我反思、策略调整、任务优先级排序和计划灵活性方面表现出了积极的态度和行为。

2. 存在的问题及原因分析

(1) 学生普遍缺乏主动探究和创新创造能力

小学生在他们的学习旅程中,往往过分依赖教师或家长的指导,这导致他们在自主发现问题和解决问题的能力上存在不足。首先,他们习惯于接受直接给出的答案,而不是通过自己的独立思考来探索答案。这种依赖性可能源于小学生认知发展的限制,他们难以完全理解知识的深度和广度。这种认知上的局限性使得他们在面对复杂问题时难以独立思考和找到解决方案。

其次,传统的教学模式过于强调教师的主导作用,而学生则更多地处于接受知识的位置。在这种模式下,学生很少有机会去主动思考和探索,久而久之,便渐渐形成了被动接受的习惯,逐渐形成一种思维惰性,这种惰性减少了他们主动探索和思考新解决方案的意愿。

最后,创造性思维的发展需要通过实践来培养,但在现有的教育环境中,学生们常常面临实践机会不足的问题。缺乏将知识应用于现实情境的机会也限制了他们创新创造能力的成长。

(2) 学生高阶思维能力水平差异较大

从图 3.1 中可以发现,学生间的高阶思维能力存在较大差异。在学生的主动探究能力中,我们注意到虽然整体水平有待提升,但其中不乏一些学生表现出强烈的探究欲望和积极性,而另一部分学生则尚未找到激发他们探究兴趣的方法。在

创新创造能力方面,情况亦是如此:一些学生在面对问题时能够积极地思考和提出创新的解决方案,而另一些学生则对创造性活动缺乏兴趣或尚未培养出相应的热情。综合学生在批判质疑、创新创造和问题解决等能力方面的差异,提示教师在进行科学教学时需要更加具有个性化和差异化,以适应不同学生的需求。

综上所述,当前学生高阶思维能力的整体水平较低,这一现状凸显了教育系统在培养学生批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决、意识调控能力方面的不足,为本研究的深入探讨奠定了坚实的现实基础。同时,值得注意的是,尽管学生们在理论上表现出了正确的思维倾向,但在实际操作中,他们的能力转化仍有待观察。

(二) 基于小学科学课堂的学生高阶思维能力培养课堂观察

1. 观察结果

通过对课堂观察中填写的 22 份《小学科学课堂高阶思维能力培养观察量表》结果进行统计,结果如下:

(1) 培养批判质疑能力维度

对课堂观察量表中关于培养批判质疑能力维度的观察结果进行了统计分析,详细数据展示在图 3.2 中。

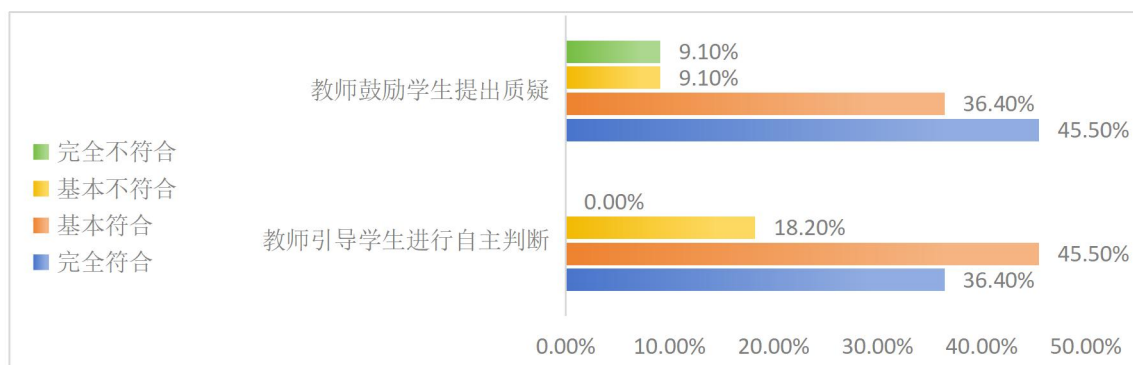


图 3.2 培养批判质疑能力观察结果

数据分析显示,教师在培养学生批判质疑能力上取得了一定成果,但仍存在改善空间。36.4%的课堂活动能完全引导学生进行自主判断,而 45.5%基本符合要求,说明大部分课堂对学生独立思考有所促进。然而,有 18.2%的活动基本不符合标准,需要改进。在鼓励学生质疑方面,45.5%的课堂完全符合,36.4%基本符合,表明教师普遍鼓励学生提问,但 9.1%的课堂基本不符合,9.1%完全不符合,显示出部分课堂需要加强对学生质疑精神的培养。所以,在为所有学生创造一个更加开放和支持性的环境方面,教师仍需加强关注并采取相应措施,以进一步提升学生批判质疑能力的发展。

(2) 培养主动探究能力维度

对课堂观察量表中关于培养主动探究能力维度的观察结果进行了统计分析,

详细数据展示在图 3.3 中。

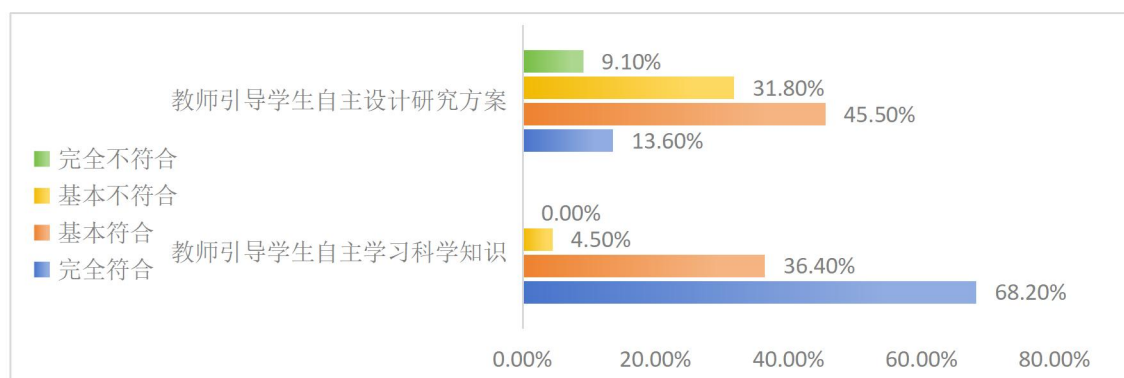


图 3.3 培养主动探究能力观察结果

在培养学生主动探究能力方面，教师给予了学生一定的引导，但仍需进一步进行方法上的指导。教师引导学生自主学习科学知识的表现较为积极，有 68.2% 的课堂达到了完全符合标准，仅有 4.5% 的课堂基本不符合。然而，在引导学生自主设计研究方案的能力上，情况显得较为落后，只有 13.6% 的课堂完全符合，而有 31.8% 的课堂基本不符合，9.1% 完全不符合。这表明虽然教师在促进学生自主获取知识方面做得较好，但在培养学生设计研究方案的高阶探究技能上，还有较大的提升空间。为了全面提升学生的主动探究能力，教师需要在鼓励学生独立思考和设计研究方案方面采取更多措施，以促进学生在科学探究中的自主性和创新性。

（3）培养创新创造能力维度

对课堂观察量表中关于培养创新创造能力维度的观察结果进行了统计分析，详细数据展示在图 3.4 中。

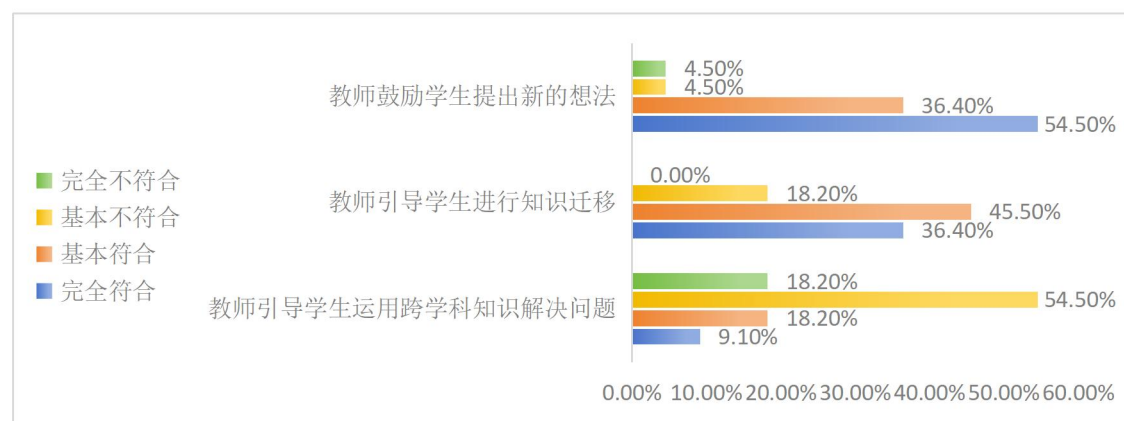


图 3.4 培养创新创造能力观察结果

在培养学生创新创造能力方面，教师充分认识到创新的重要性，但在培养上有所欠缺。在鼓励学生提出新想法上，有 54.5% 的课堂完全符合积极态度，36.4% 基本符合，显示出教师在激发学生创新思维上的努力，几乎所有教师都认识到了创新思维的重要性。然而，在引导学生运用跨学科知识解决问题的能力上，只有 9.1% 的课堂完全符合，而有 54.5% “基本不符合”，这表明在跨学科整合方面需要

更多的教学创新和实践。在知识迁移方面，36.4%的课堂完全符合，45.5%基本符合，说明大部分教师能够支持学生将知识应用到新情境。整体来看，虽然小学科学课堂在某些创新能力的培养上表现良好，但在跨学科问题解决和知识迁移能力上，教师需要进一步优化教学方法，以促进学生创新创造能力的全面提升。

(4) 培养问题解决能力维度

对课堂观察量表中关于培养问题解决能力维度的观察结果进行了统计分析，详细数据展示在图 3.5 中。

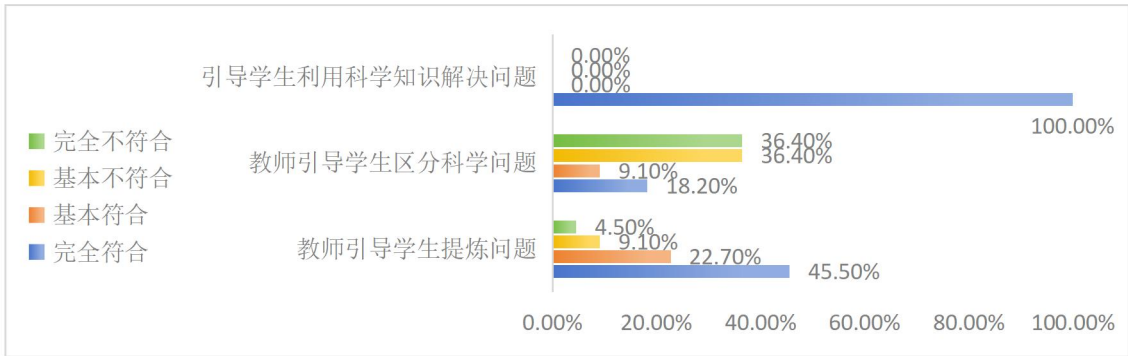


图 3.5 培养问题解决能力观察结果

在培养学生问题解决能力方面，教师充分引导学生利用科学知识，但对问题的提炼与区分还需关注。在提炼问题的能力培养上，有 45.5%的课堂达到了完全符合标准，而 4.5%的课堂完全不符合，这表明在这一领域还有不少提升空间。在区分科学问题的能力培养上，情况更加严峻，只有 18.2%的课堂完全符合，这突显了大多数课堂需要在教授学生识别科学问题上进行改进。尽管如此，在利用科学知识解决问题的观察点上，所有课堂均达到了完全符合，显示出教师在指导学生应用所学知识解决实际问题方面做得非常出色。整体而言，小学科学课堂在培养学生的问题解决能力上取得了一定的成效，但也需要在某些高阶思维能力维度上加强教学方法和策略，以促进学生在科学探究中的全面发展。

(5) 培养意识调控能力维度

对课堂观察量表中关于培养意识调控能力维度的观察结果进行了统计分析，详细数据展示在图 3.6 中。

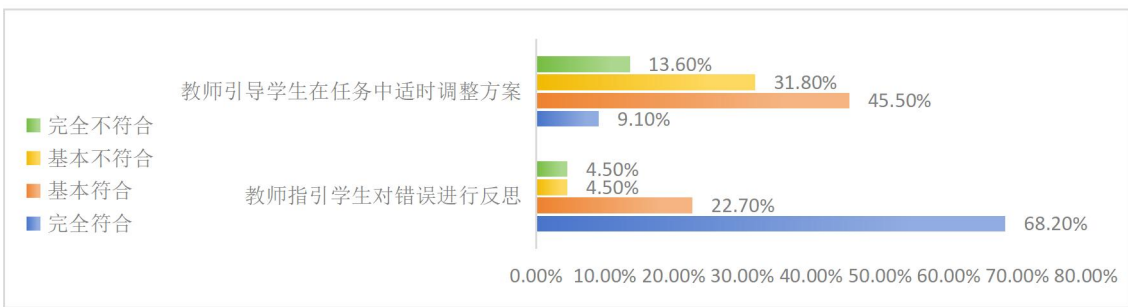


图 3.6 培养意识调控能力观察结果

在培养学生意识调控能力方面,教师重视引导学生进行错误反思,但在实践中训练意识调控能力则显得不足。在引导学生对错误进行反思方面,68.2%的课堂表现完全符合预期,意味着大部分教师能有效促进学生的反思能力。在培养学生调整任务方案的能力方面,仅有9.1%的课堂完全符合要求,而45.5%基本符合,表明近半数教师能部分支持学生调整方案,但31.8%和13.6%的课堂分别基本不符合和完全不符合,突显了在实践中训练意识调控能力上的不足。整体来看,教师在促进学生错误反思上表现积极,但在提升学生适时调整方案的意识调控能力上需进一步强化教学策略,以增强学生的自我调节和适应性。

2. 存在的问题及原因分析

(1) 教师对学生高阶思维能力培养的重视不足

一些教师仍然持有传统的教学观念,认为教学的主要目的是知识传授而非能力培养。根据图3.5所示,教师在指导学生识别和区分科学问题上有明显的改进空间。目前,教师没有完全意识到对问题进行精准区分在高阶思维能力培养中的核心作用。对在应试教育的大环境下,教师更关注学生的考试成绩,他们只是注重了知识的传授,并没有看到当今时代对全面发展的高质量人才的需求。其次,在发展学生高阶思维能力的过程中也存在着一些误区。有些教师把高阶思维能力定义为天生的,夸大天赋而忽略后天的努力。需要通过教师培训和专业发展活动来更新这些观念。另外,在日常教学中,部分教师觉得没有足够的时间来设计和实施促进高阶思维的活动。

(2) 教师自身的科学素养和教学方法限制了学生高阶思维的发展

当前,在众多地区,小学科学教育仍未受到应有的重视。以笔者所在市为例,小学科学低段教学中(一至三年级)兼职科学教师的现象普遍存在,其中的部分教师未能获得充分的专业科学素养。即便是专职的科学教师,尽管参与了定期的教研活动、工作坊和教师培训,但实际成效并不显著。部分教师存在职业倦怠,在积极吸收新知识方面存在欠缺,这种情况无疑限制了学生高阶思维能力的发展。

如图3.2所示,教师在引导学生进行自主判断方面的实践并不理想,这反映出教师尚未充分认识到培养学生批判质疑能力对其科学学习的重要性。此外,如果教师过分依赖传统的讲授法,则未能为学生提供足够的探究和批判性思考的空间。通过课堂观察,可以清晰地看到,在师生互动更为活跃的课堂中,学生的思维活跃度显著提高。

(三) 小学生高阶思维能力水平及培养的现状总结

通过对小学生高阶思维能力水平现状进行调查,发现学生具有一定的高阶思维能力,但是总体水平一般,尤其在主动探究和创新创造能力方面比较弱。同时,不同学生之间的高阶思维水平参差不齐。

通过对基于小学科学课堂的学生高阶思维能力培养现状进行课堂观察,发现仅有部分教师能够在教学过程中有效地激发学生的高阶思维,如批判质疑、主动探究、问题解决等能力。然而目前小学科学课堂在培养高阶思维能力的有效性有待进一步提高。

其实结合以上学生高阶思维水平现状以及小学科学课堂对学生高阶思维能力培养现状,不难发现目前小学科学课堂对于学生高阶思维能力的培养不够,是导致了学生高阶思维能力水平不足的一大原因。那么如何突破以上科学教育的困境呢?本研究将构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架,以 PBL 来开展小学科学教学活动,为学生高阶思维能力的培养提供一定的实践和研究案例。

四、指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架构建

探索将 PBL 活动应用于小学科学课堂以促进小学生高阶思维能力发展的可行性,可从理论阐释和实证分析两方面分析,最终得到 PBL 活动培养高阶思维能力的可行路径。首先,通过理论阐释深入探讨 PBL 与高阶思维能力的关系,以及其在小学科学教育中的适应性。其次,通过向专家及一线教育工作者的咨询求证进行实证分析,评估 PBL 在实际教学中的效果和培养高阶思维能力的适用性。最后,基于理论阐述和实证分析,设计具体的 PBL 活动框架,为教师提供实践指导,确保 PBL 活动能够有效地促进学生的高阶思维能力。

(一) PBL 活动培养高阶思维能力的可行性分析

1. PBL 活动培养高阶思维能力的理论阐释

PBL 活动为何能够培养学生的高阶思维能力?我们首先要明确 PBL 活动的核心特征及高阶思维能力的构成,从而梳理两者之间的联系。

(1) PBL 活动的核心特征

PBL 活动是一种以问题为中心的教学模式,其核心特征在于以真实或模拟的问题为起点,激发学生的探究兴趣。具体主要包括以下几点:

①自主性

PBL 是一种“以学习者为中心”学习方式。在 PBL 中学习者问题的解决者和意义的建构者,必须赋予他们对于自己学习和教育的责任和培养他们独立自主的精神^①。教师的角色转变为提供必要的学习资源,指导学生进行探究学习,同时监督学习活动的进展,确保教学计划能够顺利实施。

②情境性

PBL 是基于真实情境中问题的学习。学习活动围绕那些错综复杂、贴近现实生活的问题展开。这些问题设计得具有一定难度,旨在激发学生探索的热情。通过这样的学习过程,学生能够培养出将所学知识和技能应用到未来工作和学习中解决实际问题的能力。

③探究性

PBL 是以问题为核心进行探究的高水平的学习。从心理学的角度来说,问题可分为结构良好领域的问题和结构不良领域的问题^②。在 PBL 活动中,所面对的问题通常属于结构不良的领域,这意味着它们不能简单地通过应用现成的解决方案来处理。学生需要在已有知识的基础上,进行深入的综合性分析来应对这些新问题。在高水平学习中,学生需掌握概念间的复杂关系,并将这些概念灵活运用与实际问题解决中。因此,PBL 是一种以问题为中心,促进学生进行深度学习的

① 高瑞利,孔维宏.网络环境下基于问题的学习[J].中国电化教育,2004,25(08):28.

② 冯阿芳.PBL在编译原理课程教学中的应用研究[J].哈尔滨职业技术学院学报,2008,19(04):94.

高阶学习模式。

④实践性

PBL 强调对知识的实际应用。PBL 主张让学生在解决实际问题的过程中学习和掌握知识和技能,这种方法不仅仅局限于理论层面,而是要在实际的教学过程中得到应用和实践。通过 PBL 实践性的应用,学生的独立思考、问题解决、合作交流等能力得到了提高,同时也提升了教师的教学能力。例如,教师可以根据学生的反馈调整问题的设计,以提高问题解决的效率和质量。此外,PBL 实践性的应用也需要学校和教师提供必要的支持,如提供足够的资源和工具,提供充足的时间和空间,以及提供必要的指导和帮助。

⑤反思性

反思性学习是提高学生学习效果和教学质量的关键策略。在 PBL 活动中,反思性学习是指学生在学习过程中对自己的学习行为、学习成果进行深刻地思考、反思和评价,以促进对学习内容的深入理解和学习方法的优化。学生在 PBL 项目的各个阶段都需要进行形成性反思,包括问题设计的合理性、资料收集的有效性、数据分析的逻辑性、解决方案的创新性等。形成性反思有助于学生及时发现学习中的问题,调整学习策略,提高学习的效率和效果。在问题解决后,学生需对整个学习过程进行总结性反思,包括学习成果的展示、问题解决的全过程、合作过程中的团队协作等。总结性反思有助于学生全面理解学习内容,提升自我评价能力,增强学习的深度和广度。

(2) 高阶思维能力的构成

基于前文中的核心概念界定,本研究将高阶思维能力的构成分为以下五个维度:

①批判质疑能力

吴荣燕指出学生的高阶思维能力,主要包括探究创新、批判质疑、直观想象、问题解决等能力,同时从教学的角度来看,指出教学要对教学内容有着深刻理解,注重在课堂上的情景创设,进一步促进学生高阶思维能力的形成。在研究中着重强调批判质疑的重要性,把批判质疑作为高阶思维能力培养的关键^①。这要求在科学学习过程中,有发现科学问题的能力,准确理解科学的相关概念,分析科学现象,评估科学证据是否真实有效地说明问题,进而总结科学结论和科学规律等。

②主动探究能力

小学科学教育着重于培养学生的自主探究能力。在自主探究过程中,学习者依据科学活动中遇到的问题或学习目标,自行构建假设或猜想,然后利用科学知识和方法来探索问题并验证这些假设。这一过程旨在帮助学习者在研究中不断修

^① 吴荣燕. 突出问题解决发展高阶思维[J]. 中学数学, 2023, 44(21): 13-15.

正自己的猜想,学习新知识,进而推动思维能力的发展。

③创新创造能力

李阳明确了创新探究在高阶思维能力培养中的重要作用^①,同时结合了陶行知的教育理论对其进行了补充说明,将陶行知教育理论中的“主动摸索”与“创新探究”相结合,将强调解放与教学做合一相结合,由此可以进一步迸发学生的创造力。

④问题处理能力

鲁子问指出教学实践中实现对学生高阶思维能力培养的核心是通过问题设计实现的,在课堂实践中为学生提供一个科学且合理的问题处理情境与平台是引导学生开启思维的有效手段之一^②。蔡珍瑞也指出,针对教学中存在的诸多问题,教师要通过问题设计的方式帮助学生形成判断推理和批判性思维,进一步强调了问题处理的重要性^③。

⑤意识调控能力

首新认为高阶思维能力包括元认知能力、批判性思维能力等^④。李英莲通过开展研究指出在学科教学领域中高阶思维能力培养的重要性,并指出意识调控在于学生通过学习产生的心理活动,其对于提升学生学习能力十分重要,与此同时指出学生的个体思维在意识调控的过程中,会经历知道、理解、应用、分析、评价和创造^⑤。由此可见,学生的元认知水平以及自我管理能力都是意识调控能力的重要组成。

(3) PBL 活动培养高阶思维能力培养的理论阐释

通过上述的深入分析,发现 PBL 的核心特征为学生形成高阶思维能力提供了有力的支持。本研究将从以下五个维度对 PBL 活动如何培养高阶思维能力进行理论阐释。

①自主性、反思性促进批判质疑能力的发展

首先,自主性对批判质疑能力的发展起到关键作用。在 PBL 活动的过程中,学生需要独立寻找、分析和评估信息,这就要求他们必须具备批判质疑的能力。例如,在选择实验材料时,学生需要判断材料的可靠性、相关性和有效性,这就需要他们运用批判性思维。其次,反思性在促进批判质疑能力的发展中也起到了重要作用。通过对自己的学习过程和结果进行反思,学生可以发现自己的思维方

① 李阳. 如何培养具有高阶思维的创新人才[J]. 华夏教师, 2022, 11(22): 33-34.

② 鲁子问. 课堂: 英语核心素养植根的沃土[N]. 中国教育报, 2016-11-16(12).

③ 蔡珍瑞. 例谈指向高阶思维能力的高中英语阅读文本处理阶段的问题链设计[J]. 英语教师, 2020, 20(17): 147-150.

④ 首新. 小学生的科学高阶思维[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.

⑤ 李英莲. 初中物理教学中高阶思维能力的培养策略[J]. 试题与研究, 2024, 37(03): 168-170.

式和解决问题的策略中存在的问题，从而对自己的理解和认识进行深化和修正。学生对自己参加 PBL 活动的反思，不仅仅停留在认知的层面，它还涉及对个人情感、态度和价值观的反思，这有助于学生形成开放、公正和全面的批判思维。PBL 活动的自主性为学生提供了广阔的空间和机会去实践批判质疑能力，而反思的过程则有助于学生深化理解、完善策略，并在此基础上进一步提高批判质疑能力。

②自主性、探究性、情境性、实践性促进主动探究能力的发展

首先，学生在 PBL 活动过程中保持主体地位，他们可以自主选择学习内容，自己寻找相关问题，主动提出问题，自己安排探究计划。由此，可以激发学生的学习兴趣，使他们更愿意主动探究。其次，在 PBL 活动中，学生需具备敏锐的问题发现能力，并能主动提出疑问。他们应自主筛选并确定有研究价值的主题，同时积极寻求解决问题的策略和探究结论的形成路径。这种经历使他们在面对问题时，能够主动寻找解决方案。再次，PBL 活动的主题围绕学生实际的社会环境和自然环境展开，使得学生以开放的形态接纳一切形态的知识，在实际环境中能够主动探究。最后，PBL 活动要求学生需要在实践中解决问题、了解社会，强调实践参与和活动的整体性，可以提高学生的实践能力，使他们在实际操作中能够主动探究。总的来说，自主性、探究性、情境性和实践性这四个特征相互作用，共同促进学生主动探究能力的发展。教师在教学过程中，应该充分发挥这四个特征的作用，以提高学生的主动探究能力。

③自主性、探究性、实践性促进创新创造能力的发展

首先，PBL 活动鼓励学生自主地提出问题、寻找答案并对结果进行反思。采用这种学习模式能够唤起学生的求知欲，同时促进他们独立思考和问题解决技能的发展，这些都是创新创造能力的基础。其次，实践性学习强调将理论知识应用于实际情境中，通过动手操作、实验和项目制作等方式，学生可以直观地理解理论知识的运用，同时也能在实践中发现问题、解决问题，进一步锻炼和提升创新能力。

④情境性、探究性、实践性促进问题解决能力的发展

首先，通过创设情境，学生可以更好地理解和掌握知识，同时也能激发学生的学习兴趣 and 积极性。情境化学习使学生能够将知识应用于实际情境，从而增强他们解决现实问题的能力。其次，通过 PBL 活动，学生可以主动进行研究、探索和解决问题，这种学习方式可以培养学生的独立思考能力和问题解决能力，使学生在面对问题时能够独立分析、解决问题。最后，学生可以将理论知识应用到实际操作中，这种“学以致用”的学习方式可以提高学生的实践能力和问题解决能力，使学生在面对实际问题时能够灵活运用所学知识，提出解决方案。情境性、探究性、实践性三者相辅相成，共同促进学生问题解决能力的发展。

⑤探究性、反思性促进意识调控能力的发展

在解决问题的过程中, 学生需要不断尝试和探索, 以找到解决问题的最佳方法。例如, 在设计投影灯时, 学生需要不断尝试不同的光源位置, 通过反思和调整, 最终找到正确的解决方案。这个过程可以提高学生的意识调控能力, 使他们在遇到问题时, 及时调整思维策略以解决问题。在 PBL 活动中, 通过指导学生进行有组织的、深层次的反思学习, 不仅能增进他们的学习成效, 而且有助于发展学生的自我驱动学习、批判性思考 and 创新能力, 从而提高各个维度的高阶思维能力。

综上所述, 通过 PBL 活动, 学生在真实情境下主动探究、创造性地进行问题解决, 经历批判质疑到问题解决的过程, 能够激发“分析、综合和评价”的高阶思维活动, 从而全面提升包括批判质疑能力、主动探究能力、创新创造能力、问题解决能力、意识调控能力在内的高阶思维能力。

2. PBL 活动培养高阶思维能力的实证分析

为了对通过 PBL 活动培养高阶思维能力路径的可行性进行进一步验证, 本研究采用专家调查法的方式(专家问卷见附录二), 邀请了包括 A、B、C、D、E、F 在内的六位专家, 分别对 PBL 培养学生高阶思维能力路径的可行性进行了评估。参与本项研究的专家队伍由两位专注于 PBL 研究的教授、两位科学教育领域的教授以及两位经验丰富的一线科学教师组成。通过对收集的数据进行深入分析, 得出相关的效度结果, 进而验证了培养方案的有效性。本研究采用了内容效度指数(I-CVI)和量表水平的内容效度指数(S-CVI)两个指标进行评估。

内容效度指数分析(I-CVI): 对相应内容维度的关联性进行评估。评分分为四级, 相关性由弱到强分别为 1、2、3、4 四个级别。每个维度的效度指数计算方式为: 给出评分为 3 或 4 的专家人数除以专家总人数, 得到的数值即为对应的效度指数。需要注意的是, 当专家总人数大于 6 时, 内容效度指数值需大于 0.78, 才表示该条目是可以接受的。此外, 还需通过随机一致性的校正来确保结果的可靠性与科学性。随机一致性 K^* 计算公式: $K^* = (I-CVI - Pc) / (1 - Pc)$, 其中 Pc 表示一致性概率, $Pc = [n! / A! (n - A)!] \times 0.5^n$, n 为参评专家总数, A 为对应条目被给予 3 或 4 分的专家人数。随机一致性的评估标准: 0.40~0.59 为一般, 0.60~0.74 为良好, 大于 0.74 为优秀。

量表水平的内容效度指数(S-CVI): 分为全体一致 S-CVI(S-CVI/UA)和平均 S-CVI(S-CVI/Ave)。S-CVI/UA 表示全体专家一致认为相关的情况, 计算方法为被所有专家均评为 3 或 4 分的条目数除以总条目数, S-CVI/UA 不低于 0.80 表示问卷内容效度较好。S-CVI/Ave 表示平均情况, 其中一种计算方法为问卷所有

条目 I-CVI 的均数, S-CVI/Ave 应达到 0.90^①。

基于上述方法, 对专家问卷的收集结果进行内容效度分析, 通过上述的计算分析方式得到效度指数表, 具体见表 4.1。

表 4.1 小学科学 PBL 活动培养高阶思维能力路径问卷专家评分及内容效度指数表

题目	专家评分						评分值 ≥ 3 的 专家人数	I-CVI	Pc	K*	评价
	A	B	C	D	E	F					
1	3	4	3	4	4	4	6	1.00	0.016	1.00	优秀
2	3	4	4	3	4	4	6	1.00	0.016	1.00	优秀
3	4	3	3	4	4	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
4	3	4	2	3	3	3	5	0.83	0.094	0.82	优秀
5	4	4	3	4	4	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
6	3	4	4	4	3	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
7	4	4	4	4	4	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
8	3	3	3	2	4	3	5	0.83	0.094	0.82	优秀
9	4	4	4	3	3	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
10	3	4	3	4	3	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
11	4	4	3	4	3	4	6	1.00	0.016	1.00	优秀
12	3	3	4	4	4	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
13	4	4	3	4	3	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
14	3	4	4	3	3	3	6	1.00	0.016	1.00	优秀
S-CVI/UA	0.857						S-CVI/Ave	0.976			

从计算与分析的结果来看, 14 个问卷条目的 I-CVI 全部大于 0.78, 由此可以看出本次设计高阶思维能力培养路径有着较高的可靠度, 同时这 14 个条目中又有 12 个条目的内容效度指数为 1, 条目水平的内容表明专家对这些条目的认同度较高。同时, S-CVI/UA 等于 0.857 高于 0.80, S-CVI/Ave 等于 0.976 大于 0.90, 表明量表水平的内容效度较好。

综上所述, 得到上述 PBL 活动培养学生高阶思维能力的路径较为合理的结论, 且该结论可靠。

3. PBL 活动培养高阶思维能力的可行路径

结合上述理论阐释以及实证分析, 最终得到本研究基于 PBL 活动来培养学生高阶

^① Waltz CF, Strickland OL, Lenz ER. Measurement in nursing and health research [M]. 3rd ed. New York: Springer, 2005: 157.

思维能力的可行路径的结果，即：重点从自主性、反思性方面出发促进批判质疑能力的发展；重点从自主性、探究性、情境性、实践性方面出发促进主动探究能力的发展；重点从自主性、探究性、实践性方面出发促进创新创造能力的发展；重点从情境性、探究性、实践性方面出发促进问题解决能力的发展；重点从探究性、反思性方面出发促进意识调控能力的发展（如图 4.1 所示）。

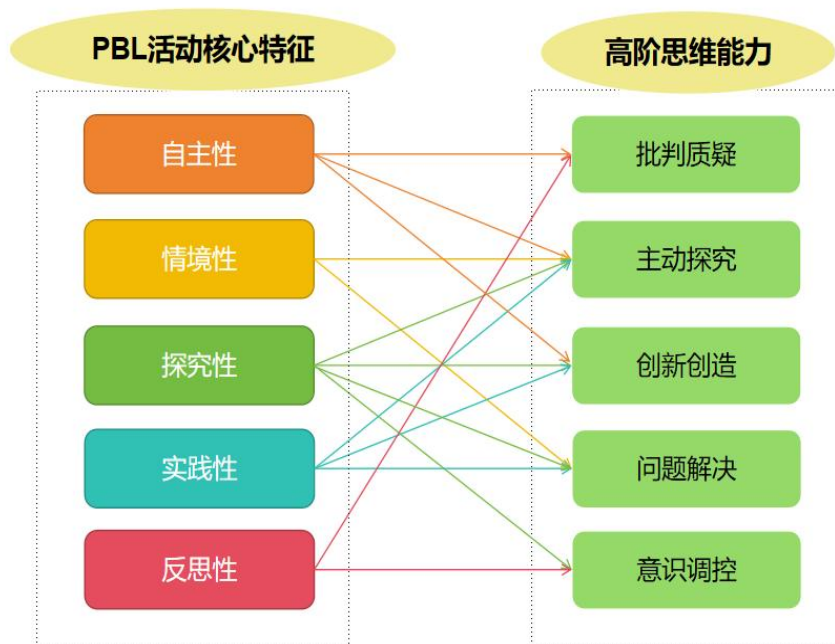


图 4.1 PBL 活动培养学生高阶思维能力的可行路径

（二）指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架构建

1. 小学科学 PBL 活动基本要素

巴克教育研究院在《PBL 项目学习黄金标准》一书中首次提出了黄金标准 PBL 教学模型^①。该模型是基于巴克教育研究院在 PBL 研究和实践方面的十五年经验，以及对有效学习和参与项目所需要的关键要素的理解提出的。

黄金标准 PBL 教学模型的核心内容包括：

①学生学习目标：PBL 的教学目标主要是帮助学生理解关键知识并发展成功技能。

②项目的基本设计元素：这包含了项目设计的七大元素，即具有挑战的驱动性问题、持续性的探究、真实性、学生的选择权和发言权、反思、批判性反馈和修改、公开的项目成果展示^②。

③基于项目的教学实践：这涉及项目教学实践的七大要素，包括设计与计划、

① 约翰·拉尔默，约翰·梅根多勒，苏西·博思著. PBL 项目学习黄金标准：精准教学新方法[M]. 胡静，张昱华，彭红玲译. 北京：光明日报出版社，2019: 3.

② 彭景惠. 项目式的应用密码学课程 OMO 混合式教学探索[J]. 计算机教育, 2023, 21(11): 146.

与课标对应、建设课堂文化、管理教学活动、搭建学习支架、评估学生的学习、参与和指导^①。

黄金标准 PBL 教学模型对教育领域的影响主要体现在它提供了一个被广泛认可和采纳的 PBL 项目设计和实施的框架。它帮助教育工作者理解和实施 PBL，提高了项目的质量，并促进了学生的主动学习、批判性思维、问题解决、团队合作和自我管理等高阶思维能力的发展^②。

要应用黄金标准 PBL 教学模型进行教学，教师可以根据模型的指导来设计具有挑战性的项目鼓励学生持续探究。确保探究过程的真实性是至关重要的，这包括使用真实的情境、让学生执行与现实世界中相似的任务，并使用实际应用的工具。此外，项目应能够对现实世界产生实际影响，使学生能够就核心问题表达自己的观点。反思是学生评估问题解决策略有效性的关键手段之一。教师在整个过程中应提供形成性评价，以指导和改进学生的工作，直至最终成果的完成。项目学习的黄金标准为本次研究中各阶段学习活动的设计提供了明确的指导方针。

本研究依据 PBL 黄金标准所提出的项目设计基本要素，结合建构主义学习理论，将高阶思维能力的培养融入 PBL 活动中。综上所述，将 PBL 活动的基本要素界定为：情境、问题、方案、探究、反思（如图 4.2 所示），具体阐释如下：

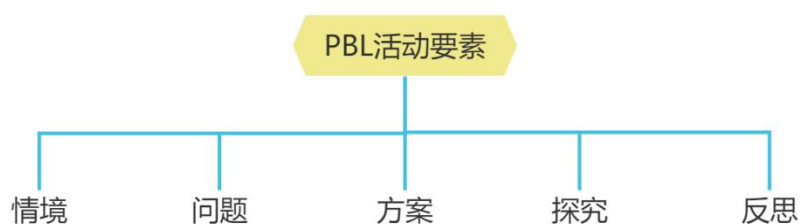


图 4.2 PBL 活动要素构成图

（1）情境

在 PBL 活动中，情境为学生提供了一个自主发现问题和进行探究的平台，扮演着重要的角色。这些情境多数基于生活的实际场景，或是通过现代信息技术手段创建的模拟环境。有效的情境设计应满足以下四个标准：首先，它应促进学生探索具有实际意义的问题；其次，它应增强学生的团队合作技能；第三，它应鼓励学生应用并精通技术工具；最后，它应支持项目的成功实施。

（2）问题

PBL 是以“问题”为核心的学习活动，其项目主题是源于真实情境中的实际

① Boss S, Larmer J. Project based teaching: How to create rigorous and engaging learning experiences[M]. City and County of Denver: ASCD, 2018: 58-59.

② 谢建, 周涵婕, 褚丹. 指向高阶思维培养的 PBL 学习活动模型设计研究[J]. 黑河学院学报, 2024, 15(08): 91.

问题。并非所有的教学内容都适合采用 PBL 教学法,因此在挑选 PBL 活动的素材时,教师需要选择具体且系统的实际问题,这些内容的难易程度应该符合学生的认知发展规律,为他们提供深入学习的机会,同时推动学生知识的转化,以达到将所学运用到实践中的目标^①。

(3) 方案

方案是指在 PBL 活动的过程中,学生为解决特定问题而制定的具体策略、步骤和方法。方案通常包括问题分析、目标设定、实施步骤、资源整合、时间规划等内容。方案应要求学生将理论知识应用于实际问题解决中,强调实际操作。方案的制定和实施通常需要小组成员间的合作,在实际应用过程中一般还需要根据实际情况调整和优化。教师应鼓励学生在方案设计、优化中发挥创新思维,寻找非传统的解决方案。

(4) 探究

探究主要是指学生在面对现实问题的解决过程中,主动地、积极地寻找问题的答案和解决方案。这种探究不仅仅是对已知知识的应用,而是一个涉及发现问题、分析问题、解决问题的全过程。在这个过程中,学生需要运用自己的认知和技能,结合所学的理论知识,通过研究、探索、实验、讨论等多种方式,来深入理解问题,寻找最佳的解决方案。项目式的教育模式强调的是由学生主导、利用特定设备或技术来解决问题的方式^②,这些方式通常具备创造力和难度,适应学生的个人特质,并在过程中能激起他们的求知欲,提升实际操作技能,同时也有助于他们多维度能力的成长。

(5) 反思

反思是指在 PBL 过程中,学生对整个学习活动的回顾和思考。这包括评估问题的选择是否恰当,团队合作是否有效,资源的利用是否充分,以及学生在探究过程中的思考和学习是否深入。反思还涉及学生如何展示他们的研究成果,他们是否能够清晰地表达自己的发现和理解,以及他们在活动中的情感体验和自我监控能力,借此找出自身的优势与劣势,并据以制定后续学习的方向^③。通过这样的反思,教师也可以了解哪些教学方法有效,哪些需要改进,而学生则能够认识到自己的学习方式和进步空间,从而在未来的学习中更加主动和高效。

2. 小学科学 PBL 活动的流程

有关 PBL 活动的流程没有固定的标准,各学科特性及授课内容的差异使得不同专家和研究者持有各自观点。例如,Shin N 与 Bowers J 等人的见解是:这种学

① 肖莉. 深度学习视域下高中地理项目式学习策略[J]. 中学课程辅导, 2024, 14(18): 79.

② 谢细笑. 小学数学与信息技术深度融合的项目式学习分析[J]. 读写算, 2024, 40(21): 96.

③ 李靖. 项目式学习在初中语文教学中的策略研究[J]. 中学课程辅导, 2024, 41(18): 48-50.

习方式应遵循以下六个环节：由学生提问，预判解决方案，规划调研，搜集并解析信息，利用科学手段，完成作品展示并交流思想^①。而王莉妍则把项目型教法应用于小学生的初级阅读课程上，她将其划分为三部分：项目的开始，探索过程，结束总结^②。张飞在创新教育的背景下，他提出了四步走的方式来实现项目式教学：营造环境，设定课题；模拟执行任务，发挥想象力；检验成果，优化完善；共享经验，全面评估^③。

聚焦到小学科学学科，曹雯婷结合一线教学的实践，提出小学科学课 PBL 设计的一般流程，分为四个阶段：定义、策划、实施、评审^④。赵晓林以《木材》为例，总结出 PBL 教学法在小学科学教学中的实施流程：确定课程内容，准备问题→创设问题情境，提出问题→具体分析问题，制定方案→小组合作探究，解决问题→表达完善方案，评价总结^⑤。可见，关于小学科学 PBL 的流程主要围绕着问题提出、方案制定、探究实践、总结评价等展开。

本文在小学科学 PBL 活动基本要素“情境、问题、方案、探究、反思”的先决条件下，进一步确定 PBL 活动流程如下：情景设置→明确问题→方案设计→探究实践→反思评估，具体见图 4.3。

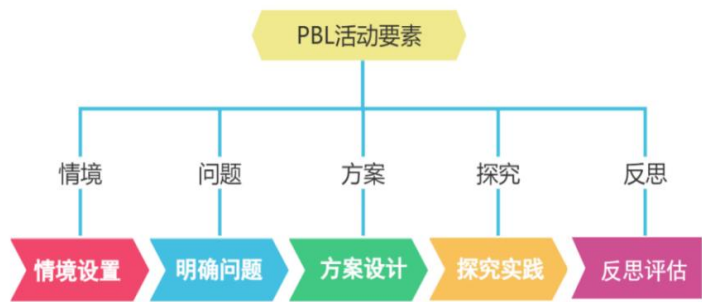


图 4.3 PBL 活动要素指导下小学科学活动流程

3. 培养高阶思维能力的小学科学 PBL 活动关键特征

本研究的主要目标是不断提升学生高阶思维能力，主要包括：批判质疑能力、主动探究能力、创新创造能力、问题解决能力和意识调控能力。在此研究目标指导下，有效地设计小学科学 PBL 活动，明确其与一般的科学 PBL 活动之间的差别显得尤为重要。所以，指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动不仅仅具有一般科学 PBL 活动的基本特征，同时还能显著激发学生高阶思维能力，两者对比情况如表 4.2 所示。

① Shin N, Bowers J, Krajcik J, et al. Promoting computational thinking through project-based learning[J]. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2021, 3(03): 1-15.
② 王莉妍. 基于项目式学习的小学低年级识字教学研究[D]. 广州: 广州大学, 2016.
③ 张飞. 小学生项目式创客教学模式的行动研究[D]. 烟台: 鲁东大学, 2018.
④ 曹雯婷. 小学科学课项目式学习设计的一般流程与实践[J]. *现代教学*, 2024, 26(05): 64.
⑤ 赵晓林. PBL 教学法在小学科学教学中的应用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2020.

表 4.2 一般科学 PBL 活动与指向高阶思维能力培养的科学 PBL 活动基本特征的比较

活动流程	一般科学 PBL 活动	指向高阶思维能力培养的科学 PBL 活动
情境设置	展示生活情境，引发学生的关注，激发探究欲	仔细审视情境，勇敢地、多角度、发散性地提问、质疑
明确问题	确定要解决的关键问题	基于观察，提出可能的问题或疑问，区别不同问题间的联系
方案设计	根据需求制定相应方案	小组合作，深入讨论设计方案，并对方案进行评价后不断修正
探究实践	通过合作探究和创新设计的过程，最终制造出个性化产品	基于已有的知识建构、完善作品，力求创造出具有创新力的新产品或服务
反思评估	交流展示、评价整个活动参与的过程并积极反思	基于多元评价的结果，深入思考个人或团队的行为、决策和成果，识别成功之处和需要改进的地方

根据以上指向高阶思维能力培养的科学 PBL 活动五个流程的基本特征，提炼出在设计指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动中各流程要体现的五点关键特征，内容如下：

①在情境设置环节中，要创建勇于提问的氛围。勇于提问是有效提升学生问题解决能力的重要基础，因此，站在高阶思维能力发展的角度上分析，要更加重视问题的提出。在情景体现的过程中，本研究更加关注应用真实问题情境，不断提升学生的关注程度，使得学生乐于探究和分析问题。同时，给予学生提问的充分肯定，给学生足够的自我效能感，将学生处于积极的环境氛围中，积极地提出问题。

②在明确问题环节中，要以批判、科学猜测作为核心。站在高阶思维能力发展的角度下来确定问题，要鼓励学生合理地进行批判和猜测，以此来厘清不同问题之间的关系，总结出解决系列问题的方法，不断提升学生批判质疑和解决问题的能力。

③在方案设计环节中，要更加关注合作与反思。在设计开始之前，团队需要明确设计的目标和预期成果，确保所有成员对设计的方向和目的有共同的理解。教师应鼓励团队成员进行开放和坦诚的讨论，分享各自的想法和观点，以促进创意的碰撞和融合。同时，团队成员需要进行批判性反思，识别方案中的不足之处和潜在的改进空间。设计的过程应该是迭代的，不断通过讨论、评价和修正来完善方案，学生的主动探究能力、问题解决能力得到发展。

④在探究实践环节中，要重视知识引领和问题解决。在进行探究创新的过程中，已有的知识和理论是新知识产生的基础和前提。只有对已有知识的深入理解和批判性思考，才能提出新的问题，进而进行创新。科学探究的过程实际上是通

过解决问题的过程来推进的。问题是探究的起点，也是解决问题的过程。通过问题解决，学生可以验证之前的假设，推动知识的进一步发展和创新。知识引领可以帮助学生更好地定义和提问，而问题解决又可以推动新的知识的生成和发展。这两者在探究创新环节中是相辅相成的，缺一不可，推动了学生创新创造能力的发展。

⑤在反思评估环节中，要重点关注批判和自我调节。通过对整个活动过程进行自评、他评、师评，学生能够深入反思个人或团队的行动、选择及其成果，明确哪些方面做得好，哪些方面需要进一步优化和提高。学会如何评价和自我调节，提升意识调控的能力。

4. 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架的雏形设计

基于以上论述，本研究中国指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动包括五大环节：情境设置、明确问题、方案设计、探究实践、反思评估，同时从上述高阶思维能力培养的 PBL 活动关键特征出发来进一步细化、设计指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动。每个环节的学习活动所要侧重培养的具体高阶思维能力如图 4.4 所示。

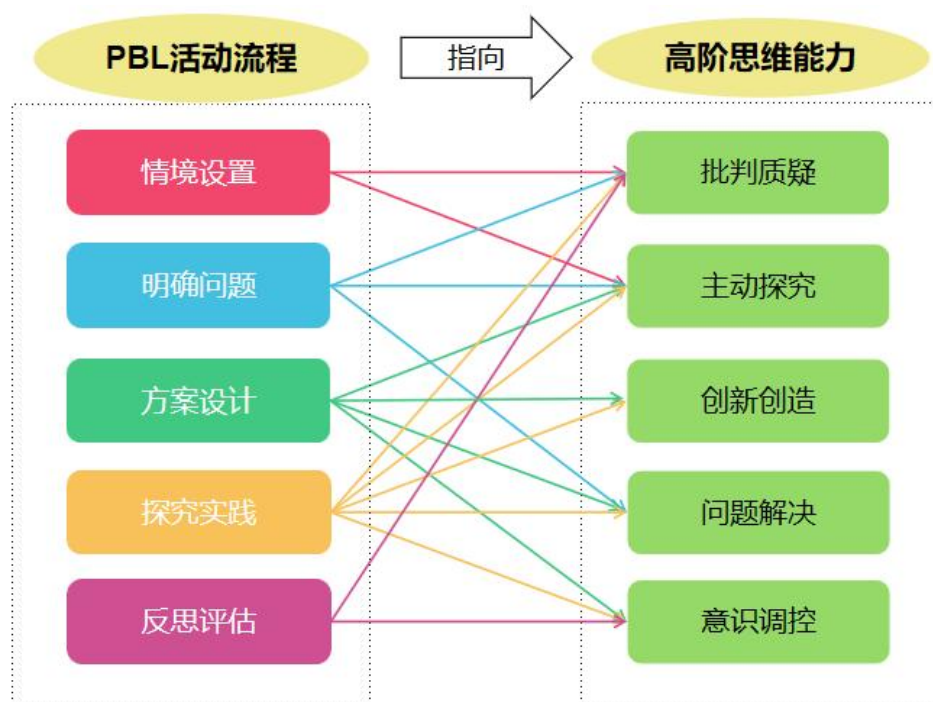


图 4.4 PBL 活动流程中促进的主要高阶思维能力维度

(1) 情境设置

情境设置重点在于训练学生的批判质疑能力和主动探究能力。其具体过程指的是给学生提供与科学 PBL 活动内容相关的环境，从而让他们在具体的环境中进

行深度体验,积极探索科学的知识。本研究将此环节设置为:情境展现→自由提问→问题集萃。

①情境展现:教师选择一个与学生生活经验相关的科学主题或问题并通过故事、视频、实验演示或现场考察等方式,生动地进行介绍。此环节要确保情境能够激发学生的好奇心和探索欲。

②自由提问:教师应鼓励学生基于情境提出自己的问题,并进行积极主动的思考。这里可以使用思维导图、问题墙或小组讨论等多种形式来收集问题。教师可以引导学生思考问题的各个方面,比如“是什么”“为什么”“怎么做”。

③问题集萃:引导学生将所有问题进行整理,去除重复的问题,合并相似的问题。教师与学生一起讨论哪些问题是最重要的,哪些问题可以作为研究的起点。

(2) 明确问题

明确问题环节主要指向的是学生批判质疑能力、主动探究能力和问题解决能力的培养。其具体过程指的是整理所有提问后对本次活动想要研究的问题进行最终确定。可以使用投票或小组讨论的方式来决定哪些问题值得深入探究,然后对问题的解决进行初步的合理假设。通过对问题的提炼、解析、初步解决,达到对高阶思维能力进行训练的目的。此环节可以具体设置为:问题表达→问题解析→合理假设。

①问题表达:鼓励学生用自己的话来描述他们对某个科学现象或问题的理解。教师可以提供一些引导性的问题,帮助学生更清晰地表达他们的困惑或兴趣点。学生可以通过绘画、写作、口头表述等方式来表达问题。

②问题解析:在学生表达完问题后,教师帮助他们进一步分析问题,理解问题的关键点。通过提问等方式引导学生思考问题的不同方面,比如原因、过程、结果等。教师与学生一起将问题分解成更小、更具体的子问题,以便于研究。

③合理假设:在理解了问题之后,鼓励学生提出可能的解释或假设来解释现象或回答问题。学生需要学会如何基于已有的知识和信息来形成假设,而不是凭空猜测。

(3) 方案设计

方案设计可以促进主动探究能力、创新创造能力、问题解决能力和意识调控能力。方案设计是在明确问题之后,构思出处理问题的具体方法、步骤的过程。它是学生将所学知识应用于实际问题,进行深入探索的成果,有利于提高自主探究能力。PBL 活动中通常采用小组合作的方式来共同完成方案设计,以促进学生之间的思想交流和知识应用,共同提升问题解决的能力。方案设计也不是一蹴而就的,在形成最终的方案之前还需要对方案进行不断地反思并完善,学生对于科学学习的意识调控能力也随之发展。方案设计的总体规划思路是:支架学习

→初步设计→反思方案→完善方案。

①支架学习：教师提供必要的相关科学背景知识，帮助学生建立起对即将探究主题的基本理解。有时还需要教授学生包括数学、工程、技术、艺术等方面的跨学科知识，使用图示、示范、讨论等方法，为学生提供学习支架，帮助他们理解复杂概念。

②初步设计：学生基于已有的知识和理解，开始设计他们对问题的初步解决方案或作品制作计划。教师应引导学生考虑不同的可能性，并鼓励他们创造性地思考问题。初步设计包括草图、流程图或简单的实验步骤描述。

③反思方案：在初步设计完成后，学生需要对方案进行反思，考虑其可行性、合理性和创新性。教师可以提出问题，引导学生思考方案的优点和潜在问题。学生可以通过小组讨论或个人思考来反思和评估自己的设计。

④完善方案：根据反思的结果，学生对方案进行调整和改进，以提高其科学性和实用性。教师提供反馈和建议，帮助学生识别需要改进的地方。学生学习如何根据反馈进行修改，这是一个重要的学习过程，有助于培养他们的问题解决能力。

（4）探究实践

探究实践环节为学生的高阶思维能力提供了全面发展的平台。探究实践是指将设计好的理论方案转化为实践行为的过程，这个过程中，学生将亲身体验科学探究的每一个环节，如实验设计、数据收集、结果分析等，每一步都在锻炼他们的批判质疑能力、主动探究能力、问题解决能力、创新创造能力、意识调节能力。现将本环节设置为：材料准备→初制遇困→创新解决→完成制作。

①材料准备：学生根据方案中对材料的需求，列出所需材料和工具的清单，并明确材料的负责人。教师协助学生了解如何获取这些材料，包括学校资源、家庭支持或社区资源。

②初制遇困：在进行初步制作的过程中，学生不可避免地会遇到预料之外的挑战或问题。此时是学生高阶思维能力发展的重要契机，教师应鼓励学生记录遇到的问题，并思考如何解决。

③创新解决：面对问题，学生需要运用创造性思维来寻找解决方案。教师可以引导学生进行头脑风暴，鼓励他们尝试不同的方法来解决。

④实施制作：学生根据创新解决的结果，调整他们的制作计划。在接下来的实施过程中，有可能会重复前面的过程，注意提醒学生对问题的出现和解决进行详细记录，为自我反思提供素材。

（5）反思评估

反思评估环节主要指向的是学生批判质疑能力和意识调控能力的发展。反思

评估是 PBL 活动中至关重要的最后一个环节，它不仅是对项目作品的评价，也是对学生整个项目过程的总结。学生需要回顾整个 PBL 过程，从项目开始的选题、方案设计、实施制作，到最终的成果展示。具体流程设置为：分享交流→多元评价→总结提升。

①分享交流：学生通过实物介绍、海报展示、演示实验、视频等方式，将他们的研究成果和学习过程与同伴和教师分享。这个阶段鼓励学生清晰、准确地表达自己的想法，同时倾听他人的观点，达到“以己之长补己之短”的效果。

②多元评价：在分享交流的基础上，学生接受来自多方面的评价，包括自我评价、同伴评价和教师评价。多元评价不仅关注最终的成果，也重视学生在项目中的参与度、合作精神、创新思维和问题解决能力。评价过程中，鼓励使用具体、建设性的反馈，帮助学生认识到自己的优点和需要改进的地方。

③总结提升：学生基于多元评价的反馈，对自己的学习过程和成果进行深入反思，总结经验教训。总结提升阶段，学生思考如何进一步修改自己的作品，并将所学应用到未来的学习中。教师在这个过程中提供指导和支持，帮助学生理解评价的意义，鼓励他们持续进步。

综上所述，在 PBL 活动基本要素指导下形成指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动的基本流程，如图 4.5 所示。

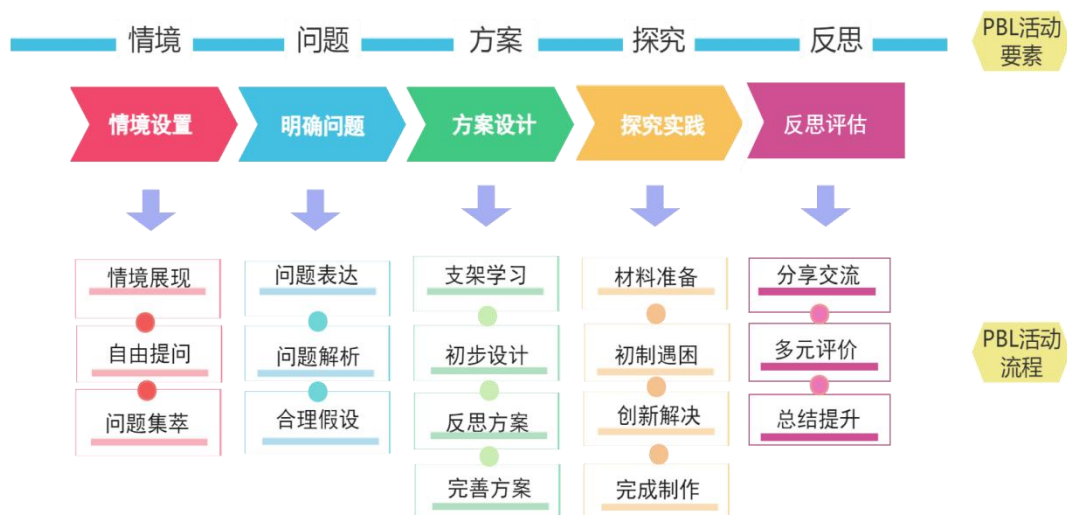


图 4.5 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动流程

从活动开展的横向角度来看：以小学科学 PBL 活动基本要素“情境、问题、方案、探究、反思”为出发点，确立指向高阶思维能力培养的 PBL 活动流程，包括“情境设置、明确问题、方案设计、探究实践和反思评估”。通过在每个环节中设计具体学习活动来促进学生不同维度的高阶思维能力的发展。

至此，本研究在图 4.5 的基础上对每个子环节所侧重培养的高阶思维能力维度

进行标注,初步构建如图 4.6 所示的指向高阶思维能力的小学科学 PBL 活动框架。其中,情境设置环节分为情景展现(侧重培养批判质疑能力)→自由提问(侧重培养主动探究能力)→问题集萃(侧重培养批判质疑能力);明确问题环节分为问题表达(侧重培养批判质疑能力)→问题解析(侧重培养主动探究能力)→合理假设(侧重培养主动探究和问题解决能力);方案设计环节分为支架学习(侧重培养主动探究能力)→初步设计(侧重培养问题解决能力)→反思方案(侧重培养意识调控能力)→完善方案(侧重培养创新创造能力);探究实践环节分为材料准备(侧重培养主动探究能力)→初制遇困(侧重培养意识调控能力)→创新解决(侧重培养批判质疑、创新创造、问题解决能力)→完成制作(侧重培养问题解决能力);反思评估环节分为分享交流(侧重培养批判质疑能力)→多元评价(侧重培养批判质疑能力)→总结提升(侧重培养意识调控能力)。

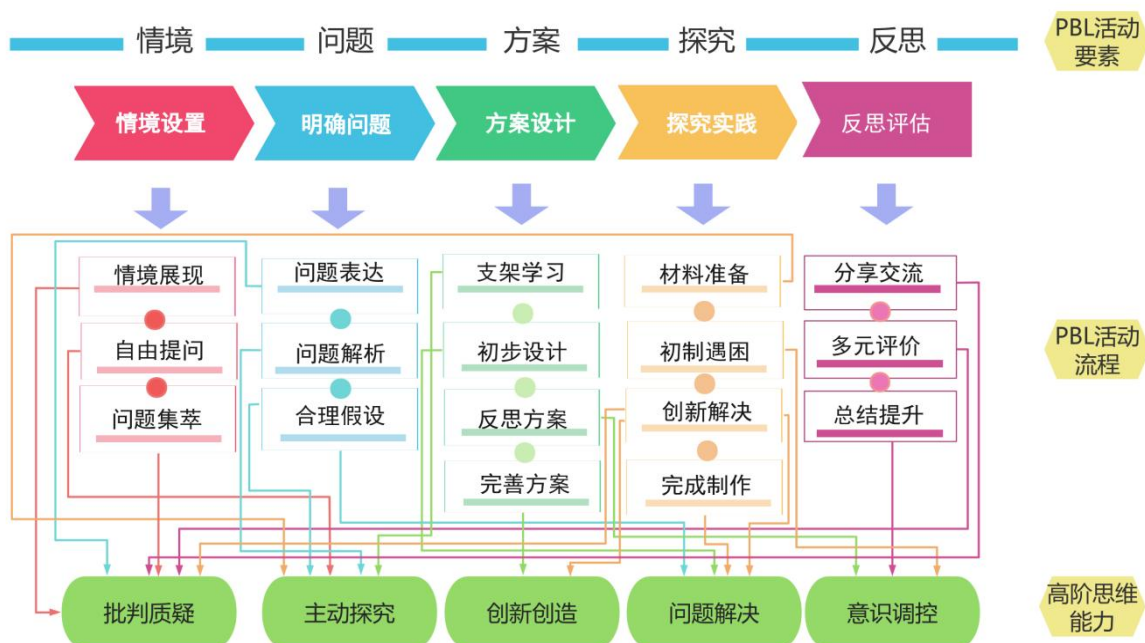


图 4.6 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架（雏形）

在接下来的行动研究中将灵活运用本活动框架设计具体 PBL 案例,阐述学生高阶思维能力的提升实效,并对活动框架进行不断的迭代优化。

五、行动研究的过程及结果

（一）第一轮行动研究

本轮行动研究旨在依托指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架雏形设计活动案例进行实践，验证其提高学生高阶思维能力的有效性，因此活动的主题来源于笔者一线教学使用的教科版（浙江教育出版社出版）四年级科学教材。考虑到结合实际的教学进度，联系新课标的教学要求，确立第一轮活动主题——《乐器实验室》。此轮研究面向经过高阶思维能力前测的四（2）班（班级具体情况见第一章第四节）开展，此时他们正处于四年级上册的学习中。

1. 学习者分析

（1）学习风格分析

根据皮亚杰的认知发展理论，四年级的学生正处于具体运算阶段。此阶段学生更倾向于参与式、观看多媒体等方式进行科学知识的学习。他们开始能够进行更复杂的思考，但仍然需要具体的物品或实例来辅助理解。

（2）学习起始水平分析

①知识方面。学生在日常生活中接触过音乐，同时明确有多种方式可以产生不同的声音。但对如何控制物体产生声音音调和音高并不确定，如何利用身边的材料进行乐器的制作并演奏难度较大。

②高阶思维能力方面。由前文的高阶思维能力前测结果（见第三章第一节）可知现阶段研究对象高阶思维能力处于一般的水平，特别在主动探究能力和创新创造能力方面有所欠缺，学生之间水平差异也较大。

2. 学习内容概述

本案例依托四年级上册科学课《声音》单元的内容，将科学和音乐紧密结合，让学生动手实践，设计并制作乐器，实现科学知识与人文学科的有效结合，从而提升学生的高阶思维能力。学生首先需了解声音的产生机制，包括振动、共鸣等基本的概念。接着，通过实践活动，学生探索不同材料和结构对声音的影响，学习如何调整音高和音量。此外，活动融入了工程设计过程，要求学生从构思、设计、制作到测试，一步步完成自己的乐器。最终，学生不仅能够亲手制作出一件乐器，更能在这个过程中深化对科学原理的理解，同时高阶思维能力得到激发与提升。

3. 学习目标分析

根据 2022 年版新课标要求，小学科学课程以培养学生科学素养为总目标，具体分解成科学观念、科学思维、探究实践、态度责任四个方面^①。结合本轮行动研

① 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准（2022 版）[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022：4.

究的目的, 设置《乐器实验室》PBL 活动的学习目标, 具体见表 5.1。

表 5.1 《乐器实验室》PBL 活动学习目标

目标维度		目标内容
科学素养 目标	科学观念	1. 理解声音由振动产生, 振动停止, 声音也会停止; 2. 能够举例说明声音为何具有不同的音高和音量; 3. 理解声音在不同物质中传播的速度不同。
	科学思维	1. 能够基于已有知识或观察, 提出关于乐器制作和声音特性的假设; 2. 能够在制作过程中提出问题, 如“为什么这个材料会发出这样的声音?”
	探究实践	1. 能够通过实际操作来制作乐器, 体验从设计到完成的全过程; 2. 能够收集关于乐器制作的数据, 如材料选择、尺寸调整等, 并分析这些因素如何影响最终结果。
	态度责任	1. 能够在团队中承担角色, 学会协作和沟通, 共同完成乐器的制作; 2. 能够意识到在制作过程中选择可持续材料的重要性, 培养环保意识; 3. 培养学生对学习的持续兴趣和自我驱动的学习态度, 为终身学习打下基础。
	批判质疑能力	能够对乐器设计进行批判性分析, 识别优势和潜在的改进空间。
	主动探究能力	在小组活动中, 能够发挥主观能动性, 自主探究的同时学会与他人合作, 共同解决问题。
	创新创造能力	发挥创造力, 设计独特或非传统的乐器。
	问题解决能力	在面对设计和制作过程中的问题时, 能够提出解决方案并实施。
	意识调控能力	能够对自己的学习过程和成果进行反思, 理解学习过程中的成功与挑战。
	高阶思维 能力发展 目标	

4. 活动实施过程

根据“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”的雏形设计, 本研究设计了《乐器实验室》PBL 活动并实施, 活动共计 7 课时进行, 每课时主要环节和所要培养的高阶思维能力的主要维度如图 5.1 所示。

《乐器实验室》PBL活动流程

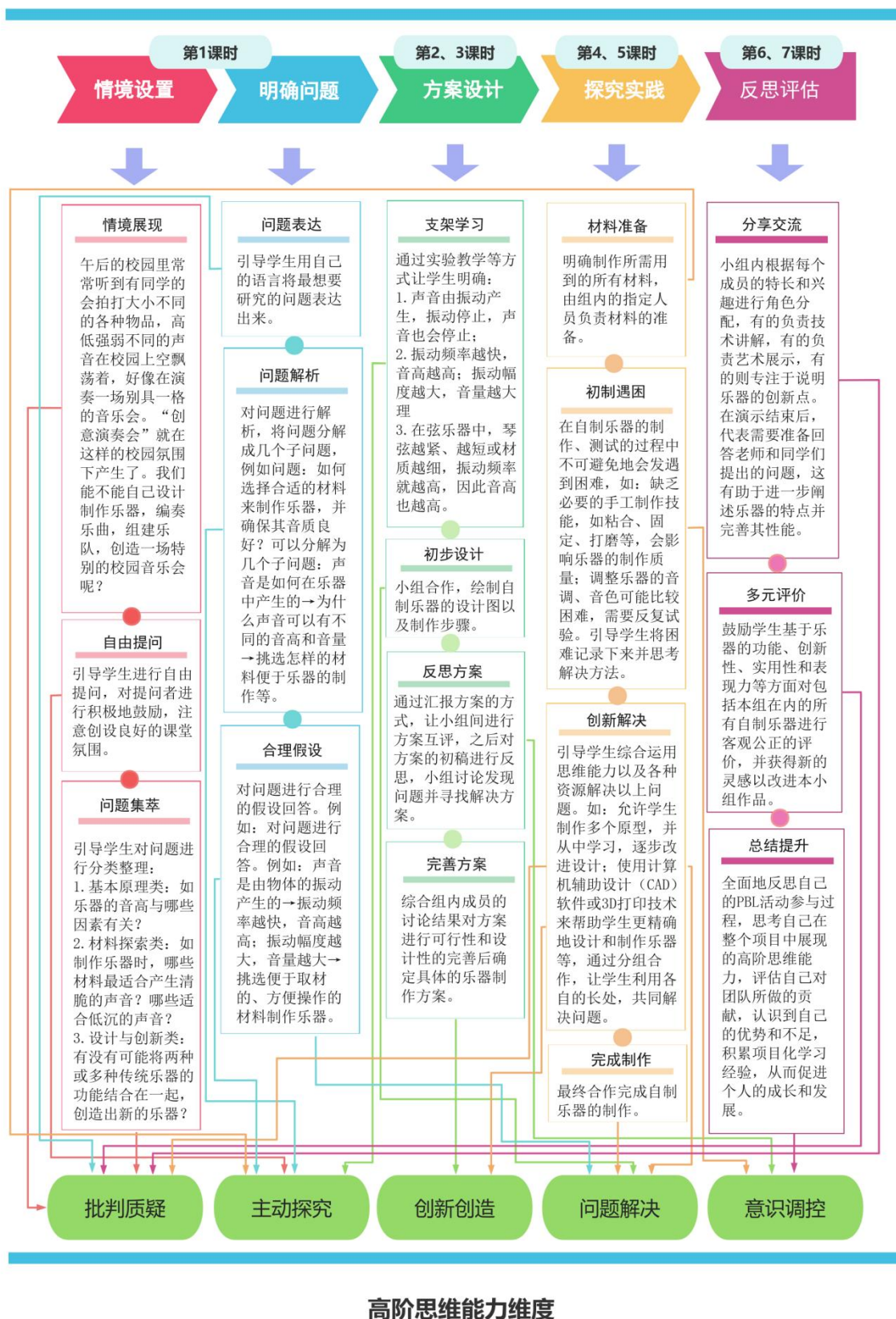


图 5.1 《乐器实验室》PBL 活动实施流程

5. 活动实施效果分析

行动研究中活动实施效果分析从过程性数据和结果性数据两方面来进行^①。本轮研究中的过程性数据主要来自学生完成《乐器实验室》PBL 活动手册（见附录三）情况以及教师对课堂的观察与感受；结果性数据主要利用《高阶思维力量表》对学生进行后测、教师对学生作品进行评价（评价表见附录四）以及学生填写《乐器实验室》主题知识问卷（见附录五）三种方式收集。

从过程性数据和结果性数据两方面出发进行活动实施效果分析，可以更加全面地把握活动实施过程存在问题，了解在指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架指导下对学生高阶思维能力培养的优缺点，以此来改进框架。

（1）过程性数据分析

①本活动对于培养学生高阶思维能力的积极表现

第一，学生能够根据情境提炼相关研究问题，具有一定的批判质疑能力。在情境设置环节中，学生置身于真实的校园“创意音乐会”问题情境中，自由地进行猜想和提问，这激发了他们的思考，开启了探索的大门。通过分析学生活动手册中所记录的问题（如图 5.2），可以发现大多数学生集中提出了关于乐器制作的问题，例如“乐器的音高与哪些因素有关？”“选择什么样的材料制作乐器？”“什么样的材料可以发出悦耳的声音？”这些问题的提出标志着学生思维的启动，为后续活动的顺利进行奠定了基础，表明大多数学生能够在情境中识别和思考关键问题，思维紧密围绕主题展开。通过引导学生对问题进行整理，将所有问题分为三类：基本原理类（如乐器的音高与哪些因素有关）、材料探索类（如制作乐器时，哪些材料最适合产生清脆的声音，哪些适合低沉的声音）、设计与创新类（有没有可能将两种或多种传统乐器的功能结合在一起，创造出新的乐器）。对问题进行分类，可以帮助学生简化问题，去除重复，以提炼关键问题。

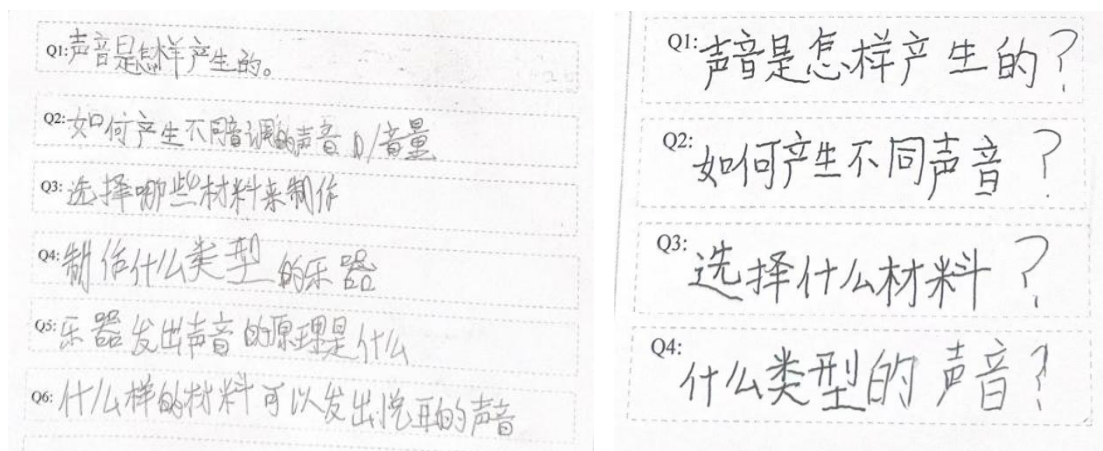


图 5.2 《乐器实验室》PBL 活动手册中学生提出的问题示例

① 李慧敏. 指向小学生科学高阶思维培养的 STEAM 活动设计与应用研究[D]. 南充: 西华师范大学, 2021.

第二，学生能够积极参与活动过程，具有一定的主动探究能力。学生们每4人分成1个小组，共同经历方案讨论、作品制作等过程。手册中详尽地记录表明学生在整个项目中保持了高度的参与度，他们对活动内容表现出浓厚的兴趣。在同一份项目活动手册中往往可以发现多个学生的笔迹（如图5.3），这表明他们面对任务时的积极态度，无论是在小组讨论还是在个人探索中，都能够主动贡献自己的想法和努力。

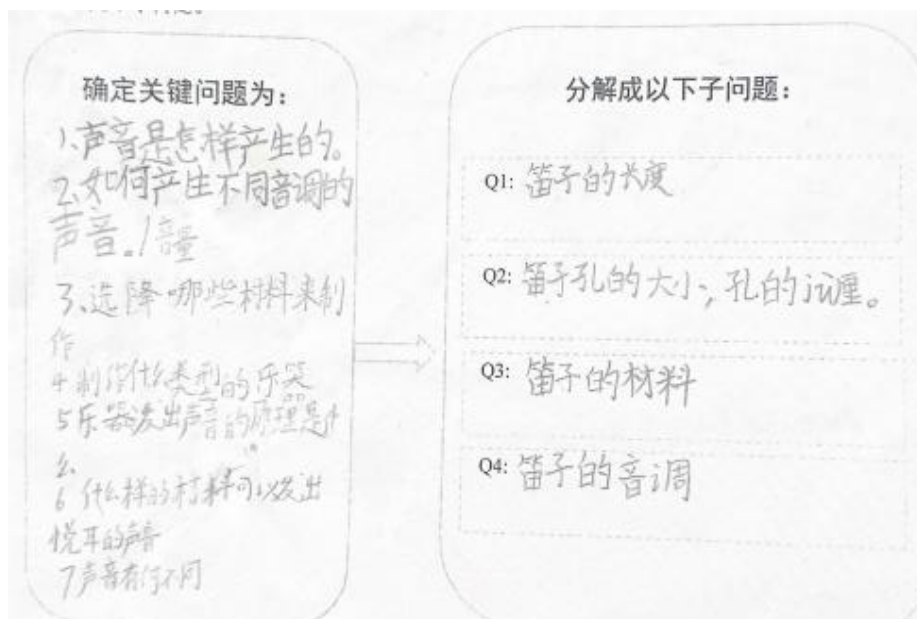


图 5.3 《乐器实验室》PBL 活动手册多笔迹书写示例

第三，学生能够对自己进行及时的反思，具有一定的意识调控能力。手册中的记录还包含了学生的自我反思（如图5.4），他们能够评估自己的表现，识别自己的强项和需要改进的地方，显示他们具有一定的批判质疑能力。

评价内容	自评	组员评	家长评
能积极思考	★★★★☆	★★★★★	★★★★★
能把自己的问题表达清楚	★★★★★	★★★★☆	★★★★★
会使用书籍或者运用网络检索资料	★★★★☆	★★★★★	★★★★★
能文明高效采访	★★★★★	★★★★☆	★★★★★
很乐意和组内成员交流想法	★★★★★	★★★★★	★★★★★
能主动探索，积极动手	★★★★★	★★★★★	★★★★★
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	★★★★★	★★★★★	★★★★★

图 5.4 《乐器实验室》PBL 活动手册中项目评价表填写示例

②本活动中培养学生高阶思维能力的不足

第一，部分学生活动参与度较低，缺少主动探究和问题解决能力。我们发现

学生在制定策略和执行过程中的思考方式主要是通过合作的方式进行的，但是部分学生参与度欠佳。每个小组中会有一个自然出现的“领导人物”，其他组员的活动主要听其指挥，这样的角色分配会造成活动效果在一定程度上主要依赖于某几位组员，其他组员的“存在感”调低。比如乐器的设计制作图大部分是由一个同学画的，缺少组内讨论，这也直接决定了成品的最终形态。同时，我们发现学生高阶思维能力的强弱很大程度决定了学生的活动参与度。“领导人物”往往具有较强的高阶思维能力，尤其在分析创造、问题处理、批判质疑能力等方面表现出优势。总结部分学生参与度欠佳的原因主要有两点，一是小组分工的角色不够明确，对于每个角色的具体职责了解不足；二是有关科学知识的学习不足，导致学生缺少问题解决的主动性。

第二，部分小组无法对产品进行有效地评价，批判质疑能力不强。在方案设计环节中，我们发现反思方案对学生来说具有一定难度。部分小组成员面露难色，他们对如何评价自己和他人的乐器的设计方案显得迷茫，不知道从何入手。例如，一些学生只是简单地列举了乐器的某些特征，如颜色、形状或材料，而没有进一步探讨这些特征如何影响乐器的整体性能和用户体验。他们未能从批判性的视角出发，分析乐器设计的优势和潜在不足，例如，他们没有考虑乐器的可玩性、耐用性、成本效益比或者它如何满足特定用户群体的需求。此外，这些小组在进行评价时，往往缺乏对比较和对比的深入分析。他们未能将不同的设计方案放在一起，探讨各自的优缺点，以及它们在满足特定目标或解决特定问题方面的有效性。

（2）结果性数据分析

①学生高阶思维能力后测结果分析

同样利用前测所用的《高阶思维力量表》对所有参与学习活动的学生进行高阶思维能力后测，得到高阶思维能力五个测量维度的平均分、标准差，结合前测结果进行比较。利用 SPSS22.0 软件对前后测数据进行了 t 检验，样本数为 42，最终得到表 5.2。

表 5.2 学生高阶思维能力前、后测结果统计表（样本量：42 人）

测量维度	平均分		标准差		最高分		第一次后测 t 值	第一次后测 p 值
	前测	第一次后测	前测	第一次后测	前测	第一次后测		
批判质疑能力	3.899	3.962	0.822	0.821	4.2	4.6	2.278	0.028
主动探究能力	3.057	3.212	0.966	0.962	4.6	4.7	4.775	<0.001
创新创造能力	3.119	3.186	0.914	0.911	4.2	4.3	2.181	0.035
问题解决能力	3.524	3.685	0.789	0.763	4.5	4.6	6.161	<0.001
意识调节能力	3.500	3.579	0.874	0.869	4.3	4.5	2.692	0.010

由上表可知，p 值均小于 0.05，学生各维度的高阶思维能力提升显著。为了更

好地体现学生高阶思维能力的前后变化，将平均分、标准差结果转化为折线图，得到图 5.5 和 5.6。

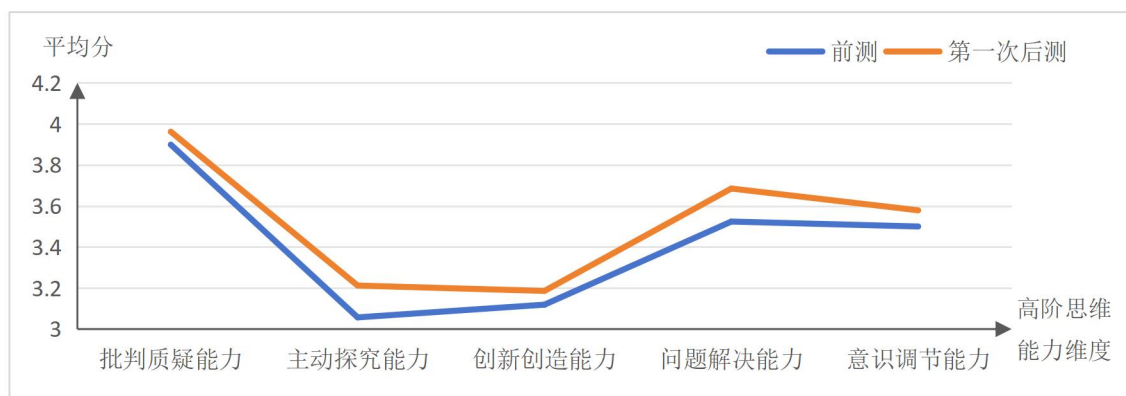


图 5.5 学生高阶思维能力平均分前、后测结果对比折线图

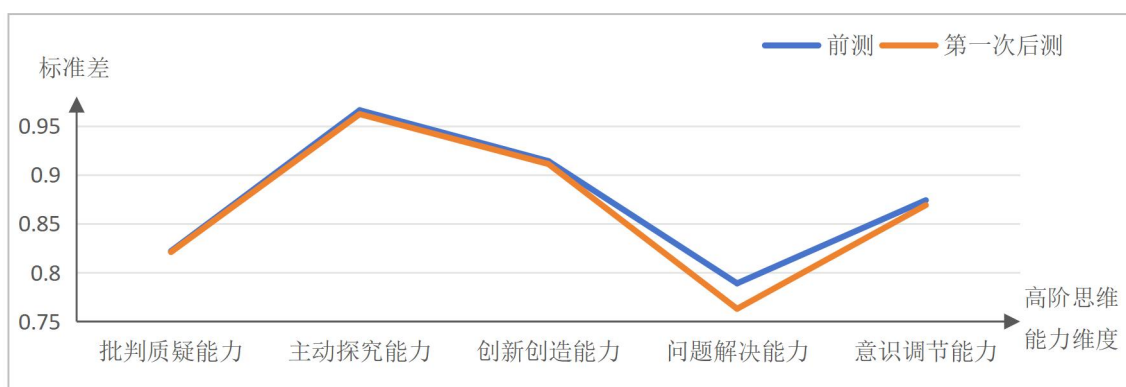


图 5.6 学生高阶思维能力标准差前、后测结果对比折线图

综合分析以上图表，可得：

第一，批判质疑能力有所提升，整体表现趋于稳定，部分学生在批判质疑方面取得了显著进步。

第二，主动探究能力平均分提升较大，学生在主动探究方面有显著提高。标准差减少，表明学生在主动探究上的表现更加均衡，同时优秀学生在这一领域的的能力进一步增强。

第三，创新创造能力平均分从 3.119 提高到 3.186，显示出学生在创新创造方面的进步。标准差从 0.914 减少到 0.911，说明学生在创新创造能力上的差异有所降低。最高分保持在 4.2，表明虽然整体水平提高，但最优秀学生的表现没有进一步突破。

第四，问题解决能力平均分提升最大，表明学生在解决问题方面的能力有较大提升。标准差从 0.789 减少到 0.763，显示学生在问题解决上的表现更加一致。

第五，意识调节能力也有所进步。最高分从 4.3 提升到 4.8，显示部分学生在意识调节方面取得了明显进步。

综上所述，数据显示学生在《乐器实验室》PBL 活动中的高阶思维能力普遍

得到了提升，特别是在主动探究和问题解决方面表现较为突出。同时，标准差的减少也反映出学生在这些领域的整体表现更加均衡。然而，创新创造能力的提高幅度相对较小，需要更多的关注和指导。

②教师对学生作品评价结果分析

通过统计教师利用附录四《乐器实验室》作品评价表对学生作品进行评价（每小项满分 5 分，总分 30 分）的结果，具体结果如表 5.3 所示。

表 5.3 《乐器实验室》作品评价结果统计表（样本量：10 组）

组号	设计思路	分享表达	创新性	完成度	实用性	美观性	总分	总评等级
1	3	4	3	5	3	4	22	中等
2	4	4	3	5	4	4	24	良好
3	5	4	4	4	5	4	26	良好
4	4	5	3	5	4	4	25	良好
5	3	4	3	3	3	4	20	中等
6	3	3	4	5	4	4	23	中等
7	4	3	3	4	4	3	21	中等
8	3	4	3	4	5	4	23	中等
9	3	3	3	4	3	4	20	中等
10	3	5	3	4	3	4	22	中等
平均分	3.5	3.9	3.2	4.3	3.8	3.9	22.6	中等

由上表可知，项目完成情况普遍较好，10 组作品中有 30%达到良好，70%中等，合格率 100%。但是也提示在作品创新度、设计思路方面还存在很大的提升空间。同时发现，学生作品存在高度的雷同性（见组图 5.7）。由于教材中示例利用吸管来制作排箫，所以大部分小组作品都制作了塑料排箫；由于本单元中出现了橡皮筋、鼓等实验材料，学生在拨动橡皮筋的时候发现也会发出声音，所以也有很多小组制作了类似吉他的乐器。总体上看，第一次进行 PBL 活动，学生的高阶思维能力还不足以让他们制作出非常优秀的作品。

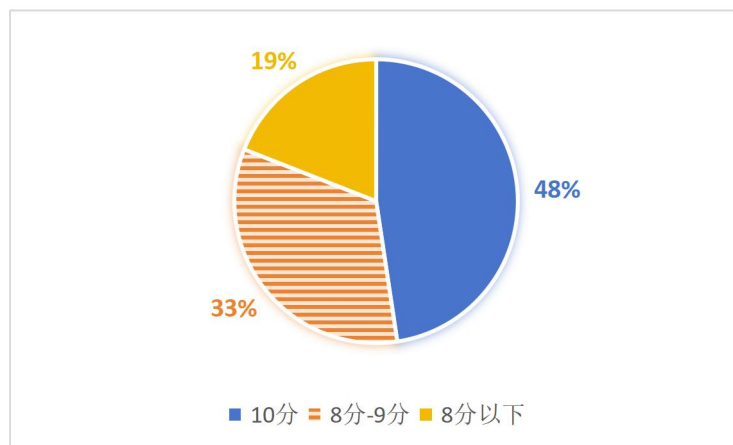


组图 5.7 学生乐器作品示例

③《乐器实验室》主题知识问卷结果分析

利用附录五《乐器实验室》主题知识问卷对学生的知识掌握情况进行统计，满分 10 分，统计各分段学生人数结果如图 5.8。有 48% 的学生能够百分百掌握相关科学知识，只有 19% 的学生得分在 8 分以下，说明通过参与 PBL 活动，可以在很大程度上掌握该项目相关的科学知识，教学效果优良。

图 5.8 《乐器实验室》主题知识问卷得分统计结果



(3) 总体分析

总体来说，对于本次活动中学生填写的活动手册、整体活动流程的分析以及结果性数据分析显示：

一方面，指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架确实能够促进学生高阶思维发展。首先，学生在活动手册中记录相当详细，显示他们在活动中非常投入，态度积极，基本能够参与其中。其次，一些学生能够独立进行探究，表现为能够主动发现问题并探究解决方法。再次，每个小组都能够制作出 PBL 活动的成果，说明学生具有科学探究的基本素养。最后，学生各维度上的高阶思维能力均有所提升，学生间的高阶思维能力水平差距有所缩小。

另一方面，在高阶思维能力的培养过程中还存在一些不足之处。学生的问题解决能力有待提升，大部分学生虽然能够提出问题，但问题较为简单和随意；虽然多数学生具备探究问题的基本思路，但没有展开更深入的探究，思维路径缺乏深度，不利于科学高阶思维的培养。在活动过程中，学生对作品进行评价的质量普遍偏低，活动手册中的反思部分完成得不够好，表明学生缺乏反思意识，或者不清楚该从哪些角度进行反思，这在一定程度上影响了意识调节、批判质疑能力的发展。学生创新创造能力有待加强，作品缺乏创造性，缺少寻求支持的指导。

总而言之，通过 PBL 活动的实践，学生高阶思维能力有了一定的提升，但是还不够明显。在问题引导、学生参与度、创新创造能力等方面需要教师采取策略重点关注。

6. 指向高阶思维能力培养的 PBL 活动框架的第一次改进

(1) 增强组内团队建设以提升主动探究热情

由于是第一次参与 PBL 活动，学生对组内角色并不明晰。可以提供小组《角色分工资料卡》（见表 5.4），要求学生填写《小组角色设定表》（见表 5.5），明确每个学生的角色及技能要求。每个学生可以承担两种角色，即给学生发挥多元能力的空间，又保证了所有学生的参与度，激发主动探究的热情。

表 5.4 角色分工资料卡

角色分工	职责	技能
项目组长	负责整体规划和协调，确保项目按时进展，并作出关键决策	领导能力、决策能力、沟通能力
创意总监	负责项目的创意构思和设计，推动项目的视觉和概念发展	创造力、审美能力、绘画能力
研究专家	负责所有研究工作，包括资料收集、信息整理和知识分享	研究能力、信息整合、知识分享
技术专家	负责项目中所需的试验操作支持	技术操作、问题解决、创新应用
记录秘书	负责记录会议内容、项目进展和团队讨论，确保所有重要信息被记录和存档	记录能力、组织能力、细心
质量监督	负责监督项目的质量和进度，确保成果符合预期标准	质量控制、细节关注、标准制定
沟通协调员	负责团队内部和外部的沟通协调，包括与教师、家长和其他团队的联络	沟通能力、协调能力、人际关系
财务管理者	负责项目预算的制定和控制，确保资金的合理使用	财务管理、预算控制、成本意识

表 5.5 小组角色设定表

第一角色	主要职责	成员姓名	特长/爱好	希望发展的技能	第二角色
------	------	------	-------	---------	------

此外，在问题明确阶段，教师应加强对学生的指导，帮助他们深化批判和质疑的思维方式。为了更清晰地界定团队所要研究的问题，教师可以引导学生使用项目行动画布模板（如图 5.9）。项目行动画布模板应包含以下三个核心要素：核心问题：明确本项目旨在解决的关键问题，确保团队成员对项目目标有共同的理解；团队概况：包括团队成员的特长、分工以及团队协作的方式，这有助于优化团队资源配置，提高合作效率；成果展示方式：规划项目成果的展示形式，包括

最终的乐器演奏、设计图纸、制作流程等，确保成果的有效传达。这一工具即有助于提高学生的参与度，还可以帮助他们系统地梳理和展示项目的关键信息。

通过小组合作完成项目行动画布的绘制，学生不仅能明确项目的核心问题、活动目的和成果展示方式，还能增强团队的凝聚力。这一过程不仅促进了学生之间的交流与合作，而且为学生高阶思维能力的发展打下了坚实的基础。



图 5.9 《乐器实验室》项目行动画布模板

（2）增设评价指标制定以提升批判质疑、意识调控能力

意识调控能力不易察觉，因此常常容易被忽视。虽然部分学生的确能够在协作规划设计乐器的过程中展现出迅速反省和适时调试的能力，但是也有很多学生提不出有价值的问题，找不到自身存在的问题。为此，在学生“反思方案”的环节中，增设“产品评价表”（见表 5.6）让学生自己设计内容，具体描述评价指标，从而推动学生及时反思，进而优化自己的方案。在作品评价时再加以适时地引导，让学生思考其他小组的作品给自己带来的启示，进一步发展批判质疑、意识调控能力。

表 5.6 《乐器实验室》项目产品评价表

评价要素	1 分	2 分	3 分	得分
设计方案	缺少图画设计及文字			
美观性				
对本组产品的启示:				总分

(3) 重视知识引领以提升创新创造、问题解决能力

通过对活动的进程及成果的分析,发觉仅有一部分的学生在乐器的制作中展示出了他们的创新思考能力,分析原因有两个方面:首先是支架性知识的不足限制了他们的创新能力;其次,缺乏创新思考的意识使得他们在简单实验操作和设计过程中无法认识到创新的可能性。教师可以在活动开始前,加强对音乐和声学基础知识的教学,确保学生具备足够的支架性知识来支持他们的创新尝试;可以增加现有乐器拆解的内容,让学生可以直观地了解乐器的内部结构和发声原理,有助于激发他们的好奇心和探索欲,从而促进创新创造、问题解决能力;还可以通过增加不同材料、不同功能、不同操作方式的创意自制乐器的展示,启发学生在作品的创新上有所增强。

综上分析,经过第一轮活动实践,对指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动模式进行了改进,具体表现在:

将情境设置中“自由提问”环节合并至“问题集萃”以增强问题的整合;同时增加了“角色设定”环节,明确小组内成员分工提高学生的活动参与度。

将明确问题中“合理假设”环节合并至“问题解析”,解析问题的同时对问题提出假设,之后增设“创作行动画布”环节以进一步明确团队概况、研究问题等。

将方案设计中“反思方案”的环节细化为“制定评价指标”,引导学生进行自我反思,发现方案中存在的问题,针对性地设计满足评价指标高标准的、可行的设计方案。

将探究实践中“创新解决”的环节改为“受启创新”,使得学生在解决制作中遇到问题的同时受到启发,拓宽作品材料、原理、功能等方面的思路,以提高作品的创新力。

改进后的活动框架如图 5.10 所示（红色放大字符表示较雏形设计改进的地方）。

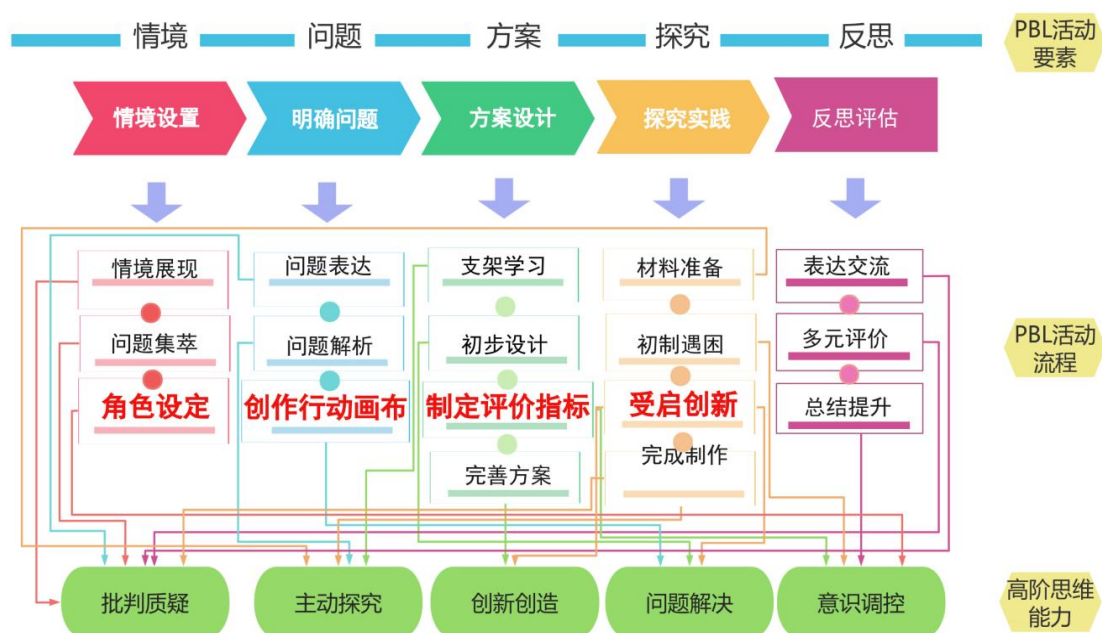


图 5.10 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架（第一次改进）

（二）第二轮行动研究

本轮研究旨在依托指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架第一次改进的结果进行实践，验证其提高学生高阶思维能力的有效性，并试图对框架进行进一步改进。本轮活动的主题结合教科版（浙江教育出版社出版）三年级科学《影子的秘密》和四年级科学《电路》单元确定为《光影魔术师》。此轮研究继续面向第一轮活动结束后的四（2）班开展，此时他们正处于四年级下学期。

1. 学习者分析

（1）学习风格分析

尽管间隔了四个多月时间，但根据皮亚杰的认知发展理论，学生们仍处于具体运算阶段，这一阶段的特点限制了他们对抽象概念的全面理解。然而，通过上一轮科学 PBL 课程的实践，我们也观察到一些积极的变化：部分学生表现出了更多的质疑精神与探究创新的诉求，他们的学习方式也显示出了积极的变化。

（2）学习起始水平分析

①知识方面。在三年级，学生已经掌握了一些关于光的基本概念，比如光的传播、阳光下会产生影子等。通过在四年级《电路》单元的学习，学生对电路的实际应用有强烈的兴趣，他们渴望以直接可感知的方式理解世界。但是如何将奇妙的光影变化和简单电路相结合研究，使得科学严谨的电路散发着趣味和魅力呢？这对于学生们的现有水平来说具有一定的挑战。

②高阶思维能力方面。由前文的第一轮活动后高阶思维能力测量结果可知现

阶段研究对象高阶思维能力较初始状态有所提升，但是仍处于一般的水平，尤其在主动探究、创新创造能力方面。

2. 学习内容概述

《光影魔术师》小学科学 PBL 活动源自三年级科学《影子的秘密》和四年级科学《电路》单元，基于教师对教材内容自主加工而成。其融合了光影原理与电路知识，旨在培养学生的高阶思维能力。学生首先学习光的传播、反射和影子形成的基础理论，接着通过实践活动掌握电路的构建，包括电源、导线、开关和灯泡的连接。然后，学生将设计并制作个性化的投影灯，过程中锻炼团队合作、问题解决和艺术审美能力。最终，学生将展示自己的作品，学习如何评价和反思，以深化对科学原理的理解并提升高阶思维能力。

3. 学习目标分析

《光影魔术师》PBL 活动的学习目标，具体见表 5.7。

表 5.7 《光影魔术师》PBL 活动学习目标

目标维度	目标内容
科学观念	<ol style="list-style-type: none"> 1. 说出简单电路的组成，知道安全用电，理解简单电路应用于各工具； 2. 描述光被阻挡时形成阻挡物影子的现象，解释影子形成的原因； 3. 理解从不同侧面照射得到的物体影子叫做投影，举例说明投影在生活中的应用。
科学思维	<ol style="list-style-type: none"> 1. 学会利用“假设—检验”的方法探究投影灯的内部结构，能建立初步的模型，形成科学建模和实证的思想； 2. 能设计、制作投影灯并反映其中的部分科学原理，能发现作品的不足并进行改进； 3. 通过观察、提问、实验和分析来探究光影的相关问题。
科学素养目标	
探究实践	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在好奇心的驱使下，乐于动手操作感兴趣的事物； 2. 培养学生的科学探究精神，鼓励他们对现象保持好奇心和批判性思维。
态度责任	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练掌握简单电路的组建，学会自主动手能力； 2. 愿意分享自己的想法，乐于倾听他人观点，改进和完善探究活动； 3. 能够理解科学和技术对社会的影响，思考如何通过创新为社会带来积极变化。
批判质疑能力	能够在不同的学习环境中有效地表达、沟通自己的想法和成果。
主动探究能力	在小组活动中，能够发挥主观能动性，自主探究的同时学会与他人合作，共同解决问题。
高阶思维能力发展	
目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 学习如何测量和剪裁材料以适应设计需求。 2. 在项目报告和展示中，能够运用语言清晰表达自己的发现和观点。 3. 发挥想象力，设计具有个性化特征的投影灯。
问题解决能力	能够在遇到设计或制作难题时，独立或合作寻找解决方案。
意识调控能力	对自我的表现有准备地评估，保持反思自省的科学学习态度。

4. 活动实施过程

根据“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”第一次改进的结果，本研究设计了《光影魔术师》PBL 活动并实施，活动共计 8 课时进行，每课时主要环节和所要培养的高阶思维能力的主要维度如图 5.11 所示。

《光影魔术师》PBL活动流程

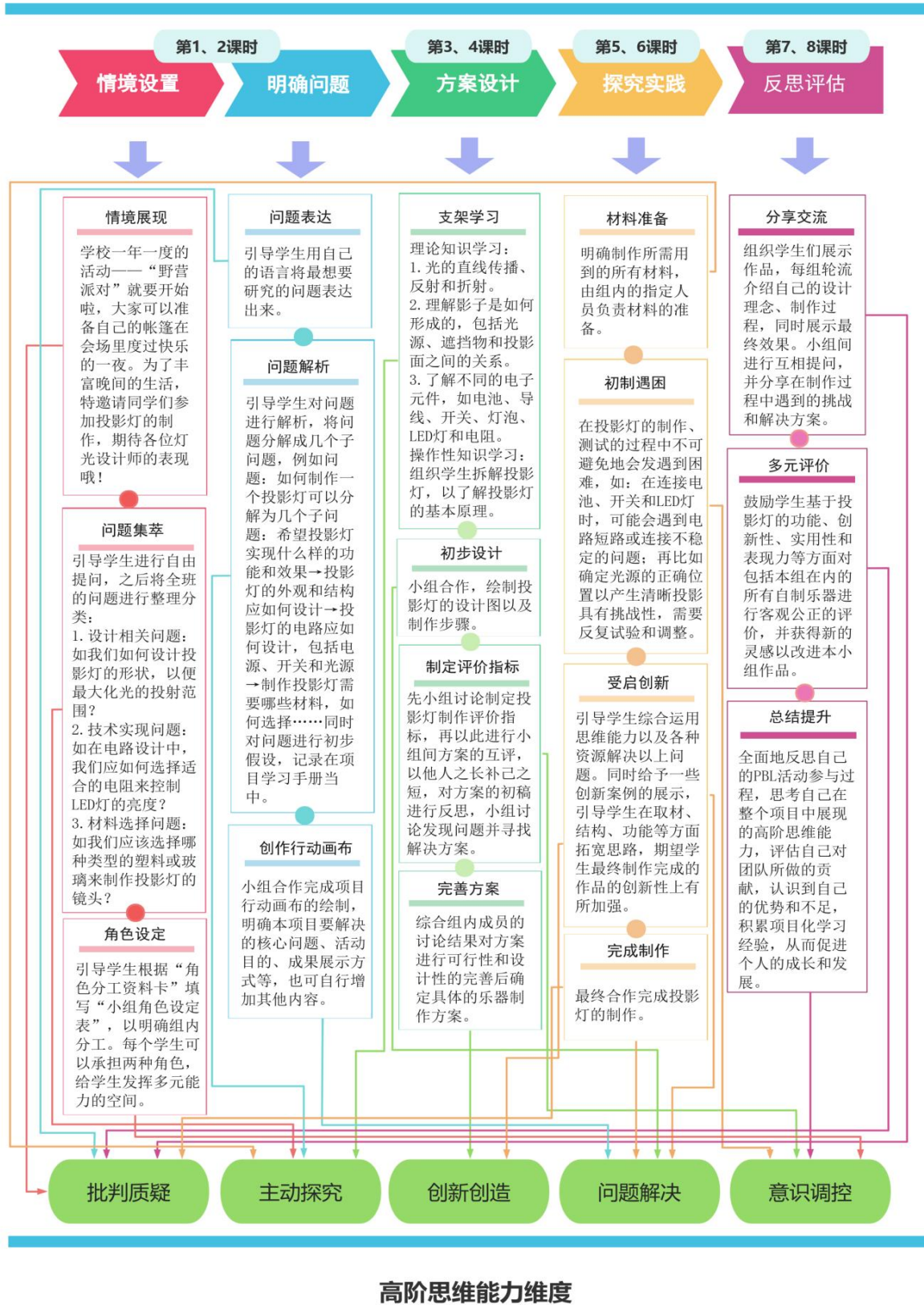


图 5.11 《光影魔术师》PBL 活动实施重点流程

5. 活动实施效果分析

本轮行动研究的活动实施效果分析仍然从过程性数据和结果性数据两方面来进行。过程性数据主要来自学生完成《光影魔术师》PBL 活动手册（见附录六）情况以及教师对课堂的观察与感受；结果性数据主要利用《高阶思维力量表》对学生进行第二次后测、教师对学生作品进行评价（评价表见附录七）以及学生填写《光影魔术师》主题知识问卷（见附录八）三种方式收集。

（1）过程性数据分析

因为本轮活动是基于第一轮行动研究的改进，所以过程性效果分析侧重于活动框架中改变的部分展开。

①通过创作行动画布，学生的主动探究、批判质疑能力得到提升

观察学生的活动手册后发现，经过了创作行动画布的环节，学生的主人翁意识增强。在创作行动画布之前，小组角色设定表的填写必然是经过小组分工讨论得到的（见图 5.12）。学生通过评估自己的技能和兴趣，分配到适合的任务，可以更好地发挥个人优势，提高了团队的整体工作效率。观察发现，游离在 PBL 活动之外的学生大大减少，绝大多数学生都能够进入主动探究的状态。

第一角色	主要职责	成员姓名	特长/爱好	希望发展的技能	第二角色
项目组长	领导力、决策能力、沟通能力。	林莹	画画、主持。	思考再多一点。	财物管理员
沟通专家	沟通能力、协调能力、人际关系。	戴语汐	画画、朗诵。	思考多一点、多多学习。	记录秘书
质量监督	确保成果符合预定质量标准。	夏煜宸	画画、搭乐高。	学习好点。	技术专家
研究专家	研究能力、审美。	陈浩轩	画画	用词文明点。	创意总监

图 5.12 小组角色设定表填写示例

同时，由于新增了“关键问题”的提炼（如图 5.13），他们在活动中能更精准和科学地提问，并构建出更有条理且连贯的问题序列。这表明，经过第一次实践后的反省及进一步优化，对于如何指导他们确定问题，以及强化他们的批判质疑能力的使用，都有助于推动他们建立更好的问题序列，从而有助于提升他们高阶思维能力。

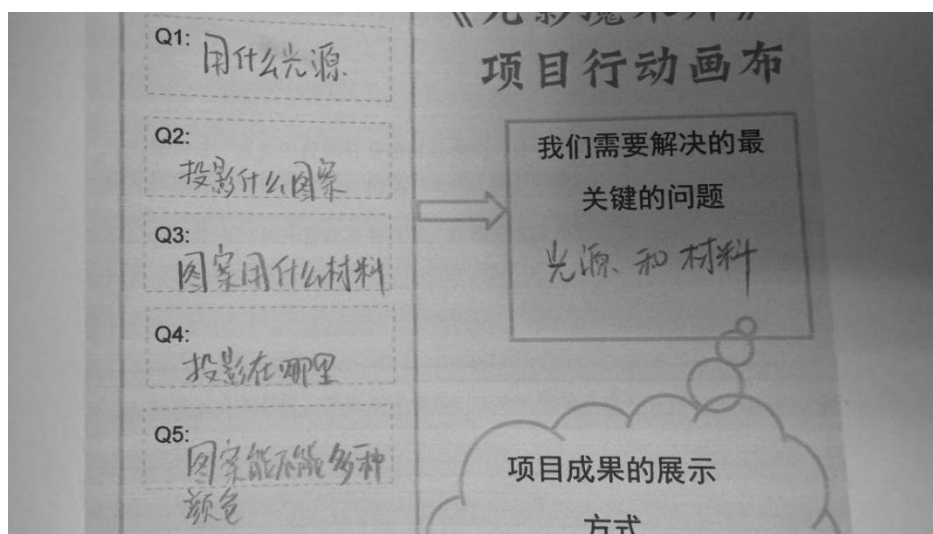


图 5.13 行动画布中的关键问题示例

②通过制定评价指标对方案进行反思，可以提高方案的质量和有效性

制定明确的评价指标对于提高方案反思效果至关重要。它们为学生提供了清晰的评估标准，帮助识别方案的优缺点，促进自我评估和持续改进。学生自行设计了成果评价指标，虽然第一次设计还存在很多不足（如图 5.14），但是评价指标仍然可以一定程度上鼓励学生深入思考，激发创新思维，同时增强团队协作和沟通能力。此外，它们还增加了评估过程的透明度，培养了学生的责任感和元认知技能，从而提升了学习动机和个性化学习体验。这些指标是优化方案设计和提升学生高阶思维能力的关键。

评价要素	1分	2分	3分
设计方案	缺少图画设计及文字	只用画设计或只有文字	很全，middle很细
牢固性	一摸就会散	有些不够牢固	很结实，不会sǎn jià
外观	有点wǎ chāo	还行	很精美
实用性	用起来不行	用起来一般	用起来很好

图 5.14 《光影魔术师》成果评价指标设计示例

③通过创新引导，学生的创新创造能力有一定的提升

由于探究实践中“创新解决”的环节改为了“创新引导”，此环节中教师通过引入多样化的投影灯光源和功能示例，使得学生受到更为具体生动的引导。一方面，给学生看一些创新实例，以此激励学生去使用、转移和创造新的东西。本活动中教师展示了将磁控灯加入投影灯的设计（见图 5.15，教程可扫描二维码查看）。另一方面，在合作设计的进程里，特别关注学生的整合创新能力，让他们

能够通过结合基础科学知识和其他相关领域的知识来生成新颖的设计方案并对其进行评估。本活动中不仅给学生提供了丰富的支架性知识的教授，还给学生创造拆解投影灯的机会（见图 5.16），通过对投影灯进行拆解，学生能够直观地了解其内部结构和工作原理。这种实践活动不仅增强了学生对光学和机械组件的认识，还激发了他们对设备运作背后科学原理的好奇心。通过拆解过程，学生们学习了如何识别和理解各个部件的功能，比如光源如何产生图像、镜头如何聚焦光线以及反射镜如何形成清晰的投影，为创新创造提供了知识基础。



图 5.15 磁控灯投影灯制作教程



图 5.16 投影灯的拆解

综上引导，使得学生在解决制作中遇到问题的同时受到启发，拓宽作品材料、原理、功能等方面的思路，以提高作品的创新力。学生们学会了如何从不同角度审视问题，运用创新思维实际问题。他们在设计和制作过程中不断尝试新方法，勇于实验，逐渐形成了独立思考的习惯。最终作品各方面都较之前有所进步，如图 5.17 所示，出现了较为优秀和创意的投影灯作品，但是遗憾的是还没有小组成功制作磁控灯的作品，未在作品的创新性上取得大幅突破。



图 5.17 较优秀投影灯作品示例

(2) 结果性数据分析

① 高阶思维能力后测结果分析

同样利用附录一所示的《高阶思维力量表》对所有参与 PBL 活动的学生进行高阶思维能力第二次后测，得到高阶思维能力五个测量维度的平均分、最高分结果，结合第一次后测结果进行比较。同时利用 SPSS22.0 软件对前后测数据进行了 t 检验，得到表 5.8。

表 5.8 学生高阶思维能力第一、二次后测结果统计表（样本量：42 人）

测量维度	平均分		标准差		最高分		第二次后测 t 值	第二次后测 p 值
	第一次后测	第二次后测	第一次后测	第二次后测	第一次后测	第二次后测		
批判质疑能力	3.962	4.021	0.821	0.715	4.6	4.7	2.276	0.028
主动探究能力	3.212	3.286	0.962	0.941	4.7	4.7	2.310	0.026
创新创造能力	3.186	3.360	0.911	0.899	4.3	4.4	5.710	<0.001
问题解决能力	3.685	3.739	0.763	0.707	4.6	4.8	2.180	0.035
意识调节能力	3.579	3.645	0.869	0.812	4.5	4.6	2.331	0.025

由上表可知，p 值均小于 0.05，学生各维度的高阶思维能力提升显著。为了更好地体现学生高阶思维能力的变化，将平均分、标准差结果转化为折线图，得到图 5.18 和 5.19。

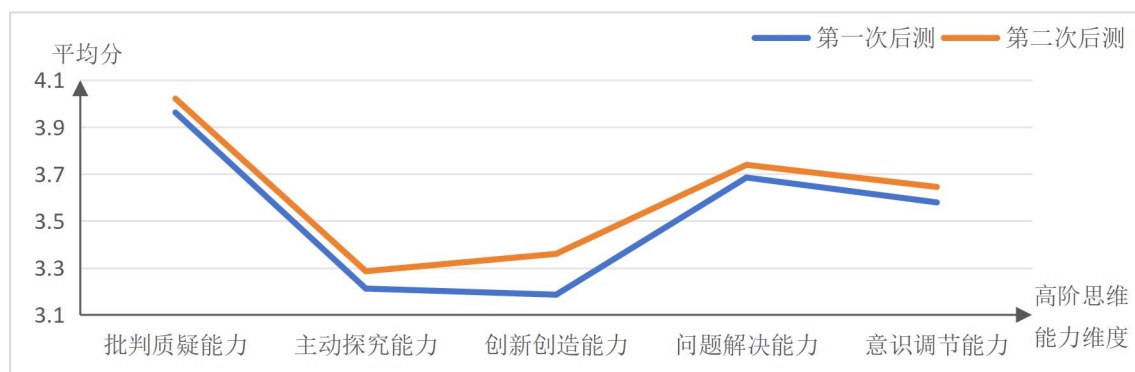


图 5.18 学生高阶思维能力平均分第一、二次后测结果对比折线图

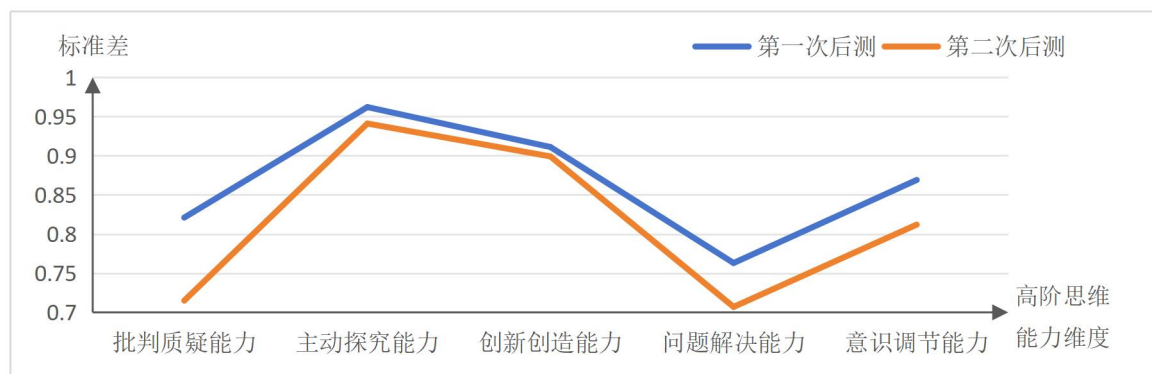


图 5.19 学生高阶思维能力标准差第一、二次后测结果对比折线图

根据以上图表分析,分析所提供的数据,我们可以看到学生在高阶思维能力的多个方面取得了积极的进展。批判质疑能力的平均分从 3.962 提升至 4.021,表明学生在分析和评估问题上有了显著提高。主动探究能力也显示出从 3.212 到 3.286 的增长,说明学生在自主学习和信息搜集方面变得更加积极。创新创造能力的提高最为明显,从 3.186 增长到 3.360,反映出学生在教师的引导下创新创造的意识加强。意识调节能力的提升,从 3.579 增长到 3.645,显示了学生在自我管理和意识控制方面的进步。

然而,尽管有这些积极的成果,数据也揭示了一些不足之处。例如,各项维度的平均分有所提高,但某些能力的标准差在第二次后测中仍然相对较高,如主动探究能力的 0.941 和创新创造能力的 0.899,这表明学生在这两个领域的能力发展上存在不均衡。此外,创新创造能力的最高分虽然从 4.3 提升至 4.4,但提升幅度相对较小,表明学生在创新思维方面还有进一步的发展空间。

综合来看,虽然学生在高阶思维能力的培养上取得了一定的进步,但仍需关注能力发展的均衡性,并继续努力提升创新创造等维度的高阶思维能力,以实现更全面的高阶思维能力培养。

②教师对学生作品评价结果分析

通过统计教师利用附录六《乐器实验室》作品评价表对学生作品进行评价,从设计思路、分享表达、创新性、美观性、实用性、完成度 6 个方面(每项满分 5 分)统计平均分,结果如图 5.20 所示。比第一轮作品的各项平均分(见图 5.21 所示)进行比较,可以发现:

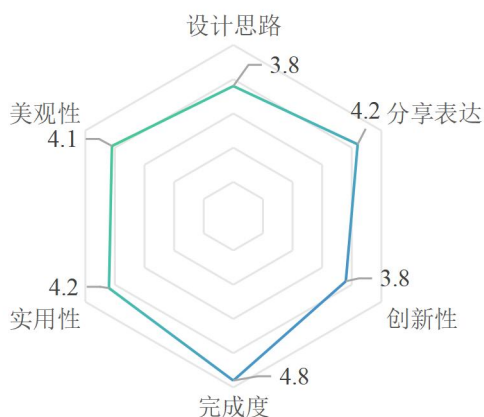


图 5.20 第二轮作品各项平均分雷达图

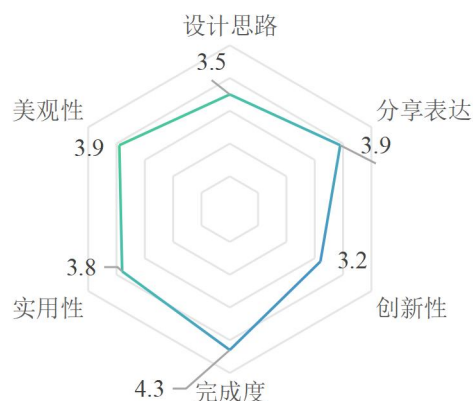


图 5.21 第一轮作品各项平均分雷达图

观察上图可以发现,学生在设计思路、分享表达、创新性、完成度、实用性和美观性这六个维度上均有不同程度的提升。第一轮到第二轮,设计思路的平均分从 3.5 增至 3.8,分享表达从 3.9 增至 4.2,显示出学生在这两个方面的能力有了显著进步。创新性评分也有所提高,且提升的幅度最大,表明本轮的“创新引

导”环节对学生创新创造能力的有力促进。完成度评分的增长尤为突出，从 4.3 增至 4.8，这反映了通过两轮 PBL 活动的参与，学生在项目执行和时间管理方面变得更加成熟。实用性评分也从 3.8 上升至 4.2，美观性评分从 3.9 上升至 4.1，这两个方面的提升表明学生在作品的实用性和外观设计上投入了更多的精力和创意。

然而，尽管所有维度的平均分都有提高，但创新性的平均分为 3.8（学生代表作品见图 5.22），还是低于其他维度。综合数据分析发现学生在 PBL 活动中的综合能力有了积极的发展，但仍有进一步提升创新能力、完善设计思路的空间。



图 5.22 学生作品示例

③ 《光影魔术师》主题知识问卷结果分析

利用附录八《光影魔术师》主题知识问卷对学生的知识掌握情况进行统计，满分 10 分的问卷中各分段的人数百分比与第一轮比较结果如图 5.23。反映出通过第二轮 PBL 活动的参与，学生可以更大程度上掌握该项目相关的科学知识，教学效果优秀。

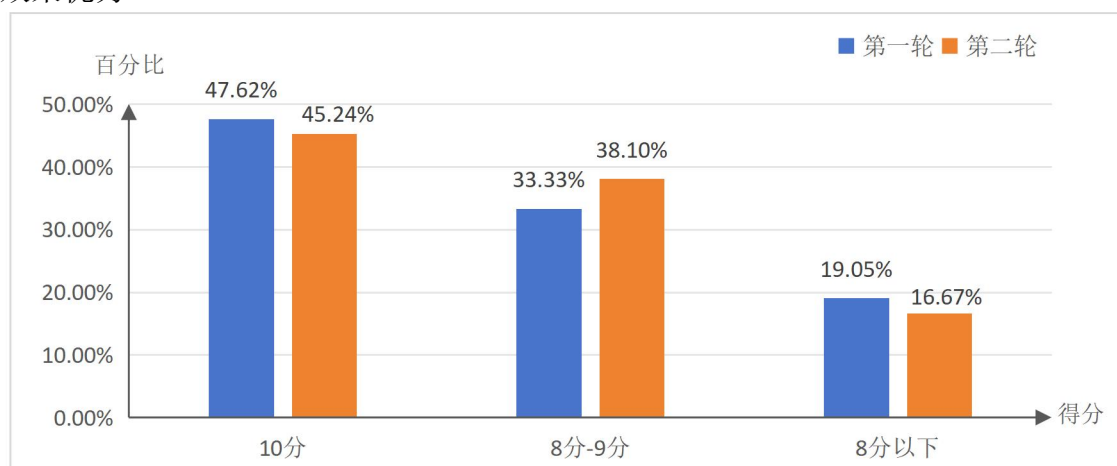


图 5.23 第一、二轮活动主题知识问卷学生得分比较

(3) 总体分析

总体来说,对于本次《光影魔术师》PBL活动,通过对学生填写的活动手册、整体活动流程的分析以及结果性数据的综合评估,可以观察到以下具体结果:

①主动探究能力提升:学生的主动探究欲望显著增强。他们在活动过程中展现出了积极探索的态度,能够主动提出问题,并通过实验、研究和讨论来寻找答案。

②PBL学习方式的适应性:经过两轮PBL活动实践,学生对于PBL的学习方式有了更深入的了解和熟悉。他们学会了如何规划和管理自己的学习过程,对时间的把控更加精准,作品的完成度也显著提高。学生们在这种学习模式下变得更加自信和得心应手。

③创新创造能力的进步:学生的创新创造能力有了明显的提升,尽管总体水平仍有提升空间。在制作投影灯的过程中,学生们尝试了多种设计方案,运用了新颖的材料和方法,表现出了较高的创造力和原创性。

④批判质疑能力的提升:在活动过程中,学生对作品进行评价的质量有了显著提升。他们学会了如何从多个角度对作品进行客观评价,包括设计思路、创新性、实用性和美观性等方面。通过评价,学生们不仅提高了自己的审美和批判性思维能力,也更好地理解作品的优点和需要改进的地方。

总而言之,通过第二轮PBL活动的实践,学生高阶思维能力有了比较明显的提升,但是创新创造能力等方面需要教师采取策略重点关注。

6. 指向高阶思维能力培养的PBL活动框架的第二次改进

(1) 多维度引导探究实践,以提高活动的参与度

通过第二轮PBL活动实践,发现有部分学生虽然有积极参与制作的热情,但是无法高效参与到制作中。原因可能是缺少实践制作的信心,教师要迅速地处理和缓解学生的情感问题,从活动的开始阶段就开始营造一种宽松且无拘束的环境气氛,鼓励他们勇于实践并积极探索新事物的同时也要维持他们的良好求知态度并在这种舒适状态下去持续努力创新。另外可以在探究实践环节进一步细化每个学生的任务,充分发挥每个学生的“第二角色”的作用,强调合作制作。还可以稍微增加一下孩子们的创造过程所需时长,引导学生先反思作品,发现问题,再思索解决问题的方法。

(2) 深化解决问题的指导,以提升问题解决能力

通过观察项目活动手册中问题解决的记录表发现,学生解决问题的方法比较单一,以网络搜索为主。所以教师需要在探究实践的过程中增加解决问题的方法指导,如指导学生如何收集相关信息,包括使用图书馆资源、在线数据库和专家访谈;训练学生分析问题的根本原因,使用因果图、流程图等工具帮助他们理解

问题的结构；指导学生设计实验来测试他们的解决方案，包括变量控制和数据收集。故将表格进行了修改，增加了解决问题途径的提示（如表 5.9 所示），以提升问题解决的能力。

表 5.9 问题解决记录表（部分）

存在的问题	解决问题的途径	解决问题的方案
	□询问家长 □请教老师	
	□查找网页资料	
	□ 借助手机 app	
	□ 其他_____	

（3）增设创新方法的学习，以提升创新创造能力

关于创新创造能力的提升仍有待加强。相较于前一次活动，这次活动展现了以下几个特点：首先，本次活动的创新意识有所增强，但这种增长并不普遍；其次，在活动过程中，学生的创新创造思维往往容易被他人影响，因此创新创造思维还需要进一步提升。在个别组间存在着跟随潮流的现象。此次活动的成果展现出创新、美感和实际用途等方面的较高水平，然而从全局视角看，这些作品的风格却有些类似（如图 5.24 所示）。许多团队都选择了纸盒作为投影灯的外壳，投影的内容也以简单的卡通图案为主。经过进一步的调查发现，最初有一组开始这样操作并成功完成了任务，随后其他的团队也纷纷效仿，从而使得最后的成品在外观上呈现出了一定程度的一致性。



图 5.24 投影灯作品主要类型示例

所以增加创新方法的学习，教授学生可以通过联想和迁移的方法进行创新。联想是一种通过将一个概念与另一个看似不相关的概念联系起来，从而产生新想

法的创新方法。例如，在设计投影灯时，学生可以联想自然界中的发光生物或现象，从而得到灵感，创造出独特的灯具设计。而迁移是指将一个领域的解决方案、概念或技术应用到另一个领域，以产生创新。在制作投影灯的过程中，学生可以将电子游戏中的交互式设计迁移到投影灯的控制方式上，创造出新颖的用户体验。

综上分析，经过第二轮活动实践，对指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架进行了改进，具体表现在：

将探究实践环节细化为“初步制作”和“完善作品”两个子环节。“初步制作”包括“材料准备、合作制作、反思作品”，而“完善作品”包括“寻求支持资源、解决问题、创新方法学习、实施制作”，以深化问题解决能力、创新创造能力的培养。

至此，对指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架进行了第二次改进，如图 5.25 所示（红色放大大字符代表改进的地方）。

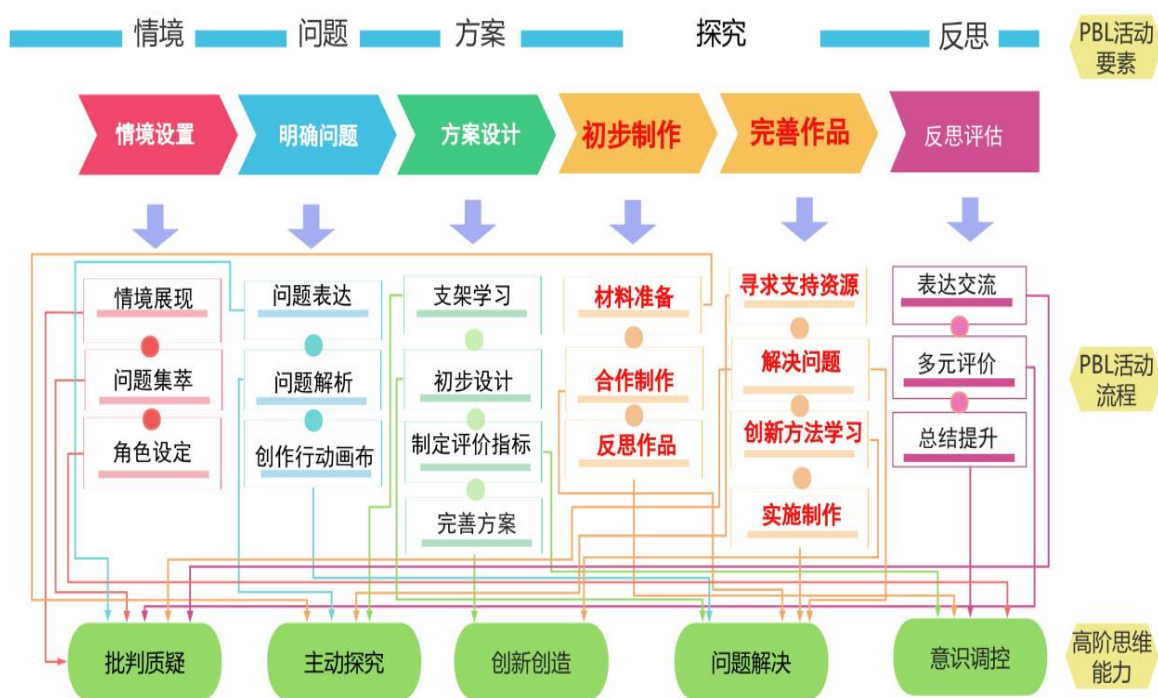


图 5.25 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架（第二次改进）

（三）第三轮行动研究

本轮研究旨在依托指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架第二次改进的结果进行实践，验证其对学生高阶思维能力的培养有显著提升，并试图对框架进行进一步改进。本轮活动的主题源于教科版（浙江教育出版社出版）六年级下册《环境与我们》，结合社会热点，笔者进行了自主加工，设计《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动，力求突破制作简单物体的 PBL 成果展现形式，

更好地进行高阶思维能力的培养。此轮研究继续面向第二轮活动结束后的四（2）班开展，此时他们正处于四年级下册的学习中。

1. 学习者分析

（1）学习风格分析

通过前两轮 PBL 活动的实施，发现学生的学习风格有了很大的提升。这种变化表明，即使在具体运算阶段，学生也能够通过适当的教学方法和实践活动，逐步提升他们的认知能力和探究技能。

（2）学习起始水平分析

①知识方面。尽管现行的科学教材直到六年级才系统性地介绍垃圾相关的知识，但是学生们却早已在日常生活中频繁接触这一话题。他们对垃圾的产生和处理过程有着直观的体验和不同程度的认识。学生们对家庭和社区中垃圾的量也有直接的感受和观察，但在如何有效进行垃圾分类和处理这一更深层次的问题上，仍需进一步的教育和指导。

②高阶思维能力方面。由前文的第二轮活动后高阶思维能力测量结果可知现阶段研究对象高阶思维能力有了进一步的提升，但是仍处于中等的水平，尤其在创新创造能力方面。

2. 学习内容概述

《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动主题源于教科版（浙江教育科学出版社出版）六年级下册《环境与我们》，结合当下“垃圾分类”政策的全面推广和实施而设计。通过设计多样化的探究方法，如搜集数据、进行调查和采访，结合数学、科学和技术等跨学科方法，引导学生深入了解和分析垃圾问题。学生们首先统计了日常生活中的垃圾数量，然后进一步探索了垃圾的来源和分类方法。通过实地采访和其他调查手段，学生们发现了当前垃圾分类实践中存在的问题，并积极寻求解决方案。

与前两轮 PBL 活动相比，本轮活动在设计上更加开放，鼓励学生自由探索和创新。成果展现形式也更加多样化，不再局限于传统的制作简单物体，而是鼓励学生通过多媒体展示、研究报告、模型制作等多种形式来展示他们的学习成果。这种开放和多元的成果展现方式，旨在更好地激发学生的创造力和想象力，促进他们高阶思维能力的发展。期望通过这样的活动设计，引导学生深入理解垃圾分类的重要性，增强他们的环保意识，同时也进一步提升他们的高阶思维能力。

3. 学习目标分析

《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动的学习目标，具体见表 5.10。

表 5.10 《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动学习目标

目标维度		目标内容
科学素养 目标	科学观念	1. 掌握垃圾分类的基本知识，包括不同类型垃圾的识别和分类标准； 2. 认识到物质循环的概念，了解不同垃圾的分解过程和再利用途径。
	科学思维	1. 通过观察、调查和实验，探究垃圾产生的原因和处理方法； 2. 能够搜集和分析有关垃圾分类的信息，评估不同分类方法的优缺点。
	探究实践	1. 能够参与到垃圾分类的实际操作中，体验从分类到处理的全过程； 2. 记录垃圾分类的数据，分析数据以发现问题和改进方法。
	态度责任	1. 了解垃圾对环境的影响，认识到垃圾分类的重要性； 2. 能够在垃圾分类活动中遵守规则，展示良好的公民素质。
	批判质疑能力	识别和分析垃圾分类实践中的问题，并提出创新解决方案。
	主动探究能力	主动参与活动的全过程，发挥主观能动性。
高阶思维 能力发展 目标	创新创造能力	鼓励学生发挥创意，设计新的垃圾分类工具或方法。
	问题解决能力	能够在遇到设计或制作难题时，独立或合作寻找解决方案。
	意识调控能力	培养自我反思的能力，评估自己在项目中的学习和成长。

4. 活动实施过程

根据“指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架”第二次改进的结果，本研究设计了《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动并实施，活动共计 10 课时进行，每课时主要环节和所要培养的高阶思维能力的主要维度如图 5.26 所示。

《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL活动流程

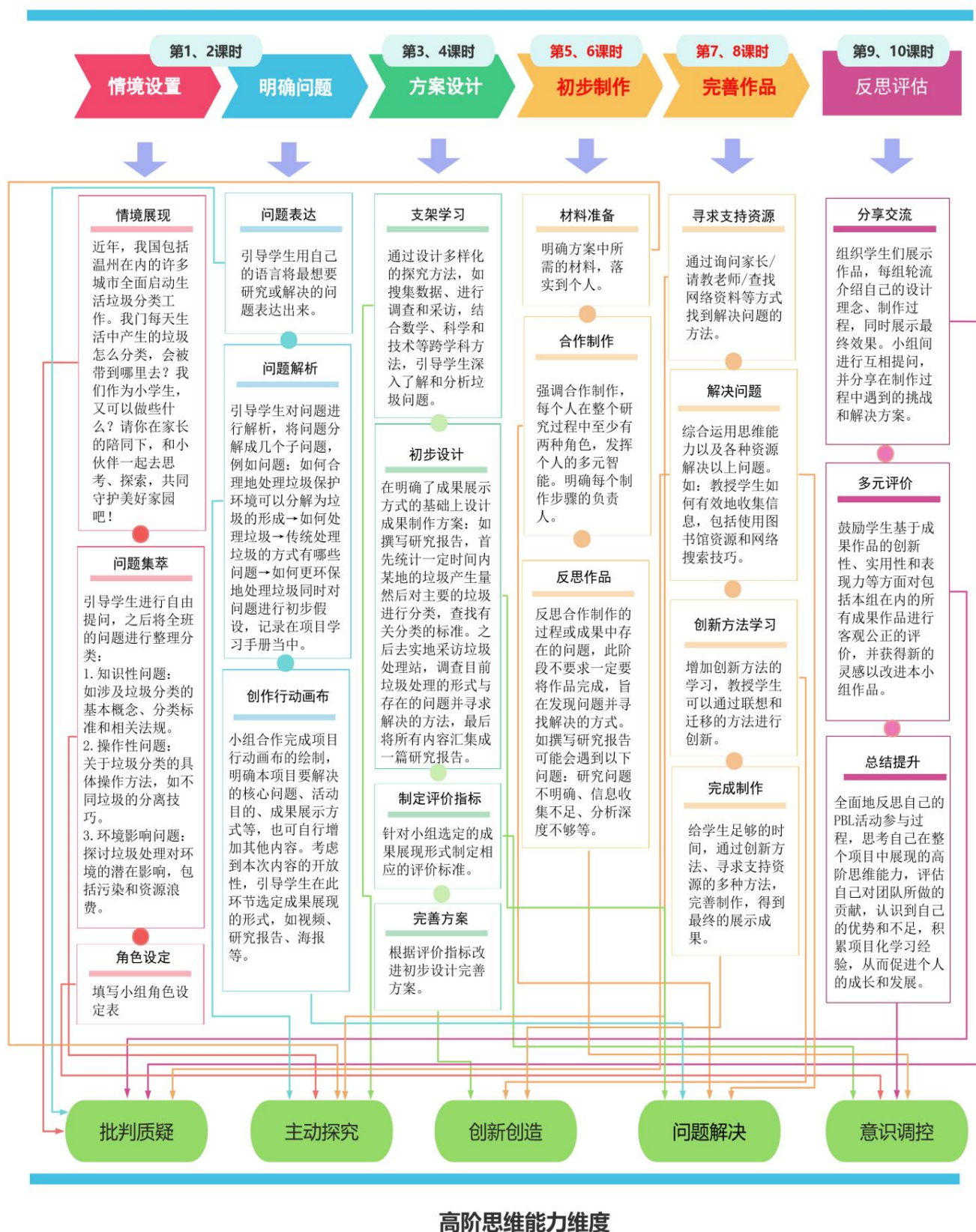


图 5.26 《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动实施重点流程

5. 活动实施效果分析

本轮行动研究的活动实施效果分析仍然从过程性数据和结果性数据两方面来进行。过程性数据主要来自学生完成《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL活动手册（见附录九）情况以及教师对课堂的观察与感受；结果性数据主要利用《高阶思维力量表》对学生进行三次后测、教师对学生作品进行评价（评价表见附录十）以及学生填写《见“圾”行事，绿色“童”行》主题知识问卷（见附录十一）三种方式收集。

（1）过程性数据分析

因为本轮活动是基于前两轮行动研究的改进，所以过程性效果分析侧重于活动框架中较前次改变的部分展开。

①通过细化探究实践的步骤，学生参与度增强

在此轮 PBL 活动中，通过细化探究实践步骤，突出“合作制作、反思作品”的环节学生的参与度和学习热情得到了显著提升。首先，明确探究目标，让学生了解垃圾分类的重要性和探究的具体任务。接着，将活动分解为易于管理的小步骤，如资料搜集、分类方法学习、社区调查等，确保学生能够一步步跟随并掌握关键技能。角色分配和互动学习让学生在小组合作中发挥各自的长处，增强了团队精神（如图 5.27）。通过实践操作，如模拟垃圾分类，学生能够深入理解分类技巧。及时反馈和成果展示环节，不仅让学生看到自己的进步，也激发了他们的创新思维。此外，跨学科的联系和真实情境的应用，使学生认识到垃圾分类在现实生活中的应用价值，从而增强了他们的环保意识和实践能力。教师在整个过程中提供指导和支持，促进学生的深度学习，使本次 PBL 活动成为一次富有成效的学习体验。

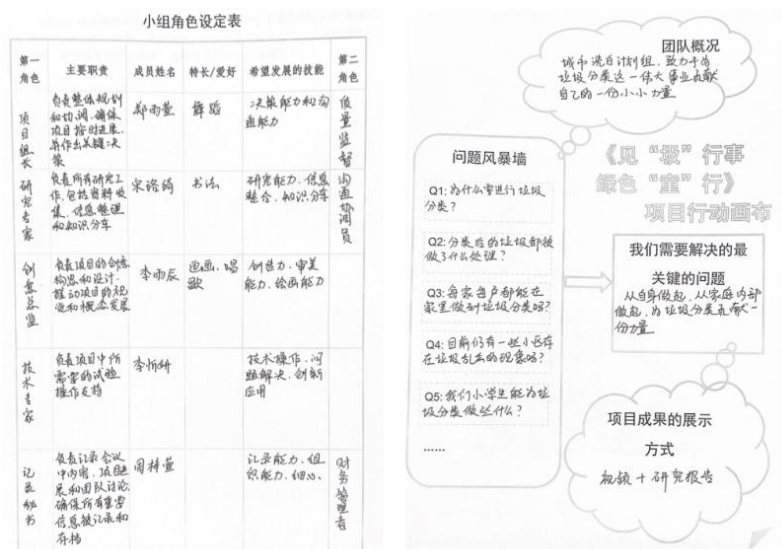


图 5.27 《见“圾”行事，绿色“童”行》小组角色设定表及行动画布示例

②通过创新方法的指导，学生创新创造能力增强

教师通过引导学生运用联想和迁移等创新方法，显著提升了学生的创新创造能力。学生们通过联想法，将垃圾分类与日常生活中的类似情境相联系，比如将不同颜色的垃圾桶与交通信号灯联系起来，以增强记忆和识别速度。迁移方法则帮助学生将其他领域的解决方案应用到垃圾分类中，例如借鉴工业上的分拣技术来优化垃圾分类流程。这些创新方法的实践不仅拓宽了学生的思维视野，还激发了他们设计新型分类工具和宣传策略的创意。通过这样的训练，学生们在解决垃圾分类问题上展现出了更高的原创性和实用性，为环保事业贡献了自己的智慧和力量。同时，教师引入了头脑风暴、思维导图等技巧，鼓励学生自由发散思维，提出创新的垃圾分类和回收方案。此外，通过实验模拟垃圾处理的过程，学生从不同角度审视垃圾分类问题（如图 5.28）。通过多种创新方法的指导，让学生在解决实际问题的过程中，不断尝试和探索，最终在创新创造能力上都取得进步。最终呈现的 PBL 成果类型丰富，有视频、调查研究报告、实验报告、作文、绘画作品等（如组图 5.29）。

Step2: 统计实地调查采访的结果。小组讨论完成下表。

小组圆桌会议，聚焦问题	
分享 调查 结果	现如今无论走到哪里，都有垃圾分类的垃圾桶，但是我们还是会有随手扔垃圾的行为，可能大家对垃圾分类的了解还不够深入，还不能很好地养成垃圾分类的习惯，我们希望通过这次的实践调研，了解垃圾是否能变废为宝，什么垃圾能变废为宝，垃圾如何变废为宝，变废为宝有什么好处？
分析 问题 原因 (设计 实验)	提出问题： 垃圾如何变废为宝
	作出假设： 各种垃圾看阿以变废为宝
	实验设计：以厨余垃圾为例，变废为宝，让垃圾在家庭内部进行变废为宝，比如果皮制作成酵素，比如厨余垃圾制作成堆肥。
	实验过程（附照片）： 1.果皮制作成酵素：将糖：果皮：水=1:3:10放入容器中，轻轻摇晃，将容器盖口旋紧，置于阴凉通风处。第一个月需要每天将瓶盖旋松一次，并立即旋紧，将放因发酵而膨出的气体，一个月以后，继续静置至三个月即可。2.厨余垃圾制作成堆肥，可在家中或园里设置蚯蚓塔和堆肥池，将厨余垃圾作为有机质，通过发酵方式转化的肥料，为花草提供养分。蚯蚓塔又叫蚯蚓喂食器，我们通过管子投放蚯蚓喜欢的厨余垃圾，利用蚯蚓以腐敗有机质为食的特性，让蚯蚓消化掉投入其中食物，产生有机肥，可以直接给植物做养分，从而形成一条生物链。
	实验结果：优点：1.酿成的酵素液，经过稀释后可当清洁剂，是生活中进行卫生工作的帮手；酵素渣晒干后，搅拌均匀埋在土里，可当作肥料，如马桶可净化粪池。2.蚯蚓能够大量吞食垃圾中的有机物质，处理效率更高，且无异味，能够实现资源的循环利用。缺点：以上两种资源再利用处理的周期相对时间都较长，原过程限制大规模处理的应用。

图 5.28 《见“圾”行事，绿色“童”行》学生实验设计示例



城市洗白计划之垃圾分类

摘要

研究目的:

世上没有垃圾，只有放错了地方的资源，事实上，我们的生活废物并非一文不值，有害无益。虽然我们现在的科学技术并不能把所有的垃圾都转化为资源，但是大体能转化五六成，那我们能如何去做呢？那就是垃圾分类回收再利用，而我们的分类则是最重要的一步。

研究方法:

本次调研采用问卷调查、访谈、实地考察、实验、查阅资料等多种方法，覆盖了街道社区、企事业单位等多个单位，共收集有效样本108份

研究结果:

本次调研及实验发现，社区和公共场所的垃圾分类设置配置情况参差不齐，部分社区设置了垃圾分类点，但是存在标识不清、混装现象。大部分居民对垃圾的分类处理了解不够透彻，特别是厨余垃圾的处理，现行的很多方法可以在家庭中普遍推广。



组图 5.29 《见“圾”行事，绿色“童”行》学生作品示例

(2) 结果性数据分析

①高阶思维能力后测结果分析

同样利用附录一所示的《高阶思维力量表》对所有参与 PBL 活动的学生进行高阶思维能力第三次后测，得到高阶思维能力五个测量维度的平均分、最高分结果，结合第二次后测结果进行比较。同时，利用 SPSS22.0 软件对前后测数据进行了 t 检验得到表 5.11。

表 5.11 学生高阶思维能力第二、三次后测结果统计表（样本量：42 人）

测量维度	平均分		标准差		最高分		第三次后测 t 值	第三次后测 p 值
	第二次后测	第三次后测	第二次后测	第三次后测	第二次后测	第三次后测		
批判质疑能力	4.021	4.090	0.715	0.702	4.7	4.8	2.892	0.006
主动探究能力	3.286	3.350	0.941	0.814	4.7	4.8	2.160	0.037
创新创造能力	3.360	3.544	0.899	0.769	4.4	4.6	6.532	<0.001
问题解决能力	3.739	3.793	0.707	0.688	4.8	4.9	2.299	0.027
意识调节能力	3.645	3.699	0.812	0.753	4.6	4.8	2.048	0.047

由上表可知，p 值均小于 0.05，学生各维度的高阶思维能力提升显著。为了更好地体现学生高阶思维能力的变化，将平均分、标准差结果转化为折线图，得到

图 5.30 和 5.31。

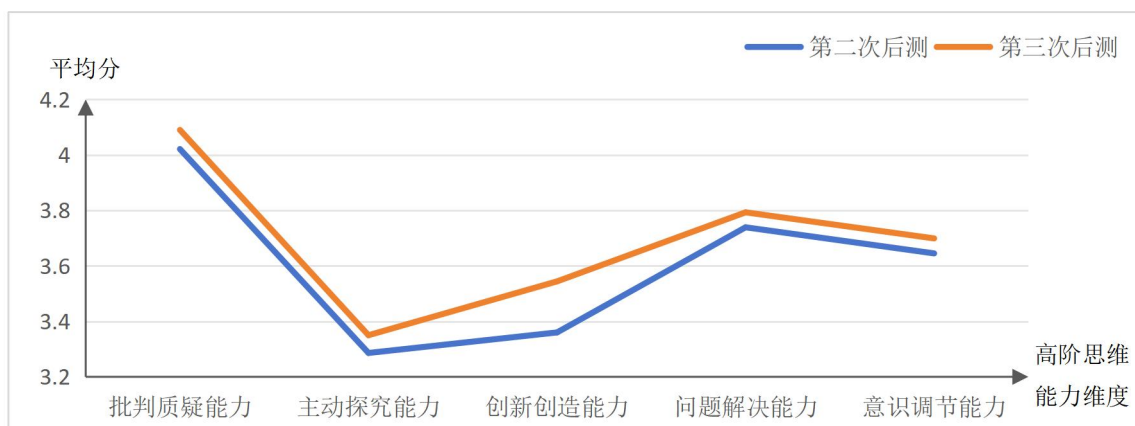


图 5.30 学生高阶思维能力平均分第二、三次后测结果对比折线图

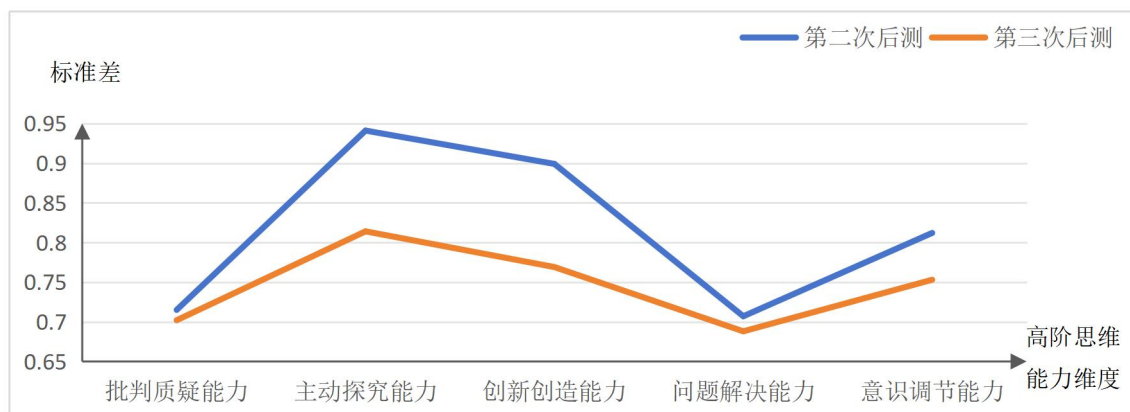


图 5.31 学生高阶思维能力标准差第二、三次后测结果对比折线图

分析以上数据可得本次 PBL 活动在培养学生的高阶思维能力方面取得了显著成效。学生在批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决和意识调节等能力维度的平均分均有显著提升。例如，批判质疑能力的平均分从 4.021 提高到 4.090，而创新创造能力的提升尤为突出，从 3.360 增至 3.544。这些进步不仅证明了学生在这此些领域的能力得到了加强，也反映出经过两次改进后的 PBL 活动框架在激发学生思维潜力方面的有效性。

同时，标准差的减少，如批判质疑能力从 0.715 降至 0.702，表明学生间的表现更加均衡，差距逐渐缩小。这表明教学方法和活动设计能够满足不同能力水平学生的需求，促进了每个学生的全面发展。

最高分的提升，如创新创造能力从 4.4 增至 4.6，主动探究和批判质疑能力从 4.7 增至 4.8，显示了优秀学生在高阶思维能力上的卓越表现，证明了此 PBL 活动框架能够激发学生的创新精神和探究热情。这些学生在活动中的出色表现，不仅为其他同学树立了榜样，也为教师提供了进一步指导和激励学生的可能性。

综合来看，通过这种 PBL 活动，学生不仅学到了关于垃圾分类的知识和技能，

还在批判性思维、创新思维和问题解决等方面得到了全面的发展。这种全面而深入的学习体验，为学生的终身学习和个人成长奠定了坚实的基础。

②教师对学生作品评价结果分析

通过统计教师利用附录九《见“圾”行事，绿色“童”行》作品评价表对学生作品进行评价，从设计思路、分享表达、创新性、美观性、实用性、完成度6个方面（每项满分5分）统计平均分，结果如图5.32所示，表明学生作品在各个方面取得稳定进步。

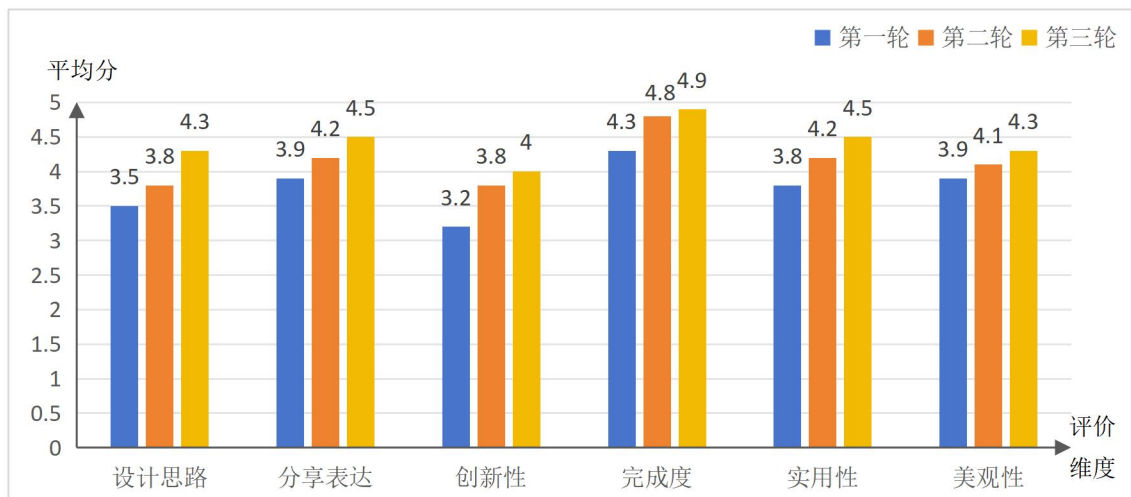


图 5.32 三轮作品各项平均分比较条形图

③《见“圾”行事，绿色“童”行》主题知识问卷结果分析

利用附录十一《见“圾”行事，绿色“童”行》主题知识问卷对学生的知识掌握情况进行统计，与前两轮的结果进行比较（见图5.33），在第三轮PBL活动中，学生们通过实践活动对相关科学知识有了更深入的理解，尽管与前两轮相比，满分的同学有所下降，这种差异是由于垃圾分类的相关知识本身较为复杂，且这些内容通常适合更高年级的学生。但是即便面临挑战，学生的整体表现仍然是值得肯定的。

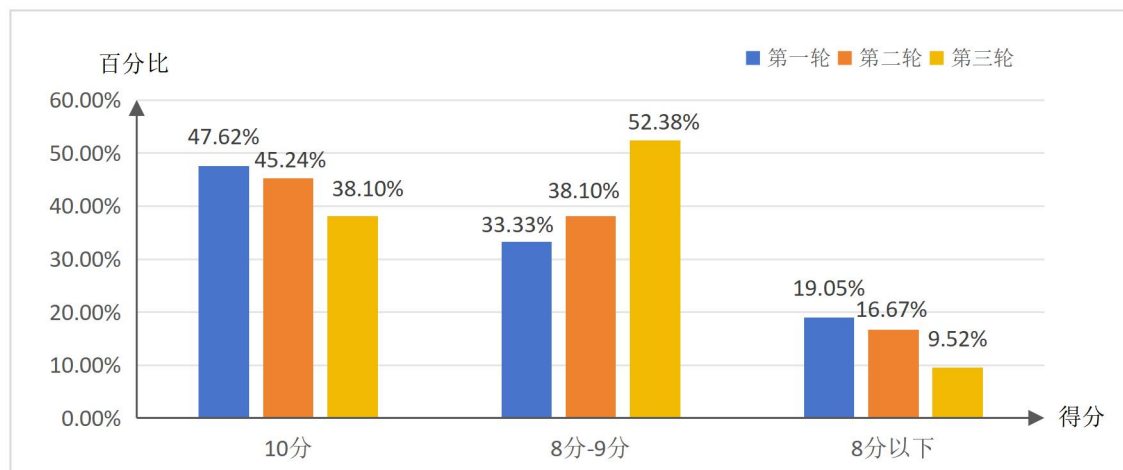


图 5.33 三轮主题知识问卷学生得分比较统计图

(3) 总体分析

总体来说,对于本次《见“圾”行事,绿色“童”行》PBL活动,通过对学 生填写的活动手册、整体活动流程的分析以及结果性数据的综合评估,可以观察到以下具体结果:

①主动探究能力的提升:通过强调合作制作,他们积极搜集资料、进行实验和调查,以深入了解垃圾分类的原理和方法。这一过程不仅提高了学生的信息素养,也锻炼了他们的观察力和分析力。

②PBL学习方式的适应性:经过三轮PBL活动实践,学生对于PBL的学习方式运用得更加熟练,学习任务完成的效率提升,作品质量完善。

③创新创造能力的进步:通过创新方法的学习指导、增加问题解决途径的介绍,学生的创新创造能力有了进一步的提升。同时,选择开放性的学习成果展示方式也给了学生更大的创新创造的空间。

6. 指向高阶思维能力培养的PBL活动框架的第三次改进

通过本轮活动,发现开放成果展现形式对学生高阶思维能力的整体提升有显著效果,故将最后反思评估环节中的“总结提升”改为“综合提升”,引导学生在进行某些物体制作的PBL项目的最后环节,也可以视频、绘画、作文、报告等形式进行综合性的总结提升,从而扩宽小学科学PBL活动的广度和深度,进而实现学生创新创造能力的培养。

至此,对指向高阶思维能力培养的小学科学PBL活动框架进行第三次改进,如图5.34所示(红色放大字符代表改进的地方)。

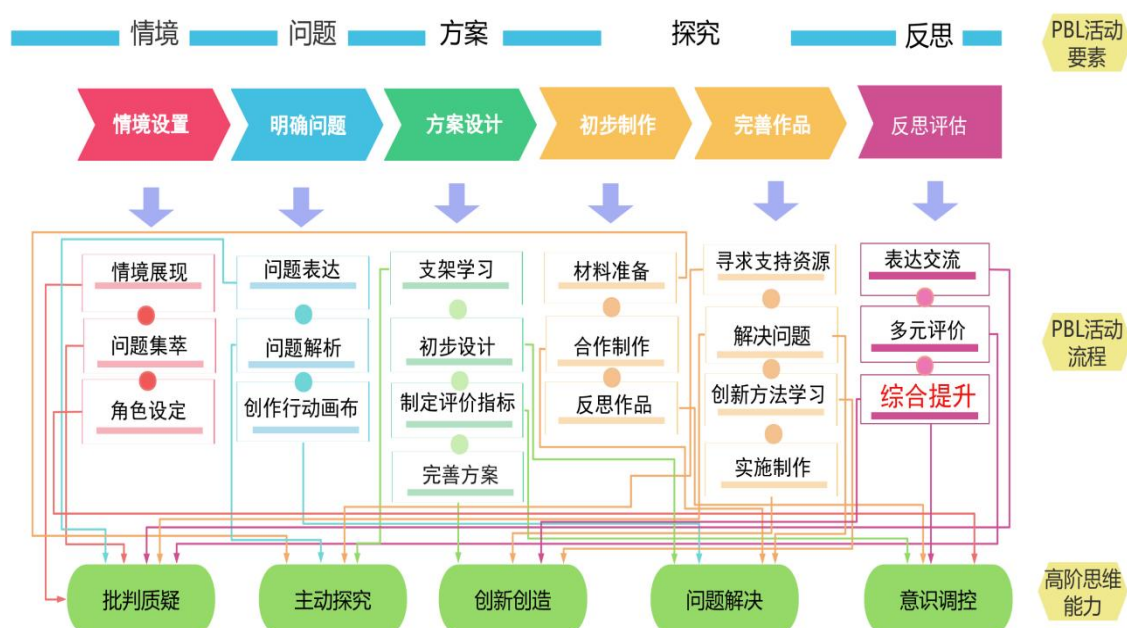


图 5.34 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架（第三次改进）

（四）行动研究的效果分析

行动研究的效果分析主要从学生高阶思维能力的前后测对比，以及行动研究结束后对学生进行访谈两个方面展开。

1. 学生高阶思维能力前后测结果对比

将三轮 PBL 活动实践后的学生高阶思维能力最后一次后测结果与前测相比，利用 SPSS22.0 软件对前后测数据进行了 t 检验，样本数为 42，结果如表 5.12 所示。

表 5.12 高阶思维能力前后测配对 t 检验（样本量：42 人）

测量维度	平均分		标准差		t 值	p 值
	前测	第三次后测	前测	第三次后测		
批判质疑能力	3.899	4.090	0.822	0.702	7.421	<0.001
主动探究能力	3.057	3.350	0.966	0.814	9.742	<0.001
创新创造能力	3.119	3.544	0.914	0.769	14.944	<0.001
问题解决能力	3.524	3.793	0.789	0.688	10.793	<0.001
意识调节能力	3.500	3.699	0.874	0.753	7.245	<0.001
高阶思维能力综测	3.420	3.695	0.655	0.702	12.030	<0.001

根据统计，学生的高阶思维能力综测（五个维度的平均分）的平均值原本为 3.420，经 PBL 培养后，其高阶思维能力综测的平均分提高至 3.695。由 t 检验结果可得，学生高阶思维能力经 PBL 培养后的变化具有统计学差异（ $p < 0.05$ ），即 PBL 使学生的高阶思维能力总体上有显著提升。

对于高阶思维能力的具体测评维度，学生经 PBL 培养后测的批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决以及意识调控五项维度的评分均值与前测相比，均显著提升。且经计算分析，各维度前、后测变化的 p 值均 < 0.05 ，差异具有显著性。由此印证，学生经指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动后，其高阶思维能力在各个维度上均得到了有效提高。

2. 行动研究后期学生访谈

在行动研究后期，通过精心设计的访谈提纲（见附录十二），对参与项目的学生进行了深入访谈。访谈的目的是评估学生在 PBL 活动中高阶思维能力的发展情况，以及他们对学习过程的情感体验和学习成果。本研究选取了四（2）班中学号 5、10、15、20、25、30、35、40 的 8 名学生为样本（下文中以 A-H 字母代替），确保了访谈的多样性和深度。最后总结访谈内容得到以下结论：

（1）学习兴趣显著提升

在访谈中，学生们普遍表达了对参与科学活动的积极态度。他们喜欢这种活动的原因多种多样，包括探索新知识的乐趣、解决实际问题所带来的成就感，以及同伴合作的社交体验。例如学生 A 说：“我非常喜欢这种科学活动，因为它

让我有机会自己动手做实验，感觉非常有趣。”众多学生也表示：“如果以后科学课都能这样上就太好啦！”表明通过亲身参与和实践，学生的好奇心和探索欲得到了满足，从而提升了学习兴趣。学生们描述自己在 PBL 活动中的学习过程，强调了这种学习方式的互动性和实践性。他们提到了通过亲身参与和实际操作来加深对科学概念的理解，这种体验极大地激发了他们的学习兴趣。

（2）高阶思维能力大幅提升

基于学生的具体访谈回答，可从以下五个维度分析并得出结论：学生的高阶思维能力显著提升。

①批判质疑能力：学生 A 和 E 表示，他们之前可能缺乏批判质疑的意识或习惯，难以进行合理的批判性思考。然而，通过参与这些活动，他们现在能够经常使用证据来支持自己的观点，或对他人的观点提出质疑，批判质疑能力有所提升。

②主动探究能力：学生 G 提到：“在 PBL 活动中，我经常主动提出问题，并且寻找答案。我不再只是等待老师告诉我答案。”这表明，学生在 PBL 活动中展现出了主动探究的精神，他们不再被动接受知识，而是积极寻求理解问题和寻找解决方案。学生 B 和 D 反映，尽管他们在生活中经常遇到许多引起好奇心的科学问题，但往往只是停留在好奇的层面，而没有进一步通过实验探究来解决这些疑惑。在这些活动中，他们获得了大量自主探究的机会，主动探究能力提升。

③创新创造能力：学生 E 说：“我们小组在项目中设计了一个独特的实验来测试我们的假设，这让我感到非常兴奋。”还有学生 H 表示，他们学到了很多创新的方法，并且能够通过创作作品来表达自己的想法。这表明他们在创新创造能力方面取得了进步。

④问题解决能力：多数学生反映，在活动中他们会遇到许多问题。起初，他们对遇到问题感到害怕，因为不知道如何解决。但经过几次活动后，他们能够思考出相应的解决方法，并且开始主动寻找问题。学生 C 说道：“面对项目中的难题，我们小组通过讨论和尝试不同的方法来找到解决方案。”从这些情况来看，学生在问题解决能力方面也有所提高。

⑤意识调控能力：大多数学生表示，在创作作品的过程中，他们会反思自己的方法是否可行，以及如何改进以达到更好的效果。为了提高作品的质量，他们愿意调整方案。学生 F 特别提到了“在活动中，我学会了如何管理自己的学习过程，比如分配时间给不同的任务。”这些都是意识调控能力提升的体现。

六、研究总结及展望

本研究聚焦于如何设计和实施有助于提高学生高阶思维能力的 PBL 活动。起初, 根据对高阶思维能力概念的深入研究与界定编制了《高阶思维力量表》, 用于学生高阶思维能力水平的前测。接着, 理论阐释和实证分析两方面说明小学科学 PBL 活动提升学生高阶思维能力的可能性。最后, 确定了指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动具体流程: 情境设置→明确问题→方案设计→探究实践→反思评估。以此为基础, 构建指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架, 设计相关的学习活动, 以便更好地培养学生的高阶思维能力。

(一) 研究总结

1. 构建了指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架

通过三轮深入的行动研究, 根据活动的实际进展和效果反馈, 及时调整活动框架, 完成了指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架的最终构建, 如图 6.1 所示。这种灵活的调整机制, 不仅促进了实验成果的稳步提升, 而且有效地培养了学生的高阶思维能力。

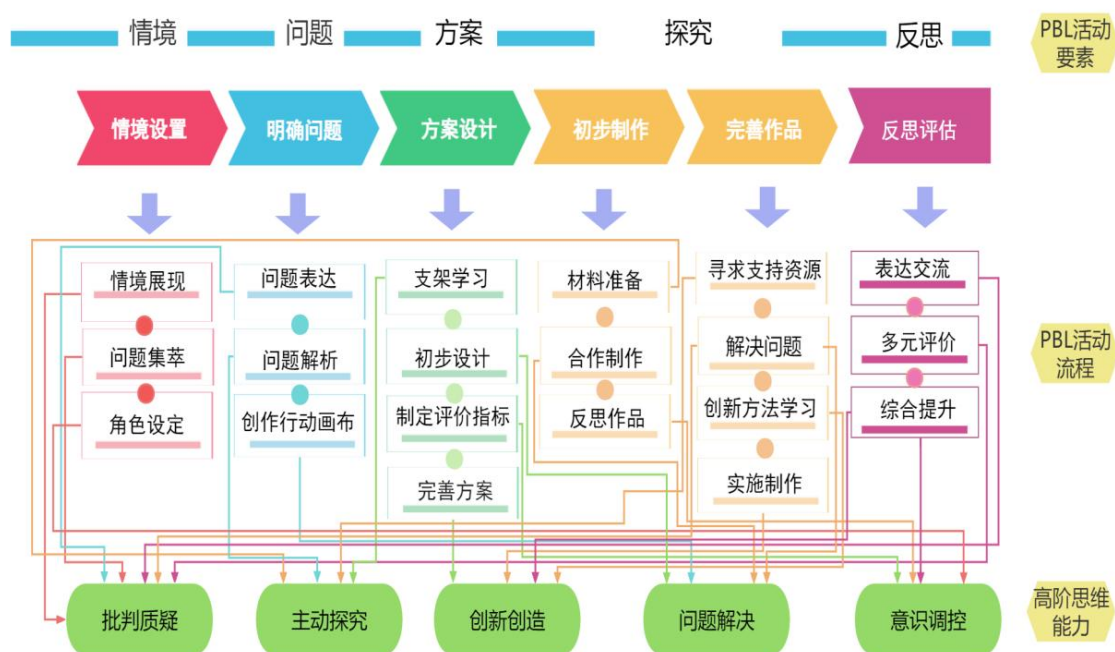


图 6.1 指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架（最终设计）

指向高阶思维能力培养的小学科学 PBL 活动框架中有以下几个要点值得关注：

①在情境设置环节中, 学生被鼓励自由推测和参与激烈的问题讨论, 为他们提供了思考的基础。通过设定问题场景, 学生能够独立思考, 并从讨论中提炼出探索性的问题, 进一步培养他们解决问题的思维方式, 提高批判质疑能力和问题解决能力。

②在明确问题环节中,批判性质疑和构建问题链能够激发学生的思考,推动他们对问题进行深入探讨,找出问题间的联系。同时,学生将提出合理的假设来激发思维,培养他们的主动探究能力和问题解决能力。

③在方案设计环节中,将分析创新与批判性反思相结合以产生智慧成果。在这个过程中,强调学生需要从多个领域进行创新设计并进行批判性思考,然后对方案进行调整和确定,目的是培养他们的批判性质疑、分析创新以及自我调控的思维能力。

④在探究实践环节中,激发学生的思维创新,促进他们从多学科的视角去思考、质疑,在探究、实验、创作等过程中积极发现问题并寻求创新解决方法,从而促进高阶思维能力的综合发展。

⑤在反思评估环节中,冷静地深思有助于思维的深度发展。多元的评价方式引导学生进行自我反省和调整,培育他们的批判质疑能力和意识调控能力。通过多种 PBL 成果展现形式对整个 PBL 过程进行总结展示,综合提升学生高阶思维能力。

在行动研究过程中,通过知识问卷和观察,发现在该框架指导下的活动能够有效提升学生对科学知识的掌握,并促进他们将所学知识应用于实践。学生们通过自主探究,积极发现问题、学习新知并解决问题,课堂氛围活跃,学生们全情投入到“做中学”的过程中。

此外,这一框架还显著提高了学生的学习兴趣 and 参与度。大多数学生对 PBL 表示喜爱,它不仅增强了科学课程的学习效果,还显著提升了学生的高阶思维能力。这表明,通过精心设计和实施 PBL 活动,能够激发学生的学习热情,培养他们的探究精神和创新能力,为他们的全面发展奠定坚实基础。此 PBL 活动框架的构建为其他教育工作者提供了宝贵的实践经验。

2. 研究的创新点

(1) 整合高阶思维能力培养与小学科学教育

本研究的创新之处在于将高阶思维能力的培养与小学科学教育过程紧密结合。传统教学往往侧重于知识的传授,而忽视了学生思维能力的培养。本研究通过 PBL 活动的形式,鼓励学生主动提出问题、设计方案解决问题、自我反思交流方案并整合探究过程完成相应的 PBL 成果,从而在实践中发展批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决、意识调控等高阶思维能力。这种教学模式将学生高阶思维能力的培养自然融入到日常小学科学教学中,以科学教育为切入点,全面培养了学生的综合能力,提高了教育的效率和有效性。

(2) 实现反思性教学与教学科研的动态循环

本研究的另一创新之处在于实现了反思性教学与教学科研的动态循环。在这

一过程中,教师与学生共同投身于教学活动的深入反思之中。通过周期性的访谈、讨论和反馈,双方共同发现教学实践中的亮点与待改进之处。这种反思性教学模式不仅助力教师调整和优化教学策略,改进 PBL 的设计,而且对学生思维能力的提升起到了积极的推动作用。

此外,本研究采纳了行动研究的方法,确保教学实践与教学科研的同步进行,实现了教学与研究的深度融合。这种融合为小学科学教育的持续改进提供了动力。通过这种动态循环机制,教学框架得以不断优化,学生的高阶思维能力得到显著提升,为学生的全面发展和教师自身未来的学术探索奠定了坚实的基础。

(二) 研究反思

因本人自身的理论知识不足,科研经验欠缺,加上一些客观条件的限制,所以在研究中还有诸多需完善之处。在研究过程中,主要是根据自己教学的现实情况安排研究活动,在实际操作中还存在着不足之处。首先,研究的样本量太少,如果能够增大样本量可以让研究具有更高的可信度。其次,可将本活动框架继续应用至不同的教学主题以验证其有效性,目前仅进行了三轮实践,案例支撑还不够饱满。另外,在进行 PBL 的教学过程中,可以再增加富有趣味性的探究性活动,让学生在提升高阶思维能力的同时,还能享受学习乐趣。最后,研究高阶思维能力的全面性不足,通过此项研究,可以通过《高阶思维力量表》结果从学生主观角度比较其高阶思维能力的发展变化,也可以通过主题知识问卷结果客观得到其知识掌握情况的提升,但是对于学生高阶思维能力的客观发展情况还需要进行更详细的研究。

(三) 研究展望

本研究的后续切入点可以从以下两方面展开:

第一,研究过程中数据的收集方面。本研究选取了小学四年级的五个班级作为实验群体,这为本研究提供了针对性的数据收集和策略调整的机会,确保活动设计和反思都基于该年龄段学生的理解和学习效果。然而,研究的局限性也在于其只针对本校小学四年级学生,可能限制了结论的普遍适用性。为了提高研究的说服力和广泛性,建议未来研究应扩展到不同年级、班级和学校的更广泛样本,以增强研究结果的代表性和适用性。

第二,高阶思维能力的评估方面。针对小学生高阶思维能力的评估方面,目前我国对该领域的研究相对有限,主要集中于理论探讨及实际操作层面,尚未形成一套完整的评测标准和方法。在本研究过程中,采用了从多个学科的高阶思维能力相关的量表来构建出适合的小学生高阶思维能力的测评工具,尽管它的可信性和有效性已经满足了我们的需求,但仍然存在一些不足之处。所以,未来针对小学生高阶思维能力的详细评估将会成为进一步深入研究的重要方向。

参考文献

一、中文文献

1. 专著

- [1] 安德森著. 学习、教学和评估的分类学——布鲁姆教育目标分类学[M]. 皮连生主译. 上海: 华东师范大学出版社, 2007: 3-4.
- [2] L. H. 克拉克, I. s. 斯塔尔. 中学教学法(下)[M]. 赵宝恒, 蔡俊年译. 北京: 人民教育出版社, 1985: 54-55.
- [3] 霍华德·加德纳著. 多元智能[M]. 沈致隆译. 北京: 新华出版社, 2023: 8-29.
- [4] 威廉·赫德·克伯屈著. 教学方法原理——教育漫谈[M]. 王建新译. 北京: 人民教育出版社, 1991: 58.
- [5] 夏雪梅. 项目式学习设计: 学习素养视角下的国际与本土实践[M]. 北京: 北京教育科学出版社, 2018: 2-16.
- [6] 巴克教育研究所著. 项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法(第 2 版)[M]. 任伟译. 北京: 教育科学出版社, 2008: 4-5, 45-48.
- [7] 罗伯特·M·卡普拉罗, 玛丽·玛格丽特·卡普拉罗, 詹姆斯·R·摩根著. 基于项目的 STEM 学习[M]. 王雪华, 屈梅, 赵中建译. 上海: 上海科技教育出版社, 2016: 13.
- [8] Gary D. Borich, Martin L. Tombari. 中小学教育评价[M]. 国家基础教育课程改革“促进教师发展与学生成长的评价研究”项目组译. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 156-159.
- [9] 约翰·拉尔默, 约翰·梅根多勒, 苏西·博思著. PBL 项目学习黄金标准: 精准教学新方法[M]. 胡静, 张昱华, 彭红玲译. 北京: 光明日报出版社, 2019: 3.

2. 期刊文章

- [1] 赵永生, 刘磊, 赵春梅. 高阶思维能力与项目式学习[J]. 高等工程教育研究, 2019, (06): 146.
- [2] 钟志贤. 促进学习者高阶思维发展的教学设计假设[J]. 电化教育研究, 2004, 25(12): 21.
- [3] 解月光, 袁文铮. 中小学学科课堂教学中如何培养学生的高阶思维[J]. 中国信息技术教育, 2017, 16(22): 6.
- [4] 张浩, 吴秀娟, 王静. 深度学习的目标与评价体系构建[J]. 中国电化教育, 2014, 35(07): 51-55.
- [5] 雷韬. 高中思想政治课堂培养高阶思维能力探析[J]. 华夏教师, 2020, 9(07): 47-48.
- [6] 李俊永, 许光曙, 王长江. 创设物理问题情境发展高阶思维能力[J]. 物理教师, 2021,

- 42(11): 31-36.
- [7] 任华交. 新课程理念下培养学生高阶思维能力的实践研究[J]. 中国教育学刊, 2020, 41(S1): 64-65.
- [8] 万昆, 饶宸瑞, 徐如梦. 国际教育领域学习投入度研究的焦点与转向[J]. 现代教育技术, 2021, 31(04): 37.
- [9] 马淑凤, 杨向东. 什么才是高阶思维? ——以“新旧知识关系建立”为核心的高阶思维概念框架[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2022, 40(11): 65.
- [10] 刘育东. 国外项目学习的历史沿革及发展趋势[J]. 教育理论与实践, 2019, 39(19): 60.
- [11] 王文静. 情境认知与学习理论研究述评[J]. 全球教育展望, 2022, 31(01): 51.
- [12] 李莉. PBL 教学法研究述评[J]. 甘肃科学, 2021, 37(01): 71-73.
- [13] 王爽. 初中数学项目热的冷思考[J]. 科技风, 2024, 37(06): 59.
- [14] 杨莉萍, 韩光. 基于项目式模式的大学英语学术写作教学实证研究[J]. 外语界, 2012, 32(05): 8-16.
- [15] 陈亚鹏. 项目教学法内涵、理论与问题探讨[J]. 吉林农业科技学院学报, 2014, 23(04): 84-87.
- [16] 杨其勇. 小学 STEM 项目式的教师指导策略[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科版), 2019, 32(05): 54-59.
- [17] 朱启跑. 项目式融于小学科学课堂教学的策略分析[J]. 科幻画报, 2019, 17(01): 174-176.
- [18] 张慧莹. 基于 PBL 的小学科学教学模式构建与实践[J]. 教育界, 2021, 13(43): 15.
- [19] 拾零. 浅谈高阶思维能力在小学科学教学中的培养[J]. 新智慧, 2023, (19): 127.
- [20] 钱秉阳, 曾焕, 王欣昀. 小学科学课堂高阶思维培养存在的问题及对策分析[J]. 读写算, 2022, (19): 26.
- [21] 王滢, 刘文涛. 项目式学习为载体的数学高阶思维培养——以一节“三角函数复习课”教学为例[J]. 西藏教育, 2024, 41(05): 29-32.
- [22] 彭小立. 如何通过项目式学习培育学生的高阶思维能力[J]. 天津教育, 2023, 73(28): 82-83.
- [23] 盛维林, 徐文锋. 思维导图: 优化高等数学教学的有效途径[J]. 科学咨询·教育科研, 2020, 21(07): 42.
- [24] 刘景福, 钟志贤. 基于项目的学习(PBL)模式研究[J]. 外国教育研究, 2002, 29(11): 18.
- [25] 夏惠贤. 多元智力理论与项目学习[J]. 全球教育展望, 2002, 31(09): 21.
- [26] 杨玉芹. 反思性评价在协同知识创新能力培养中的应用研究[J]. 中国电化教育, 2019, 40(01): 42-49.
- [27] 杨翊, 赵婷婷. 中国大学生高阶思维能力测试蓝图的构建[J]. 清华大学教育研究, 2018, 39(05): 61.
- [28] 吴荣燕. 突出问题解决发展高阶思维[J]. 中学数学, 2023, 45(21): 13-15.

- [29] 周雯晨,杜萍. 2022 新课标下教育融入小学科学的路径探析[J]. 基础教育研究, 2022, 35(21): 99.
- [30] 李艳丽, 赵荣宪, 冯国杰. 美国高等工程教育的特点及其启示[J]. 广西教育, 2009, 56(05): 25.
- [31] 高瑞利, 孔维宏. 网络环境下基于问题的学习[J]. 中国电化教育, 2004, 25(08): 28.
- [32] 冯阿芳. PBL 在编译原理课程教学中的应用研究[J]. 哈尔滨职业技术学院学报, 2008, 19(04): 94.
- [33] 李阳. 如何培养具有高阶思维的创新人才[J]. 华夏教师, 2022, 11(22): 33-34.
- [34] 蔡珍瑞. 例谈指向高阶思维能力的高中英语阅读文本处理阶段的问题链设计[J]. 英语教师, 2020, 20(17): 147-150.
- [35] 李英莲. 初中物理教学中高阶思维能力的培养策略[J]. 试题与研究, 2024, 37(03): 168-170.
- [36] 彭景惠. 项目式的应用密码学课程 OMO 混合式教学探索[J]. 计算机教育, 2023, 21(11): 146.
- [37] 谢建, 周涵婕, 褚丹. 指向高阶思维培养的 PBL 学习活动模型设计研究[J]. 黑河学院学报, 2024, 15(08): 91.
- [38] 肖莉. 深度学习视域下高中地理项目式学习策略[J]. 中学课程辅导, 2024, 14(18): 79.
- [39] 谢细笑. 小学数学与信息技术深度融合的项目式学习分析[J]. 读写算, 2024, 40(21): 96.
- [40] 李靖. 项目式学习在初中语文教学中的策略研究[J]. 中学课程辅导, 2024, 41(18): 48-50.
- [41] 曹雯婷. 小学科学课项目式学习设计的一般流程与实践[J]. 现代教学, 2024, 26(05): 64.

3. 学位论文

- [1] 周玉珍. 基于项目式教学培养中职学生高阶思维能力的研究与实践——以《图形图像处理技术》课程为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2022.
- [2] 刘红梅. 项目教学模式在中职计算机应用基础课中的应用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2012.
- [3] 华蕾. 高中物理教学中培养学生高阶思维能力的实践研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2010.
- [4] 汪茂华. 高阶思维能力评价研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- [5] 李金阳. 指向高阶思维能力提升的初中议论文教学研究[D]. 牡丹江: 牡丹江师范学院, 2024.
- [6] 艾礼岗. 基于高阶思维能力培养的高中英语阅读课堂提问策略研究[D]. 汉中: 陕西理工大学, 2021.
- [7] 零兰清. 核心素养视角下高中历史高阶思维能力培养研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2021.
- [8] 于俊杰. 基于高阶思维能力培养的高中数学教学策略研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2021.
- [9] 吕雪晴. 高阶思维能力培养取向的高中生物学项目学习实践研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2021.

- [10] 周超. 数学高层次思维的界定及评价研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2003.
- [11] 邓泓. 高中物理教学中高阶思维能力的培养探究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- [12] 赵伟聪. 高中地理教学中高阶思维能力的培养策略[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2020.
- [13] 马玲. 高一学生化学高阶思维能力现状及培养对策研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2018.
- [14] 周丽萍. 地理核心素养培养视域下的项目式学习研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2020: 3.
- [15] 胡雪涵. 基于项目式的小学 STEM 课程开发研究[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [16] 程里会. 小学高段数学文化项目式的教学策略研究[D]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [17] 李倩. 基于翻转课堂的项目教学在高职课程中的应用研究——以《网页设计与制作》为例[D]. 河南: 河南师范大学, 2015.
- [18] 白茹. 项目教学优化农村小学科学教学活动的设计与应用研究[D]. 甘肃: 西北师范大学, 2018.
- [19] 刘晓卉. 基于项目式学习的小学科学教学设计与实践研究[D]. 广西: 广西师范大学, 2020.
- [20] 张颖. STEAM 理念下的小学科学课项目式学习研究[D]. 漳州: 闽南师范大学, 2019.
- [21] 李扬. STEM 教育视野下的科学课程构建[D]. 金华: 浙江师范大学, 2014.
- [22] 杨羚. 项目式学习在小学科学单元整体教学中的应用研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2023.
- [23] 张楚玥. 基于 Arduino 的小学“智慧种植”项目式学习活动实践探究[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.
- [24] 丁爽. VR 环境下小学科学项目式学习模式的设计与实践研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2022.
- [25] 胡伟玉. 基于项目式学习的高中生化学高阶思维培养实践研究[D]. 南宁: 南宁师范大学, 2023.
- [26] 党利娟. 初中英语读后活动观察研究——以“一师一优课、一课一名师”部级优课为例[D]. 云南: 云南师范大学, 2020.
- [27] 姜玉莲. 技术丰富课堂环境下高阶思维发展模型建构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2017.
- [28] 首新. 小学生的科学高阶思维[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [29] 姜玉莲. 技术丰富课堂环境下高阶思维发展模型建构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2017.
- [30] 邓泓. 高中物理教学中高阶思维能力的培养探究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- [31] 首新. 小学生的科学高阶思维[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [32] 赵欣. 小学语文阅读教学中高阶思维能力的培养研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2023.
- [33] 王莉妍. 基于项目式学习的小学低年级识字教学研究[D]. 广州: 广州大学, 2016.
- [34] 张飞. 小学生项目式创客教学模式的行动研究[D]. 烟台: 鲁东大学, 2018.
- [35] 赵晓林. PBL 教学法在小学科学教学中的应用研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2020.
- [36] 李慧敏. 指向小学生科学高阶思维培养的 STEAM 活动设计与应用研究[D]. 南充: 西华师范大学, 2021.

4. 标准

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 4, 118-120.

5. 报纸文章

- [1] 鲁子问. 课堂: 英语核心素养植根的沃土[N]. 中国教育报, 2016-11-16(12).

6. 电子文献

- [1] 国务院教育督导委员会办公室. 国务院教育督导委员会办公室关于印发《国家义务教育质量监测方案》的通知[EB/OL]. https://www.kmsx.com.cn/news_show.aspx?id=547, 2015-04-15.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《国家义务教育质量监测方案(2021年修订版)》的通知[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A11/moe_1789/202109/t20210926_567095.html, 2021-09-24.

二、外文文献

1. 专著

- [1] Boss S, Larmer J. Project based teaching: How to create rigorous and engaging learning experiences[M]. City and County of Denver: ASCD, 2018: 58-59.
- [2] Cunningham, D. J. Assessing Constructions and Construction Assessments: A Dialogue. Hillsdale[M]. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1992: 134.
- [3] Jones: B. F. Rasmussen. C. M. Moffitt, M. C. , Real life problem solving: a collaborative approach to interdisciplinary learning[M]. Washington DC: American Psychological Association, 1997: 3.
- [4] Phillips, Denis Charles, ed. Encyclopedia of educational theory and philosophy[M]. New York: Sage Publications, 2014: 665-669.
- [5] Sternberg R J. Thinking styles [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 22.
- [6] Waltz CF, Strickland OL, Lenz ER. Measurement in nursing and health research[M]. 3rd ed. New York: Springer, 2005: 157.

2. 期刊文章

- [1] Amaral, O. M, Garrison L. Missing the forest for the trees[J]. Journal of Science Education and Technology, 2019, 27(16): 160.
- [2] Barak M. , Yuan S. , A cultural perspective to project-based learning and the cultivation of innovative thinking[J]. Thinking Skills and Creativity, 2021, 16(39): 100766.
- [3] Chen P, Mcgrath D. Visualize. Visualize: Designing Projects for Higher-Order Thinking[J]. Learning & Leading with Technology, 2005, 32(04): 54-57.
- [4] Edy Suprpto, Fahrizal Fahrizal, Priyono Priyono, Basri K. The Application of Problem-Based

- Learning Strategy to Increase High Order Thinking Skills of Senior Vocational School Students[J]. International Education Studies, 2017, 10(06): 124.
- [5] Garcia-Varcalcel Munoz-Repiso A, Basilotta Gomez-Pablos V. Project based learning (PBL): Assessment from the Perspective of Primary Level Students[J]. RIE, 2017, 35(01): 113-131.
- [6] Goldstein O. A project-based learning approach to teaching physics for pre-service elementary school teacher education students[J]. Cogent Education, 2016, 3(01): 1200833.
- [7] Harmer N A, Stokes A. The benefits and challenges of project-based learning: A review of the literature[J]. PedRIO, 2014, 10(02): 6.
- [8] Jaime A, Blanco J M, Domínguez C, et al. Spiral and project-based learning with peer assessment in a computer science project management course[J]. Journal of Science Education and Technology, 2016, 25(03): 439-449.
- [9] Kizlik B. Instructional methods information[J]. Adprima, 2012: 91-92.
- [10] Markham: T. , Project Based Learning[J]. Teacher Librarian, 2011, 39(02): 38-42.
- [11] Presseisen B Z. Thinking Skills Throughout the Curriculum: A Conceptual Design[J]. Educational Practices, 1985, 15(01): 3-57.
- [12] Shin N, Bowers J, Krajcik J, et al. Promoting computational thinking through project-based learning[J]. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 2021, 3(03): 1-15.
- [13] Stanley D. Ivie. Ausubel's learning theory: an approach to teaching higher order thinking skills[J]. The High School Journal, 1998, 82(01): 40.
- [14] Thomas J W. Project-based learning: A review of the literature[J]. Improving schools, 2016, 19(03): 267.
- [15] Toolin R E. Striking a balance between innovation and standards: A study of teachers implementing project-based approaches to teaching science[J]. Journal of Science Education and Technology, 2004, 13(13): 179-187.
- [16] Turner E T. Meeting Learners' Needs through Project-Based Learning[J]. International Journal of Adult Vocational Education & Technology, 2012, 3(04): 24-34.

3. 报告

- [1] Louisiana Teacher Assistance and Assessment Program. What is HOT? Higher Order Thinking [R]. May 1996, Revised July 1998, 1999, 2000.

附 录

附录一：小学生高阶思维力量表（前后测问卷）

亲爱的同学：

你好！这是关于小学生高阶思维能力的调查问卷。这份调查问卷的目的是想了解你目前的科学学习、思维能力情况，帮助你在今后的科学课中更好地提升高阶思维能力。

问卷的选项没有对错之分，采用不记名的方式，不会对你个人做任何鉴定和评分，仅用于教学研究。请仔细阅读下面的题目，回想你的真实情况，在最能代表你真实想法的一项下打“√”！谢谢大家！

班级_____ 年龄_____ 性别_____

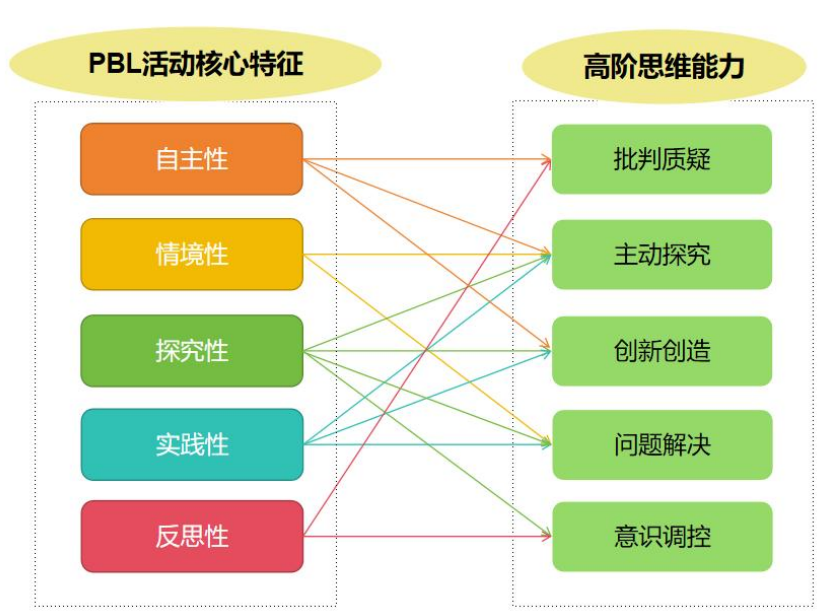
序号	题目	十分不同意	不同意	部分同意	同意	十分同意
1	当我与大家意见不一致时，我能清晰地表达自己的观点。					
2	我认为科学中的任何观点都要有依据。					
3	我认为在提出反对意见时需要有充分的理由。					
4	我经常思考、评估同学说的话。					
5	我常常对科学现象产生的原因进行思考。					
6	我十分愿意通过实验操作来验证生活中的很多科学现象。					
7	我能够对科学探究的原理、过程及结论进行完整地表达。					

序号	题目	十分不同意	不同意	部分同意	同意	十分同意
8	我具有独立完成科学实验的能力。					
9	我认为应当自主地将问题进行细化和分析。					
10	我常常以一种打破常规的眼光和角度看待问题。					
11	我倾向于提出一些他人未曾考虑的问题。					
12	我热衷于构想一些科学事件的可能性。					
13	我常常萌生一些新颖的想法，哪怕它们看似不切实际。					
14	在执行任务时，我总会思考是否有更具创造性和个性化的方法。					
15	我总是渴望创造出一些在日常生活中不常见的物品。					
16	在处理问题前，应当分析问题的类型。					
17	在处理问题前，应当会分析问题的解决方法 and 流程。					
18	我认为需要找出处理问题的主要因素。					
19	我倾向于收集证据来帮助处理问题。					
20	我认为需要对比、分析不同的处理问题方式所带来的结果。					
21	我定期进行自我反省，以评估我是否实现了既定目标。					
22	我会参考个人或他人的评价和反馈，适时调整自己的行动策略。					
23	面对不确定性，我会提出问题并积极寻求证据来支持或反驳。					
24	当面临多项任务时，我会根据它们的优先级来决定处理的顺序。					
25	我会根据现实情况灵活调整我的计划和行动方案。					

附录二：小学科学 PBL 活动培养学生高阶思维能力路径专家问卷

尊敬的专家，您好！首先，非常感谢您能抽出您宝贵的时间填写这份问卷！我是一名在读研究生，我们正在做一个关于小学科学 PBL 活动培养学生高阶思维能力的研究，您作为本研究领域的专家，很想听听您的意见，您的个人回答我们仅用于本研究使用，我们也将严格保密，非常感谢您的支持！

本研究认为小学科学 PBL 活动的核心由自主性、情境性、探究性、实践性、反思性等构成，小学生的高阶思维能力的核心主要由批判质疑、主动探究、创新创造、问题解决以及意识调控等能力构成。本研究认为，小学科学 PBL 活动培养学生高阶思维能力的路径如下图所示：



根据上图形成了以下题目，其中选项中 1 代表二者不相关、2 代表二者弱相关、3 代表二者较强相关、4 代表二者非常相关，请您在以下题目中选出您认为最合适的选项：

1. 您认为 PBL 活动的自主性能够培养高阶思维能力中的批判质疑能力吗？

A.1 B.2 C.3 D.4

2. 您认为 PBL 活动的自主性能够培养高阶思维能力中的主动探究能力吗？

A.1 B.2 C.3 D.4

3. 您认为 PBL 活动的自主性能够培养高阶思维能力中的创新创造能力吗？

A.1 B.2 C.3 D.4

4. 您认为 PBL 活动的情境性能够培养高阶思维能力中的主动探究能力吗？

A.1 B.2 C.3 D.4

- 5.您认为 PBL 活动的情境性能够培养高阶思维能力中的问题解决能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 6.您认为 PBL 活动的探究性能够培养高阶思维能力中的主动探究能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 7.您认为 PBL 活动的探究性能够培养高阶思维能力中的创新创造能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 8.您认为 PBL 活动的探究性能够培养高阶思维能力中的问题解决能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 9.您认为 PBL 活动的探究性能够培养高阶思维能力中的意识调控能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 10.您认为 PBL 活动的实践性能够培养高阶思维能力中的主动探究能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 11.您认为 PBL 活动的实践性能够培养高阶思维能力中的创新创造能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 12.您认为 PBL 活动的实践性能够培养高阶思维能力中的问题解决能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 13.您认为 PBL 活动的反思性能够培养高阶思维能力中的批判质疑能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4
- 14.您认为 PBL 活动的反思性能够培养高阶思维能力中的意识调控能力吗?
A.1 B.2 C.3 D.4

附录三：《乐器实验室》PBL 活动手册

午后的校园里常常听到有同学会拍打大小不同的各种物品，高低强弱不同的声音在校园上空飘荡着，好像在演奏一场别具一格的音乐会。“创意演奏会”就在这样的校园氛围下产生了。我们能不能自己设计制作乐器，编奏乐曲，组建乐队，创造一场特别的校园音乐会呢？

让我们一起行动起来吧——自制乐器！

第一阶段 明确问题

Step1: 孩子们，想要制作乐器，我们需要解决哪些问题呢？开启头脑风暴模式，把他们记录下来吧！

问题风暴墙

Q1:

Q2:

Q3:

Q4:

Q5:

Q6:

Q7:

Step2: 通过对问题的整理，请小组讨论确定你们最想研究的问题作为关键问题，并把问题分解为几个小问题。

The diagram illustrates the process of breaking down a key question into sub-questions. It consists of two main rounded rectangular boxes connected by a yellow arrow pointing from left to right.

The left box is titled "确定关键问题为：" (Determine the key question as:). It is empty, intended for the user to write their key question.

The right box is titled "分解成以下子问题：" (Break down into the following sub-questions:). It contains four dashed rectangular boxes, each preceded by a label: "Q1:", "Q2:", "Q3:", and "Q4:". These are intended for the user to write their sub-questions.

第二阶段 方案设计

Step1: 想要制作乐器肯定要先了解乐器发声的原理，请利用你喜欢的方式，小组共同搜集资料，完成下表。

乐器研究记录表

乐器名称	乐器简图	发声方式	如何声音的强弱	如何声音的强弱
我们的发现				

Step2: 了解了乐器的发声原理后你们想设计什么样的乐器呢？请和的小伙伴们讨论，选择身边的材料，完成作品的设计方案（包括设计图、材料、制作步骤等）。

乐器制作设计方案初稿：

Step3: 听了所有小组的设计方案，对你们小组的方案有哪些启发呢？请进一步修改方案（包括设计图、材料、制作步骤等）。

乐器制作设计方案终稿：

第三阶段 实践制作

Step1: 在实施制作之前，我们首先要明确所有制作材料，为了保证材料准备到位，请小组讨论，完成下表（类似作用的材料可写在一行中）。

乐器制作材料准备列表

材料名称	作用	负责人

Step2: 在实施制作当中，你们遇到了哪些问题，又是如何解决的呢？请仔细记录哦！

遇到的问题	解决问题的途径	解决问题的方案

第四阶段 反思提升

Step1: 各小组介绍自己的设计。其他小组倾听后，对该小组的汇报与设计图进行评价，并且找出不足、提出建议，共同探讨改进方案。选择最有感而发的三组进行评价哦！

乐器制作评价表						
评价对象	第 组		第 组		第 组	
评价内容	评价结果	我们的建议	评价结果	我们的建议	评价结果	我们的建议
造型美观，制作工艺规整。	☆☆☆		☆☆☆		☆☆☆	
音准规范，能够顺利演奏简单乐曲。	☆☆☆		☆☆☆		☆☆☆	
操作便利，演奏过程不易出现失误。	☆☆☆		☆☆☆		☆☆☆	
选材合理，成本可接受。	☆☆☆		☆☆☆		☆☆☆	
总体评价	☆☆☆		☆☆☆		☆☆☆	
对本小组的启示：						

第五阶段 项目评价会

恭喜你，顺利完成了本次项目学习，请每位同学对自己的活动参与过程进行评价，记得也邀请一名同伴对你进行评价哦。

评价对象：

评价内容	自评	组员评	师评
能积极思考	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能把自己的问题表达清楚	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
会使用书籍或者运用网络检索资料	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
很乐意和组内成员交流想法	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能主动探索，积极动手	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

评价对象：

评价内容	自评	组员评	师评
能积极思考	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能把自己的问题表达清楚	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
会使用书籍或者运用网络检索资料	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
很乐意和组内成员交流想法	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能主动探索，积极动手	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

评价对象：

评价内容	自评	组员评	师评
能积极思考	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能把自己的问题表达清楚	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
会使用书籍或者运用网络检索资料	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
很乐意和组内成员交流想法	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能主动探索，积极动手	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

评价对象：

评价内容	自评	组员评	师评
能积极思考	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能把自己的问题表达清楚	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
会使用书籍或者运用网络检索资料	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
很乐意和组内成员交流想法	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能主动探索，积极动手	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

附录四：《乐器实验室》作品评价表

评价指标	描述	量化方法	评分 (1-5)
设计思路	评价学生在乐器设计过程中展现的思考过程和概念发展。	通过学生的设计文档、草图、模型和口头表述来评估其设计思路的深度和连贯性。	
分享表达	评价学生在分享和表达自己想法、设计方案时的清晰度和有效性。	根据学生在小组讨论、演讲和书面报告中的表达能力进行评分。	
创新性	评价学生在乐器设计中展现的新颖性和原创性。	依据设计的独特元素、创意解决方案和对传统概念的突破程度来评分。	
完成度	评价学生乐器制作的完成情况，包括所有预定任务的完成情况。	根据项目完成的百分比、细节处理和最终产品的完整性进行评分。	
实用性	评价乐器的功能性和实际使用价值。	依据乐器的实际演奏效果、操作便利性和用户反馈来评分。	
美观性	评价乐器外观设计的吸引力和审美价值。	根据设计的视觉吸引力、色彩搭配、形态美感和创意元素进行评分。	

附录五：《乐器实验室》主题知识问卷

选择题：（每题 1 分，共 10 分）

1. 声音是由物体的什么产生的？

A. 振动 B. 摩擦 C. 压力 D. 温度

2. 乐器发出的声音主要是通过什么方式传播的？

A. 空气 B. 水 C. 固体 D. 真空

3. 以下哪个因素会影响乐器的音量？

A. 乐器的大小 B. 演奏者的力量 C. 乐器的材料 D. 所有以上因素

4. 哪种类型的乐器是通过弦的振动来发声的？

A. 打击乐器 B. 管乐器 C. 弦乐器 D. 电子乐器

5. 以下哪个不是制作乐器的常用材料？

A. 木头 B. 金属 C. 塑料 D. 液体

6. 在制作乐器时，以下哪个步骤不是必需的？

A. 设计草图 B. 选择材料 C. 随机组装 D. 测试和调整

7. 科学探究中，以下哪个环节是首先进行的？

A. 收集数据 B. 做出假设 C. 提出问题 D. 分析结果

8. 以下哪个选项不是科学方法的一部分？

A. 观察 B. 实验 C. 猜测 D. 结论

9. 以下哪个不是评估乐器设计好坏的标准？

A. 创意性 B. 可行性 C. 复杂性 D. 实用性

10. 以下哪些因素可以增加乐器的音质？

A. 合适的材料 B. 精细的工艺 C. 正确的调音 D. 所有以上因素

附录六：《光影魔术师》PBL 活动手册

学校一年一度的活动——“野营派对”就要开始啦，大家可以准备自己的帐篷在会场上度过快乐的一夜。为了丰富晚间的生活，特邀请同学们参加投影灯的制作，期待各位灯光设计师的表现哦！

第一阶段 组建团队

Step1: 请认真阅读角色分工资料卡，组内讨论后填写角色分工表格。

在项目式学习中，通常需要团队成员各司其职，以确保项目的高效和成功。以下是一个PBL团队中设定的8个组内分工角色：

角色分工介绍表

角色分工	职责	技能
项目组长	负责整体规划和协调，确保项目按时进展，并作出关键决策	领导能力、决策能力、沟通能力
创意总监	负责项目的创意构思和设计，推动项目的视觉和概念发展	创造力、审美能力、绘画能力
研究专家	负责所有研究工作，包括资料收集、信息整理和知识分享	研究能力、信息整合、知识分享
技术专家	负责项目中所需的试验操作支持	技术操作、问题解决、创新应用
记录秘书	负责记录会议内容、项目进展和团队讨论，确保所有重要信息被记录和存档	记录能力、组织能力、细心
质量监督	负责监督项目的质量和进度，确保成果符合预期标准	质量控制、细节关注、标准制定
沟通协调员	负责团队内部和外部的沟通协调，包括与教师、家长和其他团队的联络	沟通能力、协调能力、人际关系
财务管理者	负责项目预算的制定和控制，确保资金的合理使用	财务管理、预算控制、成本意识

小组角色设定表

第一角色	主要职责	成员姓名	特长/爱好	希望发展的技能	第二角色

Step2: 通过对问题的整理，请小组讨论确定你们最想研究的问题作为关键问题。

问题风暴墙

Q1:

Q2:

Q3:

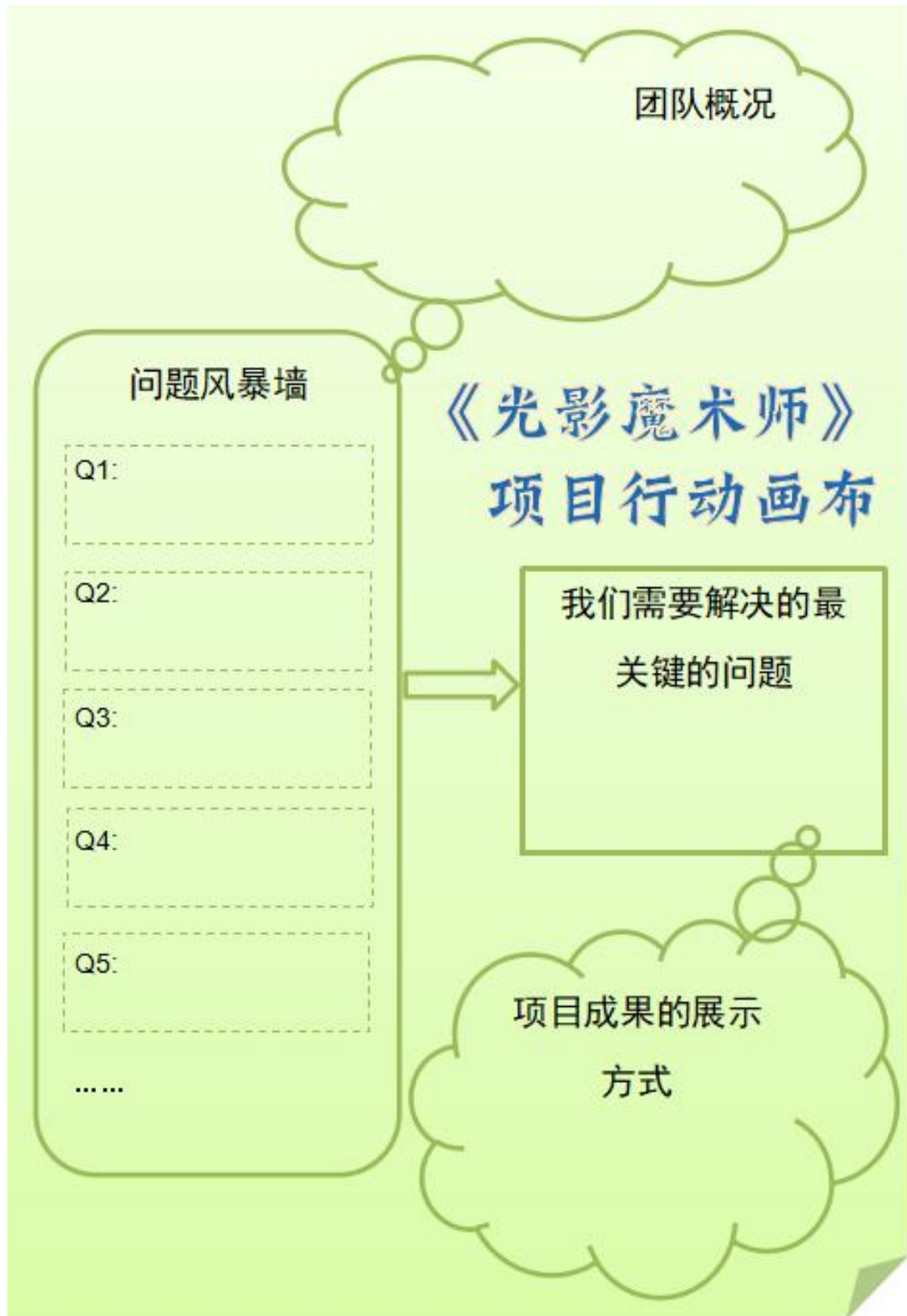
Q4:

Q5:

→

我们需要解决的最关键问题:

Step3: 请小组合作完成项目行动画布，画布中主要包含以下3个要素：本项目要解决的核心问题、团队概况、项目成果及展示方式。以下模板仅供参考，画布也可以自行设计，另附纸或照片于项目报告中。



第二阶段 方案设计

Step1: 想要设计并制作投影灯，首先要了解它的原理，下面这段资料可能会帮助到你们哦！

资料阅读：“手影戏”演员在屏障后边用手的组合表演各种人物、动物的造型，用十指灵动，演艺天上飞、地上跑、水里游的动物，惟妙惟肖，令人惊叹。手影戏不要复杂设备，只要一烛或一灯，甚至一轮明月，就可以展开巧思，通过手势的变化，创造出种种物的形象。产生影子需要三个条件：光源、遮挡物和屏，手影戏形成的原理就是光的直线传播，光遇到手时被遮挡，于是在墙上形成影子。

写一写：投影灯为什么能在墙面上投影出图案？

Step2: 真实的投影灯是否跟你想得一样呢？接下来让我们庖丁解牛，探究投影灯的结构及原理。把你的发现记录下来哦。

A.观察投影灯的外观及投影效果，你有什么发现？

B.拆解玩具投影灯，观察内部结构，你还有哪些发现？

C.一个优秀的投影灯产品，应该符合哪些评价标准？

Step2: 了解了投影灯的制作原理后你们想设计什么样的乐器呢？请和的小伙伴们讨论，选择身边的材料，完成作品的设计方案（包括设计图、材料、制作步骤等）。

投影灯制作设计方案初稿：

Step3: 你觉得本次项目应该从哪些角度来评价会有助于我们的完成呢？请小组讨论将以下评价表补充完整，并挑选一组进行评价。

《光影魔术师》项目产品评价表				
评价对象：第_____小组				
评价要素	1分	2分	3分	得分
设计方案	缺少图画设计及文字			
牢固性				
对本组产品的启示：				总分

Step4: 听了所有小组的设计方案，对你们小组的方案有哪些启发呢？请进一步修改方案（包括设计图、材料、制作步骤等）。

乐器制作设计方案终稿：

第三阶段 实施制作

Step1: 你们的设计方案中需要哪些材料，请讨论后决定，完成下表。

材料名称	作用	负责人

Step2: 在接下来的实际制作的过程中，你们肯定发现了一些意料之外的问题，并想办法解决了它们形成了最终的设计方案。请把这些宝贵的经历记录下来吧！

存在的问题	解决问题的途径	解决问题的方案

第四阶段 产品评价

Step1: 认真倾听其他小组产品的发布，选择 1 个小组的产品进行评价。

评价对象：第_____小组

评价要素	1 分	2 分	3 分	得分
设计方案	缺少图画设计及文字	有图画及文字说明，但不清晰或文字说明词不达意，无法准确理解，缺少正确关键的指示	有图画及文字说明，且文字条理清晰，图画工整，每种材料的配置合理	
牢固性	产品不稳定，不方便移动	产品稳定，但不方便移动；	产品稳定，且方便移动	
美观性	结构欠佳，布局不协调，制作粗糙	结构合理，外形较为美观	结构合理，外形美观，富有创意	
投影效果	不清晰，图案不美观	较为清晰，图案较美观	清晰明亮，图案美观	
可操作性	难以操作或找不到开关	操作较为方便	结构简单，操作十分方便	
产品介绍	讲解员仅简单阐述产品，语言组织不清晰	讲解员逻辑比较清晰，语言比较流畅	讲解员逻辑清晰，语言流畅	
应对质疑的回复	无法解决质疑的问题	基本解决质疑的问题，但缺少可行性或操作性	解决质疑的问题，且提出可行性的方案及观点	
对本组产品的启示：			总分	

Step2: 对本组的产品进行评价。

评价要素	1 分	2 分	3 分	得分
设计方案	缺少图画设计及文字	有图画及文字说明, 但不清晰或文字说明词不达意, 无法准确理解, 缺少正确关键的指示	有图画及文字说明, 且文字条理清晰, 图画工整, 每种材料的配置合理	
是否符合初始需求	不能满足既定的设计用途	基本满足既定的设计需求	完全满足既定的设计需求	
产品性能	制作粗糙, 投影效果不清晰, 操作不简便	制作完整, 投影效果比较清晰, 操作比较简单	结构合理, 外形美观, 富有创意, 投影效果清晰, 操作简便	
产品介绍	讲解员仅简单阐述产品, 语言组织不清晰	讲解员逻辑比较清晰, 语言比较流畅	讲解员逻辑清晰, 语言流畅	
应对质疑的回复	无法解决质疑的问题	基本解决质疑的问题, 但缺少可行性或操作性	解决质疑的问题, 且提出可行性的方案及观点	
组内分工	简单分工, 完成部分任务	分工明确, 合作完成各项任务	分工明确, 配合讲解员完成项目展示	
进一步修改的方案:			总分	

第四阶段 总结提升

孩子们，恭喜你们通过努力不仅发现投影灯制作中可能出现的问题，并寻求各种支持解决了问题，最终制作完成了投影灯作品。在这个过程中，相信你们肯定有了不少收获，可以邀请你的小伙伴和父母，对你参与的活动进行评价，看看自己取得了哪些进步，我们一起来评一评吧！

活动过程	1分	3分	5分	自评	他人评	师评
任务驱动	无法说出制作投影灯需要解决的问题，不理解投影灯的结构，不清楚投影灯的光影原理。	能说明制作投影灯需要解决的问题，但不理解投影灯的结构或说明投影灯的光影原理。	能说明制作投影灯需要解决的问题，说出投影灯的结构，说明投影灯的光影原理。			
设计及选材	对实验设计并无兴趣，毫无想法	在实验设计中能倾听他人想法，但不能说出自己的设想	在实验设计中能认真倾听他人想法，大胆提出自己的设想			
	无法以画图或文字的形式呈现设计思路	清楚实验的设想，能简单描述投影灯模型	根据设想，能通过图文的形式清晰呈现模型			
	无法评价同伴的作品，无法反思自己的作品	能评价同伴的作品，并说明自己作品的优劣，但无法提出优化措施	能根据评价反馈说明模型的优劣，并改进优化模型。			
动手制作	不制定流程，直接开始实验	制定流程，但顺序不合理，或者没有按照流程完成	能制定合理的流程，能按照流程完成制作投影灯			
	制作过程中，组员不清楚自己的职责，无所事事	制作过程中，小组有分工，但任务不明确，或分工不合理	制作过程中，小组成员明确分工，清楚各自的工作范畴和责任，高效率完成对应任务			

附录七：《光影魔术师》作品评价表

评价指标	描述	量化方法	评分 (1-5)
设计思路	评价学生在设计投影灯时的思考过程，包括概念形成、设计逻辑性和创意起源。	通过设计文档、草图、模型和口头表述评估设计思路的深度、连贯性和原创性。	
分享表达	评价学生在分享和表达自己设计思路时的清晰度、条理性和有效性。	根据学生在小组讨论、演讲和书面报告中的表达能力进行评分，注意语言流畅性和信息准确性。	
创新性	评价学生在投影灯设计中的新颖性和独创性，包括材料使用、功能设计和问题解决的新方法。	依据设计的独特元素、创意解决方案和对传统概念的突破程度来评分。	
完成度	评价学生完成投影灯的制作程度，包括是否实现了设计目标和功能要求。	根据项目完成的百分比、细节处理和最终产品的完整性进行评分。	
实用性	评价投影灯的功能性和实际应用价值，考虑用户操作的便利性和效果的实用性。	依据乐器的实际使用效果、操作便利性和用户反馈来评分。	
美观性	评价投影灯外观设计的吸引力和审美价值，包括色彩搭配、形态设计和视觉冲击力。	根据设计的视觉吸引力、创意元素的融合和整体美观度进行评分。	

附录八：《光影魔术师》主题知识问卷

选择题：（每题 1 分，共 10 分）

1. 光源的作用是什么？
A. 产生热量 B. 产生影子 C. 产生光线 D. 产生声音
2. 在制作投影灯时，以下哪个因素对投影效果影响最大？
A. 投影灯的颜色 B. 投影灯的形状 C. 投影灯的光源亮度 D. 投影灯的重量
3. 电路中的开关主要起什么作用？
A. 增加电流 B. 减少电压 C. 控制电路的通断 D. 储存能量
4. 以下哪种材料不适合用来制作投影灯的镜头？
A. 透明塑料 B. 磨砂玻璃 C. 彩色亚克力 D. 透明硅胶
5. 在设计投影灯时，我们应该首先考虑什么？
A. 设计的外观 B. 投影的亮度 C. 投影的尺寸 D. 投影灯的重量
6. 以下哪个不是制作投影灯所需的工具？
A. 电烙铁 B. 螺丝刀 C. 量角器 D. 锤子
7. 在电路连接中，LED 灯的正确连接方式是什么？
A. 正负极随意连接 B. 正极连接电源正极，负极连接电源负极
C. 正负极交叉连接 D. 只连接正极，不连接负极
8. 投影灯的投影效果与以下哪个因素无关？
A. 光源的亮度 B. 投影距离 C. 投影角度 D. 投影灯的颜色
9. 在团队合作制作投影灯时，以下哪个行为是不值得提倡的？
A. 积极分享想法 B. 互相帮助解决问题 C. 独立完成所有工作 D. 尊重并倾听他人意见
10. 在完成投影灯制作后，我们应该首先做什么？
A. 立即使用投影灯 B. 测试投影灯的功能 C. 忽略安全检查 D. 装饰投影灯的外观

附录九：《见“圾”行事，绿色“童”行》PBL 活动

孩子们，我们每天都会产生不少的垃圾，而你是否想过这些垃圾究竟会去往哪里呢，如果有一天，垃圾占据了街道，填满了河流，掩盖了土地，一座座垃圾山拔地而起，那会是什么样的场景，我们该怎么办呢？

近年来，我国包括温州在内的许多城市全面启动生活垃圾分类工作。我们每天生活中产生的垃圾怎么分类，会被带到哪里去？我们作为小学生，又可以做些什么？请你在家长的陪同下，和小伙伴一起去思考、探索，共同守护美好家园吧！

现在，让我们一起出发吧！

第一阶段 组建团队

Step1: 请认真阅读角色分工资料卡，组内讨论后填写角色分工表格。

在项目式学习中，通常需要团队成员各司其职，以确保项目的高效和成功。以下是一个PBL 团队中设定的 8 个组内分工角色：

角色分工介绍表

角色分工	职责	技能
项目组长	负责整体规划和协调，确保项目按时进展，并作出关键决策	领导能力、决策能力、沟通能力
创意总监	负责项目的创意构思和设计，推动项目的视觉和概念发展	创造力、审美能力、绘画能力
研究专家	负责所有研究工作，包括资料收集、信息整理和知识分享	研究能力、信息整合、知识分享
技术专家	负责项目中所需的试验操作支持	技术操作、问题解决、创新应用
记录秘书	负责记录会议内容、项目进展和团队讨论，确保所有重要信息被记录和存档	记录能力、组织能力、细心
质量监督	负责监督项目的质量和进度，确保成果符合预期标准	质量控制、细节关注、标准制定
沟通协调员	负责团队内部和外部的沟通协调，包括与教师、家长和其他团队的联络	沟通能力、协调能力、人际关系
财务管理者	负责项目预算的制定和控制，确保资金的合理使用	财务管理、预算控制、成本意识

小组角色设定表

第一角色	主要职责	成员姓名	特长/爱好	希望发展的技能	第二角色

Step2: 请小组合作完成项目行动画布，画布中主要包含以下 3 个要素：本项目要解决的核心问题、团队概况、项目成果及展示方式。以下模板仅供参考，画布也可以自行设计，另附纸或照片于项目报告中。



(1) 小组成员分别统计不同区域一定时间段内产生的垃圾, 完成下表。

统计区域类别: <input type="checkbox"/> 家庭内部 <input type="checkbox"/> 生活小区 <input type="checkbox"/> 商场公共区域 <input type="checkbox"/> 饮食广场 <input type="checkbox"/> 其他 具体统计地点: _____ 统计时间段: _____ 至 _____ 统计人: _____	
收集垃圾的照片粘贴处 (至少 6 张, 可附页)	
①统计区域中产生最多的垃圾是_____	
②统计区域中垃圾一般处理的方式是_____	

Step2: 统计小组成员的调查结果，合作设计垃圾分类的标准及类别名称，记录在下表中：

分类标准	类别名称	统计到的垃圾	计算一天中的 总量 (kg)

Step3: 多途径查找资料，统计目前垃圾分类的科学方法。

1.我们使用了以下资料收集方法：

☐询问家长 ☐请教老师☐查找网页资料☐ 借助手机 app☐其它_____

2.汇总结果得知目前垃圾分类的科学方法有____种，具体如下：

（若超过两种，自行附页）

第一种：

类别名称	分类标准

第二种：

类别名称	分类标准

第三阶段 垃圾处理知多少

Step1: 孩子们，让我们出门去走一走，看一看目前垃圾分类会存在哪些问题呢？我们产生的垃圾又是怎么处理的？走访小区、街道，垃圾中转站等地方，观察咨询工作人员，并做好记录。

以下问题可作参考：

问题一：投放点设置是否合理，垃圾桶的数量够用吗？容量合理吗？

问题二：居民有没有进行合理的垃圾分类？准确度如何？

问题三：管理人员对投放的垃圾是否有进行二次分类？

问题四：现阶段的垃圾处理方式有哪些？优缺点是什么？

我还想提问……

采访小贴士

一、采访前做好准备。选定采访对象，明确采访目标，确定采访问题，准备采访工具（笔、采访本、录音工具等）。

二、采访时注意礼貌。敬好队礼，礼貌用语，认真倾听，微笑回应。

三、采访本上认真记录。

1、使用有录音功能的电话、录音笔，辅助记录。

2、将采访对象所说的重点记录在本子上，不用把每一个字都写下

四、整理采访本。及时整理采访资料，抓住要点进行梳理。

垃圾分类实地调查表

采访记录表			
采访时间		采访地点	
采访者		采访对象	
采访目的			
采访问题			
采访记录 (整理要点)			
采访照片			

Step2: 统计实地调查采访的结果，小组讨论完成下表。

小组圆桌会议，聚焦问题	
分享 调查 结果	
分析 问题 原因 (设计 实验)	提出问题:
	作出假设:
	实验设计:
	实验过程(附照片):
	实验结果:

第四阶段 成果制作

Step1: 孩子们，我们发现了问题，要不要尝试着去解决呢？如果你愿意做一个解决问题的人，请把该问题带回到小组中讨论。如果在解决问题时遇到了困难，我们可以尝试着收集信息后深入讨论，或者再进一步实践研究和邀请场外专家援助。

其实很多发达城市、发达国家在垃圾分类上的先进做法，你可以通过多种方式查询资料，寻找与你发现的情况进行对比，记录并分析我们改进的措施方法。比如针对易腐垃圾，目前市场上推出了厨余垃圾处理器进行改良。

我们想解决的问题：

小组名称	成果主题	
成果展示方式	<p>为了创新改良，解决小组问题，可选择成果展示 的方式。（自选 1 项展示）</p> <p>1.设计：针对现有产品缺点进行改进，尝试画出 设计图纸，另附页。</p> <p>2.作文：题材不限，中段 500 字以上，高段 600 字以上，诗歌字数不限，文字以电子稿形式打印另附，</p> <p>3.绘画：展开想象，题材不限，工具不限，A3 大 小，作品另附页。</p> <p>4.视频：时长 5 分钟之内，并制作成二维码。</p> <p>5.报告：根据要求形成研究文字报告。</p>	<p>我们会选择</p> <p>()</p> <p>方式进行挑战！</p>

Step2: 孩子们，我们在成果制作的过程中，或许会遇到一些麻烦，你会寻求什么样的帮助？将你的问题进行罗列，勾选你的帮助方式，记录你的解决方法，这样回头一看时，就会发现这是我们的成长足迹。

我们小组选择的成果展示方式是：

☐设计 ☐作文 ☐绘画 ☐视频 ☐报告

我们的初步
展示思路

制作过程中，我们发现存在这些问题：

于是，我们通过

☐询问家长 ☐请教老师
☐查找网页资料
☐借助手机 APP ☐其他

解决了问题，改进了方案

第五阶段 反思总结

孩子们，恭喜你们通过努力不仅发现了在垃圾分类中存在的问题，还积极尝试解决问题。接下来我们就要进行产品的发布会了，把我们的产品介绍给大家。

大家做得怎么样呢？我们一起来评一评吧！

Step1：评价个人

评价内容	自评	组员评	家长评
能积极思考	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能把自己的问题表达清楚	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
会使用书籍或者运用网络检索资料	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能文明高效采访	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
很乐意和组内成员交流想法	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
能主动探索，积极动手	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
在这次研究学习中，乐于向别人寻求帮助	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

Step2：评价成果

垃圾分类成果				
成果展示要求： 1.产品发布会（粘贴发布会照片或视频二维码图片） 2.成品展示照片（附页）				
序号	评价维度	评价内容	评价结果	我们的建议
1	项目进度	完成度	☆☆☆☆☆	
2	项目质量	真实性	☆☆☆☆☆	
		可行性	☆☆☆☆☆	
		实用性	☆☆☆☆☆	
		创新性	☆☆☆☆☆	
3	项目文档 （文章、设计、 视频等）	规范、设计好	☆☆☆☆☆	

附录十：《见“圾”行事，绿色“童”行》作品评价表

成果展示形式：_____

评价指标	描述	量化方法	评分 (1-5)
设计思路	评价学生在设计成果展示的思考过程，包括概念形成、设计逻辑性和创意起源。	通过设计文档、草图、模型和口头表述评估设计思路的深度、连贯性和原创性。	
分享表达	评价学生在分享和表达自己设计思路时的清晰度、条理性和有效性。	根据学生在小组讨论、演讲和书面报告中的表达能力进行评分，注意语言流畅性和信息准确性。	
创新性	评价学生在成果展示设计中的新颖性和独创性，包括材料使用、功能设计和问题解决的新方法。	依据设计的独特元素、创意解决方案和对传统概念的突破程度来评分。	
完成度	评价学生完成成果展示的制作程度，包括是否实现了设计目标和功能要求。	根据项目完成的百分比、细节处理和最终产品的完整性进行评分。	
实用性	评价成果展示的功能性和实际应用价值，考虑用户操作的便利性和效果的实用性。	依据成果展示的实际使用效果、操作便利性和用户反馈来评分。	
美观性	评价成果展示外观设计的吸引力和审美价值，包括色彩搭配、形态设计和视觉冲击力。	根据设计的视觉吸引力、创意元素的融合和整体美观度进行评分。	

附录十一：《见“圾”行事，绿色“童”行》主题知识问卷

选择题：（每题 1 分，共 10 分）

1. 垃圾分类的目的是什么？
A. 减少垃圾量 B. 回收利用资源 C. 保护环境 D. 所有以上
2. 以下哪项属于可回收垃圾？
A. 菜叶 B. 塑料瓶 C. 灰土 D. 过期药品
3. 湿垃圾主要包括哪些？
A. 食物残渣 B. 玻璃碎片 C. 破旧衣物 D. 废电池
4. 有害垃圾对环境有哪些潜在危害？
A. 污染土壤 B. 污染水源 C. 危害人体健康 D. 所有以上
5. 干垃圾通常如何处理？
A. 填埋 B. 焚烧 C. 回收再利用 D. 堆肥
6. 进行垃圾分类时，我们应该使用什么工具来分开不同种类的垃圾？
A. 手套 B. 垃圾分类桶 C. 抹布 D. 扫帚
7. 为什么垃圾分类对资源回收很重要？
A. 减少资源浪费 B. 降低开采新资源的需求 C. 减少环境污染 D. 所有以上
8. 在家庭中，我们应该如何存放可回收垃圾？
A. 与湿垃圾一起存放 B. 与有害垃圾一起存放
C. 分开存放并定期回收 D. 随意丢弃
9. 垃圾分类的推广对以下哪项没有直接影响？
A. 环境保护 B. 资源循环利用 C. 垃圾处理成本 D. 增加家庭垃圾量
10. 以下哪个行为不利于垃圾分类的实施？
A. 按照分类标准投放垃圾 B. 使用可降解塑料袋
C. 混合投放不同种类垃圾 D. 参与社区垃圾分类活动

附录十二：学生访谈提纲

1. 你喜欢参与这种科学活动吗？为什么？
2. 你如何描述自己在 PBL 活动中的学习过程？
3. 在项目中，你遇到了哪些需要深入思考的问题？
4. 你是如何分析和解决这些问题的？
5. 你认为自己在哪些思维能力上有所提升？
6. 你如何评价自己在项目中的角色和贡献？
7. 你从这次活动中学到了哪些知识或技能？
8. 你认为哪些教学方法或活动最有助于你的学习？