

学校代码: 10205
分类号: G427

研究生学号: QZ202301088
密 级: 公开



长春师范大学

硕士学位论文

小学高年级学生科学推理能力培养的实践研究

Practice research on the cultivation of scientific reasoning ability of senior science
students in primary school

专业学位类别: 教育硕士

专业学位领域: 科学与技术教育

学位类型: 专业硕士

作者姓名: 唐嘉慧

指导教师: 郭飞君 教授

培养单位: 科学教育学院

二〇二五年 五 月

学校代码：10205
分类号：G427

研究生学号：QZ202301088
密 级：公开

小学高年级学生科学推理能力培养的实践研究

**Practice research on the cultivation of scientific reasoning
ability of senior science students in primary school**

专业学位类别：教育硕士

专业学位领域：科学与技术教育

学位类型：专业硕士

作者姓名：唐嘉慧

指导教师：郭飞君 教授

培养单位：科学教育学院

答辩日期：2025 年 5 月 27 日

摘 要

科学推理能力是科学学科核心素养的重要内容之一，也是人工智能时代对人素养提出的新要求。《义务教育科学课程标准（2022）》中，强调小学高年级是发展学生科学推理能力的重要时期。小学阶段学生的科学推理能力本土化培养不在少数，但小学生科学推理能力的测评的相关研究较少。因此本研究梳理已有的国内外提升学生科学推理能力的教学策略，调查小学高年级学生科学推理能力水平以及影响因素，尝试基于情境学习模式以及变量控制策略培养学生科学推理能力的新教学模式，以服务于小学生科学思维能力的培养。

本研究以劳森的科学推理能力调查问卷以及左成光的小学生科学推理影响因素调查问卷为基础，结合被测学生年龄特点，对调查问卷进行改编形成调研工具。调查小学高年级学生科学推理能力水平以及影响其科学推理水平的外部因素。通过调研发现，小学高年级学生的科学推理水平发展不均衡，其中假设演绎推理以及理解推理两个维度水平较低。学生的科学推理能力受家庭投入、同伴协作、教师教学三个外部因素影响较大，并且教师教学对学生科学推理各维度影响较大。因此确定教学实践是发展学生科学推理水平的有效措施。

本研究旨在探讨如何有效运用教学策略以提升学生的科学推理能力。为此，研究者对教科版小学科学教材中五、六年级的教学内容进行了系统分析，发现教材所涵盖的各个知识领域均包含了科学推理的多个维度。此外，为了进一步丰富教学情境的实践素材，研究者还对人教版小学科学教材中的相关内容进行了对比分析。在全面梳理教材内容的基础上，选取了六年级学生作为研究对象，开展了一学期的教学实践研究。实践表明，“情景教学+CVS 策略”的教学模式对培养学生的科学推理能力具有一定的成效。其中对学生“控制变量推理”“假设演绎推理”两个维度的作用较为显著。同时发现加强学生的团队协作，利用学习共同体

开展教学活动对于发展学生思维能力有正向积极作用。

关键词：情景教学；CVS 策略；科学推理能力；小学生

Abstract

Scientific reasoning ability constitutes a key component of the core competencies in scientific disciplines and represents a novel demand on human qualities imposed by the era of artificial intelligence. According to the Science Curriculum Standards for Compulsory Education (2022), the upper primary grades represent a critical phase for nurturing students' scientific reasoning skills. While numerous studies have explored the localization of scientific reasoning training in primary education, limited attention has been given to evaluating the scientific reasoning abilities of primary school students.

Consequently, this study undertakes a comprehensive review of pedagogical strategies aimed at enhancing students' scientific reasoning capabilities, drawing insights from both domestic and international research. It further examines the current levels of scientific reasoning among upper primary students and the factors influencing these levels, with the ultimate goal of devising a novel teaching model grounded in situational learning and variable control strategies to foster the development of students' scientific thinking.

This study aims to investigate the effective application of teaching strategies for enhancing students' scientific reasoning abilities. To achieve this, the researchers performed a systematic analysis of the instructional content in the fifth and sixth-grade science textbooks from the Compulsory Education Edition. The analysis revealed that each knowledge domain covered in these textbooks encompasses multiple dimensions of scientific reasoning. Furthermore, to enrich the practical materials for scenario-based teaching, the researchers conducted a comparative analysis of relevant content in the People's Education Edition primary school science textbooks. Based on a thorough

review of the textbook content, sixth-grade students were selected as research participants for a semester-long teaching practice. Additionally, the study identifies family investment, peer collaboration, and teacher instruction as key external determinants of students' scientific reasoning proficiency, with the latter exerting a pronounced influence across all dimensions. These insights underscore the pivotal role of instructional practices in advancing students' scientific reasoning abilities.

Key Words: Situational teaching; CVS strategy; Scientific reasoning ability; Primary school students

目 录

摘 要	I
Abstract	III
目 录	I
一、 绪论	1
(一) 研究背景	1
(二) 研究问题	3
(三) 文献综述	3
(四) 研究意义	12
(五) 研究方法思路	13
二、 小学生科学推理能力理论探讨	17
(一) 核心概念的界定	17
(二) 研究的理论基础	19
(三) 研究工具的编制	20
三、 小学高年级学生科学推理能力现状	30
(一) 小学高年级学生科学推理能力水平现状	30
(二) 小学高年级学生科学推理能力水平影响因素	33
四、 “情景教学+CVS 策略”的教学模式提升小学生科学推理能力的实践 ..	37
(一) 研究背景与依托课程介绍	37
(二) 研究对象	38
(三) 科学推理能力问卷分析	39
(四) 教学实践方案	40
(五) 提升学生科学推理能力的教学实践过程	44
五、 研究结论与展望	64

(一) 研究结论	64
(二) 研究建议	66
(三) 反思与展望	67
参考文献	69
附录 A 小学生科学推理能力及影响因素调查 (前测)	73
附录 B 教学案例——《轮轴》	81
附录 C 教学案例——《不简单的杠杆》	85
附录 D 《不简单的杠杆》课堂学习单	88
附录 E 《轮轴》课堂学习单	88
在读期间公开发表论文及著作情况	92
致 谢	93

一、绪论

（一）研究背景

1.教育发展背景

在 21 世纪全球科技竞争日趋激烈的背景下，科学素养已成为衡量国家综合实力的重要指标。我国自 2022 年颁布《义务教育科学课程标准》以来，明确提出将科学思维作为核心素养的关键维度，其中科学推理能力作为科学思维的核心组成部分，被认为是实现创新人才培养的基础性能力。^①小学高年级作为学生认知能力发展的黄金期，正处于皮亚杰认知发展阶段论中具体运算阶段向形式运算阶段的过渡期，这一阶段的学生开始具备初步的逻辑推理能力，但尚未形成系统化的科学思维模式。^②在此关键时期开展科学推理能力培养，不仅关乎个体科学素养的形成，更关系到国家未来科技创新人才的储备质量。

当前我国小学科学教育存在显著的结构矛盾：一方面，新课标要求将“科学探究”作为主要学习方式，强调通过观察、假设、实验和论证等过程发展学生的科学推理能力；另一方面，教学实践中仍普遍存在“重知识传递、轻思维培养”的现象。据 2023 年东部某省小学科学课堂观察数据显示，78%的课堂时间用于科学概念的讲解与记忆，仅有 12%的时间用于设计探究活动。^③这种失衡导致学生虽然能复述科学原理，却难以运用推理能力解决实际问题。

2.国家政策背景

教育部等十八部门《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》明确提出“强化做中学、用中学、创中学”，^④中华人民共和国教育部等十八部门为科学推理能力培养提供了顶层设计指引。但基层学校在落地实施中面临多重挑战：其一，传统评价体系仍以纸笔测试为主，

^①中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022 年版)[S].北京:人民教育出版社, 2022.

^②Piaget J.The Psychology of the Child[M].New York:Basic Books,1972.

^③张华, 李敏. 小学科学课堂探究活动实施现状的实证研究——基于东部六省的调查分析[J].课程·教材·教法, 2023,43(5):78-85.

^④中华人民共和国教育部等十八部门. 关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL]. (2023-05-29)[2024-07-20].http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/202305/t20230529_1060476.html.

缺乏对推理过程的动态评估；其二，跨学科项目式学习尚未形成常态化机制，大部分学校每学期开展科学实践活动的频次不足；其三，城乡教育资源差异导致实验器材、科技场馆等硬件设施配置不均衡，制约了探究活动的开展。^①这些现实困境使得科学推理能力培养长期停留于理论倡导层面。

3.教学现状背景

国际教育评估项目（PISA）2018 年的研究结果揭示了我国 15 岁学生在“科学解释现象”和“科学证据评估”两个维度的得分低于 OECD 平均水平，这与基础教育阶段科学推理能力培养的薄弱存在直接关联。^②对比美国 NGSS（新一代科学教育标准）将“构建解释”“设计解决方案”作为核心实践领域。^③我国小学科学教育在方法论层面尚未形成完整的培养体系。在王建军等人的研究中发现教师普遍缺乏系统的教学策略，40%的受访科学教师表示“不知如何在常规课程中渗透推理训练”，^④而现有的教材设计仍以验证性实验为主，缺乏开放性的探究任务，导致学生思维活动停留于浅层操作层面。

从认知发展视角看，10-12 岁儿童正处于抽象思维萌芽期，其推理能力呈现“经验依赖型”特征。脑科学研究表明，此阶段学生前额叶皮层发育加速，具备处理多重变量关系的生理基础，但需要具体情境作为思维支架。^⑤然而现行教学模式中，教师常将科学推理简化为“公式套用”或“标准答案推导”，忽视了真实问题情境的创设，这种脱离实践的教学方式，导致学生难以建立科学推理与现实世界的有效联结。

在此背景下，开展针对小学高年级的科学推理能力培养实践研究具有双重价值：理论层面，可弥补现有研究在特定学段操作化方案设计上的不足；实践层面，能为教师提供具象化的教学策略与评价工具。通过构建“情境创设-问题链设计—证据链构建”三位一体的培养模式，有望突破当前科学教育中知识与能力割裂的发展困局，为落实核心素养导向的课程改革

^①National Research Council.A Framework for K-12 Science Education:Practices,Crosscutting Concepts,and Core Ideas[M].Washington,DC:The National Academies Press,2012.

^②OECD.PISA 2018 Results (Volume I):What Students Know and Can Do[R].Paris:OECD Publishing,2019.

^③NGSS Lead States.Next Generation Science Standards:For States,By States[S].Washington,DC:The National Academies Press,2013.

^④王建军,刘红霞.科学推理能力测评框架的构建与验证[J].教育研究与实验,2021(4):56-62.

^⑤Diamond A.Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood:Cognitive functions,anatomy,and biochemistry[M]//Stuss D T,Knight R T.Principles of Frontal Lobe Function.Oxford:Oxford University Press,2002:466-503.

提供实践路径。

（二）研究问题

基于以上研究背景，为丰富小学生科学推理能力的相关研究，为一线教学提供教学经验，本研究拟解决的问题如下：

问题一：当前小学高年级学生科学推理能力现状。

问题二：如何测量小学高年级学生科学推理能力？

问题三：课堂教学如何有效提升小学高年级学生的科学推理能力？

本研究以期通过对这三个问题的研究，提升小学生科学推理能力培养的发展。

（三）文献综述

目前关于科学推理的相关研究主要包括，相关概念界定的研究、科学推理能力发展研究、科学推理能力的测评研究、科学推理的培养实践研究等方面。本研究的研究主要侧重于科学推理的测评研究和培养实践研究。

1.科学推理能力的概念界定

国外对科学推理能力的研究起步较早，尤其是在美国、英国等发达国家，科学推理能力被视为科学素养的重要组成部分。国外学者对科学推理能力的界定更为细致和系统。美国学者 Kuhn 对科学推理能力的界定是：“在科学研究的过程中，个人利用逻辑推理与科学方法，对科学问题进行推断与解决的能力”。^①她认为，科学思维与科学方法相结合，是培养学生的科学思维能力的关键。Kwen 在对科学进行定义的基础上对科学推理作了如下定义：科学推理包含有归纳推理和演绎推理，它既包含对自然现象进行归纳形成概念、原理、概括、理论、模型等的归纳过程，又包含通过使用这些基本的概念、概括、原理、理论或模型对自然现象作出假设的演绎过程。^② Lederman 定义的科学推理同样包括归纳思维和演绎思维，归纳思维

^①Kuhn.Children and adults as intuitive scientists[J].Psychological review,1989(96).674-689.

^②严文法，胡卫平. 国外青少年科学推理能力研究综述[J]. 外国中小学教育，2009,(05):23-28.

是形成概念图式过程中习得的,演绎思维则是在科学探究中观察现象、建构模型以及基于证据的评价中形成。^①劳森(Lawson, 1978)^②提出科学推理是个体为感知复杂事物探寻合理解答的过程,是个体通过寻找和衡量证据来支持或否认原假设的因果命题。Stuessy 则认为科学推理是个体在科学探究过程中用以提出所观察到的现象之间的关系、设计检验所提出的关系的实验并决定所有可能可供选择的方法与结果;考虑现象出现的概率并预言逻辑推论、权衡证据并使用一定量的证据来证明一个特定的结论合理性的内在逻辑思维形成。^③

在我国科学推理能力的研究虽然起步比较晚,但是近几年已经引起了人们的广泛关注。人们一般都认同,科学推理能力是指个人在进行科学研究的时候,通过逻辑思维、批判性思维和创新思维,来分析、推理和解决科学问题的能力。它强调的是科学推理的全面性、逻辑性和实践性。胡卫平等人认为科学推理可以被应用于检验假设和问题解决,一般包括归纳推理和演绎推理。张红霞认为,学生的科学推理能力主要由观察能力、分类能力、测量能力、预测能力、推理能力、假设能力和试验设计能力等因素组成。^④她认为,科学的思考能力,不只是一种逻辑推理,而是一种对科学知识的了解与运用。也有学者从问题角度出发,提出科学推理是一种涵盖了发现、解决问题、评估结果等复杂行为的思维能力。例如,包雷、樊泽杰等。

纵观国内外相关研究,尽管对科学推理能力的定义有一些不同,但其核心内容是相同的,即逻辑思维、科学方法、问题解决能力。在国内,科研人员较多地侧重于实践与综合,而国外学者较多地侧重于其系统与层次。国内外学者都认为科学推理能力是科学素养的重要组成部分,强调逻辑思维和科学方法的结合。同时,国内外研究都指出,科学推理能力的培养贯穿于科学教育的全过程。但是,国内研究更注重科学推理能力的实践性和综合性,强调科学推理能力在实际问题解决中的应用。而国外研究则更强调科学推理能力的系统性和层次性,提出了更为细致的构成要素和层次模型。

^①Morrell P D, Lederman N G. Students' attitudes toward school and classroom science: Are they different phenomena? [J]. School Science and Mathematics, 1998, 98(2): 76-83.

^②Lawson A E. The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching [J]. International Journal of Science Education, 2003, 25(11): 1387—1408.

^③Stuessy C. Path Analysis: A Model for the Development of Scientific Reasoning Abilities in Adolescents [J]. Journal of Research in Science Teaching, 1984, 26(1): 41-53.

^④张红霞. 科学究竟是什么(修订版) [M]. 北京: 教育科学出版社, 2019.

2.科学推理能力发展研究

(1) 影响科学推理能力发展的因素研究

国外研究较早关注科学推理能力的发展机制，并从认知心理学、教育学和跨文化视角展开多层次探讨。皮亚杰的认知发展阶段理论为科学推理能力研究提供了基础框架。在皮亚杰学派研究者们看来，影响科学推理能力发展的因素，包括年龄、性别、元认知、内外控倾向、场依存型/场独立型、死板/灵活、智商等。Han.Jong-Ha 的研究发现学生的科学推理水平与地域文化和经济发展关联性较强。Zeitou、Hussein 等人的研究表明科学推理能力与学习成绩相关。上述讨论的影响因素只是一部分，在众多研究文献中我们还可以看到影响科学推理能力方面的研究包括，前概念、处理信息能力、个性认知、家庭文化背景、个体能力、个性因素等。

国内对学生科学推理能力发展的影响因素研究主要围绕教育环境、教学方法、个体认知特征以及社会文化背景展开。我国学者普遍认为，科学课程的设计与实施对学生科学推理能力发展具有直接影响。例如，有学者指出，新课改后强调的“探究式教学”模式通过问题引导和实验设计，显著提升了学生的假设检验与逻辑推理能力。^①教师的教学方法与评价体系是另一关键因素。李吉林等通过实证研究发现，采用“元认知提问”的教师能有效促进学生反思推理过程并提升论证能力。包雷等人在中美两国大学中测试了学生的物理学科知识和科学推理能力，发现真正影响学生科学推理能力发展的是教师教学而非科学知识量的积累；罗玛对初中生的证据推理能力水平进行了测评研究，界定证据推理是从已有经验、问题情境中识别、转换、形成证据，利用证据进行推理，从而获得结论、解决问题的能力表现，^②并测评了阅读学业成就、空间能力、数学学业成就、科学学业成就和科学兴趣五个外部因素对证据推理能力的影响；此外，国内研究还关注学生认知水平与学习动机的影响。例如，陈向明发现，初中生的形式运算思维水平显著影响其对变量控制等复杂推理任务的完成度。而学习动机中，内在兴趣驱动的学生更倾向于主动参与科学探究活动。此外还有多个学者通过研究证明性别对科学推理能力影响较大，基本上是男生水平高于女生水平；在不同的推理维度方面，左成

^①广玉兰. 基于“情境式教学”培养科学推理能力[J].物理通报, 2024.(12):53-56.

^②罗玛. “证据推理”科学能力的实证研究[D].华东师范大学, 2018.

光^①选择重庆市、成都市3所学校3~6年级1167名学生的科学推理能力现状展开调查,研究表明年龄和性别对小学生科学推理能力均有显著的影响。

国内外研究均表明,学生科学推理能力的发展是多重因素协同作用的结果,但其侧重点存在差异。无论是国内强调的形式运算思维,还是国外关注的元认知能力,均指向个体认知水平对科学推理能力的制约作用。探究式教学、问题导向学习等策略被普遍认可为有效干预手段。

(2) 科学推理能力整体发展水平研究

国外许多发达国家通过大规模测评(如PISA、TIMSS)积累了丰富数据,结果显示不同国家学生的能力水平与教育模式、文化背景密切相关。根据OECD(2020)发布的PISA科学素养报告,芬兰、德国等北欧和西欧国家学生的科学推理能力表现突出,尤其在“科学解释现象”和“设计与评估科学探究”维度得分显著高于全球平均水平。^②Hazelkorn et al的研究认为,这与其实践导向的课程设计(如芬兰的“现象教学”)和强调论证的教学方式密切相关。^③美国学生则呈现两极分化趋势,精英学校学生推理能力接近国际顶尖水平,但低收入社区学生因资源匮乏导致能力发展滞后(NGSS, 2016)。而在亚洲地区,发达国家学生的科学推理水平同样显著高于发展中国家。

近几年来,国内关于学生科学推理能力总体发展水平的研究越来越多,研究结果显示,中国学生的科学推理能力有明显的地区和不同学段的差别,总体上表现为“基础扎实而高级思维匮乏”。王祖浩在10个省的中小學生中进行了一次问卷调查,在科学推理方面,我们国家的学生在诸如观察、归类和简单归纳等方面都有很好的成绩,平均分数在75%以上;但是,在一些复杂的问题上,如假设检验、变量控制和模型构造等,其得分均低于50%,显示出高水平的推理能力比较弱。^④李华等人的研究还发现,初中阶段(7-9年级)是科学推理能力发展的关键期,但部分学生因抽象思维发展滞后而陷入“能力停滞”。张丽通过对比东部城市与西部农村中学生发现,城市学生在实验设计、数据解释等任务中的得分平均高出农村学生

^①左成光.小学生科学推理能力及其影响因素研究[D].重庆:西南大学,2018.

^②OECD.PISA 2018 Assessment and Analytical Framework[M].Paris:OECD Publishing,2019:56-67.

^③Hazelkorn E, Et al.Research and Innovation in Science Education[M].Springer,2014:178-179.

^④王祖浩.科学学科能力建构及测评研究[D].上海:华东师范大学出版社,2024.

18.7%。Karplus 等人在七个国家进行了青少年科学推理能力发展水平的研究, 研究结果表明只有四分之一的学生处于形式推理阶段, 少部分学生处于具体运算水平, 三分之一的学生处于过渡水平。整体上看, 中小學生整体科学推理水平偏低。Bitaer、Betty L 对 6-10 年级学生进行长期跟踪研究, 结果表明该年龄段学生科学推理的不同维度均未达到形成运算的推理水平。此外, Shemesh、Michal 等人也做了类似研究。同时更多学者的研究表明性别对科学推理能力发展水平有明显影响, 一般情况是男生形式推理能力显著高于女生。高年级学生的科学推理能力表现优于低年级科学推理能力表现。由此可见, 学生科学推理水平整体发展不均衡是普遍现象。

国内外的研究结果显示, 学生的科学推理能力总体上受教育模式、社会资源、文化环境等多种因素的影响, 呈现出既有共性又有异性的特点。首先, 无论在国内, 还是在其它发展中的国家, 学生在复杂的假设检验和模型建构方面都表现出了显著的缺陷。其次, 城乡、校际和家庭社经状况对其科学推理水平的影响呈现出跨国家的一致性。不同的是, 东亚地区(中国和日本)注重知识的系统和基本的推理, 欧美注重探索的过程, 因此, 学生的创新推理水平更高。

(3) 科学推理各维度推理能力的发展研究

国内外学者从心理学、教育学等视角对科学推理能力的维度划分进行了深入探讨, 形成了多元理论框架, 研究多聚焦于科学推理能力的结构模型构建与实证验证。比如, 张奇等人的三维模型是基于皮亚杰认知发展理论, 提出科学推理能力包含“假设-演绎推理”“变量控制”和“证据整合”三个维度。^①其研究发现, 中国初中生在变量控制能力上显著优于假设生成能力, 表明本土化教学中对实验操作的重视可能影响能力发展路径; 罗星凯则通过扎根理论分析, 将科学推理能力解构为五个核心要素: 观察与提问、假设构建、实验设计、数据分析、结论修正。^②该框架被广泛应用于我国科学课程标准的设计。

国外研究更强调科学推理的认知机制与发展阶段。比如, Lawson 提出科学推理能力的发展需经历四个阶段, 包括具体操作期、形式推理初期、形式推理成熟期、后形式期。^③这一理

^①王晶莹, 张奇, 郑国民.科学推理能力的结构与测评研究综述[J].课程·教材·教法,2018,38(6):115-121.

^②张殷, 罗星凯, 张红霞.科学教师批判性思维倾向与课堂行为的研究[J].全球教育展望, 2018,47(08):59-68.

^③Lawson A E.The nature and development of scientific reasoning:A synthetic view[J].International Journal of Science and Mathematics Education,2(3),307-338.

论为科学课程的分级设计提供了重要依据；Zimmerman 的认知发展模型中指出，科学推理能力包含观察与描述（Observation）、比较与分类（Comparison & Classification）、演绎推理（Deductive Reasoning）、元认知调控（Metacognitive Regulation）五个递进维度。^①其中，元认知能力（如自我监控、策略调整）被认为是高阶科学推理的关键；Han, Jong-Ha^②还研究了韩国初中生科学推理发展水平，测评了在归纳推理、类比推理、概率推理、控制变量推理等推理维度。Bitner、Betty L 的研究还表明对于中学生来说，关系推理和概率推理是相对难以形成的推理类型。

科学推理能力是科学素养的核心组成部分，其多维性特征受到国内外学者的广泛关注。通过系统梳理国内外学者对科学推理能力维度的研究成果，发现国内研究注重理论模型的本土化构建，而国外研究更强调认知发展规律与跨文化差异。研究指出，科学推理能力的核心维度包括假设生成、变量控制、证据评估和逻辑推理等，但其具体划分因研究视角而异。

3.科学推理能力的测评研究

科学推理能力测评旨在量化评估个体在假设生成、实验设计、证据解释等维度的表现，是诊断科学素养发展水平的关键手段。随着核心素养导向的教育改革推进，国际学界对测评工具的开发与验证研究持续深化。测试试题以 Lawson 科学推理测试为主流，Lawson（2000）开发的 24 项选择题测评工具，基于皮亚杰认知发展理论，涵盖比例推理、概率思维、变量控制等 6 个维度。其命题特点在于通过“情境案例-多重干扰项”设计考察形式运算能力，例如通过摆锤实验情境考查变量控制策略。^③除此之外，TIMSS 中的科学推理试题采用三层设计。试题中，认知维度上记忆、应用、推理分别占比 30%、40%、30%；内容上涉及生命科学、物质科学、地球科学领域；试题题型由 60%的选择题与 40%的建构反应题组成；其命题流程包含课程标准分析-能力矩阵构建-试题双向细目表编制-多国等值验证。^④

我国学者在引进国际工具基础上开展本土化改造。罗星凯团队开发的《科学推理能力量

^①Zimmerman C.The development of scientific thinking skills in elementary and middle school[J].Developmental Review,2007,27(2):172-223.

^②Han,Jong-Ha.The Cognitive Development of Secondary School Students in the Republic of Korea[R].ERIC:ED285759,1987.

^③Lawson A E.Classroom test of scientific reasoning[J].Journal of Research in Science Teaching,2000,37(1),31-40.

^④Mullis I V S,Et al.TIMSS 2023 assessment frameworks[R].International Association for the Evaluation of Educational Achievement,2021.

表》(SRAS)包含28个项目,采用Rasch模型进行难度校准,项目拟合指数(Infit MNSQ)控制在0.7-1.3区间。^①王祖浩针对化学学科开发情境化测评工具,通过“宏微符”三重表征试题(如晶胞结构推理题)考查学科特定推理能力。^②

科学推理能力测评是科学教育研究的重要领域,其工具开发与效度验证直接影响教学改进与政策制定。研究者梳理了国内外科学推理能力测评的主流工具、命题开发流程及测评方式,发现纸笔测试与情境化测评为主流方法,命题设计普遍遵循“理论模型构建-实证检验-跨文化适应”路径。研究指出,未来需加强技术赋能的动态测评工具开发,并关注学科情境对测评效度的影响。

4.科学推理的培养实践研究

(1) 国外科学推理培养策略研究

国际范围内,针对提升科学推理能力策略的研究颇为深入。当下,诸如科学写作策略、CVS策略以及网络化推理学习模式等,均为应用广泛且成效显著的策略。

①科学写作策略

Keys C W Keys的研究表明在撰写实验报告这种科学写作形式中,体现了学生11项科学推理技能,写作任务是建立科学推理能力最有效的方法。写作任务要求学生将数据和直接观察到的现象相联结,去构思一个科学事件的新模型。在撰写实验报告过程中,研究者将合作讨论过程加入写作过程中,结果表明通过协同写作的实验报告特点有别于传统实验室报告,并对学生的科学推理能力的增长有积极作用。同时发现在科学写作中加入合作讨论环节,是提高学生的科学推理能力的有效策略之一。

②CVS策略

变量控制策略(Control of Variables Strategy),简称CVS策略,它是一种实验设计策略,通过控制单一变量进行实验设计,在实验组与对照组的比较中获得实验结论。这使得实验设计过程不仅包含设计出这一对照,同时使得实验思路更加清晰。由此可见CVS策略以其严密的逻辑性为显著特征,要求研究者具备基于明确实验数据进行合理解析的能力,并能够识别

^①罗星凯,李萍,张殷.科学推理能力量表的编制与验证[J].心理发展与教育,2025,31(2),215-222.

^②王祖浩.化学学科核心素养测评中的科学推理能力研究[J].化学教育,2018,39(10),1-6.

潜在逻辑谬误。普遍观点认为，儿童在实验设计与推理过程中运用适当的学习策略有助于深化知识理解。然而，针对学习策略习得与知识掌握之间关联的实证研究仍显不足。在儿童科学推理领域，多数研究或聚焦于概念转变，或侧重于推理机制，仅有少量研究同时探讨科学推理中的这两个维度，并考察一般领域知识与专门领域知识对推理能力发展的共同影响。

③网络互动教学

Richard Lehrer, Leona Schauble 结合科学推理、类比推理和双重情境学习模式（DSLML）于网络互动学习的研究，表明网络化学习可以帮助学生发展其科学推理能力。同时 Lawson 等人也认为只要给予持续的刺激（实验组学生可随时上网学习），科学推理能力将会随着心智发展而不断增进，对于学生学习理论性的概念将有很大的帮助。

④出声思维训练模式

在探究思维活动的研究方法中，出声思维法因其独特优势而广受青睐。该方法在早期应用阶段面临诸多限制，研究者主要依赖对受试者口头陈述的概括性描述。随着录音技术的引入，这一局限得到显著改善，使得对思维过程的全程记录成为可能。心理学家邓克尔（Duncker, 1945）率先采用录音设备对这一方法进行系统记录，成功地将原本内隐的认知活动转化为可观察的外部言语表达。20 世纪中叶，随着信息加工理论在认知科学领域的兴起与发展，出声思维法获得了坚实的理论支撑，从而实现了质的飞跃。该方法的具体实施流程包括：要求受试者在解题过程中同步进行口头陈述，同时使用录音设备完整记录其言语表达，随后将录音资料转录为文字形式以供分析。在运用出声思维法时，研究者可通过适度的介入与对话，更精确地捕捉受试者的思维轨迹。

（2）国内关于科学推理培养策略研究

国内学术界对科学推理能力的研究主要采用“概念界定-评估体系-培养方法”的研究框架，其中培养方法的探索尤为教育实践者所重视。当前研究提出的有效培养方案可归纳为四个维度：教学优化与教法革新、新型教学模式构建、教学原则确立以及课程案例开发。在教学方法改进方面，黄国龙等学者通过构建情境化教学环境和设计逻辑推理环节，运用问题链策略实现思维过程的可视化，从而有效引导学生科学推理能力的发展；在教学环节中也有学者提出在科学探究的各个环节中培养科学推理能力，运用反证推理提出研究问题、类比推理、

演绎推理，从一般到特殊的推理来提出猜测，演绎推理论证猜测，类比推理探究规律、归纳推理进行数据分析。同时也有研究者发现学习动机、学习态度、学习自我效能感等也正向促进学生的科学推理能力的发展。在教学模式方面，赵柳、杨焕英等人提出基于情景认知理论的教学模式。但以上研究的研究对象多为初高中学生。

5.综合评述

对于科学推理内涵的界定研究，国外学者对于科学推理内涵界定基于大量的实证研究不断发展演变的。而国内学者对于科学推理的内涵则大多基于理论研究，因此此概念形成是否与本土学情一致值得深入研究。

学生的科学推理水平受多种因素影响，同时在不同认知发展阶段学生的科学推理能力是不同的。学生在小学高年级年龄段甚至以后的科学推理能力水平仍处于偏低水平。性别、年龄对学生科学推理能力有着重要的影响，这都对本研究的展开提供了一定思考。

目前国内外可用于学生科学推理能力测评的工具已有部分研究成果可供参考，测评方法依旧以试卷为主流。其中被广泛应用的 LCTSR 可用于分析被试在一般知识领域下的科学推理能力，但科学涉及领域广泛，学生的综合能力测试仍有局限性，同时本试题维度设置是否适合小学生有待考量，但为科学教育工作者提供了一定参考。同时国内小学阶段科学推理能力测评较少，测评涉及地域范围小，所得研究结论具有一定片面性，不利于培养学生科学推理能力策略的研究。

国内外对于科学推理能力培养策略方面的研究，为本研究提供思路。可以参考一定的教学模式，例如，科学写作策略以及 CVS 策略。在教学设计中同时关注情景创设、问题链设计等问题可以有效帮助学生提升科学推理能力，并在科学活动中应组织小组协作完成任务。教学设计中涉及变量实验部分可以参考 CVS 策略展开实验设计以帮助学生科学推理能力的发展。多给予学生思维外显的交流活动也是一种有效策略。但目前国内相关实证研究多为隐性培养，未作为学生探究实践目标而呈现，因此本研究在实证方面进行进一步探索。

由此可见国外关于科学推理能力方面研究丰富，并具有成系统的教学模型，为本研究的开展提供有效范式。2017 年起随着新课标的颁布，科学思维被纳入科学学科核心素养范畴，

此后，国内学者对科学推理的研究数量逐年显著增长。我国对于科学推理能力的研究起步较晚，主要以国外学者的研究为基础展开本土化研究。并且小学阶段此类研究凤毛麟角且未深入，因此本研究在实证方面进行探索。

（四）研究意义

1.理论价值

科学推理能力是一个重要的科学素养，它的实质就是学生运用逻辑分析、证据评价、因果推理等方法来解决科学问题的综合思维能力。系统地研究小学生科学推理能力的培养，既能推进科学教育的最佳实施，又能提高学生的核心素养。已有的研究主要集中在初中阶段，对于处于转型期的 10-12 岁儿童来说，其研究较为薄弱。维果茨基的最近发展区理论认为，这一时期的儿童是一个由具体表象思维向抽象逻辑思维转变的敏感时期，其发展既有可塑性又有动态变化。^①通过对这一年龄阶段儿童的推理特点进行实证分析，揭示其思维发展的内部机理，为科学思考的阶段理论提供了有力的证据，并对小学高年级学生在科学认知发展链中的特殊地位进行了界定。

建构主义学习理论深刻地认识到，学习的本质不是被动接受现成知识的简单过程，而是一个学生在与环境互动中，通过自主探索、主动发现和合作建构新知识体系的过程。这一理论认为，教学活动应该更多地设计成启发式和探究式，鼓励学生积极参与到问题解决之中，而非仅仅是知识的灌输者。本研究致力于深化对建构主义理论的应用研究，着重于如何引导学生在科学学习中扮演更加主动的角色。我们强调学生通过细致观察自然现象、进行实际操作实验以及逻辑推理等多种形式，来深入理解科学原理和概念。这种方法不仅能够促进学生科学推理能力的发展，还能激发他们的好奇心和探索欲，让学生成为知识的探索者和创造者。通过这样的教学实践，能够验证和深化建构主义学习理论在科学教育领域的应用价值。

通过聚焦小学高年级学生的科学推理能力，我们不仅能够找到更有效的教学方法来激发他们的好奇心和探究欲，还能揭示出传统科学教育中可能存在的盲点和误区。这样的教学策

^①VYGOTSKY L S.Mind in society:The development of higher psychological processes[M].Cambridge: Harvard University Press,1978.

略可以帮助学生发展更加灵活、批判性和创造性的科学思维，使其能够在面对科学问题时，运用逻辑推理、实验验证等多种科学思维方法，进行独立思考和解决问题。此外，本研究也意在为完善科学教育的理论体系贡献新的思路和视角。它旨在推动教育者们重新审视和改革传统教学框架，鼓励采用多元化的教学手段和评估机制，以适应不断变化的教育需求和挑战。通过这样的努力，我们希望能够培育出具有创新意识和实践能力的未来公民，为社会培养出真正具备科学素养的人才。

2.现实意义

为小学高年级科学中的科学推理能力的测量与评价提供经验。自新一轮基础教育课程改革实施以来，我国逐步构建了从小学到高中的学生发展核心素养体系。在小学科学学科的核心素养框架中，科学思维作为关键要素之一，具有重要地位。对学生一生的发展都有着重要意义。对科学思维的评价是科学思维培养的重要环节，通过对评价工具的探索与使用，为小学科学学科思维的测评提供经验。

为培育小学生的科学推理能力，提供一系列可供借鉴的思路与具有实操性的建议。测评的最终落脚点要落到学生的发展上，在对小学生科学推理能力分析的基础上，结合一线教学实际情况，测评小学生在科学推理能力发展上存在的问题，针对问题调整培养策略，为小学科学教育工作者提供一点参考和启示。

（五）研究方法思路

1.研究方法

本研究将质性研究和量化研究相结合，采用混合研究方法，结合采用文献研究法、调查研究法、实验法和课堂观察法，形成多维度研究框架。其中，文献研究法作为基础性方法，贯穿研究的全过程，为理论构建与实践设计提供支撑。

（1）文献法

首先，采用文献研究的方法，对现有文献进行了系统的整理，从理论、实证和政策三个方面对现有文献进行了系统的整理。然后，在对所搜集到的文献资料进行分析和理论构建的

基础上,对培养学生推理能力的教学策略、科学推理能力的需求和科学推理能力的测评题目进行了批判性的分析,找出了研究的障碍,结合信息加工理论与元认知策略,进行实践理论框架整合,归纳出培养学生推理能力的教学策略和评价标准。从而为提出小学生不同年段科学推理能力培养建议,以及发展高年级学生科学推理能力策略研究提供基础。

(2) 问卷调查法。

使用问卷调查法,《小学生科学推理能力试卷》改编于 Lawson 测验题,用于对教学干预前后对实验对象科学推理能力水平的调查。以验证教学干预手段是否有助于提升学生的科学推理能力,为本研究的研究成果梳理提供依据。《小学生科学推理能力影响因素调查》改编于左成光的《小学生科学推理能力影响因素调查》试题,用于调查实验对象的科学推理能力水平受何种因素影响,进而对学生科学推理能力水平展开调查,以确定本实验教学干预手段以及教学进度安排,为本研究后续开展提供现实基础。

(3) 实验研究法

本研究采用准实验设计即前测—后测非等效对照组设计,通过为期一学期的教学干预,探究科学课程对于小学高年级学生科学推理能力的影响。从某小学六年级中,随机抽取 2 个自然班,通过前测成绩以及教师访谈验证确保基线学业水平、师资配置无显著差异。在实验组进行结构化探究课程,对照组进行常规化教学,确保两组课时相同。以《小学生科学推理能力试卷》(改编自 Lawson 测验)测试两组实验对象的科学推理能力水平,使用 SPSS 26.0 进行数据分析后得出结论。

(4) 课堂观察法

使用课堂观察法,对学生的阶段学习情况、课堂活动参与度、团队协作等情况进行收集,及时掌握教学动态以便于进行教学反思和策略调整。作为一种重要的教学研究方法,课堂观察法在教师实践性研究中发挥着关键作用。教育工作者可通过实施课堂观察,对教学策略进行动态反思与优化调整。具体而言,在教学实践过程中,教师能够从多个维度对学习过程进行实时评估,包括但不限于:课堂参与度、师生互动质量、同伴交流状况、协作学习表现以及学习成果展示等。这些观察数据为教师及时掌握学生的学习进展提供了可靠依据,同时也为后续教学活动的设计与实施奠定了科学基础。

2.研究思路及研究步骤

（1）研究思路

首先基于国内外研究的梳理，研制测评工具并完成调查问卷。分析调查数据并结合现行教材从而制定教学策略。基于问题的反思进行实践研究，总结研究成果提出相关教学建议。同时，对比不同版本教材，结合儿童认知发展规律以及学生科学推理水平评估结果，分析学生科学推理发展规律，提出相关教学建议以及教学策略。

（2）研究思路图

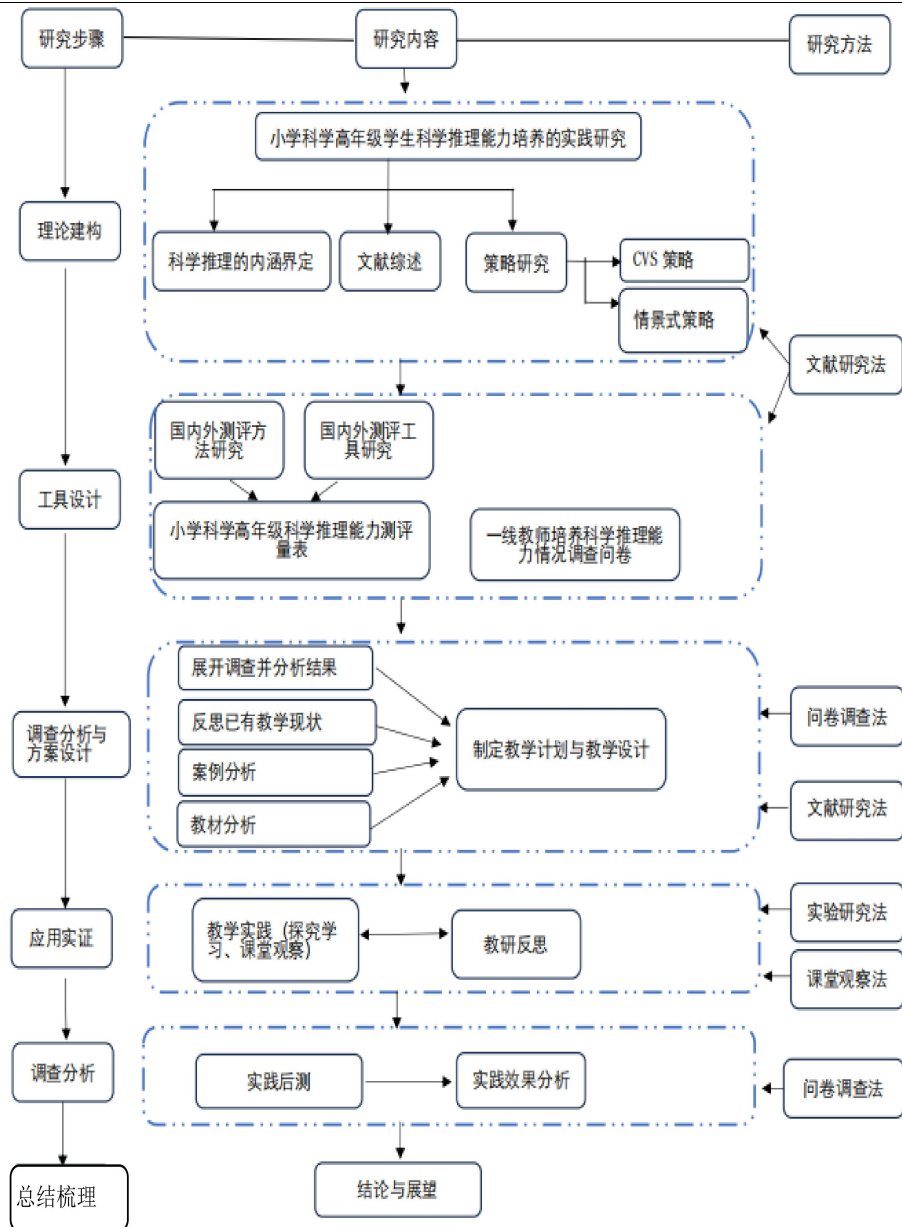


图 1.1 研究思路图

二、小学生科学推理能力理论探讨

（一）核心概念的界定

1.推理

在哲学领域，推理被定义为一种逻辑思维过程，其核心是从已知命题（前提）推导出新命题（结论）的理性活动。强调前提对结论的支撑作用，注重逻辑有效性（如演绎推理中结论必然为真）或概然性（如归纳推理中结论的或然性）。推理的类型包括：演绎推理（从一般到个别）、归纳推理（从个别到一般）、类比推理（基于相似性推断）、溯因推理（寻求最佳解释）等。因此推理被视为人类获取知识、构建论证的核心工具，与真理探索、知识确证密切相关。

在《汉语词典》中，推理被定义为根据已知的事实或判断，通过分析与综合，得出新判断的思维过程。强调从已知到未知的推断，突出逻辑性和连贯性。不严格区分推理类型，但隐含涵盖归纳、演绎等常见方法。

2.科学推理

《哲学大辞典》中，科学推理被定义为一种基于科学方法论的逻辑思维过程，其核心是通过观察、实验、假设构建与验证，从已知科学事实或理论中推导出新结论或预测的系统性活动。科学推理具有实证性、逻辑性、动态修正的特征。依赖可观测、可重复的数据或现象作为前提；遵循形式逻辑（如演绎）或概率逻辑（如贝叶斯推理）的规则；接受经验证据的检验，结论可被证伪或迭代修正。

在《汉语词典》中，科学推理是“运用科学方法和逻辑规则，从已知的科学知识中推出新结论的思维活动”，强调实践性与问题解决导向性，但较少涉及科学哲学层面的复杂性（如理论负荷、范式不可通约性）。

卡尔·波普尔（Karl Popper）认为科学推理的本质是“猜想与反驳”，通过提出可证伪的假说并试图推翻它来逼近真理。南希·卡特赖特（Nancy Cartwright）认为科学推理需处理

“局部真理”，依赖模型与理想化条件，而非普适性定律。从认知科学视角看，部分学者认为科学推理受“范式”的约束，包含常规科学的逻辑推演与范式革命的非逻辑跳跃。

本研究认为科学推理是一种系统化、自反性的认知实践，通过一定逻辑思维方法、实证证据与创造性思维的交互作用，从有限前提中生成可检验的结论，并主动纳入对不确定性的反思。其核心特征包括：逻辑严谨性、实证可操作性以及创造性跃迁。其中逻辑严谨性指演绎、归因、溯因的规范运用；创造性跃迁则是突破既有范式的类比、隐喻或模型重构。

3.科学推理能力

科学推理能力是个体或群体在科学问题解决中，系统的运用逻辑、实证与创造性思维，生成、检验并修正科学主张的综合性认知技能。它不仅包含对科学方法的掌握，还涉及对科学知识本质的深层理解与自主反思能力。

基于科学哲学、认知科学与科学教育领域的研究，科学推理能力可分解为六大子能力，形成了层级化、交互式的结构，包括逻辑分析能力、实证实践能力、创造性模型化能力、批判反思能力、协作交流能力以及科学元认知能力。其中逻辑分析能力应是先基于观察或理论矛盾提出可检验的假设，而后区分相关性与因果性构建因果链，最后将自然语言问题转化为符号或图表逻辑的形式化表达；实证实践能力则是使用控制变量法、设计对照组、选择合适的测量工具进行实验设计，实验中收集证据，并对数据有批判性解读；创造性模型化能力包括跨领域的类比迁移、通过简化现实构建理想模型以及想象非现实条件以验证理论的反事实推理；科学元认知能力包括对认知偏差的监控、平衡深度思考、思考效率以及、根据新证据动态更新知识结构的终身学习迭代能力。

本研究结合小学科学的学习内容、小学高年级学生的认知发展水平以及教科版小学科学课程的课程体系，可将小学高年级学生的科学推理能力细化为以下几部分，科学概念方面的守恒推理和比例推理，探究活动中的控制变量推理和假设演绎推理，其中假设演绎推理包括提出问题能力、寻找证据支持或反驳某些观点的能力、归纳推理能力以及演绎推理能力，知识迁移中的相关推理能力。

（二）研究的理论基础

1. 认知发展阶段理论

（1）理论的主要内容

认知发展阶段理论是瑞士心理学家皮亚杰提出的，具体指的是个体自出生后，随着年龄的增长，个体面对问题情景或客观事物时的思维方式与能力是动态发展的。^① 认知发展理论的结构包括：图式；同化；顺应；平衡。该理论将个体的认知发展分为四个阶段，即感知运动阶段（0-2 岁）、前运算阶段（2-7 岁）、具体运算阶段（7-11 岁）、形式运算阶段（11-16 岁）。

（2）对本研究的启示

根据认知发展论的思维特点可知，个体在发展到了具体运算阶段就会获得守恒的思想，发展到形式运算阶段才具备抽象思维，能够进行假设演绎推理等。因此确定小学高年级学生在理论上的思维发展阶段兼具具体运算阶段和形式运算阶段特征，遵循学生的身心发展规律，在不打破学生已有认知平衡，帮助学生搭建新的认知平衡，在教学中帮助学生达到一般推理水平，进一步提升高阶科学推理能力。

2. 建构主义理论

（1）理论的主要内容

20 世纪 60 年代，瑞士著名心理学家皮亚杰提出，以“认识过程应该是主体有的知识经验为基础的主动建构”为核心的建构主义思想，该理论是一种认知理论，从学习观、知识观、教学观、学生观和评价观等方面对基础教育产生着正面的影响。^② 建构主义理论的主要观点为：教学以学生为中心，强调学生学习的自主性，学习的实质在于主动地形成认知结构，进行有意义的建构学习。其中学习观指的是，在一定环境情境中，学生借助于一定的外部因素影响，在与同伴协作、互助中的学习。因此学生的学习环境应具备情境、协作、交流和意义

^①郎筠. 皮亚杰认知发展理论简析[J]. 科技信息, 2011(15):160+159.

^②罗仙金. 简析建构主义教育理论及教学方法[J]. 福建教育学院学报, 2003(01):90-91.

建构四部分。学生观指的是在实际教学中，在教学过程中，教师通过引导学生主动学习，促进其自主构建知识意义。学生依据已有的知识基础，对外部信息进行筛选和加工，从而获得对自身发展具有重要意义的知识或信息。

（2）对本研究的启示

以建构主义的学生观、学习观指导教学实践。在教学中，应以学生为主体，遵循学生的认知发展规律，为学生提供适合进行科学推理的学习情境，促使学生能独立完成相关科学学习活动。教师可以跟学生说明何时需要用到何种推理方式，鼓励学生把推理的过程显化出来，培养学生主动提出假设，再进行推理论证假设的习惯，逐步形成自主学习的闭环，通过学习进阶以及团队协作在学习的过程中循序渐进地提高科学推理能力。

3.情境认知与学习理论

（1）理论的主要内容

情境认知是一种能提供有意义学习并促进知识向真实生活情境转化的重要学习理论。^①知识是人与社会或事物情境中之间关联的属性和互动的表现，因此将知识构建设定在社会场景中，比填鸭式习得知识相比，知识的理解、应用以及获得知识的思维与实践过程相比于知识本身将更有意义。情境认知与学习理论强调知识的形成是个体与环境相互作用的结果，认为学习的实质是学习者在与环境互动的过程中，主动地认识当前的问题情境，通过科学思维、科学推理等活动，建构动态事实性知识的过程。^②

（2）对本研究的启示

基于情境认知学习理论，在教学实践中，注重情景创设与学生的生活经验建立联系，助力学生提出问题、产生假设，进而推进后续问题解决和知识建构。因此，本研究致力于情境教学，在问题的提出与知识建构的过程中培养学生的科学推理能力。

（三）研究工具的编制

为精准掌握学生的思维能力水平以便于形成有效地教学策略，本研究对研究对象进行科

^①高文. 情境学习与情境认知[J].教育发展研究, 2001,(08):30-35.

^②梁国强. 高中物理情境教学中培养学生科学推理能力的研究[D].河北师范大学, 2020.

学推理能力水平以及其影响因素两方面的调查，采纳使用率较高的 LCTSR（2000）测试题以及左成光编制的科学推理能力测试卷，依据学生水平以及地域特点进行调整，最终形成科学推理能力水平调查问卷以及科学推理影响因素调查问卷。

1.科学推理能力水平调查问卷的编制

（1）测试题来源

本研究分别从 LCTSR（2000）测试题、左成光编制的科学推理能力测试卷为研究提供了重要素材。此外，研究者还从其他来源选取合适试题，并依据研究需求，在维度划分及题目筛选上进行了适当的增删与改编，最终形成了本次研究所用的科学推理能力测量问卷。左成光编制的测试卷，其测试项目参考了 TIMSS、澳大利亚 NAP - SL、KGS 测试、GALT 群体逻辑思维测试项目里的部分科学推理能力测试题。与一线教师科学、数学教师共同探讨试题难易程度，邀请科学教育的相关专家对原始问卷进行评价，获得专家意见后，对原始问卷进行修改，筛选并确定 5 道试题，形成本研究所需测试卷。

（2）问卷的维度的形成

基于皮亚杰的儿童认知发展阶段论，小学高年级学生指五、六年级学生，平均年龄一般在 10-12 岁左右，小学高年级学生的年龄特点区别于其他年级学生，儿童在 7-11 岁处于具体运算阶段，本阶段儿童有具体的逻辑思维。具体表征为思维具有可逆性但局限于具体的事物，可以进行简单抽象思维，具有规则性与守恒性。儿童在 11-16 岁处于形成运算阶段，思维具有灵活性、可逆性、补偿性等特点，具有逻辑推理、演绎、归纳等能力。由此可见小学高年级学生正处于具体运算阶段向形成运算阶段跨越，刚刚进入形成运算阶段。本研究的研究对象为小学六年级学生，学生的发展是变化且不均衡的，小学六年级学生处于具体运算阶段向形成运算阶段跨越的状态。因此基于学生的认知能力发展情况，将科学推理能力的维度进行划分。

LCTSR（2000）测试题维度划分为，守恒推理、比例推理、控制变量推理、概率推理、相关推理、假设演绎推理六个维度。而左成光的三个测试项目则是参考 TIMSS 中的科学推理能力框架，按照提出问题、作出假设和预测、设计实验、证据评价、推理以及得出并应用结

论、证明几个维度进行的。**Zimmerman** 提出科学推理涵盖四个关键维度：假设生成、实验设计、数据解释、结论评估。^①**Kuhn** 认为科学推理的核心是批判性思维，包括：证据评估、假设检验、理论与证据的协调，她强调论证和反思在科学思维中的重要性。^②由于研究对象为小学生，而 LCTSR（2000）测试题的难度整体过大，同时左成光测试项目在维度上缺少守恒推理的内容，不利于调查学生的科学推理能力水平的全面性，因此将两部分试卷进行有机结合，同时加以调整和修改，将测试题的维度与结构进行细化，形成本研究测试题的维度（如表 2.1）和结构（如表 2.2）。

表 2.1 小学生科学推理能力测试题目维度分布（初稿）

维度	守恒推理	比例推理	控制变量推理	假设演绎推理				相关推理
			设计实验	提出问题	归纳推理	演绎推理	证据支持解释	
题号	3. 4. 5. 6	7. 8	14	9	10. 15. 17	11. 16. 19. 20	12. 13	18

表 2.2 小学生科学推理能力测试项目试题的结构（初稿）

题目	题号	测试内容
制作果冻	9	提出研究问题
	10	推理得出解决问题或假设的合理结论
	11	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
	12	根据得出结论所用数据的充分性对调查结果进行评价

^①Zimmerman C.The development of scientific thinking skills in elementary and middle school[J].Developmental Review,2007,27(2),172-223.

^②Kuhn D.Science as argument:Implications for teaching and learning scientific thinking[J].Science Education,1993,77(3),319-337.

续表 2.2 小学生科学推理能力测试项目试题的结构（初稿）

	13	用证据和一定的科学理解来支持合理的解释液体的蒸发
液体的蒸发	14	根据变量是可测量的、可控制方面来描述一项设计良好的科学调查的特征
	15	推理得出解决问题或假设、证明因果关系的合适的结论
	16	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
衣服的颜色怎么变了	17	推理得出解决问题或假设、证明因果关系的合适的结论
	18	将调查结论应用到新的情景中
	19	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
	20	用证据和一定的科学理解来支持合理的解释

（3）问卷的修订

随机抽取某校六年级 15 名学生进行试测，同时对学生进行专访。学生答题时间为 20 分钟左右，参与试测的 15 名学生平均分及格以上，说明本试卷整体难度适宜。学生成绩不同，说明试卷结构设计合理。试卷内容上做细微调整，将“衣服的颜色怎么变了”题干部分中“蓝色灯光”修改为“绿色灯光”。

邀请科学教育专业的专家以及一线科学以及数学教师共同评审本试卷，根据专家建议将试题数量降低，综合学生未学习“比例”相关知识，因此将 7、8 题删除。最终确定本研究测试题的维度和结构（见表 2.3、表 2.4、表 2.5）。

表 2.3 小学生科学推理能力测试题目维度（一）

维度	守恒推理	控制变量推理	假设演绎推理				相关推理
		设计实验	提出问题	归纳推理	演绎推理	证据支持解释	
题号	3. 4. 5. 6	12	7	8. 13. 15. 18	9. 14. 17. 18	10. 11. 15(2). 17(2). 18(2)	16. 18

表 2.4 小学生科学推理能力测试题目维度（二）

维度	总结推理	理解推理
题号	3. 5. 15(1). 17(1). 18	4. 6. 15(2). 17(2)

表 2.5 小学生科学推理能力测试项目试题的结构（终稿）

题目	题号	测试项目
制作果冻	7	提出可以通过调查来回答的问题
	8	得出解决问题或假设的合适的结论
	9	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
	10	根据得出结论所用数据的充分性对调查结果进行评价
	11	用证据和科学理解来支持合理的解释
液体的蒸发	12	根据变量是可测量的、可控制方面来描述一项设计良好的科学调查的特征
	13	得出解决问题或假设、证明因果关系的合适的结论
	14	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
衣服的颜色怎么变了	15	得出解决问题或假设、证明因果关系的合适的结论
	16	将调查结论应用到新的情景中
	17	基于观察、证据和科学概念的理解做出有效的推理
	18	用证据和科学理解来支持合理的解释

(4) 调查问卷的评分方法

本研究运用的测量工具，是以 LCTSR 测量工具为蓝本，经适当改编而成的科学推理能力问卷。改编后的问卷，（Q7 - Q14、Q16）设置为单项选择题，而其余维度，诸如 Q3 - Q6、Q17 - Q18，则采用双重选择题的复合项目形式。每组项目的首道题，聚焦于考查学生对问题推理得出的结论；第二道题，着重考查学生得出结论所运用的推理过程，以此综合考量学生针对问题的推理深度。对于此类双重选择题的评分方式采用三级评分方式对判定双重选择题具有较高的可信度，同时便于分析学生的归纳推理与演绎推理能力。因此评分方式定义见表 2.6:

表 2.6 评分标准

结论推理	理由推理	评分（1 分/题）
正确	正确	2 分
正确	错误	1 分
错误	正确	0 分
错误	错误	0 分

2. 学生科学推理影响因素调查问卷的编制

以左成光编制的小学生科学推理能力影响因素调查问卷为基础，参考其他学者的对于小学科学推理相关策略的研究，梳理小学高年级学生的科学推理能力影响因素后形成问卷，以开展调查影响小学生科学推理能力的外部因素，以及各项因素如何影响小学生科学推理能力。

(1) 影响科学推理的外部因素

在教师教学对于学生科学推理的发展影响方面，Andersen C 和 Garcia-Mila M 分析的与科学推理相关的策略包括，提出假设、实验设计、证据评估、数据记录、论证以及评价质量。

^①另外还有学者证实科学探究、任务建构、科学元认知教学、科学本质观教学等都对科学推理

^①Andersen C,Garcia-Mila M.Scientific Reasoning During Inquiry[M].Science Education. SensePublishers,2017:106.

能力的发展有正向影响作用。^{①②③④}

在同伴协作对小学生科学推理能力的发展方面,左成光在分析国内外学者的研究中表明,同伴之间的合作学习对学生科学推理能力的发展具有一定的促进作用,而同伴的这种合作学习,不仅包括在科学课堂上合作学习,而且包括在课外对感兴趣的科学问题展开的合作学习。

在家庭教育对于学生科学推理能力的发展方面,在 Kisiel J, Rowe S, Vartabedian M A 等人对于家庭参与社会实践活动对于学生的科学推理能力影响的研究中表明,儿童在参与此类社会实践活动后,其观察、提出问题、假设、搜集证据等能力都有所提升^⑤。Keys C W 的研究表明,合作撰写研究报告帮助学生使用推理的方法重新认识模型,学生在新旧模型的设计与对比中有效地提升了推理能力。

(2) 问卷的维度

结合被测学生的年龄发展特点以及学生父母文化水平等情况,将影响小学高年级学生的科学推理能力发展的外部因素确定为三方面,即教师教学、同伴写作以及家庭影响。将科学推理能力划分为提出问题、实验设计、推理及得出结论、证明(见表 2.7、表 2.8)。

^①Chen C T,She H C.The Effectiveness of Scientific Inquiry with/without Integration of Scientific Reasoning [J].International Journal of Science&Mathematics Education,2015,(1):1-20.

^②Kant J M,Scheiter K,Oschatz K.How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning[J].Learning&Instruction,2017,(4):46-58.

^③Heijnes D,Joolingen W V,Leenaars F.Stimulating Scientific Reasoning with Drawing-Based Modeling[J].Journal of Science Education&Technology,2018,(1):45-56.

^④Lazonder A W,Wiskerke-Drost S.Advancing Scientific Reasoning in Upper Elementary Classrooms:Direct Instruction Versus Task Structuring[J].Journal of Science Education & Technology,2015,(1):69-77.

^⑤Kisiel J,Rowe S,Vartabedian M A, Et al.Evidence for family engagement in scientific reasoning at interactive animal exhibits[J].Science Education,2012,(6):1047-1070.

表 2.7 小学生高年级科学推理能力影响因素调查问卷维度与构成（一）

一级维度	二级维度	题目
教师教学方式	1.2 教师的教学方式：探究式教学	23(1)
	1.3 教师科学推理内容教学	23(2)–23(14)
	1.4 教师科学推理元认知教学	23(15)–23(16)
	1.5 教师科学本质的教学	23(17)–23(18)
与父母进行科学相关内容的交流与实 践	2.1 与父母进行科学相关内容的交流	22(1)–22(2)
	2.2 与父母进行科学相关内容的实践	22(3)–22(4)
同伴互助与协作学 习	3.1 讨论与科学课程内容相关的科学问题	22(1)–22(2)
	3.2 讨论感兴趣的课外科学问题	24(3)–24(4)
获取科学信息的家 庭投资	4.1 获取科学信息的媒介	19、20
	4.2 投资课外科技兴趣班	21(5)–21(6)

表 2.8 小学生高年级科学推理能力影响因素调查问卷维度与构成（二）

科学推理维度	题目
提出问题	21(5)、21(6)、22(1)、23(1)、23(2)
实验设计	21(3)、21(4) 22(3)、22(4)、23(1)、23(3)、23(6)、23(7)、23(8)、23(10)、 23(16)、23(17)
推理及得出结论	21(3)、21(4)、22(4)、23(1)、23(4)、23(5)、23(9)、23(12)、23(13)、23(14)
证明	21(1)、21(2)、22(2)、22(4)、23(1)、23(4)、23(5)、23(11)、23(12)、23(14)、 23(15)

（3）信度和效度分析

本研究首先针对问卷开展信度分析，信度分析可有效评估调研样本的可靠程度。研究过程中，选用 Cronbach's Alpha 系数衡量问卷的内部一致性。Cronbach's Alpha 系数取值范围处于 0 至 1 之间，越趋近于 1，意味着问卷信度越高。分析结果表明，量表整体的 Cronbach's Alpha 系数达到 0.883（详见表 2.9）。从表 2.10 可知，各变量的 Cronbach's Alpha 系数均超 0.8，且当剔除任一测量题项后，系数均呈下降态势，这充分表明本研究样本具备较高的可靠性。

表 2.9 信度分析（一）

项数	Cronbach' s Alpha
28	0.883

表 2.10 信度分析（二）

外部因素	删除项后的标度 平均值	删除项后的标度 方差	修正后的项与总 计相关性	删除项后的克隆 巴赫 Alpha
家庭投资与亲人 陪伴	75.45	132.334	0.381	0.881
	75.48	131.753	0.355	0.882
	75.56	131.222	0.316	0.884
	76.27	135.813	0.306	0.882
	75.38	134.49	0.25	0.884
	76.07	139.231	0.033	0.89
同伴协作与交流	75.11	131.238	0.404	0.88
	75.62	130.906	0.463	0.879
	75.27	129.507	0.469	0.878
	76.15	133.019	0.392	0.88
教师教学	74.63	132.32	0.479	0.879
	74.63	130.403	0.491	0.878
	74.51	130.031	0.605	0.876
	74.41	130.245	0.615	0.876
	75.27	128.618	0.529	0.877
	74.48	132.364	0.462	0.879
	74.66	133.451	0.394	0.88
	74.78	132.368	0.448	0.879
	74.36	132.455	0.507	0.878

续表 2.10 信度分析（三）

	74.37	131.875	0.512	0.878
	75.37	130.097	0.464	0.879
	75.22	130.007	0.549	0.877
	74.36	131.399	0.576	0.877
	74.85	128.296	0.529	0.877
	75.14	128.787	0.546	0.877
	74.77	131.626	0.451	0.879
	74.78	130.201	0.546	0.877
	75.36	132.371	0.369	0.881

其次，对问卷进行效度分析。效度分析可以检验样本是否能够反映测量指标的真实情况。效度系数 KMO 介于 0-1 之间，效度系数越介于 1，则表明越能够测验到所想要的指标。数据显示问卷整体的 KMO 值为 0.722，大于最低标准 0.7，且 Bartlett 球形检验值为 947.867（ $P=0.000<0.05$ ），说明问卷具有比较好的效度。（见表 2.11）

表 2.11 效度分析

KMO 值		0.722
巴特利特球形度检验	近似卡方	947.867
	自由度	378
	显著性	0.000

三、小学高年级学生科学推理能力现状

（一）小学高年级学生科学推理能力水平现状

小学高年级一般指小学五、六年级学生，结合教育科学版小学科学教材内容以及学生整体发展水平调查发现。低、中年级学生的科学推理能力较差，五六年级学生逻辑思维相对强一些，因此选定高年级学生展开调查研究。而六年级学生的科学推理水平正处于发展不均衡阶段，因此选定六年级学生作为测试对象展开相关研究。本研究选定长春市某小学六年级学生为被试者，据调查该校学生整体水平处于长春市小学整体的中等水平，具有普适性。因此选定该校六年级学生作为研究对象。

1. 被测学生整体科学推理能力水平现状分析

本次研究共发放问卷 90 份，回收数量同样为 90 份。经仔细筛查，剔除 3 份无效问卷后，最终得到 87 份有效问卷。经改编的科学推理能力问卷涵盖七个维度，各维度分值依次为 4 分、1 分、1 分、6 分、4 分、5 分、3 分。对学生测试成绩进行统计分析后发现，处于 0-9 分区间的学生人数较少。以 6（5）班为例，该分数段人数仅占班级总人数的 4.47%，对照班 6（6）班这一比例仅为 5%。而得分在 14-21 分区间的学生人数则相对较多半数学生得分在此区间；此外，另有一部分学生的总分在 9-13（分）区间，比如 6（5）班人数 16 人占比 39%、6（6）班人数 16 人占比 40%。（如图 3.1，3.2）

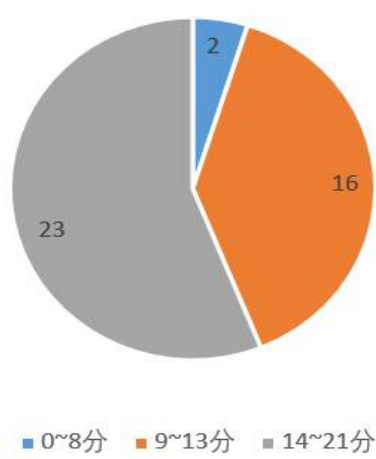


图 3.1 6（5）班总分统计

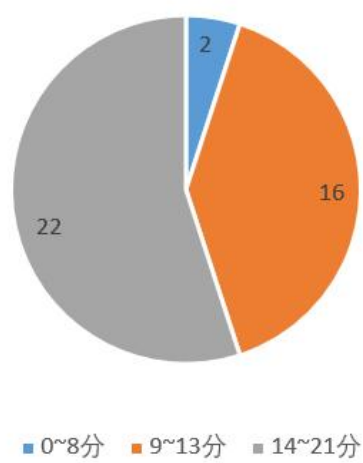


图 3.2 6（6）班总分统计

被测学生整体科学推理能力水平差异不显著（如表 3.1），6（5）班总分平均分是 13.902，6（6）班总分是 13.25，6（5）班总分略高于 6（6）班总分。

表 3.1 实验组与对照组平均分统计

班级	6（5）班	6（6）班
平均分	13.902	13.25

2.被测学生在各推理维度上发展情况

6（5）班学生在平均分方面，除了守恒逻辑、控制变量方面低于6（6）班，其余五个维度皆略高于6（6）班，具体情况如表 3.2 所示。

表 3.2 前测学生科学推理能力各维度表现差异（一）

维度	守恒推理	控制变量推理	假设演绎推理				相关推理
		设计实验	提出问题	归纳推理	演绎推理	证据支持解释	
题号	3. 4. 5. 6	12	7	8. 13. 15. 18	9. 14. 17. 18	10. 11. 15(2). 17(2). 18(2)	16. 18
6（5）班正确率	62. 8%	73. 17%	95. 12%	62. 6%	68. 29%	54. 14%	87. 8%
6（6）班正确率	64. 37%	90%	92. 5%	58. 33%	66. 87%	52%	82. 5%

从表 3.2 能够看出，参与测试的学生在科学推理能力的各个维度上，发展情况并不均衡。在控制变量推理这一维度，学生之间呈现出较大的表现差异，其中6（5）班学生的控制变量推理能力水平，显著低于6（6）班。此外，其余六个维度的发展同样存在不均衡的状况，比如在假设演绎推理能力维度中，提出问题能力明显优于其他方面，证据支持解释方面明显低于其他方面，归纳推理能力略低于演绎推理能力。控制变量与相关推理维度发展较好，而假设演绎维度则表现欠佳。

被测学生虽然在七个推理维度上表现无明显差异，但学生整体在七个维度上的推理水平则表现不均。由表 3.3 的正确率可知，学生的总结推理能力较好，但理解推理能力呈现较低水平，有待提高。由表 3.4 可知，学生的高级演绎推理能力过低，有待提高，例如 Q15（2）正确率为 0%。

表 3.3 前测学生科学推理能力各维度表现差异（二）

维度	总结推理	理解推理
题号	3, 5, 15 (1), 17 (1), 18	4, 6, 15 (2), 17 (2)
6（5）班正确率	83.9%	39.63%
6（6）班正确率	81.5%	36.87%

表 3.4 前测学生科学推理能力各维度表现统计

正确率	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (1)	15 (2)	16	17 (1)	17 (2)	18 (1)	18 (2)
实验班	85%	85%	41%	39%	95%	90%	93%	76%	95%	73%	76%	63%	46%	0%	100%	83%	34%	98%	66%
对照班	90%	83%	45%	40%	93%	95%	93%	73%	100%	90%	68%	65%	35%	0%	95%	85%	25%	90%	63%

3. 学生科学推理能力的整体表现

本研究测试题共 5 大题，18 小题组成，满分 21 分。6（5）班前测平均分 13.39 分，6（6）班前测平均分 13.25 分。学生成绩相差不大，均达到及格分数。根据皮亚杰认知发展理论，学生科学推理能力水平基本达到形式运算阶段水平。其中，守恒推理能力水平一般，控制变量推理能力水平较好，假设演绎推理能力水平一般，归纳推理能力较好，演绎推理能力较差。

由数据可知，被测学生整体科学推理水平有待提高，且在推理各维度上发展不均衡。被测学生在科学推理能力整体表现出无显著性差异，表明两个班级符合开展教学实践研究的条件和需求。因此，可以在 6（5）班与 6（6）班展开提升小学高年级科学推理能力的教学实践进行教学实验。

（二）小学高年级学生科学推理能力水平影响因素

1. 影响因素结构方程模型中潜在变量的效果分析

将数据进行整理使用 SPSS 软件进行相关性分析，P 小于 0.01 表示相关性显著，r 为相关

系数， r 值越大则相关性越高， r 值越小则表示相关性越低。

“家庭参与及投资”与“提出问题”极显著正向相关（ $r=0.619$ ， $P<0.01$ ），“同伴协作”与“提出问题”极显著正向相关（ $r=0.509$ ， $P<0.01$ ），“教师教学”与“提出问题”极显著正向相关（ $r=0.454$ ， $P<0.01$ ）（见表 3.5）。

表 3.5 相关性分析（一）

	提出问题
家庭参与及投资	0.619**
同伴协作	0.509**
教师教学	0.454**

注：** $P<0.01$

“家庭参与及投资”与“实验设计”极显著正向相关（ $r=0.371$ ， $P<0.01$ ），“同伴协作”与“实验设计”极显著正向相关（ $r=0.509$ ， $P<0.01$ ），“教师教学”与“实验设计”极显著正向相关（ $r=0.882$ ， $P<0.01$ ）（见表 3.6）。

表 3.6 相关性分析（二）

	实验设计
家庭参与及投资	0.371**
同伴协作	0.558**
教师教学	0.882**

注：** $P<0.01$

“家庭参与及投资”与“推理及得出结论”极显著正向相关（ $r=0.548$ ， $P<0.01$ ），“同伴协作”与“推理及得出结论”极显著正向相关（ $r=0.554$ ， $P<0.01$ ），“教师教学”与“推理及得出结论”极显著正向相关（ $r=0.841$ ， $P<0.01$ ）（见表 3.7）。

表 3.7 相关性分析（三）

	推理及得出结论
家庭参与及投资	0.548**
同伴协作	0.554**
教师教学	0.841**

注：** $P < 0.01$

“家庭参与及投资”与“证明”极显著正向相关（ $r=0.550$, $P < 0.01$ ），“同伴协作”与“证明”极显著正向相关（ $r=0.638$, $P < 0.01$ ），“教师教学”与“证明”极显著正向相关（ $r=0.818$, $P < 0.01$ ）（见表 3.8）

表 3.8 相关性分析（四）

	证明
家庭参与及投资	0.550**
同伴协作	0.638**
教师教学	0.818**

注：** $P < 0.01$

2. 总体分析

由数据可见，影响学生科学推理能力发展的外部因素与科学推理能力的相关性极其显著，家庭参与、同伴协作、教师教学对学生的科学推理能力发展都呈现显著正向作用。说明调查问卷有较好的信效度。

从数据中可见，三个外因变量（家庭参与、教师教学、同伴协作交流）对内因变量（科学推理能力）的相关性呈现极其显著，表示这些外因变量对内因变量都具有积极的促进作用。但三个外因变量对科学推理能力的主要促进作用不同，其中教师教学对于“提出问题”这一

维度的科学推理能力促进作用较小，说明教师教学过程中未关注到学生自主提出问题，学生的学习不是自发的，而是被动的学习。教师教学相对于其他的外因变量对“实验设计”“推理及得出结论”“证明”三个维度的科学推理能力促进作用较大，说明学生的科学推理能力可以通过教师教学得以发展（见表 3.9）。

表 3.9 相关性分析（五）

	提出问题	实验设计	推理及得出结论	证明
家庭参与及投资	0.619**	0.371**	0.548**	0.550**
同伴协作	0.509**	0.558**	0.554**	0.638**
教师教学	0.454**	0.882**	0.841**	0.818**

注：** $P < 0.01$

总体来看，被测学生整体科学推理水平相近，符合皮亚杰认知发展阶段论的发展状态，基本达到形成运算阶段的初步状态，思维呈现可逆性，有基本的逻辑推理能力，守恒推理、控制变量推理以及假设演绎推理水平一般，有提高和发展空间。

被测学生各维度的科学推理水平呈现发展不均衡状态，以 6（5）班学生各维度的科学推理能力水平为例，学生的假设演绎推理维度中，“提出问题”维度发展水平较高，归纳推理及演绎推理能力水平一般，“证据支持解释”维度发展水平较低。除此之外学生的总结推理水平远高于理解推理水平。从整体上看，学生的一般推理能力较好，但归纳、演绎推理能力较差。

从影响学生科学推理因素调查中可见，教师教学对学生的科学推理能力具有积极地正向作用，但在“提出问题”这一科学推理能力维度上明显不足。

四、“情景教学+CVS 策略”的教学模式提升小学生科学推理能力的实践

本章实验研究是基于前面对小学高年级学生科学推理能力现状分析以及教师教学影响学生科学推理能力水平发展分析的结论及启示，按照情境教学模型以及变量控制（CVS）教学模式，运用实验研究方法开展了为期一学期的研究，试图探寻通过教师教学策略调整培养小学高年级学生科学推理能力水平的可行路径。

（一）研究背景与依托课程介绍

本研究在研究者实习的小学进行（以下简称“J 校”），主要依托的课程是教科版小学科学课程。同时参考人教版小学科学课程后对现行课程内容进行合理调整，以开展小学高年级学生科学推理能力培养的研究，同时兼顾考察其他相关教师教育课程的影响。

教科版小学科学课程的知识体系呈现螺旋上升，内容上符合学生认知发展，对于相同领域的内容呈现知识递进特点，同时通过“大概念”统整内容，帮助学生建立科学知识网络；以探究式学习为核心，关注培养学生的观察、比较、分类等思维方法训练。但其部分情景化活动不符合东北地区环境条件，比如在“浮力相关知识”中以学生自制竹筏活动感受物体在水中浮力作用，东北地区学生从未接触过竹筏。课程中教学活动的要求宽泛，整体课程内容与环节较为单一使得学生学习兴趣下降，教师教学设计难现状。因此研究者将人教版小学科学教材中的部分活动与环节融入科学课程中，并依据相关理论开展一系列的教学实践活动，探索培养小学高年级科学推理能力的有效方式和途径。

学生学习的教科版小学科学课程，有完整的知识体系，六年级具备一定的实验探究能力，和小组活动经验。本学期课程内容包括“微小世界”“地球运动”“工程与技术”“能量”四个单元，各单元涉及的知识内容各不相同且相关性不强，但每个单元均有核心概念以及完整的进阶课程体系。活动形式主要以探究式活动为主。环节上主要有“聚焦”“探索”“研讨”“拓展”四部分。

（二）研究对象

1.研究对象的选择

教学实践研究选择在 J 校六年级中各随机抽取两个班级作为小学高年级科学推理能力的试测对象。实验组学生 41 人，其中男生 21 人，女生 20 人；对照组学生 40 人，其中男生 21 人，女生 19 人。

经调查发现，实验班与对照班学生人数相近。各学科任课教师均相同，因此实验班与对照班的教学条件、教师资源均相同。两班学生整体状态与一般小学高年级学生相符，具有一定代表性。

研究最终通过测试被试者在教学实验前后的科学推理能力，对实验组与对照组的数据展开对比分析，检测教学干预的效果。根据实验班学生的问卷调查分析以及日常授课情况，以学生的思维发展情况以及实践操作能力进行差异化分组，平均分为十个小组，每组 4 人，学生的探究活动均以小组为单位展开，实行小组组长轮流制度，组长负责组织小组活动进行人员分工。每次探究活动后，学生小组内以及小组间进行自评和互评。

2.实验对象的思维发展特征分析

依据皮亚杰的认知发展阶段理论，小学高年级学生正处于从具体运算阶段（7 - 11 岁）向形式运算阶段（11 岁至成年）的转变进程中。步入形式运算阶段，学生已积累了一定的科学知识，且具备进一步提升的空间，此阶段更是学生逻辑思维、分析思维等能力发展的黄金时期。按照维果斯基的最近发展区理论，在恰当的引导与助力之下，学生能够实现快速成长，进而达到预期的能力层级。结合对学生的科学推理能力水平测试结果，发现小学六年级学生已经基本处于形式运算阶段，但高级推理能力水平较低，故对科学思维能力水平较高的六年级学生开展指向科学推理能力的教学，有助于其科学推理能力的培养和发展。

（三）科学推理能力问卷分析

1.测试样本

本次试卷测试设定总时长为 30 分钟，所采用的量表涵盖七个维度，满分为 21 分。参与测试的对象共计 84 人，回收的有效问卷数量为 81 份。其中，有效样本由 6.5 班的 41 人以及 6.6 班的 40 人共同构成。测试样本的信息如表 4.1 所示：

表 4.1 被测对象人数组成

班级	6（5）班	6（6）班	合计
人数	41	40	81

将两个班级测试成绩使用 SPSS 软件，进行“T 检验”展开差异性对比，发现平行班学生整体科学推理能力水平差异不显著（如表 4.2），因此本研究以 6（5）班学生作为实验组，6（6）班学生为对照组，具备实验条件，因此展开实验研究以期通过更改教学策略提升学生科学推理能力水平。

表 4.2 “T 检验”差异性对比

班级	M±S	t	P
6（5）班	13.3902±2.30085	0.258	0.797
6（6）班	13.25±2.57951		

6（5）班总分平均分是 13.902，6（6）班总分是 13.25，6.5 班总分高于 6.6 班总分但是差异不显著（ $t=0.258$ ， $P=0.797>0.05$ ）。

2.前后测问卷的设置

前测与后测试题内容部分一致，同时为避免试卷相同部分内容对测量数据产生影响，采取以下措施：

- (1) 前测与后测时间拉长, 避免学生对试题有记忆。
- (2) 试卷题目顺序发生改变, 避免学生记忆答案的情况发生。
- (3) 测试时将班级学生座位顺序打乱, 将测试场景改变。

(四) 教学实践方案

1. 教学思路

(1) 整体教学思路

基于对学生的科学推理能力的调查分析, 发现学生的假设演绎推理能力相对较弱。其中归纳推理是演绎推理的基础, 学生只有先得到结论才能够将知识活学活用。归纳推理是由证据推理出结论, 主要作用于建立假设与得出结论的过程, 偏重集中思维; 演绎推理则是基于已有结论和知识获得新的解释, 偏重发散思维, 二者缺一不可。为训练学生的演绎推理能力, 运用逆向思维范式, 由假设推理出所需证据, 进而设计方案取证。^①小学科学教学多以探究式教学为主要模式。在此过程中, 可尝试把科学推理能力的培育, 巧妙融入科学探究的各个要素里。具体而言, 先通过创设适宜情境, 激发学生的学习兴趣, 引导学生针对科学问题, 基于证据意识作出合理推测, 进而凝练出自身观点。随后, 运用变量控制策略开展对比实验, 在探究活动里收集证据。收集到信息后, 对其加以分析处理, 借助逻辑推理将信息转化为有力证据, 以此验证先前提出的观点。

同时在教学设计中, 构建学习共同体使学生关注到对他人的探究过程和已经证明的观点进行检验, 提出合理的质疑或形成自己独到的见解。例如, 设计引导学生合理质疑他人观点的填空句式, 逐渐帮助学生梳理检验观点与证据意识。综上所述, 将科学推理能力培养的过程都融合在科学探究的各个要素之中, 助推学生思维的发展。

(2) 随机分组方式

为提升学生科学学习热情, 增加团队凝聚力, 避免学习小组矛盾的产生, 以做游戏方式组成学习小组。教师首先根据学生能力进行不公开分组, 大致分为“表达沟通强”“书写记

^①曾海辉. 基于“证据推理”的化学教学设计——以“解密自热包”为例[J]. 化学教学, 2022,(09):46-50+56.

录强”“实践能力强”“思维发散”四个队伍，再将男生、女生分开，形成八个部分，将学生的学号做成标签，放入八个不同颜色的抽奖箱中。组织全班学生做游戏，胜出的 10 个同学为小组长，在抽奖箱中抽取团队成员。其中教师调控每个小组有男生也有女生，学生各有所长。这种随机分组既能保证组内异同也能保证组间相同。

2.教学安排

（1）实验组与对照组的差异化教学安排

选择 6（5）、6（6）两个班级作为实验被试者，其中 6（5）班为实验班，6（6）班为对照班。对选择的实验组与对照组班级采用不同的教学模式进行为期一个学期的教学实践。

实验组采用指向科学推理能力的情景教学以及采取变量控制策略的课程进行教学，对照组采用传统教学方法进行教学。

（2）实验组具体教学安排

本研究持续一个学期。为培养学生科学推理能力参照教师普遍采用的情景化教学模式以及变量控制教学模式制定了教学计划。对学生科学推理能力水平调查问卷的分析后发现学生自主分析问题能力差的情况，后续的探究活动开展受限，因此在前四周进行针对性的专题训练，并在学生具备一定探究实践能力的前提下预设了后续的探究活动主题活动。表 4.3 是课程的学习专题、教学周次和课内外活动任务的具体安排情况。本研究以该课程在不同教学周围绕小学高年级科学推理能力培养而采取的措施和干预情况为划分依据，将整个研究过程划分为三个阶段，并制定了实践研究的流程图，详见图 4.1 所示。

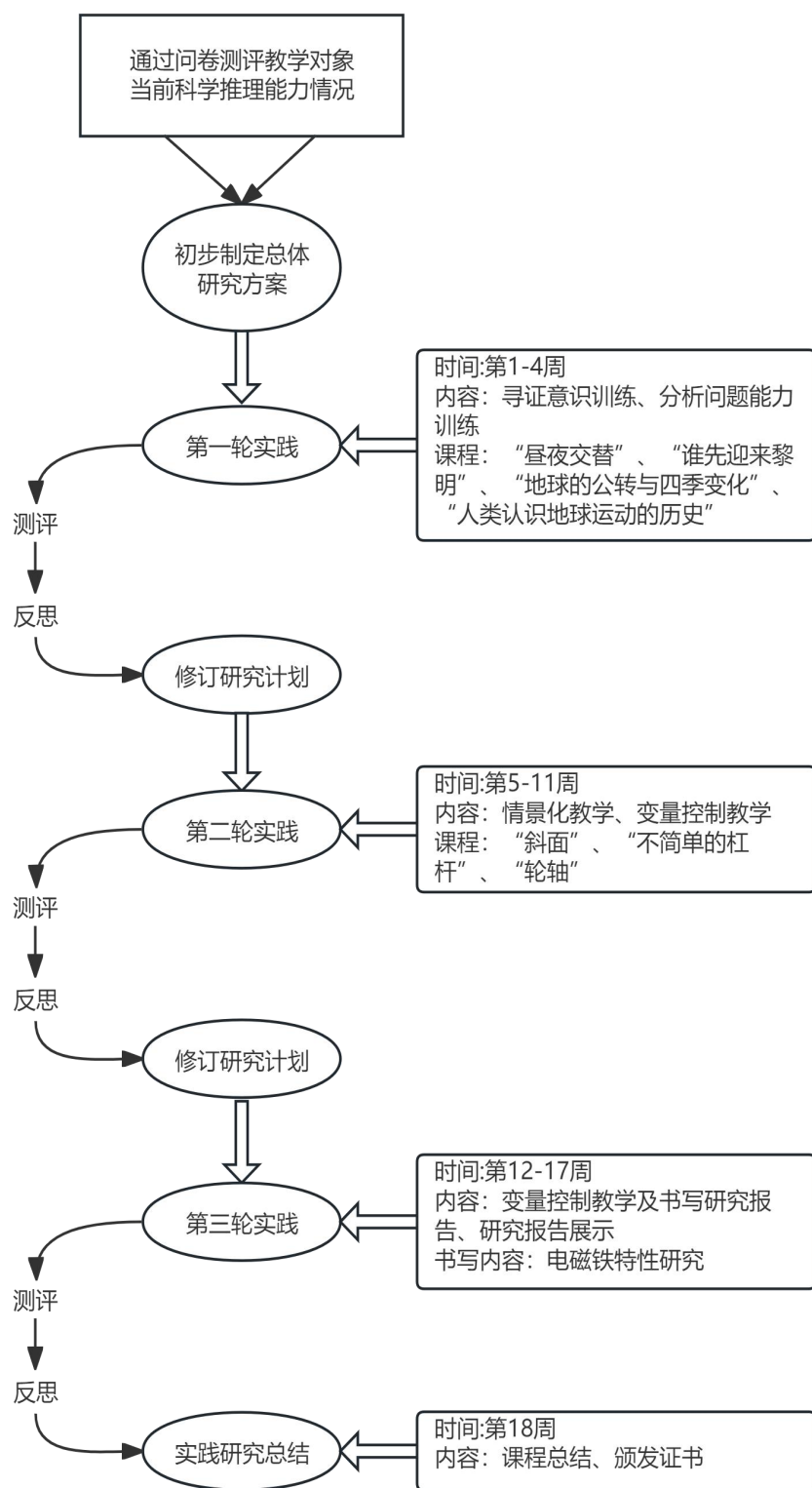


图 4.1 实践研究流程图

表 4.3 课程学习专题、教学周次和课内外活动任务的具体安排情况

周次	学习主题	课程内容	活动内容
1	问卷调查	填写：科学推理能力问卷	
		划分小组	
2	寻证意识训练	《人类认识地球运动的历史》	阅读资料卡
			小组研讨：寻找支持“日心说”“地心说”观点的证据
		《昼夜交替》	小组研讨：哪些假设可以证明昼夜交替现象
3	分析问题训练	《谁先迎来黎明》	小组研讨：分析任务
			制订探究计划
			实验探究
4	寻证意识训练、分析问题训练	《地球的公转与四季变化》	研究问题：什么原因导致四季变化
			小组研讨：阅读地球资料卡，寻找支持或反驳他人或自己观点的证据
5	情景化教学、变量控制教学	《斜面（一）》	小组研讨：斜面作用 阐述观点依据
6		《斜面（二）》	探究实验 小组研讨：总结斜面作用
7		《不简单的杠杆（一）》	研究问题：杠杆的特点 阐述你的观点并说明依据 小组研讨：分析研究问题
8		《不简单的杠杆（二）》	小组研讨：总结杠杆省力特点及规律
9		《轮轴（一）》	任务 1：轮轴的结构 阐述你的观点并说明依据 任务 2：轮轴的作用 阐述你的观点并说明依据
10		《轮轴（二）》	探究轮轴怎样省力 探究实践 分析梳理，搜集证据 小组研讨得出结论

续表 4.3 课程学习专题、教学周次和课内外活动任务的具体安排情况

11		测评与反思	
12		如何书写研究报告	小组研讨：为什么要写研究报告；研究报告中重要的什么
			制订研究计划
13	变量控制教学	《电磁铁的结构与特性》	分析研究问题
			变量控制实验设计
			讨论：何种实验现象得出何种结论
14			
15	研究报告书写		小组分工，合力完成书写研究报告
16	研究报告交流会	展示与交流	各组轮流展示研究报告
17		评价与反思	讨论：科学知识是怎样得出的？
18	课程总结		反思与总结 颁发结课证书

（五）提升学生科学推理能力的教学实践过程

实践研究内容依托教科版小学科学六年级下册课程，其中部分课程内容与培养学生科学思维发展关联较少，因此只选择部分课程进行实践研究，因此将本研究过程穿插在教学进度中，研究者对常规课程进行内容上的调整以便于实践研究。

由上表可知，实践研究过程共三轮，第一轮为“针对性能力训练”课程教学周次的第 1 周至第 4 周；第二轮为第 5 周到第 11 周；最后一轮是第 12 周至学期结束。下面详细阐述培养小学高年级学生科学推理能力的研究过程。

1. 第一轮实践研究过程

在起始课（第 1 周）上，研究者向全班简单介绍了本学期教学侧重点、小组活动安排以及整体研究计划。通过对学生科学推理能力影响因素调查发现，学生的科学推理能力水平受性别影响，班级内学生的思维能力与实践能力水平参差不齐，因此在考虑教育公平的前

提下，对学生的作为进行微调，将思维能力和实践能力不同的学生进行分类后重组，分组后每组 4 人，组内男女比例平衡，学生水平不一，组间学习水平相近。

同时对前测调查的分析后发现，被测学生在进行“衣服的颜色怎么变了”题目作答时呈现证据搜集不全导致无法合理解释以及提取分析题目失败的两种现状，这种现状可能使得学生探究环节的分析任务问题环节失败，或者由于寻证意识不足在实验过后无法推理得出实验结论。考虑到对后续教学过程的影响较大，进而导致探究活动进展困难，在第 2-4 周进行“分析问题”“寻证意识”专题训练。“地球运动”单元以寻证为主线，学生在模拟实验以及地球资料卡中寻找证据支持观点。第 2 周学习主题为寻证意识训练，《人类认识地球运动的历史》课程中为学生发放资料卡，引导各小组进行自学，发布学习任务为“日心说”“地心说”的主要内容；寻找证据证明观点的科学性。组织组间进行信息交流，借助气泡图进行信息梳理。在《昼夜交替》课程中，学生进行模拟实验进行证实与证伪。帮助学生树立证据支持观点的意识。

第 3 周学习主题为分析问题训练，《谁先迎来黎明》课程中，发布学习任务后，小组研讨进行问题分析，研究者以第一视角带领学生逆向思考分析问题，再正向顺序解决问题。具体过程如下：首先以问题链带学生逆向思考，想要做模拟实验验证想法，为完成实验，应具备哪些实验条件？学生回答：地球自转方向、方位、地球与太阳的相对位置等。引导学生将拟解决的大问题分解成若干子问题，再调动知识与认知逐个解决子问题，最终达到解决问题的效果。本课为学生分析问题提供思路，还需大量的训练以达到教学目标。因此在后续教学中逐步进行训练与深化。

第 4 周学习主题为分析问题与寻证意识的综合训练，目标是将学生的提取信息、分析问题、寻证证实与证伪能力进行融会贯通。小组首先对发布任务进行分析，提出若干观点，后以模拟实验为证据证实观点或反驳观点。小组活动结束后，进行班级辩论会，正方与反方分别提出观点，双方以科学的证据证实或进行反驳。

2. 一轮教学实践后反思与方案调整

在阶段学习后对学生进行访谈后发现，学生初步具有分析问题能力，但在提取信息以及信息整合过程中仍旧会出现问题，说明学生的系统性思维差，因此在后续训练中，将分析问题的思路进行思维导图或流程图的呈现在板书或者是课堂记录单中，帮助学生提升系统性思维。

通过课堂观察，研究者发现学生的寻证意识训练中调动认知存在困难，因此后续教学中着重引导学生在寻证过程中扩大证据范围，关注细节。

3. 第二轮实践研究过程

（1）情境教学

基于文献梳理以及国内外相关研究，结合前期学生的科学推理能力水平调查，其中主要关注于教师教学对学生科学推理能力的影响方面，发现学生在课程教学中科学学习兴趣影响学生的探究活动，因此本研究拟定运用情境教学以提升学生科学推理能力，依据课程内容，小组协作完成探究活动，构建情境教学模型（如图 4.2），并在第 5-11 周进行相关一系列的探究活动。

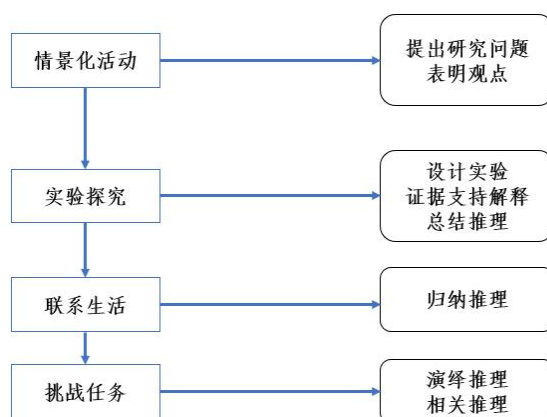


图 4.2 情境教学模型

实施过程中,创设情景化活动帮助学生分析研究问题、表明个人观点、激发学生探究热情;实验探究环节,以小组活动为主,引导学生设计实验寻找科学证据,组织研讨活动,梳理哪些现象表述为何种观点,总结推理发现科学现象;联系生活,出示更多相关生活实例,学生借助科学知识进行演绎推理,尝试解释这一现象。

在情境化活动环节,设计真实、富有挑战性或认知冲突明显的活动场景,结合日常生活创设适宜的情景体验活动,更为直接引发学生思考的活动和场景有助于学生提出观点、提出研究问题。可以参考不同版本的教学内容,设计新颖的游戏、熟悉的场景、学生相似的生活经历等达到教学目的,例如,在《不简单的杠杆》课程中,教科版教材以“用木棍撬动石块”活动引导学生进行探究活动,但学生日常生活中使用以撬动物体进行搬运的生活经验并不丰富,因此参考人教版教材相关课程,将学生生活中“玩跷跷板”的场景带入课堂,开展“利用身边物体搭建跷跷板模型”的活动,引导学生探索杠杆模型,进而提出“杠杆作用”的观点,详见附录 C。

在《轮轴》课程中,教科版教材中以“带轮小车搬运货物”活动导课,由于授课场地受限,活动展开困难,并且由于车辆轮子结构隐藏在车辆内部,学生很难通过观察自主发现轮轴中“轮带轴”“轴带轮”两种不同的使用方式。因此借鉴人教版教材中“拧瓶子”活动,学生迅速发现轮轴的使用区别进而帮助学生提出“轮轴作用”的观点。具体教学过程详见附录 B。

在探究活动环节,设计结构化记录单和实验材料,为学生学习提供支架。有思维结构的教学材料不仅可以呈现实验操作中获取的信息,还有整理信息和引导分析的功能,引发学生的积极思维。这种记录单往往伴随着有思维结构的探究方案,可以将获取的证据整理得更系统,更有利于分析、比较、归纳信息,为后续推理论证做好铺垫^①。例如,在实验记录单中设置实验证据记录填空句式、明显地提示反思评价的话语,具体情况详见附录 D;在《轮轴》一课的研究“轮轴作用”环节中,教师根据学生设计的活动方案,提供了自制轮轴模型材料(木棍和塑料瓶盖),且收集不同大小的瓶盖,为每个小组提供了不同的轮轴模型(各小组轮大小不同但轴的大小相同)。探究活动后不同小组数据不一致,进而引发学生继续探究。

^①夏晓峰. 以科学探究为抓手培养学生的推理论证能力——以“简单机械”单元教学为例[J]. 中小学科学教育, 2024,(04):76-80.

具体教学过程详见附录 B。

(2) 变量控制 (CVS) 教学

变量控制策略 (简称 CVS) 是指设计受控实验并从中做出有效推论的技能。本研究所涉及的探究活动大部分都是控制变量实验, 因此采用变量控制教学策略进行探究活动, 遵循学生的认知发展规律, 组织小组合作学习, 在探究活动的各个环节中发展学生的推理能力, 如图 4.4:

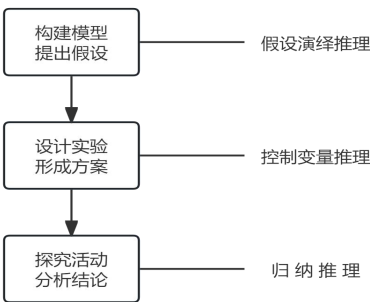


图 4.4 CVS 教学模型

强化训练证据意识, 发展学生的演绎推理能力。思维不仅需要广度, 更需要深度。归纳推理, 是从特殊情形推导至一般结论的过程, 在发现规律、构建概念方面颇具优势。与之不同, 演绎推理乃是从一般原理推导出特殊情况的过程。学生归纳出科学规律或概念后, 可借助实验对其进行验证, 以此深化对科学规律及概念的理解。因此, 设置富有挑战性、难度逐步增加的学习任务, 从获得概念到理解概念再到应用概念的学习进阶活动中反复训练从而发展学生的演绎推理能力。

发展同伴协作力量, 实施 CVS 策略教学。变量控制策略是一种复杂的推理策略, 对设计、组织科学实验和解释实验结果起到至关重要的作用, 也是进行探究学习所必需的科学过程技能, 掌握变量控制策略是学生科学推理能力发展的重要一步, 为科学推理以及科学探究能力的发展奠定了重要基础。^①

对班级学生思维能力水平了解后, 进行重新分组, 原则上秉持着组内男女比例平衡, 各小组水平相近, 构建小组学习共同体以及班级学习共同体。在进行变量控制教学中巧借学习

^①梁晓雨. 中学生变量控制策略现状调查[D].山东: 曲阜师范大学, 2024.

共同体，引导学生在团队协同作用中进行方案设计、迭代反思以及对比实验后的数据分析与推理。

（3）评价学习过程，强化思维发展。

评价在科学教学过程中起到至关重要的核心作用，将评价环节贯穿到探究活动的过程中，本研究主要关注在探究活动中的生生评价，分为组内互评、组间评价以及学生自评三种，同时评价从活动过程角度还分为过程性评价以及总结性评价。以《轮轴》一课为例，在学生完成实验设计汇报以后，各小组学生依照评价表格对其发言进行点评，帮助其设计进行调整与修改，同时，此评价表也可作为小组内部进行自我反思的工具，具体评价表详见附录 E。在课程的最后，组内使用互评表进行组内投票，对学生本次学习过程的参与、发言、思考等方面进行评价，既可以促进学生关注自身不足树立学习目标，同时可以间接树立学习榜样形象，进而促进学生的学习。在这一过程中逐步构建“反思-迭代”双循环模式，将学生的思维外显化，追踪到学生问题迁移轨迹，使得认知发展具象化。

4.二轮教学实践后教学反思与调整

（1）归纳推理的专项训练

在课堂观察中发现学生接收到挑战任务后进行设计研究方案分析问题能力较为薄弱。所谓分析，即把研究对象在思维中分解成它的各个组成部分或要素，然后分别加以考察和研究，研究它们相互联系及相互制约的关系，研究它们之间的相互作用及在整体对象中的地位，考察它们对研究对象的状态及发展变化的影响，从而解释事物的属性和本质的方法^①。因此进行问题分析的专项训练，将主问题，借助于气泡图的方式分解成若干个子问题。以六年级上册第二单元第四课《谁先迎来黎明》为例，主任务为：北京和乌鲁木齐谁先迎来黎明，可分解成以下三个子问题：两地地理位置，地球自转方向，模拟实验确定两地谁先迎来黎明。而地球的自转方向的确定可以通过太阳东升西落的现象来确定，模拟实验的进行则可以继续用分解问题的方式进行方案设计，如图 4.4。

^①胡卫平. 科学思维培养学[M]. 北京：科学出版社，2004:37.

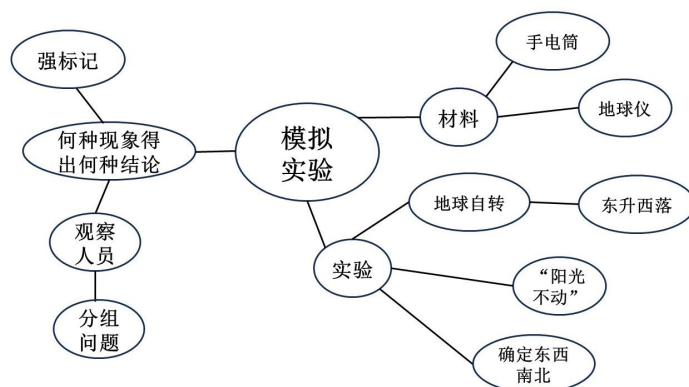


图 4.4 分析问题气泡图示例

（2）强化收集证据支持解释能力

以六年级上册第二单元第三课《人类认识地球运动的历史》为例，假说是依据事实进行合理假设的说法，是具有科学性且可以被实验验证的，因此假说都是有其科学依据的。因此教学中先将学习资料发放给学生，发放学习任务引导学生自学。任务包括：整理地心说和日心说的主要观点，这些观点提出的依据是什么，你还能找到哪些信息。通过搜集证据训练学生分析能力，强化证据意识。

5. 第三轮实践研究过程

经过两轮实践研究，逐步形成了完善的研究体系，在第 12-17 周以《电磁铁的强弱和哪些因素有关》为主题进行完整的教学实践，以写学习日记的方式，让学生进行记录每次学习过程，完成研究报告的书写，而后组织学生进行研究报告的汇报。

第 12 周课程主题是“如何书写研究报告”，主题内容包括介绍研究报告的主题内容后，引导学生小组研讨研究报告的作用；师生确定研究报告的侧重点；制订学习计划。其中重点强调学生记录清楚研究过程以及科学知识得出的推理过程。

第 13-14 周课程主题是《电磁铁的结构与特性》，本课程内容中的“设计实验”环节以及“分析并得出结论”环节为复杂推理过程，学生经历完整的变量控制教学活动后，第 15 周进行研究报告的书写，强调研究报告将完整研究过程进行梳理。第 16-17 周学生各组进行展示、汇报与交流，并与学生共同树立研究过程，总结逻辑思维方法。第 18 周进行总结，学生

进行分享阶段学习的收获，对进步较大的学生进行表彰。

（六）实践结果分析

1.实验数据整体分析

将问卷后测数据进行分析处理，发现实验班与对照班学生科学推理能力整体水平具有显著差异。将实验组与对照组前、后测成绩进行正态性检验（见表 4.4）。

表 4.4 正态性检验

数据	柯尔莫戈洛夫-斯米诺夫 a			夏皮洛-威尔克		
	统计	自由度	显著性	统计	自由度	显著性
实验班前测	0.123	40	0.156	0.975	40	0.533
实验班后测	0.178	40	0.094	0.847	40	0.082
对照班前测	0.164	40	0.108	0.921	40	0.078
对照班后测	0.134	40	0.168	0.970	40	0.467

a. 里利氏显著性修正

从表 4.4 可以看出，对照班前测的数据 $P=0.078>0.05$ ，符合正态分布；实验班后测的数据 $P=0.082>0.05$ ，符合正态分布，因此可以对两组数据进行配对样本 t 检验。将实验组与对照组后测总成绩使用 SPSS2.0 进行配对样本 T 检验，实验组 6（5）班成绩平均分为 16.56， $t_1=-8.823$ ， $P_1=0.000<0.05$ ，6（5）班后测成绩显著高于前测成绩。对照组 6（6）班成绩平均分为 14.65， $t_2=-3.227$ ， $P_2=0.003<0.05$ ，后测成绩显著高于前测成绩，但 $P_1<P_2=0.003$ ，实验组成绩提高得更多（见表 4.5、表 4.6）。

表 4.5 实验班前、后测总分配对样本 T 检验结果

数据	M±S	t	P
6 (5) 班前测	13.39±2.301	-8.823	0.000
6 (5) 班后测	16.56±2.122		

表 4.6 对照班前、后测总分配对样本 T 检验结果

数据	M±S	t	P
6 (6) 班前测	13.25±2.58	-3.227	0.003
6 (6) 班后测	14.65±2.107		

将实验组与对照组后测各维度成绩使用 SPSS2.0 进行配对样本 T 检验。

表 4.7 实验班前测与后测成绩配对样本检验结果

	配对差值					t	自由 度	显著性（双 尾）
	平均值	标准差	标准误差平 均值	差值 95% 置信区间				
				下限	上限			
守恒推理前测 - 守恒 推理后测	-0.60000	1.10477	0.17468	-0.95332	-0.24668	-3.435	39	0.001
控制变量前测 - 控制 变量后测	-0.17073	0.49510	0.07732	-0.32700	-0.01446	-2.208	40	0.033
假设演绎前测 - 假设 演绎后测	-4.92683	2.62098	0.40933	-5.75411	-4.09955	-12.036	40	0.000
相关推理前测 - 相关 推理后测	-.24390	0.58226	0.09093	-0.42769	-0.06012	-2.682	40	0.011
总结推理前测 - 总结 推理后测	-1.07317	1.08144	0.16889	-1.41452	-0.73183	-6.354	40	0.000
理解推理前测 - 理解 推理后测	-1.68293	0.93378	0.14583	-1.97767	-1.38819	-11.540	40	0.000

表 4.8 对照班前测与后测成绩配对样本检验结果

	配对差值					t	自 由 度	显著性 (双尾)
	平均值	标准差	标准误差 平均值	差值 95% 置信区间				
				下限	上限			
守恒推理前测 - 守恒推理后测	-.20000	1.34355	0.21243	-0.62969	0.22969	-0.941	39	0.352
控制变量前测 - 控制变量后测	-.05000	0.31623	0.05000	-0.15113	0.05113	-1.000	39	0.323
假设演绎前测 - 假设演绎后测	-.24390	1.46254	0.22841	-0.70554	0.21773	-1.068	40	0.292
相关推理前测 - 相关推理后测	-.12500	0.91111	0.14406	-0.41639	0.16639	-0.868	39	0.391
总结推理前测 - 总结推理后测	-.13000	0.10477	0.17468	-0.55332	-0.24668	-1.035	39	0.401
理解推理前测 - 理解推理后测	-.07500	0.97148	0.15942	-0.61768	-0.15232	-1.984	39	0.310

从表 4.7、表 4.8 可以看出，对照班后测的科学推理各维度得分的均值与前测相比变化不大，对照班的 p 值均大于 0.05，说明对照班前测和后测总体和各个维度不存在显著性差异，但对照班后测均值较前测均值有细微的提升，由此可见，传统教学模式对培养学生的科学推理能力有一定的作用，但作用并不显著。

2.实验组与对照组学生科学推理能力表现情况

将被测学生的前测数据与后测数据进行对比分析，实验班和对照班后测成绩平均分均高出前测成绩平均分，但实验班后测成绩高出前测成绩 3.17 分，对照班后测成绩仅高出前测成绩 1.4 分（见表 4.9）。

表 4.9 学生科学推理能力前、后测整体平均分对比

	班级	前测平均分	后测平均分	差值
科学推理能力	实验班	13.39	16.56	+3.17
	对照班	13.25	14.65	+1.4

因此将实验组与对照组的后测数据使用 SPSS2.0 进行独立样本 T 检验， $t=4.067$ ， $P=0.000 < 0.05$ ，实验组 6（5）班成绩显著高于对照组 6（6）班成绩。说明实验组与对照组相比，学

生的科学推理能力水平提升更快，教学干预对学生的科学推理能力水平有明显正向作用（表 4.10）。

表 4.10 实验组和对照组后测独立样本 T 检验结果

班级	M±S	t	P
6（5）班后测	16.56±2.122	4.067	0.000
6（6）班后测	14.65±2.107		

将实验班地前测成绩与后测成绩进行对比。本研究所用学生科学推理能力调查试卷总分 21 分。数据表明，实验前学生的平均分在 12~15 分居多，高分段（16~19 分）人数较少仅 8 人，低分段（8~11 分）9 人。经过一段时间的教学干预后，实验班的成绩有所提高，低分段学生人数仅有 1 人，中分段（12~15 分）人数降低，但高分段人数高达 30 分，由此可见，低分段和中分段学生成绩均有提升，学生的整体科学推理能力提升，从分数上看，学生的科学推理水平呈现较高水平（见图 4.5）。

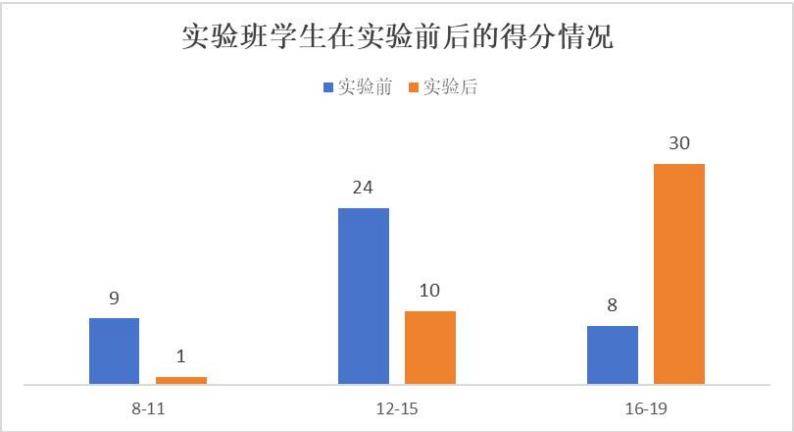


图 4.5 实验班学生实验前后得分情况

3.实验组学生在不同推理维度上的表现情况

(1) 实验组实验前后科学推理能力各维度表现情况分析

将实验班实验前后的科学推理各维度发展情况进行梳理,由数据可知,进行实验干预后实验组学生的假设演绎推理能力显著提升,其中“提出问题”维度提升 2.88,说明情境教学有利于学生提出问题以及解决问题;“归纳推理”维度提升 29.2,说明学生的分析综合能力有较好的提升;“演绎推理”维度提升 23.17,说明教学策略对学生演绎推理能力有显著正向作用;“证据支持解释”维度提升 39.03,说明学生树立了很好的证据意识。守恒推理水平小幅提升 5.9,控制变量推理能力提升 16.83,说明学生设计实验能力明显提升。学生的总结推理水平小幅上升,但理解推理水平提升 42.07。从数据可知,通过实验干预学生的科学推理整体水平有较大提升,其中假设演绎推理以及理解推理水平增幅最大(见表 4.11、4.12)。

表 4.11 实验组前后测科学推理不同维度水平对比(一)

维度	守恒推理	控制变量推理	假设演绎推理				相关推理
		设计实验	提出问题	归纳推理	演绎推理	证据支持解释	
实验班前测正确率	62.8%	73.17%	95.12%	62.6%	68.29%	54.14%	87.8%
实验班后测正确率	68.7%	90%	98%	91.8%	91.46%	93.17%	95.93%
差值	+5.9	+16.83	+2.88	+29.2	+23.17	+39.03	+8.13

表 4.12 实验组前后测科学推理不同维度水平对比（二）

维度	总结推理	理解推理
实验班前测正确率	83.90%	39.63%
实验班后测正确率	84.14%	81.70%
差值	+0.24	+42.07

将实验前后测所有题目得分情况进行分析。实验班前测收集样本 40 份，后测收集样本 43 份，将未参加前测调查样本去除，后测数据样本也变更为 40 份，将学生在实验干预前和后试卷所得分数进行梳理，11 题、13 题、16 题、18 题后测成绩低于前测成绩，其余所有题目实验后成绩均高于实验前成绩。说明实验干预对学生的科学推理能力有显著正向作用。

表 4.13 实验班前后测成绩

题目	实验前成绩	实验后成绩	差值
3	35	36	+1
4	35	36	+1
5	17	22	+5
6	16	19	+3
7	39	40	+1
8	37	41	+4
9	38	39	+1
10	31	36	+5
11	39	37	-2
12	30	37	+7
13	31	30	-1
14	26	29	+3
15(1)	19	39	+20
15(2)	0	38	+38
16	41	40	-1
17(1)	34	41	+7
17(2)	14	41	+27
18(1)	40	39	-1
18(2)	27	39	+12

4.教学干预后实验组与对照组科学推理能力各维度表现情况分析

在本研究所使用的科学推理问卷中,各维度总分不同,分别是 4 分、13 分、2 分、4 分、4 分。现根据维度,将实验组与对照组在后测中的数据表现进行得分统计,分析如下:

①守恒推理维度分析

在进行教学实验之后,为了更直观地反映学生在守恒推理维度上的得分情况,现统计得分为 0 分、1 分、2 分、3 分、4 分的学生数量,并以占班级总数百分比的形式呈现在下图 4.6 中:

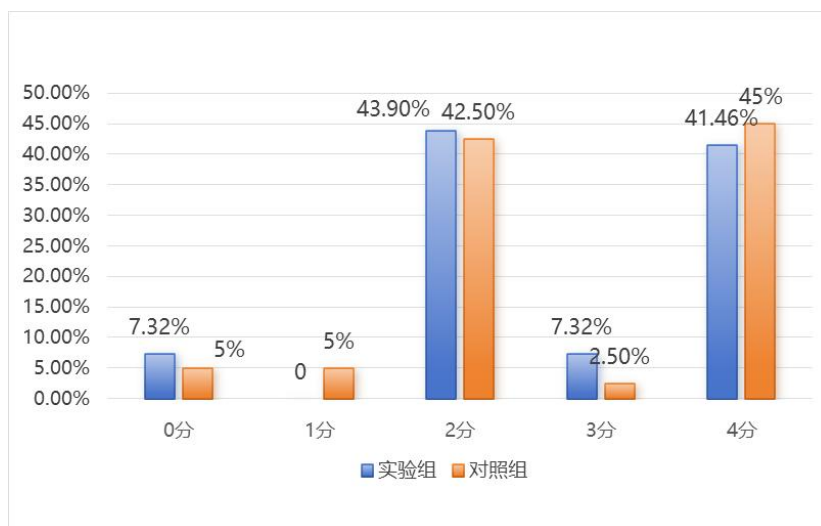


图 4.6 学生在守恒推理维度后测得分情况

由上图数据可知, 45% (实验班) 和 41.46% (对照班) 的学生获得满分; 43.9% (实验班) 和 42.50% (对照班) 的学生获得 2 分, 而少部分学生获得 0 分、1 分、3 分。呈现此现象的原因是本维度共两道复合题目组成, 因此学生完全答对一题则获得 2 分。其次, 获得 1 分和三分的同学人数少, 分析试卷发现, 大部分学生“小球质量变化”题目回答正确, 而“量筒水位变化”问题正确率很低, 由前所述, 实验前后实验班和对照班的变现差距不大, 说明该年龄段学生未掌握守恒概念。调查发现, 学生在该年龄段对于容积、体积等知识掌握不扎实, 数学学科刚刚接触容积的计算问题。但在“量筒水位变化”题目中考察了学生思维的可逆

性，同时说明教学干预未突出思维可逆性的培养，在后续研究中将继续深入探讨。

②控制变量推理维度分析

控制变量推理维度主要考查学生设计实验的能力，分数的设定上只有 0 分和 1 分，实验班与对照班得分占比情况如下图 4.7：

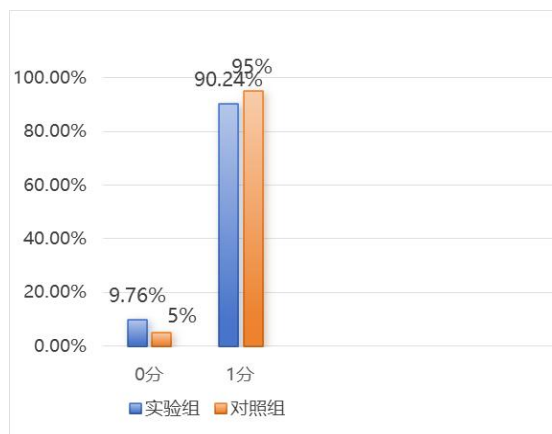


图 4.7 学生在控制变量维度后测得分情况

如上图所示，9.76%（实验班）和 5%（对照班）的学生未得分，90.24%（实验班）和 95% 的学生获得满分，实验班在该推理维度通过实验干预明显提升，但略低于对照班，说明实验干预可以在一定程度上提升学生的控制变量推理水平。但在实际教学中发现，学生设计实验能力的欠缺并非由于控制变量思想不够深入，是学生的系统性思维能力的欠缺，导致学生在设计实验时思考不全面。

③假设演绎推理维度分析

实验组班级在该维度上表现显著提升，假设演绎推理题目满分 16 分，因此为便于分析将分数段划分为，10 分以下、11 分、12 分、13 分、14 分、15 分、16 分。实验班和对照班学生在这—维度中的具体得分率呈现在下图 4.8：

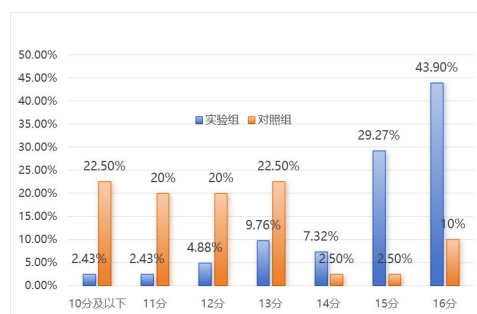


图 4.8 学生在假设演绎推理维度后测得分情况

由上图可知，43%（实验班）和 10%（对照班）的学生获得满分，且实验班在高分段（14～16 分）学生占比均远高于对照班，实验班在低分段（10 分以下）和中分段（11～13 分）学生占比均低于对照班。说明后测成绩实验班成绩显著优于对照班成绩，根据皮亚杰认知发展阶段理论，说明该年龄段学生的科学推理能力呈现较高水平，教学干预在很大程度上提升了学生的假设演绎推理能力。

假设演绎推理这一维度进行细化可分为，提出问题、归纳推理、演绎推理和证据支持解释四个维度，实验班和对照班学生在这几个维度中的满分率呈现在下图 4.9：



图 4.9 实验班和对照班学生假设演绎维度的满分率

由上图可知，在“提出问题”维度中 97.56%（实验班）和 100.00%（对照班）的学生获得满分，实验班与对照班成绩差距不显著。在“归纳推理”维度中 68.29%（实验班）和 22.50%

（对照班）的学生获得满分；在“演绎推理”维度中 65.85%（实验班）和 30.00%（对照班）的学生获得满分；在“证据支持解释”维度中 75.61%（实验班）和 12.50%（对照班）的学生获得满分，在以上三个维度中，实验班成绩均远高于对照班，情境教学有助于在促使学生扎实掌握知识的同时，稳步提升他们的思维能力。此外实验组学生的归纳推理能力、演绎推理能力水平一般，根据皮亚杰认知发展阶段理论，表明过半学生获得了逻辑推理能力，在后续研究中有很大的提升空间。

④相关推理维度分析

由图 5.6 可见，实验班学生获得满分比例高达 92.68%，同时对比实验干预前的数据，有显著提升，表明情景教学对提升学生的相关推理能力有显著正向作用，学生将推理能力演绎到生活中的其他方面，从而影响学生在不同情境下的逻辑推理能力。

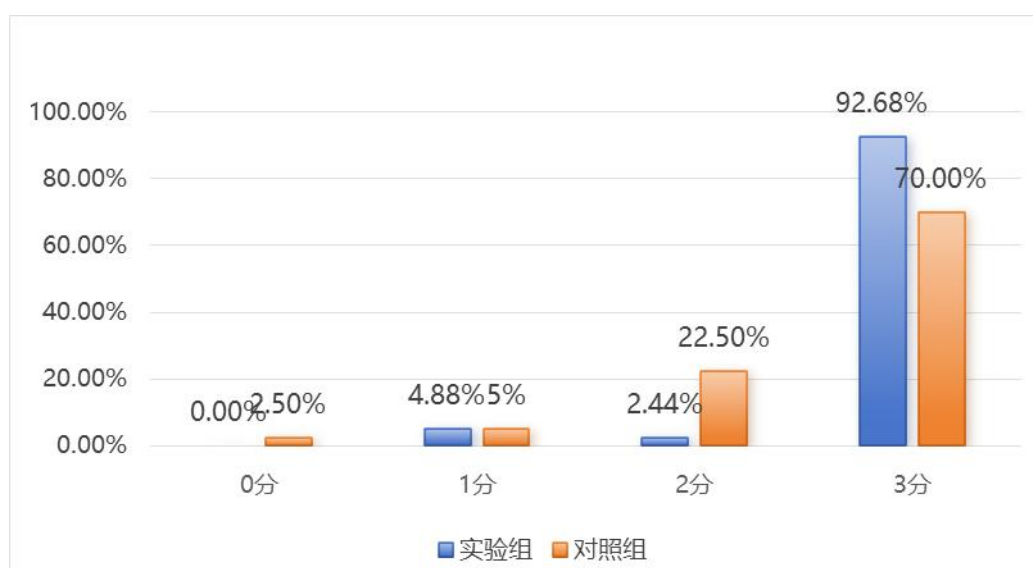


图 4.10 学生在相关推理维度得分情况

⑤总结推理维度分析

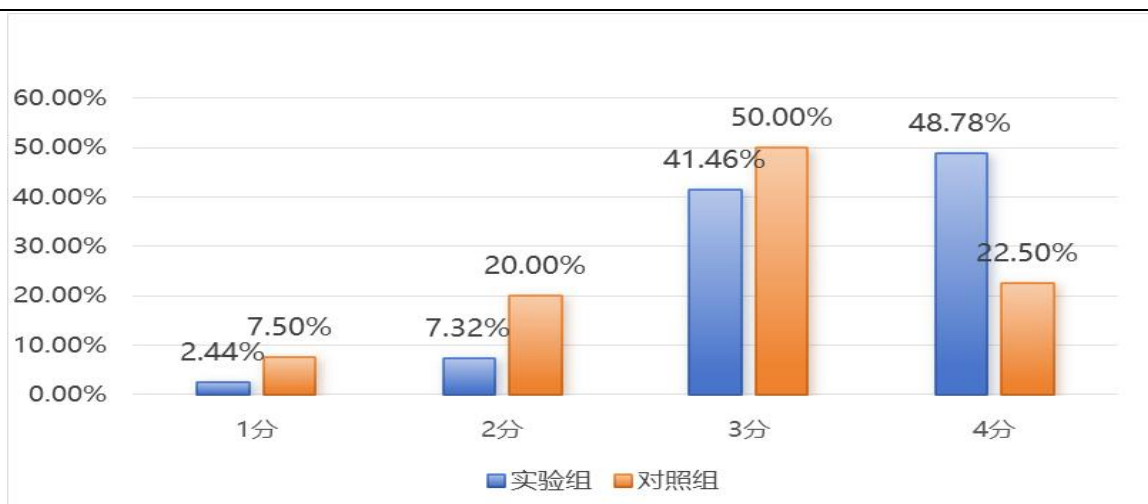


图 4.11 学生在总结推理维度得分情况

由上图可见，48%（实验班）和 22.5%（对照班）的学生获得满分，41.46%（实验班）和 50%（对照班）的学生获得 3 分，表明教学干预在总结推理维度中对实验组学生具有明显的提升作用，学生的总结推理能力呈现较高水平。

⑥理解推理维度分析

理解推理维度满分 4 分，实验后学生得分占比情况如图 4.12：

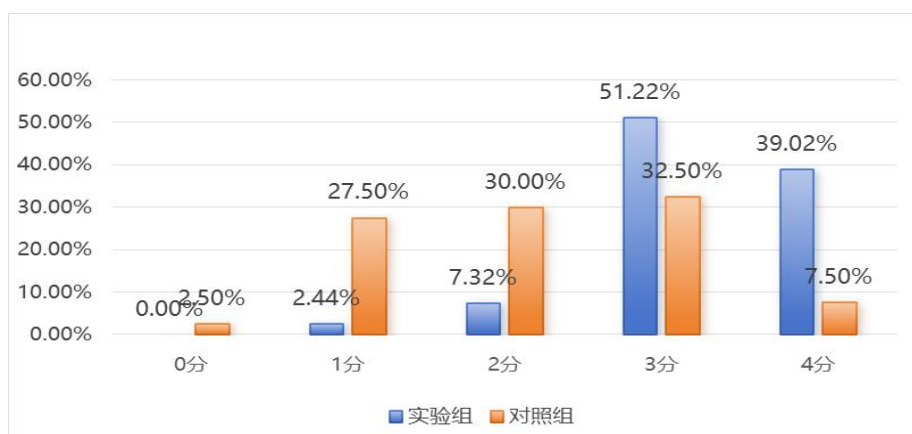


图 4.12 学生在理解推理维度得分情况

由图 3.13 可知，实验班学生获得满分人数达 39.02%，获得 3 分人数高达 51.22%，而在低分数段（1~2 分）对照组学生得分占比远高于实验组，表明情景教学对学生的推理能力强

化作用明显，有效地提升了学生的认知水平。

（3）整体分析

实验组学生的科学推理能力实现了显著提升。数据分析显示，经过教学干预，实验班学生在科学推理能力的整体水准上，显著领先于对照班。详细来看，在守恒推理、变量控制推理、假设演绎推理、相关性推理、归纳推理以及理解性推理这六个维度方面，实验组与对照组均呈现出明显差异，且实验组的成绩更为优异。

此外，研究者还观察到，学生在各类推理维度的发展情况不尽相同。特别是在假设演绎推理维度上，情景教学展现出更为显著的提升效果，这一变化在实验班接受教学干预后尤为明显。实验班进行教学干预后，学生的归纳推理能力、演绎推理能力以及使用证据解释科学原理的能力有明显提升，在“衣服的颜色怎么变了”题目中学生能判断出正确答案并能分析情境中的有效信息，摘取充分证据以清晰地说明正确的判断理由。同时说明学生理解推理的能力有效地提升。

进行 CVS 教学后，学生设计实验的能力有显著提升。在控制变量推理维度中的“液体蒸发”项目，属于基础控制变量，其项目考查学生是否能根据变量是可测量的、可控制方面来描述一项设计良好的科学调查。但实验前测显示实验班成绩偏低，因此在教学根据教材设置实施 CVS 策略。实验班在设计实验方案时，通过学习共同体作用，强化学生的系统性思维，从而提升学生设计实验的能力，从整体上看，学生的控制变量成绩明显优于教学干预前。

在理解推理维度的三个项目中，“小球问题”项目的正确率普遍很低。原因是，学生对容积问题理解不上去，一是学生对容积概念不清晰，难以建立空间观念，同时难以与容积知识建立联系理解问题。另一方面，说明学生在 5 年级学习“浮力”知识理解不透彻，以此导致学生对于容积、体积的问题尚不确定。在“衣服颜色变化”项目中，学生呈现得出结论但对于结论的解释却是无逻辑的，在“商店的服务员给错他们衣服了吗？请用调查的结果解释你的答案。”这一问题中，学生一部分学生由于在前文中搜索信息错误，只关注到颜色的叠加生成新颜色的问题，而忽略了店铺灯光与阳光下的白光不同这一生活现象，导致结论也是错误的。但在对实验班学生进行专项训练后，学生的理解推理能力水平明显优于对照组。

5. 学生课堂表现情况及教学反馈情况

经过两轮的教学实践后，实验班学生的寻证意识逐步成熟，在后续的教学活动中，学生在汇报交流时，出现了“我认为……，因为我在……中发现……”或者“我观察到……，这说明……”句式。学生的思维脉络清晰，能够快速在研讨中发现新问题，并展开进一步的深度交流。反观对照班在全班交流时，会出现七嘴八舌交流后，研讨内容偏离主线任务的情况，需要教师加以引导进而发现探究问题。

在第二轮教学实践过程中，实验班的学生们的科学学习热情高涨。在第5课时后，实验班学生主动到办公室询问下节课需要的科学备品，并表示对下次课程抱有期待。同时对学生的课堂满意程度以及学习情况进行回访调查，学生表示更喜欢近期的科学课堂。主要表现在学习小组能够提高研究效率，教师发布的挑战任务能够将知识推到更深层次，评价环节提升了学生的自我认知等方面。

在课堂教学实践中，实验班学生通过系统的推理训练，能够从复杂的问题情境中提取关键信息，经过严谨的推理验证后，形成条理清晰、依据充分的解决方案，将知识灵活运用到实际问题的解决当中，展现出较强的知识迁移能力与问题解决素养。反观对照班学生，由于缺乏这种系统训练，面对同样复杂的问题情境时，即便绞尽脑汁，得出的结论也常常漏洞百出，缺乏关键证据支撑，无法有效解决问题，在知识应用和能力拓展上明显落后于实验班学生。这些发现表明，情景化教学策略在提升学生科学推理能力方面具有显著效果，能够有效培养学生的逻辑推理思维，对推理能力的提升产生积极影响。

五、研究结论与展望

（一）研究结论

在小学阶段开展提升高年级学生科学推理能力的实践探究，本研究选用问卷调查法与准实验研究手段。以皮亚杰认知发展阶段学说、建构主义以及情境认知教学理论为指引，参照教科版小学科学教材的编写特性，深入探寻契合提升科学推理能力教学的内容，进而精心设计教学方案。对教学对象开展为期一学期的教学干预活动，成功构建出契合本研究要求的前测与后测问卷以及小学生高年级学生科学推理能力影响因素调查问卷；再根据调查数据分析学生的科学推理能力水平以及其影响因素；最后，对被试学生科学推理能力的前测、后测数据，以及课堂干预状况展开深入剖析。通过研究分析，归纳出适用于教学过程的实施建议与相应的教学策略。希望这些研究成果，能给科学教学实践活动提供助力，为促进推理思维发展贡献参考价值。

1.小学高年级学生科学推理能力的整体水平有待提高

经由课堂教学中的细致观察以及试卷成绩的深度剖析，研究者发现小学高年级学生在一般推理能力方面表现尚可，然而高阶逻辑推理能力却较为薄弱，亟待进一步强化提升。从调查数据结果来看，大部分学生的成绩处于中等分数段，仅有少部分学生的成绩处于低分段和高分段。在教学中，学生在进行设计实验的环节中，呈现设计方案不完整的情况，说明学生的系统性思维相对较弱，同样的情况出现在学生对观察的现象以及结论寻找证据进行解释时，使得学生在调动已有科学事实尝试解释现象与结论遇到困难，影响学生的进一步归纳演绎，致使学生的高阶思维发展滞后。究其根本，学生在年龄发展到达思维发展的时期，但其思维能力水平确是不足的，教师在进行探究教学时，应在学生不同的发展阶段进行有效的思维训练，顺应学生的年龄发展适时的帮助其思维能力发展，因此在教育教学实践中还需在提升学生的科学推理能力上予以重视。

2.教学干预较常规教学更有利于提升学生的科学推理能力

本研究证实了情境教学法以及 CVS 策略对培育学生科学推理能力具有积极作用。这两种方式都可以帮助学生更好地解决自己的问题，同时也可以帮助他们更好地解决问题。使其跨越自身的最近发展区，显著提高学生的科学推理水平。在具体的教学实践阶段，对照班采用常规教学方式，学生的科学推理能力整体平均分虽有上升，但与采用情境教学和 CVS 策略的实验班相比，提升幅度较为有限。教学创设贴近生活情境的问题作为载体，有利于激发学生的学习欲望，帮助学生对科学事实的建构与掌握。设置挑战性任务为主线，激发学生求知欲的同时，引导学生做进一步的推理分析，有逻辑性地完成问题解决，则可能对学生的自主学习以及提升其科学推理能力有正向驱动作用。

3.影响学生科学推理能力的外部因素

学生的科学推理能力可以通过教师教学得以发展。通过问卷调查以及数据分析发现，家庭参与、教师教学、同伴协作交流对学生的科学推理能力都具有积极的促进作用。在教师教学中，切实的情景实践活动可以帮助学生调动科学探究元认知进而提升“提出问题”这一维度的科学推理能力。变量控制策略则对“实验设计”“推理及得出结论”“证明”三个维度的科学推理能力促进作用较大。

4.提升科学推理能力需要采用一定的教学策略

基于对学生科学推理能力的量化评估，以及教学实践进程中的切实洞察，为有效提升学生的科学推理能力，在教学设计与实施层面，可遵循如下策略。

（1）借助问题情境的创设，引导学生搭建研究模型

根据研究问题创设符合生活实际的情境，组织情景实践活动，例如，故事、游戏、绘画等方式提炼生活情境中的探究问题，学生在观察、分类、对比中提取到有效地信息。建构学习模型，对研究事物充分了解，推动下一步的推理验证，初步培养学生具体问题具体分析的习惯。例如，学生对轮轴、杠杆的探究学习中，机械工具在日常生活中非常常见，但学生对

于杠杆、轮轴的结构却是不明确的，因此为了便于进一步的问题探究，以及学生对于探究结论的理解应用，在探究活动前先明晰杠杆或轮轴的结构。杠杆的结构通过“小同学可以撬动大老师”的游戏，学生用直尺、小重物进行跷跷板的搭建，游戏中发现杠杆结构。在探究杠杆省力规律后，学生更容易在生活场景中发现杠杆结构。

（2）评价活动加强同伴协作对科学推理能力的促进作用

组建小组学习共同体和班级学习共同体，在组内进行异质分组，在组间形成同质分组，促使小组内各成员优势与劣势不同。组内个体间个性不同、能力高低、性别互补，组内各成员梳理证据、推理形成观点。组间进行辨析、研讨、归纳推理、梳理思路。在不同观点的输出与辩论中，增强学生的语言表达能力，梳理清晰地逻辑思维，进而加深对问题的理解。发散逻辑思维以及批判性思维的训练后进行自评和互评，调动学习积极性，促进学生相互成长。

（3）鼓励学生的表达，将思维过程外显

鼓励学生基于证据的表达，基于证据的合理判断引发的科学推理才是具有强逻辑性的思考过程，因此发展学生的科学推理能力，科学的表达从而提升学生的证据意识是关键。为提升学生的表达逻辑性，可以为学生提供表达句式。例如：我的观点是……，依据是……。鼓励学生评价他人的发言，例如：我同意（不同意）他的观点，因为他的依据是（不是）合理的或科学的。

在变量控制策略教学中，需要学生对于研究问题以及影响因素的分析，还需要在对实验后的数据分析与处理。为强调学生对实验数据与现象之间的关系分析，以形成有逻辑关系的证据，在研讨环节鼓励学生清晰表达得出结论的科学依据。

（二）研究建议

1. 注重逻辑思维的养成

一线教学中，教师进行教学反思的同时也应关注学生的学习反思，反思学习过程、思考方式、语言表达、团队协作等方面，加强学生的不断反思和复盘。加强思维的可逆性，可以使学生思维能力快速提高。加强逻辑思维的养成，既包括对自我行为的反思也包括对他人表述的反思。因此教师应关注学生的逻辑思维，巧用评价策略，帮助学生反思学习过程，同时

帮助学生自我检测，引导学生自主学习，强化自主推理学习，进而可以提高学生的科学推理能力。

2.加强因果关系训练

一般科学推理能力学生在日常课程学习中可逐渐形成，但较高水平的科学推理能力则是发展不均衡的。因果关系在证据推演、归纳推理、理解推理过程至关重要。在科学推理能力调查问卷中发现学生在“理解推理”维度上的表达因果关系不明确，逻辑性差的情况。因此说明学生的因果关系梳理不清晰，影响学生高阶科学推理水平的发展。

3.定期测评学生的科学推理能力

对学生开展阶段性科学推理水平测试，剖析学生在各维度能力的整体状况，有助于教师深入了解学生的科学推理能力。通过这种方式，教师能够精准把握学生在不同推理维度上的优势与不足，为后续针对性教学策略的制定提供有力依据。定期监测学生情况促进教学相长。同时，阶段测试营造良好学习氛围，帮助学生自我检测，了解薄弱环节，调整学习共同体的组成。引导学生课下进行自主学习，强化思维训练，进而得到思维能力的提升。

（三）反思与展望

本研究通过教学实践发现，情境教学与变量控制策略在推动学生科学推理能力发展方面具有显著成效，但研究过程中仍存在不充分之处，有待后续研究改进完善，具体表现在以下几个方面：

首先，教学干预时间不足。由于本研究依托教育实习开展，样本选择范围受限，未能将五年级学生纳入研究范围。同时，受限于教材内容设置，研究未对“守恒推理”维度进行专门的教学干预，导致后测结果显示学生在该维度的发展不够显著，仍具有较大提升空间。建议后续研究在保证常规教学任务的前提下，对此进行拓展性研究。

其次，高质量的变量控制策略对学生推理思维的培养具有重要作用。然而，在实际教学过程中，由于课时限制，在实验设计环节未能充分激发学生的发散性思维。虽然在学生讨论

环节关注了批判性思维和语言表达能力的培养，但未能有效引导学生进行学习反思。建议在今后的教学实践中引入科学写作策略，帮助学生系统梳理推理过程，建立完整的逻辑体系。

再次，学生的科学推理能力发展呈现出不均衡的特征。尽管整体教学效果良好，但各子维度的发展水平存在差异：部分维度提升显著且达到较高水平，而另一些维度虽有进步但仍未达到理想水平。目前仅对学习环境和能力水平等进行了初步分析，具体影响因素尚需深入研究。

基于以上发现，未来有必要继续开展相关实践研究，通过持续探索，为培养学生的科学思维与能力提供更具建设性的教学建议。

参考文献

（一）中文文献

- [1]中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022 年版)[S]. 北京:人民教育出版社, 2022.
- [2]张华, 李敏. 小学科学课堂探究活动实施现状的实证研究——基于东部六省的调查分析[J]. 课程·教材·教法, 2023,43(5):78-85.
- [3]中华人民共和国教育部等十八部门. 关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL].(2023-05-29)[2024-07-20].http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/202305/t20230529_1060476.html.
- [4]王建军, 刘红霞. 科学推理能力测评框架的构建与验证[J]. 教育研究与实验, 2021(4):56-62.
- [5]严文法, 胡卫平. 国外青少年科学推理能力研究综述[J]. 外国中小学教育, 2009,(05):23-28.
- [6]广玉兰. 基于“情境式教学”培养科学推理能力[J].物理通报, 2024. (12):53-56.
- [7]王祖浩.科学学科能力建构及测评研究[D].上海:华东师范大学出版社, 2024.
- [8]王晶莹, 张奇, 郑国民. 科学推理能力的结构与测评研究综述[J]. 课程·教材·教法, 2018, 38(6):115-121.
- [9]张殷, 罗星凯, 张红霞.科学教师批判性思维倾向与课堂行为的研究[J].全球教育展望, 2018,47(08):59-68.
- [10]罗星凯, 李萍, 张殷. 科学推理能力量表的编制与验证[J].心理发展与教育, 2015, 31(2), 215-222.
- [11]王祖浩.化学学科核心素养测评中的科学推理能力研究[J].化学教育, 2018,39(10):1-6.
- [12]罗玛.“证据推理”科学能力的实证研究[D]. 华东师范大学, 2018.
- [13]左成光. 小学生科学推理能力及其影响因素研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [14]郎筠. 皮亚杰认知发展理论简析[J]. 科技信息, 2011(15):160+159.
- [15]罗仙金. 简析建构主义教育理论及教学方法[J]. 福建教育学院学报, 2003(01):90-91.
- [16]高文. 情境学习与情境认知[J]. 教育发展研究, 2001,(08):30-35.
- [17]梁国强. 高中物理情境教学中培养学生科学推理能力的研究[D]. 河北师范大学, 2020.
- [18]曾海辉. 基于“证据推理”的化学教学设计——以“解密自热包”为例[J]. 化学教学, 2022, (09):46-50+56.
- [19]夏晓峰. 以科学探究为抓手培养学生的推理论证能力——以“简单机械”单元教学为例[J]. 中小学科学教育, 2024,(04):76-80.
- [20]梁晓雨. 中学生变量控制策略现状调查[D]. 山东:曲阜师范大学, 2024.
- [21]胡卫平. 科学思维培养学[M]. 北京: 科学出版社, 2004:37.
- [22]艾彤. 科学推理能力和物理问题解决能力的对比研究[D]. 首都师范大学, 2013.
- [23]陈庆飞, 雷怡, 李红. 不同概念范畴和特征类别对儿童归纳推理多样性效应的影响[J]. 心理学报, 2010,(2):241-250.

- [24]罗蓉, 胡竹菁. 相似性、相似性组合及元认知监控对问题类比推理的影响研究[J]. 心理与行为研究, 2010,(4):246-251.
- [25]迟维东. 逻辑方法与创新思维[M]. 北京, 中央编译出版社, 2009.
- [26]孟庆茂, 刘红云, 赵增梅. 心理与教育研究方法、设计及统计分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [27]黄国龙. 科学创新视野下科学推理核心素养培养策略探索[J]. 物理通报, 2021(03):141-145.
- [28]赵柳, 李春密. 基于情境认知促进高中生科学推理能力提升的教学模式研究[J]. 物理教学, 2020,42(02):13-14,21.
- [29]陈爱文. 科学推理素养目标及其达成途径的探究[J]. 中学物理教学参考, 2021,50(13):6-8.
- [30]沈兰. 高中物理学科中设计问题链培养学生的科学推理能力[J].上海课程教学研究, 2022(09):6-10,33.
- [31]张广宏, 顾益芳. 科学推理与合理建模在物理教学中的作用浅析——以“气泡运动问题”为例[J].中学物理教学参考, 2020,49(16) :30—32.
- [32]李鸿彬. 推理论证的逻辑性违悖与缺失例析[J].物理教师, 2017,38(10):25—27.
- [33]任唯, 刘东方. 科学推理能力的构成及其考查研究[J]. 化学教学, 2015(03):63—66.

(二) 外文文献

- [31]Piaget J.The Psychology of the Child[M].New York:Basic Books,1972:12-17.
- [32]National Research Council.A Framework for K-12 Science Education:Practices,Crosscutting Concepts,and Core Ideas[M].Washington,DC:The National Academies Press,2012:67-68.
- [33]OECD.PISA 2018 Results (Volume I):What Students Know and Can Do[R].Paris:OECD Publishing,2019.
- [34]NGSS Lead States.Next Generation Science Standards:For States,By States[S].Washington,DC:The National Academies Press,2013.
- [36]Kuhn.Children and adults as intuitive scientists[J].Psychological review,1989(96).674-689.
- [38]Lawson A E.The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching[J].International Journal of Science Education,2003,25(11):1387—1408.
- [39]Stuessy C.Path Analysis:A Model for the Development of Scientific Reasoning Abilities in Adolescents[J].Journal of Research in Science Teaching,1984,26(1):41-53.
- [40]OECD.PISA 2018 Assessment and Analytical Framework[M].paris:OECD Publishing,2019:56-57.
- [41]Hazelkorn E,et al.Research and Innovation in Science Education[M].Springer,2014:178-179.
- [42]Zimmerman C.The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. [J].Developmental Review,2007,27(2):172-223.
- [43]Han,Jone-Ha.The Cognitive Development of Secondary School Students in the Republic of Korea[R].ERIC:ED285759,1987.

- [44]Lawson A E.Classroom test of scientific reasoning[J].Journal of Research in Science Teaching,2000,37(1),31-40.
- [45]Mullis I V S, et al.TIMSS 2023 assessment frameworks[R].International Association for the Evaluation of Educational Achievement,2021.
- [46]Andersen C,Garcia-Mila M.Scientific Reasoning During Inquiry[M].Science Education.SensePublishers, 2017;106.
- [47]Chen C T,She H C.The Effectiveness of Scientific Inquiry with/without Integration of Scientific Reasoning [J].International Journal of Science & Mathematics Education,2015,(1):1-20.
- [48]Kant J M,Scheiter K, Oschatz K. How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning[J]. Learning & Instruction,2017,(4):46-58.
- [49]Heijnes D,Joolingen W V,Leenaars F.Stimulating Scientific Reasoning with Drawing-Based Modeling[J].Journal of Science Education & Technology,2018,(1):45-56.
- [50]Lazonder A W,Wiskerke-Drost S.Advancing Scientific Reasoning in Upper Elementary Classrooms:Direct Instruction Versus Task Structuring[J].Journal of Science Education & Technology,2015,(1):69-77.
- [51]Kisiel J,Rowe S,Vartabedian M A,et al.Evidence for family engagement in scientific reasoning at interactive animal exhibits[J].Science Education,2012,(6):1047 - 1070.
- [52]Dunbar K N,Klahr D.Scientific Thinking and Reasoning[J].Cambridge Handbook of Thinking&Reasoning,2012,6(4):375-384.
- [53]Singh N K,Yadav A K.Inductive and Deductive Methods in Mathematics Teaching[J].Journal of Engineering Research and Application,2017,7(11):19-22.
- [54]Crocker S,Buchanan H.Scientific reasoning in a real-world context:The effect of prior belief and outcome on children's hypothesis-testing strategies[J].British Journal of Developmental Psychology,2011,(3):409.
- [55]Bilica K,Flores M.Inductive&Deductive Science Thinking:A Model for Lesson Development[J].Science Scope,2009:36-41.
- [56]Chen C T,She H C.The effectiveness of scientific inquiry with/without integration of scientific reasoning [J].International Journal of Science & Mathematics Education,2015,(1):1-20.
- [58]Kisiel J,Rowe S,Vartabedian M A,et al.Evidence for family engagement in scientific reasoning at interactive animal exhibits[J].Science Education,2012,(6):1047-1070.
- [59]Lawson A E.The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching[J].International Journal of Science Education,2003,25(11):1387—1408.
- [60]Lawson A E.The development of reasoning among college biology students—a review of research [J].Journal of College Science Teaching,1992,21:338-344.

[61]Kuhn D.Science as argument:Implications for teaching and learning scientific thinking[J].Science Education,1993,77(3),319-337.

[62]VYGOTSKY L S.Mind in society:The development of higher psychological processes[M].Cambridge:Harvard University Press,1978.

附录 A 小学生科学推理能力及影响因素调查（前测）

本调查结果仅供研究使用，不会对你造成任何影响，请放心作答。感谢你的参与。

1. 你的性别是： [单选题] [必答题]

☐ 男 ☐ 女

2. 你现在上（ ）年级了 [单选题] [必答题]

☐ 小学三年级 ☐ 小学四年级 ☐ 小学五年级 ☐ 小学六年级

第一部分 小学生科学推理能力的测验

第一题 小球问题

3. 假设现在有两个黏土小球，它们的大小、形状以及质量均相同。将其中一个小球压制成薄饼状的薄片。那么，对于这个薄片和剩余的小球，以下哪个陈述是准确的？（ ） [单选题] [必答题]

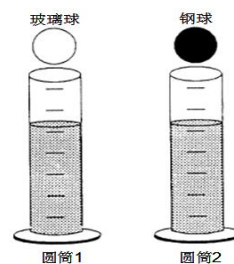
- ☐ 薄饼状薄片的质量比球重。
- ☐ 两者一样重。
- ☐ 球的质量比薄饼状薄片的重。

4. 原因是：（ ） [单选题] [必答题]

- ☐ 薄片覆盖了更大的区域。
- ☐ 球的重量更集中在一点上。
- ☐ 当物体被压扁时会损失重量。
- ☐ 黏土既没有增加也没有损失。
- ☐ 当物体被压扁时会增加重量。

5. 如右图呈现，两个圆筒规格一致，内部所盛水的高度相等。现有一个玻璃球与一个钢球，二者大小相同，然而钢球的质量远大于玻璃球。当把玻璃球置入圆筒 1 后，球下沉至底部，此时水面上升至第 6 条刻度线处。若将钢球放入圆筒 2，那么水面将会上升至（ ）。 [单选题] [必答题]

- ☐ 与圆筒1中水面高度相同。
- ☐ 比圆筒1中的水面高。
- ☐ 比圆筒1中的水面低。



6. 原因是：（ ） [单选题] [必答题]

- ☐ 钢球下落较快。
- ☐ 两个球用不同材料制作。
- ☐ 钢球比玻璃球重。
- ☐ 玻璃球产生较低的压强。
- ☐ 球的大小相同。

第二题 制作果冻

可口的果冻是我们喜爱的食品，你知道果冻是怎么制作的吗？今天，我们来学习一种简单的制作果冻的方法吧。果冻制作的过程如下图所示：首先，将果冻晶体放入热水中；其次，进行搅拌，使果冻晶体溶化；溶化后的混合物冷却后就可以让果冻成型，在果冻成型后就可以食用了。



下面是小聪用科学课上所学的科学方法来研究果冻的制作，请回答 9-13题。 小聪用 5 个碗来做果冻，他的步骤如下：

第 1 步，在每个碗中加入两杯热水；第 2 步，在每只碗中加入果冻晶体；第 3 步，搅拌这些混合物；第 4 步，把碗盖上并把它们放入冰箱中。他测量了每只碗中果冻成型所需要的时间，并将结果记录如下表。

碗的编号	果冻晶体的量 (汤匙)	成型需要的时间 (分钟)
1	2	210
2	4	185
3	6	没记录
4	8	115
5	10	90

7. 请问小聪想研究的问题是（ ） [单选题] [必答题]

- ☐ 热水的多少是否会影响果冻成型所需要的时间

☐ 有没有搅拌是否会影响果冻成型所需要的时间

☐ 有没有冰箱是否会影响果冻成型所需要的时间

☐ 果冻晶体数量的多少是否会影响果冻成型所需要的时间

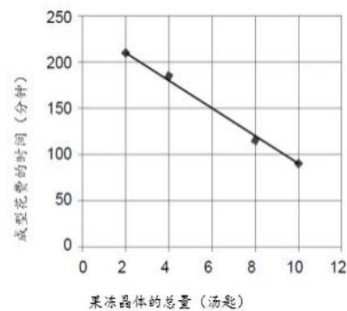
8. 根据小聪研究的问题和调查数据,可以得出的结论是() [单选题] [必答题]

☐ 热水的温度增高,果冻成型所需要的时间缩短

☐ 搅拌果冻晶体,会使果冻成型所需要的时间
缩短

☐ 果冻晶体的数量增加,果冻成型所需要的时间
缩短

☐ 如果没有冰箱,果冻成型所需要的时间将变长



9. 小聪根据调查结果做了一个调查结果的统计图
表,如下图所示。小聪忘了记录3号碗中果冻成型的时间。请你根据统计图的结果来预测
3号碗中果冻成型的时间是()分钟。 [单选题] [必答题]

☐ 210 ☐ 100 ☐ 150 ☐ 80

10. 小聪可用下列哪种方法使调查的结果更可信(即更有说服力)() [单选题] [必答题]

☐ 用冷水加速融化果冻晶体 ☐ 把果冻混合物放入不同的冰箱中来成型

☐ 在每个碗中加入不同的果冻晶体 ☐ 重复试验来获得更多的实验数据

11. 我们在吃果冻时,要用勺子划碎,慢慢地吃,不能一口吞食。在下列关于这一要求的解
释中,最合理的是() [单选题] [必答题]

☐ 划碎了的果冻更有利于我们消化

☐ 防止果冻块过大而堵塞呼吸道

☐ 这样更卫生,使我们不易得病

☐ 用勺子更容易把果冻划碎

第三题 哪种液体蒸发得快

晚上,小明在床旁边放了一杯水准备喝。他没有喝水,但几天后他注意到杯子里的水少

了。他知道这是因为水被蒸发了。

小明想弄清楚水和柠檬水谁蒸发得更快，他设计了一个实验：第1步，在一个杯子里加入100毫升水，在一个碗里加入100毫升柠檬水（如下图所示）；第2步，把两个容器放在窗台上，放在那里5天；第3步，每天记录两个容器中剩下液体的水平高度，并对其进行比较。



12. 下面描述的事实指出了小明实验设计中的一个错误，这会使测试不公平，从而使得出的结论不可靠，请你把它找出来（ ） [单选题] [必答题]

- ☐ 玻璃杯中水的体积比碗中柠檬水的体积多
- ☐ 装柠檬水的碗口比玻璃杯的杯口大
- ☐ 在窗台上放置的时间太长了
- ☐ 把两个容器都放在了窗台上

13. 小明改正了他的方法，使他的实验是一个公平的实验。他每天上午9点测量杯中剩余水和柠檬水的体积，持续观察了五天。他的结果记录在下面的表格中。根据小明的研究目的和调查结果，小明能得出什么结论（ ） [单选题] [必答题]

天	水 (ml)	柠檬 (ml)
1	100	100
2	96	94
3	82	88
4	80	73
5	76	65

- ☐ 水和柠檬水都被蒸发了
- ☐ 水比柠檬水蒸发得快
- ☐ 柠檬水比水蒸发得快
- ☐ 24毫升水和35毫升柠檬水被蒸发了

14. 根据第13题中统计表的数据，假如第6天的天气和前5天的变化不大，那么小明最有可能观察到水和柠檬水剩余的体积是（ ）毫升 [单选题] [必答题]

- ☐ 75,62
- ☐ 0,0
- ☐ 71,56
- ☐ 60,60

第四题 衣服的颜色怎么变了

小聪和小明去服装店买了一件橙色的衣服。在回家的路上，他们打开包给朋友展示新买的

橙色衣服。他们惊奇地发现，衣服看起来是红色的，而不是橙色的。小聪认为商店给错了衣服的颜色，但是小明认为衣服的颜色看起来不同是因为阳光和商店的灯光不同导致的。他们决定做一次调查来看看谁说得对。

调查 1：调查新衣服的颜色

小聪和小明拿来了电灯，它们有四种颜色，分别是白色的灯、红色的灯、黄色的灯和绿色的灯。他们将买到的衣服放在不同的灯光下观察新衣服的颜色。下图表示了他们在不同灯光下所看到新衣服的颜色。



15. 商店的服务员给错他们衣服了吗？请用调查的结果解释你的答案。（提示：请先作出判断，再进行解释） [填空题] [必答题]

调查 2：调查白色的衣服

小聪和小明还想知道其他颜色的衣服在不同颜色灯光下将会观察到什么样的颜色。他们将白色的衣服放在不同的灯光下进行观察。下图表示了他们所看到的颜色。



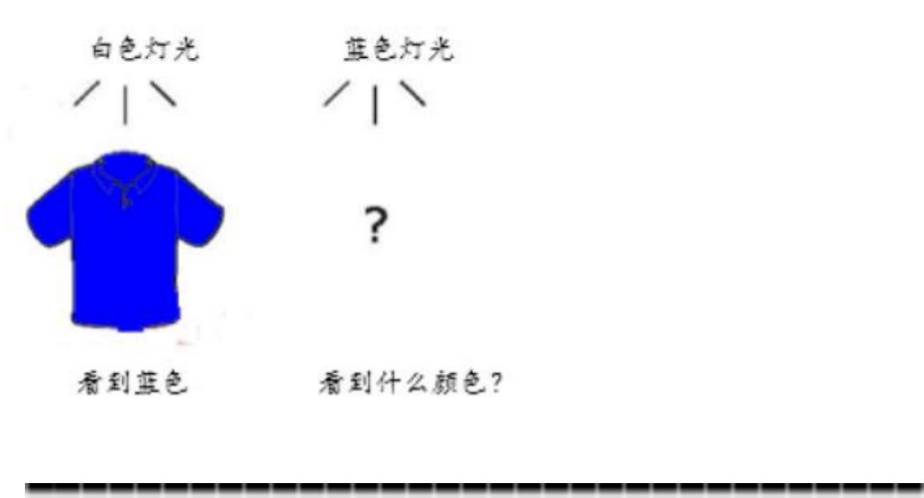
16. 根据上面的调查结果，你认为白色衣服在蓝色灯光下看起来的颜色是（ ） [单选题]

必答题]

☐ 红色 ☐ 绿色 ☐ 蓝色 ☐ 白色

17. 为了弄清楚其他颜色的衣服在不同灯光下所看到的颜色，小聪和小明之后又拿来了其他颜色的衣服进行探究。在白色光下，它看起来是蓝色的，如下图所示。你认为这件衣服在蓝色灯光下看起来是什么颜色？请用小聪和小明两次调查所得出的结论来解释你的答案。

[填空题] [必答题]



28. 根据以上调查结果，小聪和小明认为，为了在买衣服的时候避免造成类似的情况发生，他们建议衣服商店的灯光应该用白色的灯光。你同意他们的建议吗？请说明理由。 [填空题] [必答题]



第二部分 小学生科学推理能力的影响因素调查

小提示：这部分的内容没有对错之分，请选择最符合你实际情况的选项。

21. 你家里有与关于科学范畴的的书有（ ）本 [单选题] [必答题]

☐ 几乎没有 ☐ 很少 ☐ 十几本 ☐ 很多

22. 生活中下面的事件发生的频率是多少? [矩阵量表题][必答题]

	几乎从不	有时	经常	几乎总是
当你遇到生活中感兴趣的科学问题, 爸爸和妈妈会教你如何查找证据来回答	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
当你问爸爸、妈妈不知道的科学问题, 他们会和你一起上网或者是查阅书籍来查找答案	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
爸爸、妈妈和你一起种植植物/饲养小动物, 并讨论如何使它们健康成长	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
爸爸、妈妈和你一起在家里做科学小实验	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
爸爸、妈妈给你买与科学相关的图书	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
爸爸、妈妈给你报课外科技类兴趣班(如: 机器人制作、模型制作、科学实验兴趣班、科学体验营等)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	几乎从不	有时	经常	几乎总是
在课堂上, 你是否参与讨论	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
对于某一现象, 你是否会用科学知识进行解释	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
你是否与同学在课堂中展开激烈的争论, 寻找最优方案	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
课后, 你会和同学就感兴趣的科学问题展开调查研究	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. 你的科学课上发生下列事情的频率是多少 [矩阵量表题][必答题]

	几乎从不	有时	经常	几乎总是
科学课上，是否做实验	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师让你们对于某一问题大胆表达自己的见解吗	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师是否让你设计实验	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师让你们根据观察或实验的结果来回答问题或验证假设	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
你们会用观察或实验得出的结论来预测（推测）将来会发生什么	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师给你们讲解科学观察/科学实验的设计方法	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师与你们一同分析哪些方面（因素）会影响所要解决的问题	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
当遇到一个很多方面（因素）会影响一个问题的结果时，科学老师给你们讲解如何设计实验来研究每一个方面（因素）的作用	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师会让你们对同一物体进行多次观察/测量，并记录结果	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师会指出你实验设计中存在的问题	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	几乎从不	有时	经常	几乎总是
教师要求你根据自己的试验设计或研究成果来评估	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
教师要你们完成（设计）一份探究纪录表	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
在科学课堂上，老师会让你们交流观察/实验结果	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
课上教师要求你就观测和试验的结果交换意见。	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
如果你碰到一个有趣的科学问题，教师会教你如何去寻找证据。	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
教师在设计试验时，会强调控制变量法吗？	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师是否带你探索某一现象背后的多种原因	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
科学老师是否会告诉你科学结论是变化的。	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

附录 B 教学案例——《轮轴》

教材分析	<p>本课选自教科版小学科学六年级上册第三单元第四课。本单元前几节课分别系统的学习了斜面、杠杆等简单机械的基本原理及其在日常生活中的应用，本节课将目标聚焦于另一种简单机械——轮轴。本课的主要任务是以轮子为研究对象，让学生经历“发明背景—任务与测试—评估与交流—社会影响”的思维过程。整个过程学生能运用时间、用力、安全、灵活、损耗等多个指标来评判运输过程的效果，并把指标转化为证据，最后通过对实验现象思考理解感悟主要概念。</p> <p>本课教材围绕本单元“轮轴”这一核心内容，设计了2个活动，第一个活动是体验轮轴的作用，并探究背后的原理；第二个活动是在使用车轮的过程中评估轮轴的作用效果。在对比分析中，学生逐步明晰轮子具备多元效能。其能降低劳动强度以省力，加快运转节奏从而省时，实现灵活转向，保障行进平稳，更对安全有所增效。</p> <p>本课的研究，可以先从学生已有的生活经验入手，说说我们知道的车轮，将学生的关注点聚焦到车轮的作用上，后面的活动中学生将借助平板和手推车，完成在直线和曲线道路上运送不同货物的实际任务，并通过探索活动，找到一些与研讨问题相对匹配的合理解释。当然，此活动对学生探究技能设定了更高的标准。鉴于实际情形，学生需拟定更多用以评估的指标，最后将这些研究结果迁移应用到轮轴在生活中的应用中来。</p>
学情分析	<p>在前面的学习中，学生简单机械的作用有一定的了解。轮子虽然比较常见，但学生对于轮子的了解并不多，尤其汽车轮子的内部结构就不易被发现。但除了个人经验外，还有其他指标来评判运输过程的效果吗？如果有，如何把多种指标的共同影响进行综合考虑，从而提出一个符合实际情况的解释呢？这些都是学生在本课学习中面临的问题，需要在教学过程中进行引导性设计，并根据研讨内容的要求，在实验材料、活动规则、记录单设计等环节进行优化设计。</p>
设计理念	<p>通过各种科学现象来激发学生们的求知欲，鼓励他们积极地提问，并对这些问题进行大胆的猜测和表达自己的看法。在调查实践中，学生们要主动地搜集有关的证据，综合地分析和处理所获得的资料，利用逻辑推理把获得的信息转换成强有力的证据，来支持自己的论点。在教学过程中，老师要指导学生对别人的探索过程和已经被证实的看法进行检查，并鼓励他们提出合理的问题，促进他们的结论不断地改进。这样，就可以使学生在学习中形成一个严密的逻辑体系。根据学生对简单机械的结构特点的认识，在教学过程的各个环节，老师都要指导学生通过分析、对比、推理、归纳等方式，来获得探究的结论，不断地帮助学生培养推理推理能力。</p>

<p>教学过程</p>	<p>1. 聚焦现象，提出科学问题</p> <p>出示 2 张购物篮图片</p> <p>教师提问：超市里购物时买了很多东西，你会选择哪种购物篮？说说你的理由？</p> <p>组织学生在课堂过道内（直线和曲线）体验两种篮子搬运书包。</p> <p>学生总结发现有轮子的购物篮省力、灵活、速度快。</p> <p>教师活动：提炼学生观点，生成“有轮的推车运送物品比较省力、灵活”的概念，并板书。</p> <p>2. 引导猜想，提出科学观点</p> <p>观察启发思维：发放模型汽车、改锥、转笔刀等素材，观察其旋转位置及方向，并让学生绘制示意图，说明其构造及旋转方向。</p> <p>通过对三个简图的对比，发现他们之间的共通点。在此基础上，提出了一种简化的方法，即将三个物品的构造及旋转方向进行描述，由此得出了该轴的模型图。</p> <p>板书轮轴定义与结构。鼓励学生大胆猜想，轮轴省力的可能原因。</p> <p>3. 验证猜想</p> <p>（1）游戏初步体会轮轴作用</p> <p>2 人合作，通过拧瓶子体会轮轴作用。</p> <p>（2）再实验探索：围绕所提问题，设计明确的调查计划。</p> <p>学生们分组学习，借助平衡装置以及钩码进行模拟实验的设计。</p> <p>反思与改进方案，引导学生将方案细化。例如：用钩码代表重物、用弹簧测力计代表人用的力，测试三种情况（直接提起、以轴带轮、以轮带轴三种情况，对比得出轮轴运行原理）等细节问题的设计。</p> <p>（3）团队协作完成模拟实验：</p> <p>①明确团队分工</p> <p>②小组实验，并做好记录。</p> <p>③分析处理信息</p>
--------------------	---



我们的观点是：
我们收集的信息有：
我们的解释是：
我们的结论是：

④交流，汇报

⑤总结：想要轮轴省力，需要用轮带动轴。

4. 建构逻辑推理的观点

(1) 在探究中寻找证据, 锻炼归纳推理能力

①各小组汇报实验数据,发现各组数据不同。

②小组间互换模型，再次实验。

轴上挂钩码的数量	轮上挂钩码的数量	改后轮上挂钩码的数量
4个		
8个		
12个		

③引导学生进行比较分析,发现科学规律。

④总结轮轴省力规律，即以轮带轴，轮轴的轮越大，越省力。

(2) 分析原理，锻炼演绎推理能力

①挑战任务 1: 小组研讨, 尝试分析常见轮轴工具如何可以省力, 绘制简图便于汇报。学生汇报时借助简图阐述理由。



	<p>设计意图：轮轴的定义与生活中常见的轮轴相结合，学生就能充分运用生活中的经验来对理论知识进行阐释，从而强化科学与生活的联系。</p> <p>②挑战任务 2：为什么轮轴轮越大，越省力？绘图尝试解释。</p> <p>学生应该清楚地展现出逻辑的过程，使自己的观点更容易被同学所接受。在教学过程中，通过对各种观点的质疑和补充，注重培养学生的理性发问能力。我们提倡学生使用“问题+证据”的表达方式，也就是当你和另一个人的意见不一致的时候，你可以同时提出证据来支持你的观点。例如：“我不赞同你的说法，原因是……”、“我对你的小组的看法作了一些补充，原因是……”等。</p>
--	--

附录 C 教学案例——《不简单的杠杆》

教材分析	<p>本节课选自教科版小学科学六年级上册第三单元的第三课。在这一节中，同学们将会学习到一种基本的力学原理，即杠杆。杠杆是古代人们使用的一种工具，它在现代社会中得到了广泛的使用。在课程的初始，从一个工人用撬棒撬开混凝土板的日常情景出发，使学生对生活的认识得到了最大程度的激发，从而使他们的探索欲望得到了极大的激发。在课堂上，他们被安排了一次用一块小石头去撬一块大石头的实验，帮助学生们弄清楚了杠杆的基本结构，并明白了杠杆是可以帮助撬起重物的，而且支点的位置和高度都会影响到杠杆的作用。在延伸阶段，透过各种杠杆，让学生了解在不同情况下，杠杆所起的作用是不同的。</p>
设计理念	<p>以各种科学现象作为突破口，能最大限度地调动学生的求知欲，促进他们独立地提出科学问题。根据提出的问题进行大胆的猜测，提出自己的看法。在后续活动中，学生能够主动地搜集资料，进行逻辑推理，把搜集到的资料进行分析、整理，把这些资料转换成强有力的论据来支持自己的看法。</p> <p>在教学中，老师可以指导学生检查别人的探索过程和已经被证实的观点，并鼓励他们提出一些合理的问题，从而不断地改进自己的结论。这样，在整个过程中，推理和证明能力都是紧紧围绕着科学研究的各个环节展开的，从而达到了两种不同的思维方式。</p> <p>根据学生对简单机械的结构特点的认识，在教学过程中，老师引导学生通过分析、对比、推理、归纳等方式，一步一步地得到探索的结论，不断地帮助学生提高推理能力。</p>
教学过程	<p>1. 聚焦现象，提出科学问题</p> <p>以学生熟知的跷跷板导入课程，每个小组都要对跷跷板模型进行研究，在玩游戏的时候，要对跷跷板的结构和运动形式进行观察，对生活中的杠杆设备进行讨论，发现这些杠杆设备的共同之处，同时还能观察到杠杆设备的特征，绘制出一个简易的杠杆原理图，由此推导出一个杠杆的模型。</p> <p>2. 引导猜想，提出科学观点</p> <p>创设情境：设想在班级场景中，体重最轻的女同学与老师一同参与跷跷板活动。由此衍生出两个问题：其一，从实际情况来看，学生当真毫无可能撬动老师吗？其二，质量相对较小的学生，应当采用何种方式，才能成功撬动质量较大的老师？</p> <p>教师活动：教师要主动地指导学生进行大胆地想象，而后为了证明自己的想法是正确的，学生们自然而然地想要设计实验来进行推论和证明，从而为后面的科学探究活动指明了方向。</p>

3. 探索

(1) 设计实验

小组合力，借助平衡装置以及钩码进行模拟实验的设计。

反思与改进方案，引导学生修改最初的设计。

(2) 团队协作完成模拟实验：

①明确团队分工

②小组实验，并做好记录。

③分析处理信息

我们的观点是：
我们收集的信息有：
我们的解释是：
我们的结论是：

④交流，汇报

⑤总结：杠杆能够助力我们撬起重物，且支点位置与高度的改变，会对杠杆作用效果造成影响。

4. 建构逻辑推理的观点

(1) 在探究中寻找证据，锻炼归纳推理能力

①提出挑战性任务：“在支点左边 10 cm 处挂 3 个钩码，在右边哪个位置、挂几个钩码才能平衡？如果在支点左边 10 cm 处挂 4 个钩码呢？”

②纪录实验结果

③研讨实验现象，进行分析，进而发现杠杆秘密。

(2) 在探究中寻找证据，锻炼演绎推理能力

①任务 1：“如果在平衡尺支点左边 5 cm 处挂 4 个钩码，那支点右边该怎样挂钩码才能使平衡尺平衡呢？”

②学生将想法画下来，并阐述理由。

③学生需清晰呈现所收集的证据以及逻辑推理流程，从而让自身观点易于被同伴接纳。在观点交互过程中，通过对不同观点展开质疑与补充，着重培养学生合理质疑的素养。积极倡导学生运用“质疑 + 证据”的表达模式，即在对同伴观点持有异议时，同步阐述支撑自身质疑的证据，以此强化学生观点表达的准确性

与说服力，推动学生在科学探究中的思维深化与能力提升。如“我不同意你们小组的观点，因为……”“我对你们小组的观点进行补充，因为……”，等等。

④实验验证观点。

表3 探究“平衡尺在什么情况下能够保持平衡”的记录表

钩码	位置/cm	数量/个	位置/cm	数量/个
支点 左边	10	2	10	3
	5	4	5	6
支点 右边	10	2	10	3
	20	1	15	2
			30	1

5. 延伸

国庆假期你和家人自驾出行，汽车在高速路上行驶时发现道路中心位置出现一个巨大石块，为了防止后方车辆出现交通事故，你有什么好方法可以尽快将大石块搬走？



附录 D 《不简单的杠杆》课堂学习单

科学学习单

班级： 学号：

一、跷跷板结构图



二、平衡尺在什么情况下会省力？

任务 1：“在支点左边 2cm 处挂 2 个钩码，在右边哪个位置、挂几个钩码才能平衡？”

钩码	与支点距离 (cm)	钩码数量(个)		
支点左边	2	2		
支点右边				

任务 2：如果在支点左边 2 cm 处挂 3 个钩码呢？

钩码	与支点距离 (cm)	钩码数量(个)		
支点左边	2	2		
支点右边				

我们的观点：	
我们收集的信息有：	
我们的解释：	
我们的结论是：	

附录 E 《轮轴》课堂学习单

科学学习单

班级：

学号：

一、车轮结构图，

二、轮轴作用

1、预测：轮轴的作用

我们的观点：	
我们的依据	
我们的结论是：	

拧瓶子中我们观察到：	
这说明：	
因此我们的结论是：	

2、实验方案

思考以下问题，图文形式快速完成实验方案设计。

① 具体得实验步骤。

② 实验材料如何使用？

③ 看到什么现象可能会得结论？

修改稿（补充内容或注意事项）

3、评价我们的实验方案

一级指标	二级指标	得分 (满分 ★★★★★)
完整性	有具体完整的实验步骤, 包括如何正确使用实验器材, 观察到平衡现象即停止实验, 对比哪组数据可以得出结论等	
严谨性	关注实验细节问题, 例如器材稳定性, 轮轴初始位置, 如何快速挂钩码等问题。	
汇报	汇报时条例清晰, 有侧重点的, 对于他人的观点有及时的反馈和思考。	
团队协作	全员参与讨论后完成方案	

4、实验记录

直接提起	轮带轴	轴带轮	我们收集的信息有:	实验中我们看到——
2 个钩码			这说明:	
			因此我们的结论是:	

实验二: 什么样的轮轴更省力?

用多大的力能让带动轴上的钩码?

轴上钩码数量	(A) 轮挂钩码数量	(B) 轮挂钩码数量
2		
4		
6		

我们收集的信息有：	实验中我们看到——
这说明：	
因此我们的结论是：	

任务 3：分析这些工具如何省力的
 直接在下图中用明显颜色的笔绘制简图，便于汇报。



任务 4：为什么轮轴轮越大，越省力？绘图尝试解释。



我们的表现（满分 5 分，组内评出最佳组员）

指标	合理分工，出色完成本职工作	会思考，爱发言	善于动手快速实践	创意思考，提出不同见解
成员学号：				
成员学号：				
成员学号：				
成员学号：				
成员学号：				