

目标驱动项目式化学实验教学设计与实践

——以粗盐提纯实验为例

王 姝

淮南龙泉中学, 安徽 淮南

收稿日期: 2026年5月7日; 录用日期: 2026年6月19日; 发布日期: 2026年6月30日

摘 要

实验教学对学生的批判性思维形成具有重要的意义, 目标驱动项目式实验教学能有效促进教学效果的提升。文章以粗盐提纯实验为例, 采用项目式教学方法, 在现有实验的基础上, 利用目标引导学生进行科学思维发散。针对粗盐提纯实验中的结晶现象设计项目式教学模式, 考察不同条件下晶体的结晶过程, 利用目标激发学生对实验理论的思考和思维发散, 培养学生发散思维和批判性思维的形成。

关键词

目标驱动, 项目式学习, 粗盐提纯, 思维发散, 批判性思维

Project-Based Chemical Experiment Teaching Design and Practice Driven by Goals

—Taking the Experiment of Purifying Coarse Salt as an Example

Shu Wang

Huainan Longquan Middle School, Huainan Anhui

Received: May 7, 2026; accepted: June 19, 2026; published: June 30, 2026

Abstract

Experimental teaching plays a significant role in the formation of students' critical thinking. Project-based experimental teaching driven by goals can effectively enhance the teaching effect. This article

takes the crude salt purification experiment as an example, adopting the project-based teaching method. Based on the existing experiments, it uses goal guidance to expand students' critical thinking. A project-based teaching model is designed for the crystallization phenomenon in the crude salt purification experiment, to investigate the crystallization process under different conditions. The goal is used to stimulate students' thinking and divergent of their minds about the experimental theory, promoting the formation of students' divergent thinking and critical thinking.

Keywords

Goal-Driven, Project-Based Learning, Crude Salt Purification, Divergent Thinking, Critical Thinking

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

科学探究是人类认识、描述世界和追求真理的一种实践活动[1], 具有多维度多层次的内涵, 但其核心都包括了科学的理性和求真务实的品质[2]。在学生培养的过程中, 综合素养中的科学思维一直是最重要的内容之一[3]。由于实验教学具有很强的实践性, 能积极培养学生观察和实践的主动性, 在观察中思考, 在思考中发散, 在发散中创新。因此, 实验教学中观察、实践、思考和思维拓展成为培养学生科学思维和创新思想的主要训练方法[4]。

粗盐提纯是化学实验中的一个重要的基础实验, 它不仅可以让学生学习固体混合物提纯的实验过程, 更能帮助学生提高溶解、过滤、除杂和蒸发等实际操作的动手能力, 并有利于引导学生思考粗盐去除可溶性盐提纯的原理[5]。带着目标在实验中观察现象, 理解不同步骤的合理性和必要性, 能促进学生主动思考, 从而对培养学生的科学探究精神具有重要的作用。

项目式实验教学设计是一种以学生为主体的教学方式, 通过项目目标驱动让学生参与到实际问题中[6]。首先, 项目式学习(Project-Based Learning, PBL)促进创造性思维培养, Hasibuan 等人[7]采用 PRISMA 方法对 2014 至 2024 年间 Scopus 数据库中的相关研究进行了元分析, 发现项目式学习相较于传统教学方法在提升学生创造性思维方面具有显著优势。其次, 在批判性思维培养方面, Ramadhani 等人[8]对 2019 至 2023 年间相关的 20 项研究进行元分析后发现, 项目式学习在科学教育中的应用能够有效提升学生的批判性思维能力。Nurhasnah 等人[9]基于 25 项研究的分析显示, PBL 在科学学习中的效应量(Effect Size)高达 1.67, 在科恩(Cohen)分类属于高水平, 充分表明其在科学学习中的卓越应用价值。最后, 在科学过程技能方面, Cesaria 等人[10]运用 Cohen's d 方法的元分析发现, PBL 对科学过程技能的效应量介于 1.67 至 5.35 之间, 属于“非常大”的范畴, 表明 PBL 在培养学生观察、分类、预测、测量、推断和沟通等核心科学技能方面具有稳定而显著的效果。

在粗盐提纯实验中, 以分离目标驱动项目式实验教学对粗盐提纯进行设计, 可以引导学生的思考方向与内容, 在实验中学会方法, 掌握思维拓展的技能。项目式学习在除了教材上的实验方案之外增加了物质分离目标及方法的思考, 粗盐提纯实验重点理解结晶过程的特点, 对相关的实验结果进行了反思, 引申至物质分离的实验目标方案设计。在基础实验中把观察、思考、实践和发散思维紧密联系起来, 培养学生科学探究的批判性思维和解决问题的能力。

2. 粗盐提纯中的项目式教学设计

2.1. 实验教学内容

- 1) 根据不同物质的溶解度，采用过滤的方法去除粗盐中的不溶性杂质，了解沉淀法去除可溶性杂质的原理；
- 2) 采用加热蒸发重结晶的方法提纯食盐，认识可溶性盐的溶解、蒸发和结晶等步骤；
- 3) 针对结晶现象设计减缓结晶速度的方法，认识结晶的过程，联系相关应用的场景，加深对物质分离目标的理解和思维的拓展。

2.2. 实验教学目标

- 1) 学习固体混合物溶解提纯的方法，巩固溶解实验过程操作；
- 2) 掌握溶液的过滤、蒸发和结晶的操作技能，提升动手能力；
- 3) 从粗盐提纯实验设计的思想出发，拓展物质分离方法设计的思维。

2.3. 项目式教学设计

- 1) 了解固体混合物初步提纯的实验过程，分析实验步骤设计的理由；
- 2) 掌握除杂、蒸发等操作方法，分析实验步骤先后顺序对分离效果的影响；
- 3) 通过对粗盐提纯原理的思考，培养一般混合物分离实验方案的设计思维。

在实验教学中，不仅要训练学生的溶解、过滤和蒸发等实验的动手能力，更需要培养学生认真观察和思考的习惯。如对粗盐在水中溶解饱和的观察，溶液混浊度的观察，过滤后在滤纸上的剩余物的观察，除杂过程的观察，蒸发时盐的结晶观察等。通过在实践中实验现象的观察，引导学生主动思考其背后的原因，帮助学生更好的理解实验的原理。在实验中理解“一贴、二低、三靠”操作的理由，思考过滤时先过滤上层滤液的原因；若过滤后的滤液仍然混浊，需要分析原因，更换滤纸并再次过滤。

在除杂过程中考虑添加试剂的先后顺序与相关的影响因素，在具体的实验中引导学生从液固分离到液液分离、固溶体中杂质分离的思考，培养学生主动利用所学的理论知识思考与解决遇到实际问题的能力(图 1)。

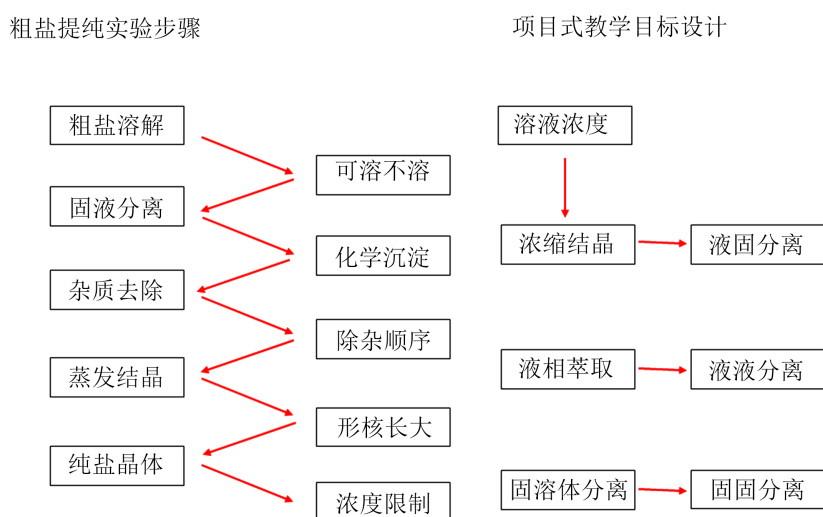


Figure 1. Project-based experimental learning design for salt purification project
图 1. 粗盐提纯项目式实验教学设计

2.4. 项目式教学目标

- 1) 知识目标：了解粗盐提纯的原理，熟悉物质分离方案设计思路；
- 2) 能力目标：加强溶解、过滤、除杂、蒸发和结晶等操作训练，提高实际操作能力；掌握利用物质的性质设计分离方案的方法，提升解决问题的能力；
- 3) 情感目标：激发学生对化学的兴趣，培养学生科学探究的精神；
- 4) 项目目标：掌握混合物分离的原理，培养学生物质分离实验的设计能力。

通过对比不同的实验过程，让学生理解实验设计的思想。在进行细致观察的基础上主动创新，培养学生的科学探究实验能力，有利于上述目标的达成。

3. 粗盐提纯中的项目式教学结晶环节设计

3.1. 粗盐结晶实践与过程观察

粗盐的结晶是其纯化分离的一种有效的方法，在实验过程中，学生首先观察到的是粗盐，最后可以观察到结晶的纯盐，这是在宏观上的一个粗略对比。在教材中使用浓缩的方案，无法观察其结晶的微观过程。在实验设计中，增加了一组低浓度的盐溶液进行常温结晶，采用显微镜观察盐的结晶过程是对粗盐提纯实验设计的一种拓展。一方面，常温和低浓度都降低了盐的结晶速度，能够让观察结晶过程变得可行；另一方面，通过在不同的结晶时间观察晶体的形成，尝试对比不同浓度盐结晶的形貌变化，帮助学生理解结晶的微观规律。

在后续的拓展实验中，通过对比海水晒盐和煮盐的过程对加热蒸发浓缩操作步骤的思考。根据盐在水中的溶解度理论，思考除了蒸发是否可以通过降温的方法达到同一目的？或者设计一种常温自然干燥的方法，其结晶过程变慢，其结晶产物是否与粗盐提纯相同？是否能观察到更细致的结晶过程？对于此类的疑问，需要设计对比实验，利用实验的宏观现象探索微观过程。

在拓展实验设计中采用一定浓度的溶液，选取自然干燥的条件，不间断观察其结晶的过程。考察结晶的速度，对比降低浓度结晶的过程，观察盐的结晶形貌。对教材中的实验步骤进行微观实验设计，利用显微镜对结晶过程进行观察，引导学生进行思考，并对该实验进行拓展。

3.2. 粗盐结晶实验的思维拓展与引申

粗盐提纯属是由盐先溶解过滤再结晶的实验过程，在此过程采用问题引导学生思考溶解与结晶的关系。在实验前提出溶解盐的目的是什么？过滤的目的是什么？结晶是如何实现的？思考盐在水中的溶解是否有过饱和？加热的目的是什么？有没有其他替代方法？通过学生在实验前对这些问题的思考，提高学生的实验兴趣和实验过程中的细心观察。通过对结晶实验的结果观察与相关思考，培养了学生的“证据推理与模型认知”的科学探究精神。

同时，由上述问题的思考还可以进一步的加强目标引导。从粗盐提纯出发，思考是否还有其他的盐类可以通过该方法得到纯化？是否可以引申至几种不同混合盐的纯化？是否一定是水作为溶剂？把两种不同溶解度的物质通过溶解分散到不同的体系中，再利用过滤达到分离的目的，这类利用物质在不同体系中的溶解度不同的方法是否可以被用于其他场合？结晶的实现条件是什么？对于以上每个疑问，都能引起学生的思考，同时也方便把后续的知识点学习体系化，有利于培养学生的创新思想，提高学生科学探究的主动性、积极性(表 1)。

实验总结的引申与发散思维是对学生实验后提出的更高要求，通过对粗盐结晶实验的拓展，能有利于学生科学精神的培养。粗盐提纯实验提供了一种纯化分离的方法，其主要原理是利用不同物质溶解度

的不同而达到分离的目的。通过对结晶实验的思考, 渐进引导学生的主动发散思维, 提高学生积极思考, 自主探索和学习兴趣。引申的目的是在于更进一步的探究, 新的探究又需要创新的实验思想和方案设计, 引导学生对“科学探究与创新意识”这一科学素养的认识。

Table 1. Experimental question thinking guidance and goal design

表 1. 实验问题思考引导与目标设计

实验问题	思考引导	目标
其盐类混合物分离	实验设计方法	由特殊到一般的引申
溶剂是否一定为水	在不同相中的溶解度	液-固分离与液-液分离
结晶实现条件	是否一定要加热	结晶的影响因素

在粗盐提纯实验的体系中选取一个小的知识点进行引申拓展, 对该知识点进行更加深入地分析, 引导学生主动思考与探究。在本实验中, 结合粗盐结晶与显微镜的使用, 设计一种低浓度盐溶液观察盐结晶过程的拓展实验, 分析不同条件下结晶的过程, 对比与教材中实验的异同, 引导学生的创新思考。

4. 项目式实验教学设计实施

4.1. 粗盐结晶的目标设计

在前期实验准备时, 提出了解结晶, 掌握结晶分离的原理等相关的目标。如引导学生主动查阅资料了解 NaCl 的晶型, 晶体是怎么生成的? 为何是一些众多的晶体堆积在一起, 看上去是白色的?

实验时, 取少量学生所提纯的盐在显微镜下进行观察, 放大 100 倍的形貌如图 2 中所示。盐在放大的情况下能看到有一定的生长方向, 由于盐是在浓度溶液中蒸发结束的, 所以盐的形貌表现为堆积在一起的白色物质。

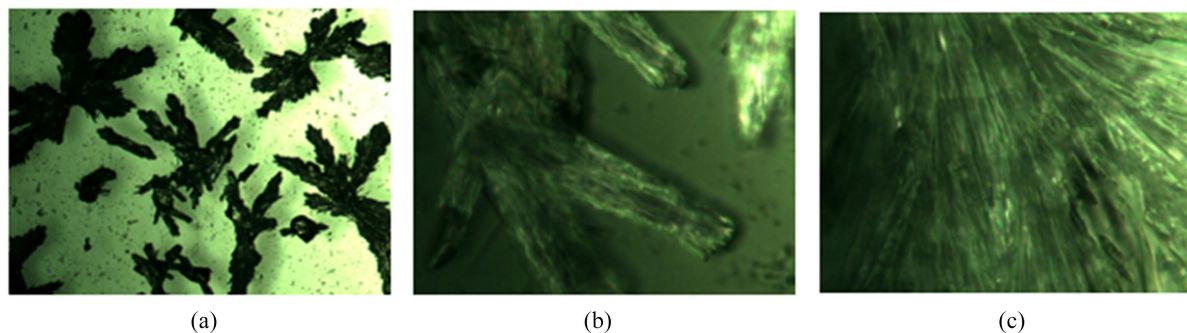


Figure 2. The magnified morphology of salt crystals ((a) 50×, (b) 100×, (c) 400×)

图 2. 盐晶体的放大形貌((a) 50 倍, (b) 100 倍, (c) 400 倍)

实验中盐晶体的形貌随着放大倍数的增加而显示出一定的排列规律, 这又为学生们提供了一个新的问题, 盐结晶的过程为何和如何形成这样的有规律的排列的? 为了解这一过程, 思考如何观察结晶过程的方案, 提出实现缓慢结晶和低浓度结晶的实验方案。

4.2. 结晶过程控制设计

带着减缓结晶速度的问题, 引导学生思考低浓度的盐溶液中在常温如何发生结晶转变, 思考温度对溶解度的影响以及结晶的影响因素等。通过查证相关资料, 提高温度是有利于盐在水中的溶解的, 在本

实验室中加热的目的是快速蒸发，相当于提高盐溶液的浓度，当盐在水中达到饱和后再蒸发就从溶液中析出了。既然是蒸发，那是否可以采用非加热的方法？是否可以采用更低浓度的盐溶液？极少量的盐晶体更有利于观察。针对这一思考，设计一种低浓度常温结晶的方法。

通过常温条件下，依据水分挥发到空气中，低浓度的盐溶液慢慢浓缩，达到饱和后开始有盐从溶液中缓慢析出。这种放慢了的结晶过程，有利于用显微镜对其结晶过程进行观察。对该实验中得到的晶体在 400 倍放大镜下的形貌进行观察，不同位置晶体如图 3 中所示。

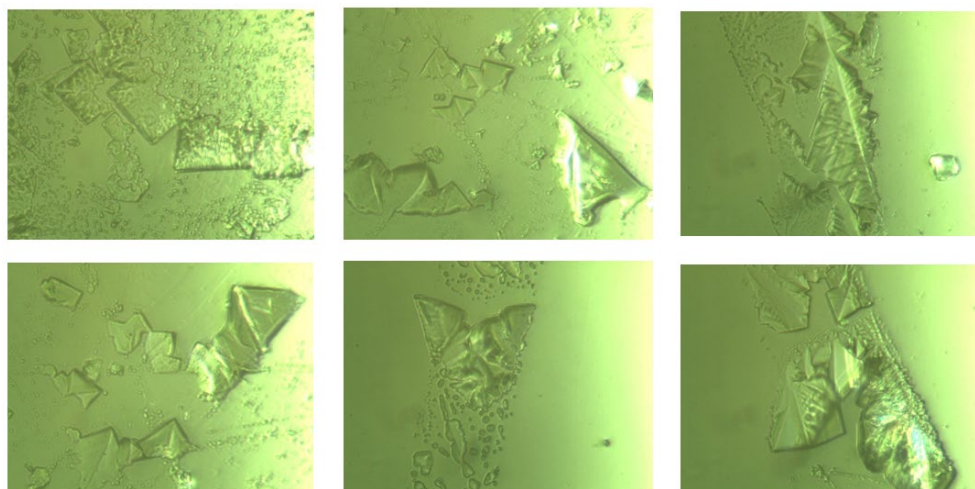


Figure 3. The morphology of salt crystals with low concentration and at different positions (400×)
图 3. 低浓度结晶不同位置放大 400 倍的盐晶体的形貌

根据观察图中的特征引导学生思考，当盐的量比较少的时候，互相堆积比较少，因此他们有部分规则的棱角可以被观察到。同时溶液浓度低的原因，晶体结晶没有显示出完美的状态，部分还是能观察到晶体的生长方向，但由于盐的量比较少，晶体并不特别的完整(表 2)。

Table 2. Comparison of crystallization experiment designs

表 2. 结晶实验设计对比

对比内容	高浓度加热结晶	低浓度常温结晶
结晶速度	快	慢
结晶效率	高	低
结晶产物	白色粉末	少量粉末
微观形貌	晶体堆积多	晶体堆积少

通过对比不同的结晶设计方法的结果对比可以发现，在结晶速度和结晶的效率上，加热蒸发的方法具有明显的优势，其也是工业中常用的方法之一。而对于低浓度条件下的常温结晶，其结晶速度和效率都大大下降，工业中采用少，即使是海边晒盐也是借助了太阳能的帮助。

结晶的过程控制目标能够帮助学生仔细的观察粗盐提纯过程中的细节问题，明显促进了学生们对实验的兴趣，发散了思维。学生们在实际实验过程中对此形貌表现出浓厚的兴趣，并对更多的可溶性盐的提纯提出一些新想法。同时，实验的结果也引导学生主动思考盐类晶态固体中的结构问题，主动与老师交流和资料的查询，这些都有利于学生们在后期的自主学习。

4.3. 粗盐结晶实验的思维拓展与目标实现

由粗盐提纯原理出发, 引导学生对物质分离方法的发散思维。从几种不同固体的分离问题出发, 如果采用类似粗盐提纯的方法需要注意哪些溶解条件? 溶剂是否可以除水外的有机溶剂或超临界介质? 分离后溶剂如何分离? 再引申到固溶体的纯化, 如何去除硅锭中的杂质, 使硅达到超高的纯度(表 3)?

Table 3. Thinking expansion and experimentation target design

表 3. 思维拓展与实验目标设计

实验问题	思考引导	目标
液固到液液分离	水和有机溶剂双液体系	不同物质之间的相分离
超临界介质替代溶剂	超临界介质的方法	超临界介质的分离
硅锭中的杂质	固体中物质分离方法	固溶体的纯化

通过这些发散的问题可以引导有兴趣的同学课后查询关于中药的有机溶剂萃取和硅锭的区域融炼等实际工业上的问题, 从而把一个简单的实验与实际工业问题联系起来, 把简单的实验原理与拓展应用联系起来, 把理论与实践联系起来, 提高了学生的学习兴趣, 大大增加了学生们的科学视野。

在实际实验教学中, 增加的实验难度不大, 但需要学生们自主查阅相关资料, 增进对相关新知识的学习和理解, 在深度上增加了实验教学的内容。同时, 由于学生们的知识面和知识储备都较为有效, 在引导学生对实际问题思考时存在一定的困难, 仍需要老师引导对相关知识的扩展。总之, 该实验设计在一定程度上取得的良好效果, 能够引导学生主动探究, 全面提高学生的动手能力与科学思维能力。通过目标引导学生对以上问题不同角度的思考, 拓展学生的发散思维和创新思想, 应用了以科学精神培养为导向的发散思维和能力培养的设计, 在实践教学中培养了学生对科学的探究精神。

5. 教学反思与结语

从粗盐的提纯实验出发, 在培养学生的动手能力的同时, 着重引导学生进行相应的思考。从目前的教学实践中来看, 该项目式教学在普通自学探究能力一般的学生中存在一定的困难, 在具有一定创新能力的培优学生和竞赛拔高学生中表现出良好的教学效果。

总之, 在这样的项目式实验教学设计思想的指导下, 在原有实验室的基础之上, 利用学校实验室的现有条件, 往前走了一小步, 对学生进行思维发散与设计能力的培养促进巨大。从物质分离目标设计方案出发, 提出合理的实验思路, 设计实验加以证实, 学生的创新能力得到了明显的提高。尤其是通过对实验的思考和资料的查阅, 设计新的实验路线验证自己的思想, 在实验中实现理论与实践的相结合理念, 有利于学生们科学精神和创新能力的培养。

参考文献

- [1] 邵朝友, 张桂. 与符号际遇意味着什么?——试论德勒兹的学习理念及其教学意蕴[J]. 全球教育展望, 2025, 54(3): 54-63.
- [2] 胡显章. 人文教育与科学教育融合发展的哲学思考[J]. 中国高教研究, 2025(4): 12-14.
- [3] 首新, 冉茂尧, 谭舒予, 等. 澳大利亚国家科学素养测评高阶思维转向——透视批判性和创造性思维认知过程[J]. 基础教育, 2024, 21(6): 97-109.
- [4] 年二晴. 基于科学思维培养的“二氧化碳的实验室制法”教学设计[J]. 化学教与学, 2025(17): 41-44.
- [5] 彭小丽, 马善恒. 课程思政在实验教学中的应用——以“用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子”为例[J]. 中学化学教学参考, 2024(33): 47-49.

-
- [6] Wu, J.J., Wang, C., Zhao, F.J. and Wang, S.B. (2026) Interdisciplinary Project-Based Learning Activity Design for Investigating Nitrogen Fixation through a Scientific Exploration Lens. *Journal of Chemical Education*, **103**, 338-347. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00888>
- [7] Hasibuan, M.P., Sunarno, W. and Susanti VH, E. (2025) Creative Thinking Enhancement through Project-Based Learning in Science: A Meta-Analytic Review. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, **14**. <https://doi.org/10.11591/ijere.v14i5.34521>
- [8] Ramadhani, W.S., Azizah, U. and Nasrudin, H. (2024) Project-Based Learning on Critical Thinking Skills in Science Learning: Meta-Analysis. *SAR Journal-Science and Research*, **7**, 136-142. <https://doi.org/10.18421/sar72-10>
- [9] Nurhasnah, N., Festiyed, F., Asrizal, A. and Desnita, D. (2022) Project-Based Learning in Science Education: A Meta-Analysis Study. *Jurnal Pendidikan MIPA*, **23**, 198-206. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i1.pp198-206>
- [10] Cesaria, G.A., Darussyamsu, R., Alberida, H. and Fitri, R. (2025) Project-Based Learning in Biology: Exploring Its Contribution to Improving Students' Science Process Skills. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, **13**, 210-220.