

# 课程思政融入无机化学实验“氯化钠的提纯及纯度测定”教学的探索与实践

马姣丽\*, 程辉成#

广东石油化工学院化学学院, 广东 茂名

收稿日期: 2025年8月9日; 录用日期: 2025年9月9日; 发布日期: 2025年9月19日

## 摘要

基于新时代高等教育立德树人的根本任务, 本文以无机化学实验课程中典型分离纯化实验——氯化钠的提纯及纯度测定为研究对象, 系统构建了“知识传授-能力培养-价值塑造”三位一体的课程思政教学范式。通过整合化学学科核心素养与社会主义核心价值观教育要素, 从科学伦理、职业规范与家国情怀三个维度重构实验教学体系。在实验操作层面, 结合盐类溶解平衡原理的物理化学基础, 将绿色化学理念与可持续发展观融入试剂回收环节; 在纯度分析阶段, 通过误差理论溯源培养学生严谨求实的科学态度; 在实验数据处理中渗透学术诚信教育, 建立“量-质-值”联动的育人机制。采用过程性评价与OBE理念结合的考核体系, 用红外光谱、离子色谱法等专业手段, 实现专业技能与思政育人同频共振。该模式为化学专业课程提供可量化实践范式, 推动工科实验教学向价值塑造型课堂转型。

## 关键词

无机化学实验, 氯化钠提纯, 纯度测定, 课程思政

# Exploration and Practice of Integrating Curriculum Civics into Inorganic Chemistry Laboratory Teaching of “Purification and Purity Determination of Sodium Chloride”

Jiaoli Ma\*, Huicheng Cheng#

School of Chemistry, Guangdong University of Petrochemical Technology, Guangdong Maoming

Received: Aug. 9<sup>th</sup>, 2025; accepted: Sep. 9<sup>th</sup>, 2025; published: Sep. 19<sup>th</sup>, 2025

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 马姣丽, 程辉成. 课程思政融入无机化学实验“氯化钠的提纯及纯度测定”教学的探索与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(9): 563-572. DOI: 10.12677/ces.2025.139732

## Abstract

Aligned with the fundamental mission of fostering virtue and cultivating talent in higher education for the new era, this study systematically constructs a trinity ideological and political teaching paradigm of “knowledge imparting, ability training, and value shaping” within the chemistry curriculum. Using the classic separation and purification experiment—Purification and Purity Determination of Sodium Chloride—in inorganic chemistry laboratory as a model, we integrate core chemistry disciplinary competencies with essential elements of socialist core values education. The experimental teaching system is restructured across three dimensions: scientific ethics, professional standards, and national spirit. At the experimental operation level, the underlying physical chemistry principles of salt solubility equilibria are leveraged to infuse green chemistry principles and a sustainability mindset into reagent recovery procedures. During purity analysis, error theory is employed to trace inaccuracies, rigorously cultivating students’ meticulous and truth-seeking scientific attitude. Academic integrity education is embedded within experimental data processing, establishing an educational mechanism that synergistically links quantitative skills, qualitative judgment, and value cultivation (“Quantity-Quality-Value” linkage). A comprehensive assessment system, combining process-based evaluation with Outcome-Based Education (OBE) principles, utilizes specialized techniques such as Infrared Spectroscopy (IR) and Ion Chromatography (IC). This approach achieves synergistic alignment between professional skill development and ideological-political education. The presented model offers a quantifiable and transferable practical framework for chemistry discipline courses, facilitating the transformation of engineering laboratory instruction towards value-shaping classrooms.

## Keywords

Inorganic Chemistry Experiment, Sodium Chloride Purification, Purity Determination, Curriculum Ideological

Copyright © 2025 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

在全国高校思想政治工作会议上, 习近平总书记高瞻远瞩地指出, 要“把思想政治工作贯穿教育教学全过程, 开创我国高等教育事业发展新局面” [1]。全面推进课程思政建设, 堪称落实立德树人根本任务的关键战略举措 [2]。做好高校思想政治工作, 需精准把握时代脉搏, 如同化学反应需精准控制反应条件一般, 要因事而化、因时而进、因势而新。同时, 必须严格遵循思想政治工作规律、教书育人规律以及学生成长规律, 如同遵循化学原理和反应机制一样, 不断提升工作能力与水平。将思政教育深度融入各类专业课堂, 这不仅是积极响应国家号召的具体行动, 更犹如催化剂之于化学反应, 能有效加速学生正确价值观、人生观和世界观的形成。这也是教师履行自身重大职责的必然要求, 通过专业知识与思政元素的巧妙融合, 为学生的全面发展和国家的未来培养出具有高度思想觉悟和专业素养的优秀人才, 推动我国高等教育事业迈向新的高度。中国的“课程思政”理念并非孤立的创造, 它与全球教育领域中“全人教育”(Holistic Education)和“价值观教育”(Values Education)的潮流高度契合, 同时又具有鲜明的中国特色。课程思政明确以“立德树人”为根本, 培养的是中国特色社会主义的建设者和接班人, 其价值内核直接服务于国家战略和民族复兴, 具有更强的政治属性和国家意志。课程思政是由国家主导、高校推

进、全面覆盖所有学科和专业的一项系统性教育改革。这种全国范围内、自上而下与自下而上相结合的推广力度和广度,在国际教育实践中是罕见的。因此,课程思政既是世界全人教育潮流的重要组成部分,与诸多经典教育理论相通,又是一次具有中国特色的重大教育实践创新。它为了解决全球普遍面临的“如何在学校教育中有效传递价值观”这一难题,提供了中国方案和中国智慧。

《无机化学实验》作为广东石油化工学院校级精品教材《无机化学及分析化学》的核心实践教学模块,是该校应用化学、化学工程与工艺、高分子材料工程等 18 个理工科专业的学科基础必修课。该课程体系通过系统训练化学实验基础操作(包括固液分离、重结晶、熔点测定等)、物质纯化工艺(如氯化钠提纯技术)及物性参数测定(如乙酸解离常数分析),着重培养学生严谨的科学思维范式、规范化的实验操作技能以及绿色化学理念,同时肩负着塑造学生专业伦理观、安全环保意识及科技创新能力的重要使命。

在新时代课程思政建设背景下,如何实现专业实验教学与价值引领的协同育人效应,将“两山理论”生态观有机融入实验教学全过程,已成为深化教学改革的关键命题。以康新平、林培喜主编教材中“氯化钠提纯及纯度测定”实验为例,该单元通过 NaCl 原料中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等杂质离子的沉淀分离工艺,可自然渗透绿色化学理念:在沉淀剂选择环节强调低毒试剂的优先使用,在废液处理阶段融入循环经济思想,在纯度检测过程,通过实施过程中“重复测量以减小误差的次数”、“对异常数据的处理方式”及“实验报告的严谨程度”等实验细节来培养学生精益求精的工匠精神。这种将离子反应原理与可持续发展观相融合的教学设计,使学生在掌握沉淀平衡、过滤结晶等化学原理的同时,深刻认知“原子经济性”在工业生产中的实践价值,进而培育其生态文明意识与社会责任感。该课程改革范式通过构建“知识传授-技能训练-价值塑造”三位一体的教学体系,实现了专业教育与思政教育的同频共振,为理工科实验课程的思政元素植入提供了可复制的创新路径,有效促进了学生科学素养与人文精神的协同发展[3]。

## 2. 将思政教育融入无机化学实验教学过程的必要性

基于课程思政在高等教育“立德树人”根本任务中的关键作用,本院针对 2023~2024 级应用化学专业本科生在进入实验室开展实践教学初期阶段,实施了无机化学实验课程思政建设必要性的专项调研。数据显示:全体受访者对“思政元素对科学伦理观的塑造作用”及“专业课程与思政教育的协同育人机制”达成完全共识,但存在 18.6%的受试者对“课程思政可能弱化专业核心要素”存有认知偏差。值得关注的是,78%的样本明确否定“课程思政存在形式化倾向”的预设观点,且所有实验参与者均否认“思政教育会挤占专业学习时空”的命题。深入分析表明,实验教学场景中,学生群体对思政载体的多元化需求显著,尤其期待将绿色化学理念、实验室安全规范、科学家精神等要素通过案例式、浸润式教学路径融入晶体生长、配位化合物合成等经典实验模块。这些实证数据揭示,在化学专业课程思政实施过程中,需构建具有学科特色的价值引领体系,通过“三全育人”视角创新教育范式,实现知识传授与价值塑造的量子化耦合,这为基于 OBE 理念重构实验课程思政矩阵提供了重要依据(表 1)。

**Table 1.** A necessity survey of integrating ideological and political education in inorganic chemistry experiments

**表 1.** 无机化学实验课程思政的必要性调查

问题	2023 级(44 人)			2024 级(50 人)		
	同意	可能	不同意	同意	可能	不同意
课程思政会影响专业课程的专一性?	38.8%	49.9%	11.3%	46.0%	42.0%	12.0%
程思政容易流于形式?	5.8%	13.9%	80.3%	11.0%	11.0%	78.0%
思政教育会影响个人价值观?	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%

续表

思政教育会占用大部分时间?	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
思政教育要不要多样性?	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
思政教育融入专业课程的必要性?	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%

### 3. 课程思政的教学目标设计

通过将课程元素巧妙地与实验教学相结合, 调整授课内容, 改进评价方式, 建立更加合理、更加科学的教学模式, 以期望学生能够达到以下目标[4]。

#### 3.1. 知识目标

- (1) 掌握提纯氯化钠的原理和方法, 同时为进一步精制成试剂级纯度的氯化钠提供原料;
- (2) 学习溶解、沉淀、常压过滤、减压过滤、蒸发浓缩、结晶和干燥等基本操作。

#### 3.2. 能力目标

- (1) 培养学生实验能力、思维能力以及对问题的探究和概括能力;
- (2) 掌握利用化合物的溶解度选择分离提纯的方法。

#### 3.3. 思政目标

- (1) 重视与无机化学有关的社会问题, 树立珍惜资源、保护环境、拒绝污染的绿色环保理念;
- (2) 培养学生诚信、友善、团结及互助的价值观;
- (3) 重视与同学协作共处的过程与方法, 增强协作精神和团队意识。

### 4. 课程思政融入点的设计

本课程设计基于化学学科特色与思政教育协同育人理念, 构建了“三维六元”化学专业课程思政教学模式。如表 2 所示, 通过粗盐提纯的历史背景、溶解与过滤操作、除去杂质的先后顺序、蒸发和结晶过程、产品纯度的测定方法、整理数据和误差分析六大知识模块, 系统融入辩证唯物主义方法论、科学伦理、创新精神等思政要素, 形成“知识传授 - 能力培养 - 价值塑造”三位一体的育人机制, 充分彰显化学学科在培养科技报国情怀、强化科研诚信意识、树立可持续发展理念等方面独特的思政教育价值。

**Table 2.** Curriculum ideological and political integration points in the course “Purification and Purity Determination of Sodium Chloride”

**表 2.** 《氯化钠的提纯及纯度测定》课程思政融入点

授课内容	思政映射点与内涵	教学方法
粗盐提纯的历史背景	《追溯食盐发展史》, 加深学生的民族自豪感和责任感, 明确科技兴邦的意义和自身的责任。	课前雨课堂推送视频
溶解与过滤操作	强调实验操作的规范性, 培养精益求精的科研态度。	课堂讲授 + 实践操作
除去杂质的先后顺序	粗盐提纯中产生的废液处理问题, 培养学生环保意识和可持续发展意识。	课堂实践操作 + 课堂讲解引申
蒸发和结晶过程	通过提纯过程培养科学素养, 逻辑思维能力。	课堂讲授 + 实践操作
产品纯度的测定方法	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ 鉴定, 通过透过现象看本质, 养成探索精神	课堂讲授 + 实践操作引申
整理数据和误差分析	通过计算产率和误差来源分析, 强调数据真实性和学术科研的重要性。	课后小组讨论

## 5. 设计思路及实践策略

基于“问题导向、协作探究”的化学实验教学理念,本课程构建了“三段递进式”教学模式(图 1)。课前依托化学学科核心素养,教师针对实验目标提炼关键科学问题,通过智能化教学平台发布包含文献检索路径的预研任务。学习共同体(4~6 人/组)开展多模态学术资源检索,完成组内协同知识建构。课堂实施采用“论证-实践”双轨模式:首先通过实验设计答辩环节,各研究小组利用 Origin 数据可视化工具展示方案可行性论证,教师引导开展基于化学热力学/动力学原理的深度思辨;继而引入正交实验设计理念,整合组间互评建议优化变量控制策略,在严格规范操作流程后实施分组实验,教师通过手持式光谱仪等检测设备进行实时形成性评价。在课后深化环节注重科研能力体系化构建,通过基于化学计量学的实验数据系统化处理与多维解析方法训练,引导学习者掌握物质表征数据的归一化处理、误差传递分析及可视化呈现技术,并依据 ACS 标准规范撰写包含完整性参数、反应动力学曲线及结构-性能关联性讨论的学术性实验报告,从而强化其基于证据链的科学论证能力与严谨的学术表达范式。教学团队采用 Rubric 量规开展多维评价,同步建立教学反思闭环系统,持续提升实验课程与绿色化学前沿的衔接度。

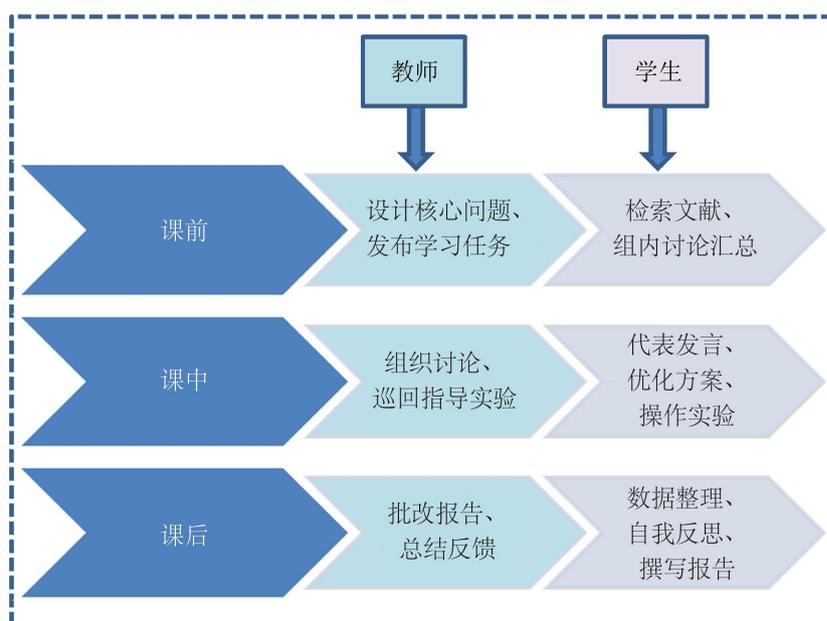


Figure 1. Design framework of a teaching model based on “problem-driven and collaborative group learning”

图 1. 基于“问题驱动、分组协作”教学模式的设计思路

### 5.1. 粗盐提纯的历史背景

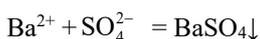
课程设计遵循“课前导学-课中深究”的教学逻辑。在课前环节,依托雨课堂平台发布《氯化钠的化学属性与药用价值》微课资源,重点剖析我国茶卡盐湖氯化钠晶体的形成机理及其独特的光学反射特性(即“天空之镜”现象),通过地质化学视角阐释自然奇观的科学本质,渗透资源保护意识。布置探究性预习题:① 基于晶体化学理论分析我国盐矿资源的赋存形态(海盐/湖盐/岩盐);② 运用配位化学原理比较食用氯化钠与工业用盐(如亚硝酸钠)的晶格结构差异;③ 从化工工艺学角度论证传统日晒结晶法与膜分离-真空蒸发联产技术的能效比;④ 结合毒理学知识探讨误用工业盐( $\text{NaNO}_2$ )导致高铁血红蛋白症的分子机制。

课堂教学采用“问题驱动-学科融合”模式。首先运用化学热力学原理分析海水晒盐相图, 构建蒸发结晶过程的吉布斯自由能变模型, 随后引入现代膜电解技术制备食品级氯化钠的工艺流程图解。通过紫外可见光谱对比实验视频, 直观展示工业盐(含亚硝酸根特征吸收峰)与食用盐(纯氯化钠谱图)的鉴别方法。组织学生开展基于案例的PBL研讨: 以《亚硝酸盐中毒的氧化还原机制》为切入点, 建立 $\text{NO}_2^-$ 与血红蛋白 $\text{Fe(II)}$ 的配位反应式, 从分子层面阐释其致毒机理。通过设计对照实验方案, 引导学生认知同属于 $\text{Na}^+$ 盐类的物质因阴离子差异产生的毒理学性质突变, 深化“化学量变质变规律”的哲学认知, 培养危化品分类储存、规范使用的实验室安全意识。

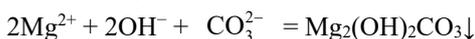
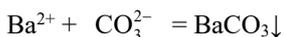
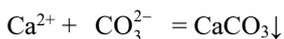
## 5.2. 粗食盐的提纯

化学试剂或医药用的 $\text{NaCl}$ 都是以粗食盐为原料提纯的, 粗食盐中含有 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 等可溶性杂质和泥沙等不溶性杂质。选择适当的试剂可使 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 等离子生成难溶盐沉淀而除去。

一般先在食盐溶液中加入 $\text{BaCl}_2$ 溶液, 除去 $\text{SO}_4^{2-}$ 离子:



然后再在溶液中加入 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液和 $\text{NaOH}$ 溶液, 除 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 和过量的 $\text{Ba}^{2+}$ :



过量的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液和 $\text{NaOH}$ 溶液用 $\text{HCl}$ 中和, 粗食盐中的 $\text{K}^+$ 仍留在溶液中。由于 $\text{KCl}$ 溶解度比 $\text{NaCl}$ 大, 而且粗食盐中含量少, 所以在蒸发和浓缩食盐溶液时,  $\text{NaCl}$ 先结晶出来, 而 $\text{KCl}$ 仍留在溶液中。

本课程内容可划分为以下三个教学模块, 深度融合专业理论与思政育人元素:

第一模块: 杂质离子的分步沉淀策略

基于溶度积原理建立离子定向分离方案, 采用 $\text{BaCl}_2$ 实现硫酸根的靶向去除, 通过沉淀转化热力学分析揭示选择钡试剂的科学依据。该过程体现科学思维的层次性——面对复杂体系需建立系统化解决方案, 培养学生运用热力学参数进行决策的科研素养, 彰显化学工作者解决实际问题的系统思维。

第二模块: 多组分协同沉淀机制

构建 $\text{NaOH-Na}_2\text{CO}_3$ 复合沉淀体系, 通过 $\text{pH}$ 调控与碳酸根浓度协同作用实现 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 及过量 $\text{Ba}^{2+}$ 的多级去除。引入配位化学理论解析镁离子形成碱式碳酸镁沉淀的特殊机理, 体现多因素协同的工程思维。此环节可结合科研团队协作案例, 强调集体智慧在解决交叉科学问题中的重要性。

第三模块: 相平衡调控与产品纯化

基于溶解度相图建立蒸发结晶工艺, 利用 $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ 三元体系相行为差异实现氯化钠的梯度结晶。结合晶体生长动力学分析杂质截留机制, 融入“精益求精”的工匠精神教育。通过讨论工业盐与药用盐的标准差异, 引导学生树立质量意识与社会责任感, 体现科技工作者服务社会的价值追求。

各模块贯穿“理论-实践-伦理”三维培养主线, 在传授沉淀分离、相平衡等核心知识的同时, 培育学生的科学伦理观和工程价值观, 实现知识传授与价值引领的有机统一。

### 5.2.1. 溶解和过滤操作

在“氯化钠提纯”这一基础化学实验教学中, 需重点阐释溶剂用量计算与减压过滤技术要点。对于粗盐溶解工艺, 应基于相平衡原理, 通过查阅 $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ 体系溶解度曲线, 结合实验温度下的溶解焓变数据, 建立物料平衡方程进行水量优化计算。该过程需综合考量晶体溶解动力学与后续蒸发结晶的热力学参数, 既要保证固液传质充分( $\Delta G < 0$ ), 又要避免过量溶剂导致蒸发阶段 $\Delta H$ 值过高而增加能耗。

减压过滤操作需严格遵循真空系统规范: 布氏漏斗斜口端应与抽滤瓶支管形成气速梯度场, 其间距应控制在 1.5~2 倍管径以维持稳定负压。滤纸选择需满足  $d_{\text{滤纸}} < d_{\text{布氏漏斗}} + 2\sigma$  (表面张力修正项), 并通过预润湿实现固-液-气三相界面能的匹配。对于  $\text{pH} < 2$  或  $\text{pH} > 12$  的体系, 建议采用梯度烧结的 G3 型砂芯漏斗并配合冷阱保护。操作中需动态监测滤饼形态, 当出现瑞利-泰勒不稳定性导致的裂纹时, 应立即施加各向同性压力进行致密化处理。系统启停应严格遵循伯努利方程指导下的操作序列: 建立安全瓶缓冲体系(含硅胶干燥管与防倒吸阀), 执行“先断开气路-后关闭泵体”的能垒消除程序。

本实验设计通过热力学参数优化与流体力学过程控制, 在培养本科生基本操作技能的同时, 着重强化其基于物理化学原理的工程思维, 使学生在掌握  $\Delta G$  判据指导实验方案制定的过程中, 建立绿色化学与过程强化理念, 为后续物理化学实验教学奠定基础。

### 5.2.2. 除去杂质的先后顺序

在粗盐提纯的离子交换过程中, 试剂的添加顺序遵循“优先沉淀难处理离子、确保后续试剂能中和过量前驱体”的原则。首先加入  $\text{BaCl}_2$  溶液, 其本质是通过形成  $\text{BaSO}_4$  沉淀( $K_{\text{sp}} = 1.1 \times 10^{-10}$ )实现对  $\text{SO}_4^{2-}$  的靶向去除。随后引入的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液具备双重功能: 既沉淀  $\text{Ca}^{2+}$  (生成  $\text{CaCO}_3$ ,  $K_{\text{sp}} = 4.96 \times 10^{-9}$ )、 $\text{Mg}^{2+}$  (生成  $\text{MgCO}_3$ ,  $K_{\text{sp}} = 6.82 \times 10^{-6}$ ), 又能同步消除过量引入的  $\text{Ba}^{2+}$  (生成  $\text{BaCO}_3$ ,  $K_{\text{sp}} = 2.58 \times 10^{-9}$ )。若颠倒顺序, 先加  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  会过早引入  $\text{CO}_3^{2-}$ , 导致后续  $\text{BaCl}_2$  引入的  $\text{Ba}^{2+}$  失去沉淀载体, 最终成为无法去除的杂质。体系中过量的  $\text{CO}_3^{2-}$  可通过酸化转化为  $\text{CO}_2$  逸出, 而  $\text{Cl}^-$  作为体系本底离子不会引入新杂质, 此设计体现了试剂选择的化学智慧。值得注意的是, 各沉淀剂的摩尔浓度需根据溶度积进行精确控制, 确保沉淀完全且避免试剂浪费。该工艺过程还涉及环境化学考量, 沉淀后的金属氢氧化物应通过固液分离回收, 避免重金属离子进入水体, 这既符合绿色化学的原子经济性原则, 也体现了可持续发展理念。

### 5.2.3. 蒸发和结晶过程

在粗盐提纯实验中, 采用分步结晶法实现钠钾离子分离的关键操作如下: 将待处理溶液置于蒸发皿中, 于低温恒温条件下进行蒸发浓缩, 当体系达到过饱和状态并形成稠厚浆液时立即停止加热, 利用蒸发皿余热完成晶核生长过程。此阶段需严格控制蒸发终点, 避免蒸干导致氯化钠晶体因暴沸现象发生机械夹带损失。基于氯化钾在常温下具有较高溶解度(35.7 g/100 g  $\text{H}_2\text{O}$ , 25 $^\circ\text{C}$ )且原始物料中钾离子含量较低的特性, 通过精确控制结晶动力学参数, 优先实现氯化钠(溶解度 36.0 g/100 g  $\text{H}_2\text{O}$ , 25 $^\circ\text{C}$ )的定向析出, 而钾离子则因未达其溶度积继续保留于母液中。

实施减压抽滤进行固液分离后, 采用分级干燥工艺处理所得晶型产物, 可获得纯度达分析级的氯化钠晶体。该分离过程充分体现了相平衡原理与溶解度差异在无机盐纯化中的协同作用, 通过构建氯化钠-氯化钾- $\text{H}_2\text{O}$  三元体系的热力学平衡, 结合结晶工艺参数的动态调控, 成功实现了同构型碱金属氯化物的选择性分离。这种基于物质本征性质的分离策略, 有效诠释了晶体生长过程中溶解-结晶动态平衡的辩证关系, 有助于培养学生运用物理化学原理解决实际分离工程问题的创新能力。

## 5.3. 产品纯度的测定方法

准确称取约 1.00 g 待测样品, 经 5 mL 超纯水超声助溶后, 分装至 3 组比色管中进行平行实验。通过镁试剂特征显色法重点考察  $\text{Mg}^{2+}$  的残留量: 该有机染料在  $\text{pH} < 7$  时呈现黄色(质子化形态), 在碱性介质中( $\text{pH} > 9$ )转化为去质子化的红色/紫色形态。当体系存在  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  胶体沉淀时, 染料分子通过表面配位作用选择性吸附于沉淀界面, 形成具有特征天蓝色显色的配合物, 其颜色强度与  $\text{Mg}^{2+}$  浓度呈正相关。实验数据显示(见表 3), 提纯后样品组的显色响应显著弱于粗盐对照组, 表明重结晶工艺有效降低了碱土金属杂质的含量。该法灵敏度可达  $10^{-5}$  mol/L, 但需注意控制体系  $\text{pH} > 10$  以确保  $\text{Mg}^{2+}$  完全沉淀, 同时排

除  $\text{Ca}^{2+}$  等干扰离子的影响。

**Table 3.** Phenomena record and conclusions of the experiment

**表 3.** 实验现象记录及结论

检验目标	检验方法	被检溶液	实验现象	结论
$\text{SO}_4^{2-}$	加 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{HCl}$ , $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$	1 mL 粗 NaCl 溶液	白色浑浊	有 $\text{SO}_4^{2-}$
		1 mL 纯 NaCl 溶液	无白色浑浊	无 $\text{SO}_4^{2-}$
$\text{Ca}^{2+}$	饱和溶液 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	1 mL 粗 NaCl 溶液	白色浑浊	有 $\text{Ca}^{2+}$
		1 mL 纯 NaCl 溶液	无白色浑浊	无 $\text{Ca}^{2+}$
$\text{Mg}^{2+}$	$1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 、镁试剂	1 mL 粗 NaCl 溶液	天蓝色絮状沉淀	有 $\text{Mg}^{2+}$
		1 mL 纯 NaCl 溶液	仍为紫色	无 $\text{Mg}^{2+}$

本实验教学采用理论讲授与实验探究相结合的教学模式,通过构建三组对照实验体系实现教学目标。实验设计如下:第一组以未处理粗盐溶液为试样,分别加入钡试剂( $\text{BaCl}_2$ )、草酸铵( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ )及镁试剂(对硝基苯偶氮间苯二酚),观察到特征性硫酸钡沉淀、草酸钙沉淀及镁试剂特征显色反应;第二组以纯化后精盐溶液为对照体系,上述特征反应均未显现;第三组设置空白对照排除试剂干扰。实验数据表明:粗盐中确实存在硫酸根、钙镁杂质离子,而经溶解-沉淀-过滤-蒸发结晶系统提纯工艺处理后产物符合分析纯级氯化钠标准。该探究过程不仅使学生掌握分步沉淀法除杂原理及离子特征显色鉴定技术,更重要的是通过实验现象与物质结构的关联分析,培养学生运用光谱分析等表征手段进行物质纯度验证的科学思维,体现了“宏观辨识与微观探析”的化学核心素养要求。

#### 5.4. 数据整理和误差分析

在化学实验教学环节中,构建了基于数字化协作的闭环学习体系。实验结束后,教师通过标准化流程引导学生将实验影像资料上传至数字化协作平台,运用“原始数据即时归档”原则完成实验记录的规范化整理,要求学生基于物质结构-反应机理-能量变化三位一体的分析框架,对实验现象进行热力学/动力学双维度阐释。教师依托误差传播理论和显著性分析方法,针对实验报告中的异常数据点及逻辑断层发布形成性评价报告,引导学习小组通过误差溯源分析(溯源至仪器校准、操作规范、环境干扰等要素),结合正交实验设计原理探讨误差消减策略。该教学模式将分析化学中的“原始记录可溯性”原则贯穿始终,通过虚拟仿真与实体实验的交叉验证,强化学生对化学计量学原理的认知,在提升实验数据可信度的同时,培养其基于谱学表征和热力学参数的实证精神,以及运用控制变量法和误差传递理论进行科学探究的批判性思维,最终实现学术规范意识与创新性研究能力的协同发展。

#### 5.5. 局限性与反思

本实验的课程思政从专业知识本身“生长”出来,而不是“贴标签”或“两张皮”,追求“如春在花、如盐在水”的效果。例如,从“沉淀剂选择”中引出“绿色化学”,从“纯度测定”中引出“工匠精神”,这种融合模式具有高度的学科特定性和创新性,形成了可复制、可推广的教学设计范式。但该研究仍受到样本量、专业教学的平衡及学生接受程度等因素影响。

### 6. 教学效果与评价

本课程已在我校应用化学及相关交叉学科领域(生物工程、食品科学、高分子材料与能源化工等)实现

系统化推广, 构建了以价值塑造为导向的立体化育人体系。基于无机化学实验课程特点, 教学团队深度挖掘晶体场理论解析、配位化合物合成等核心知识点中蕴含的思政要素, 创新开发“知识模块-思政映射”矩阵模型。通过实验前安全风险评估(HIRA)培训、实验废弃物分类处理规程以及结晶过程控制等专业环节, 将辩证思维、工程伦理与绿色发展理念有机融入教学全过程。实践表明: 基于 GLP 规范设计的实验安全准入考核体系使 PPE 标准化穿戴率达 100%, Borosilicate 玻璃器皿破损率同比下降 42 个百分点; 采用基于 TBL 模式的协作实验方案, 团队协作效能指数提升至 87.6%。值得强调的是, 该课程范式革新同步催化了教学团队的职业发展, 形成科研反哺教学的特色路径, 实现师德师风建设与学术创新能力协同提升的链式反应。

无机化学实验课程构建了多模态评估体系, 通过过程性评价与终结性评价相结合的方式, 全面考察学生的科学探究素养与价值塑造成效。该评估框架涵盖数字化预习与线上互动参与度、标准化实验规程执行度、研究报告科学写作能力, 以及基于绿色化学理念的粗盐梯度纯化工艺优化设计等维度。其中课程思政教学目标达成路径体现为: 在实验规程模块培养严谨求实的科学伦理意识, 在改进方案设计中强化可持续发展理念, 通过团队协作提升责任担当精神, 并借助实验现象阐释深化辩证唯物主义认知(表 4)。各考核模块均建立定量化评价指标, 特别在提纯工艺改进环节着重考察学生运用相态调控、沉淀平衡及纯度分析等化学原理解决实际问题的创新能力。

**Table 4.** Inorganic chemistry experiment achievement assessment

**表 4.** 无机化学实验达成度考核

考核内容	成绩占比(%)	考核目标	考核标准
线上互动情况	10	文化自信	能举例说出我国食盐的由来和种类
预习报告	10	科学素养	能理解实验原理, 掌握离子的鉴定方法。
实验规范操作	30	规范严谨的态度	规范掌握溶解、过滤、蒸发结晶等操作。
实验报告撰写	30	严谨求实的精神和认真负责的态度	内容的完整性、实验数据记录与处理的科学性、严谨性、结果讨论的合理性、撰写的规范性等
粗盐提纯实验的改进方案的设计	20	社会责任	设计实验探究内容, 具备分析实验数据的能力。

## 7. 结语

在无机化学实验教学中系统融入课程思政元素, 既是深化“三全育人”理念的实践探索, 也是实现专业教育与价值塑造协同发展的重要途径[5]-[8]。本文以“氯化钠的提纯及纯度检测”实验为教学载体, 构建了多维度的课程思政实施路径[9]。通过引入盐湖化学专题研讨——以茶卡盐湖矿产资源开发为切入点, 结合现代分离纯化技术发展史中范旭东先生创立永利化学的典型案列[10], 将家国情怀与科学精神培养贯穿于沉淀结晶、固液分离、离子交换色谱等单元操作的理论讲解中。教学实施采用“问题导向-协作探究-反思拓展”的三阶递进模式, 课前通过虚拟仿真平台预习相图分析与溶解度调控原理, 课中实施小组对比实验探究温度梯度对结晶形态的影响, 课后延伸设计工业级氯化钠纯度检测方案。该模式不仅强化了学生对溶解平衡、沉淀形成机理等物理化学基础理论的理解, 更通过实业报国案例的深度解析, 培养学生严谨求实的科学态度和创新进取的学科精神, 实现价值引领与能力培养的协同效应。实践表明, 这种基于专业认知逻辑的思政融合策略, 有效提升了学生的学科核心素养, 形成了知识建构与价值塑造同频共振的育人新范式[11]。

## 基金项目

2023 年度广东省教育规划课题(2023XJK401); 2023 年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目(701/710135181037); 2024 年校级教学质量与教学改革工程项目(701/710136093016), 2025 年茂名市科技计划项目软科学(2025699)。

## 参考文献

- [1] 齐金花. 课堂教学语言在课程思政中的重要地位初探[J]. 中国高等教育, 2020(6): 37-38.
- [2] 袁果园, 刘德蓉, 丁皓, 等. 无机化学课程思政教学案例设计: 以电极电势为例[J]. 广东化工, 2023, 50(3): 230-231, 195.
- [3] 游子娟, 康新平, 金烈, 等. 分析化学实验混合式教学中课程思政的探讨与实践[J]. 广东化工, 2022, 49(12): 235-236.
- [4] 崔秋娟. 高职院校无机与分析化学实验思政案例研究[J]. 广州化工, 2021, 49(21): 167-168.
- [5] 王凯民, 杨良竹, 马钰璐, 等. 基于混合式教学模式的“无机及分析化学实验”课程思政教学探索与实践[J]. 云南化工, 2023, 50(5): 187-190.
- [6] 尹霞, 赵艳, 许峰, 等. 课程思政与无机化学教学的融合[J]. 大学化学, 2022, 37(11): 107-115.
- [7] 王莉, 张丽荣, 范勇, 等. 线上线下混合式教学模式下的无机化学一流课程建设[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(14): 78-81.
- [8] 阿不力米提·玉麦尔, 楚刚辉. “无机化学实验”中的课程思政教育探索——以喀什大学为例[J]. 化工时刊, 2022, 36(4): 50-52.
- [9] 李林, 陈娟, 刘娇, 等. 基于 OBE 理念的无机化学实验课程思政教学实践——以“碱式碳酸铜制备”为例[J]. 云南化工, 2025, 52(3): 121-123.
- [10] 马红玉, 李照. 探索无机化学实验与思政元素的深度融合: 基于粗食盐提纯实验[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2025, 46(2): 75-80.
- [11] 顾焰波, 江冰, 刘显明. 课程思政与无机化学实验课的融合探讨[J]. 广州化工, 2023, 51(14): 177-179.