

新工科背景下无机化学课程思政教学初探

朱脉勇*, 吴述平

江苏大学材料科学与工程学院, 江苏 镇江 212013

摘要: 新工科建设是工程教育改革创新的新起点, 旨在服务国家战略发展新需求。在新工科背景下, 高等教育必须加强专业知识教授和价值引领的有机融合。加强课程思政建设是实现协同育人的有效途径, 也是建设中国特色“双一流”高校的迫切需求。无机化学是众多理工科专业的基础课程之一, 其在培养学生创新意识、创新能力和综合素养等方面发挥着不可或缺的作用。结合笔者工作经历, 文章以无机化学知识体系为基础, 从“正确的辩证唯物主义世界观和历史观”和“科学探索与科学精神”两条主线, 提出了无机化学课程思政建设的可行途径。

关键词: 新工科; 无机化学; 课程思政; 科学思维

中图分类号: G64; O6

Exploration of Integrating Ideological and Political Education into Inorganic Chemistry under the Background of Emerging Engineering Education

Maiyong Zhu*, Shuping Wu

School of Materials Science & Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu Province, China.

Abstract: Emerging engineering construction marks a pivotal phase in engineering education reform, addressing the evolving needs of national strategic development. Within this framework, higher education must effectively integrate professional knowledge instruction with value-oriented guidance. The enhancement of ideological and political education in curricula serves as both an essential approach to collaborative education and a critical requirement for building “double first-class” universities with Chinese characteristics. As a fundamental course for numerous STEM disciplines, inorganic chemistry plays an indispensable role in cultivating students’ innovative thinking, research capabilities, and comprehensive competencies. Drawing upon teaching experience, this study proposes practical strategies for incorporating ideological and political elements into inorganic chemistry education, focusing on two key dimensions: establishing a correct dialectical materialist worldview and historical perspective, and fostering scientific exploration and research ethics.

Key Words: Emerging engineering education; Inorganic chemistry; Ideological and political education; Scientific thinking

1 引言

为了应对新一轮科技革命和产业变革所面临的新机遇、新挑战, 培养造就一大批引领未来技术与产业发展的卓越工程科技人才, 以期推动我国产业转型升级和提升国际竞争力, 教育部在2017年提出了“新工科”理念^[1]。与传统工科相比, 新工科主动适应新技术、新产业、新经济发展, 是卓越

收稿: 2024-09-26; 录用: 2024-11-07; 网络发表: 2025-05-13

*通讯作者, Email: maiyongzhu@ujs.edu.cn

基金资助: 镇江市党校联盟(镇江市情研究中心)课题(ZJDX2025003)

教育的升级版。新工科之“新”主要表现在四个方面：首先是理念新。新工科理念包括六个方面：问产业需求建专业，问技术发展改内容，问学校主体推改革，问学生志趣变方法，问内外资源创条件，问国际前沿立标准。其次是背景新，新工科理念是新中国进入新的历史方位后的产物，处在“两个一百年”奋斗目标的历史交汇点上。以人工智能、互联网+，大数据为代表的新一轮科技革命和产业变革扑面而来，对工科教育如何融合信息素养教育提出了新要求。再次是手段新，新工科强调多学科交叉，突出产教融合、注重研教结合。新工科建设旨在培养不仅具备良好的通用素质和精湛的专业技能，还必须具备科技报国情怀、跨学科和系统思维等新工科的特色素养的卓越工程师。此外，新工科之新还体现在卓越人才培养定位新。新工科教育与高度对接成果导向教育(OBE)，坚持以学生为中心，强调通过学生获得成果反向设计教学，充分激发学生的学习兴趣；强调学生学习的自主性，提升学生解决实际问题的能力。

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上强调：“要坚持把立德树人作为中心环节，把思想政治工作贯穿教育教学全过程，实现全程育人、全方位育人。”在教育部印发的《高等学校课程思政建设指导纲要》中，围绕“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”的根本问题，系统阐释了新时代课程思政建设的目标、要求、内容等^[2]。课程思政体系的构建和完善是落实立德树人根本任务的必要前提，课程思政体系的构建及完善是全面提升高校师生思想意识的强有力保证，是促进高校文化建设的重要举措。因此，面对新工科带来的工程教育改革，高校必须在继承和升华传统工科教育精华的同时，打造全方位、立体式育人元素，扎实推进全员育人、全程育人、全方位育人(三全育人)工作，坚定不移地强化思想政治引领，构建一体化育人格局，把思想政治教育全方位融入课程、科研、实践、文化、组织等各领域、各环节，推动知识传授、能力培养与理想信念、价值理念、道德观念的教育有机结合。

无机化学是众多理工科大学一年级学生的重要基础课程，其在整个课程体系中居于基础地位，为后续的基础课和专科学学习提供必要的基础。无机化学课程主要内容包括化学基本原理、物质结构的基础知识及元素化学的基本知识。通过学习无机化学课程，学生可以了解与化学密切相关的社会热点、科技发展、学科渗透交叉等方面的知识，在创新能力、实践能力以及用化学的思想和观点解决实际问题的综合能力等方面可以得到显著提高^[3]。作为一门集基础性、应用性和前沿性于一体的课程，无机化学含有非常丰富且独特的思政元素，如安全意识、环保理念、求实精神、创新意识、思辨精神、家国情怀等等。如果能将这些思政元素有机的融入课堂教学中，一定能起到良好的育人效果。基于此，本文拟结合笔者近年给材料类专业学生讲授无机化学课程的经历，对新工科背景下思政元素在无机化学教学中的融入方式加以探讨，以期全面提高该课程的教学质量。

2 无机化学课程思政建设的总体思路

在新工科背景下，无机化学课程不仅要培养学生理论联系实际的能力，学会用化学的视角分析和解决问题的能力，还要提升学生的信息获取能力、科技论文写作水平、团队协作与就工程问题跨文化交流表达的能力，塑造批判性思维及科研思维，培养学生终生学习的能力。针对这些目标，笔者在教学过程中重新梳理了教学内容，挖掘和凝练了课程中蕴含的思政元素和切入点(图1)，以此引导学生明确化学知识对价值引领的支撑作用，帮助学生搭建学科知识之间的桥梁，激发学生的学习兴趣，建立正确的世界观和科学的方法论，培养学生严谨创新的科学思维与科学精神，拓展恢弘的历史视角和国际前沿视野，最终具备以化学的视角思考工程领域里的科学问题的能力。

3 无机化学课程思政建设的具体措施

3.1 理清科学发展历史，使学生洞悉科学发展规律

无机化学理论发展至今虽然相对比较成熟，但纵观各理论的发展历程，不难发现众多发现或新理论的提出都是一个不断探索和发现的过程。以科学家们揭示原子结构为例，如图2所示，历史上人

类为了认识组成物质的基本微粒之一的原子，产生了多种假说模型/理论(实心中性硬球、葡萄干蛋糕、枣核结构、行星结构、和量子力学)。这些假说限于当时的科技水平，或多或少存在合理性，能够较好地解释很多现象。如J. Dalton提出的原子是实心中性硬球的假说模型就能很好地解释化学变化前后质量守恒的结果。然而，该假说认为原子是不可以再分，且每一种物质就由一种原子组成，原子是组成物质的最小微粒，这些观点显然是不正确的。表1总结了各种原子结构模型和理论的主要要点，并对其科学性进行了简要评价。通过讲授核心科学原理的发展历程，可以使学生充分理解科学的发展是一个不断探索和发现的过程，需要不断地挑战和突破传统的观念。

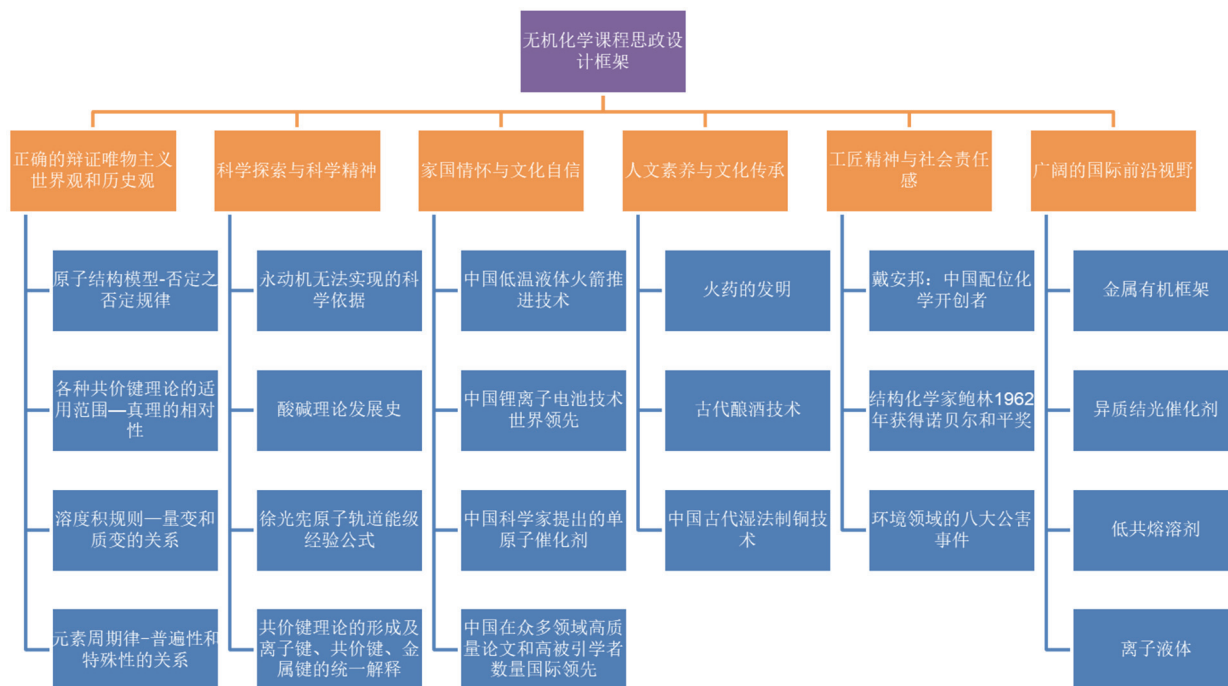


图1 无机化学课程思政总设计图

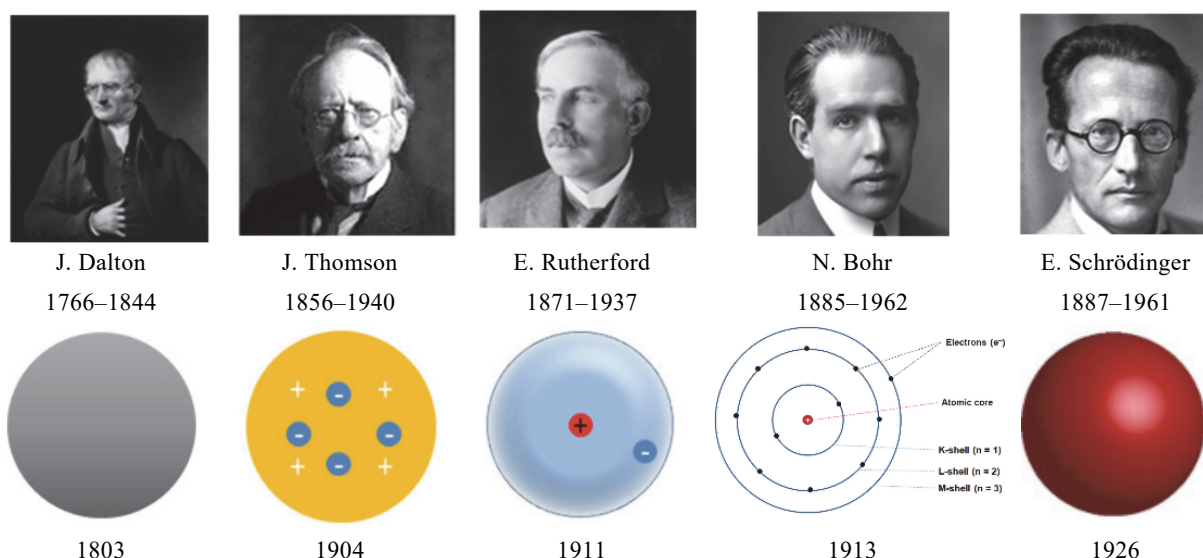


图2 历史上出现的几种流行的原子结构假说模型^[4]

表1 各原子结构假说的理论要点及科学性评价

假说/理论	理论要点	科学性评价
1803 实心中性硬球	原子时物质的基本组成单元 原子具有不可再分性 不同物质是由不同原子组成的	可以合理地解释化学反应中质量守恒定律 未能体现出原子中的带电荷微粒的存在
1904 葡萄干蛋糕	揭示了原子是可以再分的 原子中具有等量的正电荷微粒和负电荷微粒 正负电荷微粒在原子中均匀分布	成功揭示了原子中含有带正电荷的质子和带负电荷的电子 正负电荷均匀分布显然与正电荷集中在原子核的事实相悖而驰 忽视了很多原子其实还含有中子
1911 枣核结构	原子的正电荷主要集中在原子核中 原子的质量主要集中在原子核 负电荷在原子核外	确立了原子是由原子核和核外电子组成 核外电子的分布规律不明确
1913 行星轨道	核外电子在原子核外运动 核外电子由固定的轨道 不同电子在不同的轨道上运动	提出了原子核外电子运动的轨道能级特点 如何确定能级尚不明确
1926 量子力学	核外电子所处轨道具有不连续性、测不准等特点 通过波函数确定电子的状态	提出了四个量子数的理论 为后续揭示原子核外电子分布规律奠定了理论基础

又如，笔者在讲授化学热力学时发现，不少学生对过程的自发性判断容易出错。这主要是因为学生没有理解焓变、熵变、和吉布斯自由能变对过程进行方向的影响，没有彻底把握其本质。如果向学生讲解人类对自发过程的认识经历，可以有助于学生理解过程自发与否的判断本质标准。起初，由于人们接触到的过程少，只能基于生活经验，得出了放热过程(焓变减小)才能自发的错误结论。随着人们接触到的过程越来越多，发现有些吸热过程也能自发进行。例如氯化铵的溶解和氧化银的分解反应均是自发的，而它们都是吸热过程。这些吸热过程可以自发进行的根本驱动力是熵的增加。然而，熵的增加仅仅是有利于过程的自发进行，而并不是所有自发过程都是熵增加驱动的。为了建立统一的过程进行方向判断依据，后来规定了吉布斯自由能。通过吉布斯自由能变与焓变和熵变之间的关系，可以很方便地判断过程地自发性。人类正是在不断总结经验，反复经历着实践-提出理论-再实践-修正理论这一螺旋式循环认识世界、改造世界，不断发现真理。

理论的发展源于实践，且可用于指导实践，但任何理论的适用性都应该有其特定的范围，即真理的相对性。如随着化学学科的发展，人们对酸和碱的研究不断深入，形成了一系列酸碱概念和理论。表2总结了几种常用的酸碱理论。从表中不难看出，各种酸碱理论均有其优缺点，作为化学工作者，应该注意各理论中酸碱的概念及适用范围，不能滥用理论，以便更好地说明问题。同样，人们在认识物质结构的过程中，也提出了很多共价键相关的理论。如图3所示，有关共价键的相关理论也是各有千秋，不同理论站在不同的角度研究共价键，能够解决地自然也是不同的科学问题。我们相信，世界是物质的，也是发展的，科学理论肯定也是发展的，今后也会出现更多的新理论帮助人类解决新的问题。

通过向学生介绍一个知识点的来龙去脉，有助于学生不仅知其然而且知其所以然，建立用发展和批判的眼光看待问题，形成正确的辩证唯物主义认识观和世界观。

3.2 以高质量科研为引领，培养学生的科学思维和科学精神

因材施教是教学活动必须遵守的基本原则之一。讲授一门课程，任课教师除了要熟悉课程本身的知识体系外，还应站在学生的专业角度去补充一些必要的教学素材。众所周知，无机化学中四大化学平衡理论是重点内容也是基础内容。尽管教材内容都能做到深入浅出，很容易使学生掌握，但如何使学生深刻理解该课程对材料专业的重要性，进而激发学生的学习兴趣，这显然是教材内容本身很难赋予的。为此，笔者在讲授过程中，除了介绍课程本身的知识体系外，还结合自身科研实际，进行了有效拓展，并取得了良好的效果。

表2 近代酸碱理论发展历程及优缺点评价

理论(年份)	提出者	优点	缺点
电离理论(1884)	Arrhenius	非常经典 至今仍广泛使用	局限在水溶液中 很多显酸(碱)性的物质排除在外
溶剂理论(1905)	Franklin	包括水溶液的体系 扩充到了非水体系 扩大了酸碱范围	不能说明无法解离的溶剂体系 不能说明无溶剂的酸碱反应
质子理论(1923)	Bronsted	包括非水体系 包括非水溶液体系 扩展到了气体间的反应	不能说明非质子溶剂中的酸碱反应 不包含非质子酸碱物质
电子理论(1923)	Lewis	不受解离过程限制 不受溶剂约束 扩大到了无质子授受的反应	过于笼统 不易区分各种酸碱差别 不能做定量处理
软硬理论(1963)	Pearson	简单实用 可以很好地解释离子晶体稳定性问题	比较粗糙 量化研究比较困难 普适性不够好

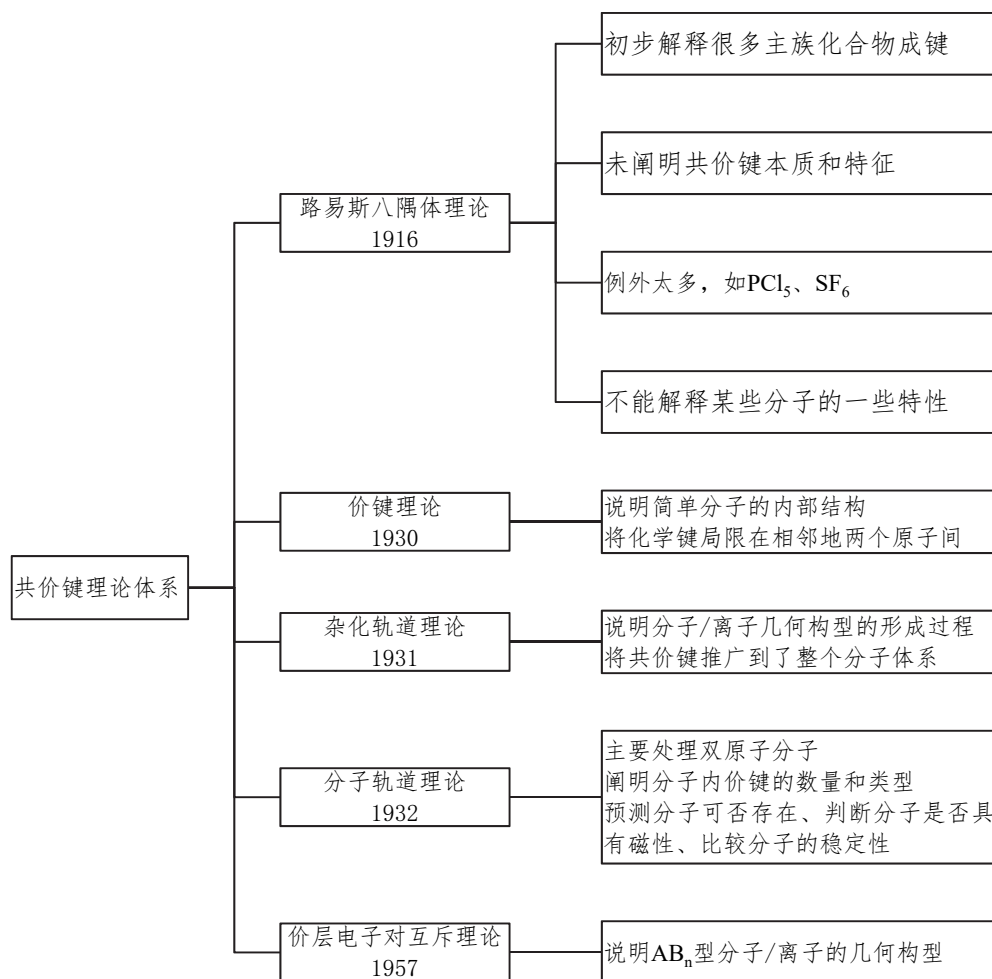


图3 共价键理论发展历程及相关理论要点

在氧化还原反应章节的介绍中,笔者首先介绍了电极电势的概念、影响电极电势的因素,随后引入自己的科研案例:在甘油和水的混合溶剂中,以 FeCl_3 为铁源,在碱性条件下,通过调整体系中甘油的比例,分别生成了 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、 Fe_3O_4 和甘油铁(Fe-glycerate)络合物三种功能材料。由于 FeCl_3 中的铁元素氧化态为+3,上述研究结果显然表明甘油在其中作用重大,具体表现从图4可以看出如下:在甘油含量较小时, Fe(III) 没有被还原,体系中仅能生成 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$;随着甘油含量的增加,体系中会生成 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 和 Fe_3O_4 的混合物或 Fe_3O_4 纯净物;进一步增加甘油的含量,则会生成由 Fe_3O_4 和甘油铁络合物组成的混合物或甘油铁络合物的纯净物。

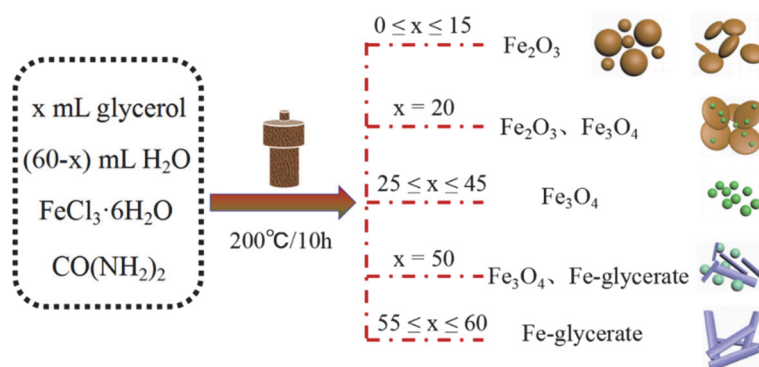


图4 甘油诱导生成 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、 Fe_3O_4 和甘油铁络合物的示意图^[5]

上述案例说明甘油在中等浓度时可以将 Fe(III) 部分还原为 Fe(II) ,导致体系中生成 Fe_3O_4 ,而低浓度时则不能还原 Fe(III) 。这一结果能够很好地用能斯特方程(公式(1))进行解释:甘油作为还原剂, Fe(III) 是氧化剂。尽管该工作中没有对甘油的氧化物产物(对应公式(1)中的甘油氧化态)及甘油对应的电对中涉及电子转移数进行具体分析,但可假定这两个参数是不变的未知量。从公式分析不难推断出:提高甘油的浓度,会使 $E_{\text{甘油}}$ 降低。当 $E_{\text{甘油}}$ 降低到一定程度时($E_{\text{甘油}} < E_{\text{Fe(III)/Fe(II)}}$),甘油则表现出还原性,体系中部分 Fe(III) 被还原为 Fe(II) 。由于整个体系处于碱性环境中, Fe(III) 和 Fe(II) 则发生共沉淀反应生成 Fe_3O_4 。至于进一步提高甘油的含量,体系中生成甘油铁络合物,这一结果可以归因于量变引起质变。即高浓度时,甘油的配位作用明显强于体系碱性环境中 Fe(III) 和 Fe(II) 发生沉淀的作用。

$$E_{\text{甘油}} = E^\ominus + \frac{0.059}{n} \lg \frac{[\text{甘油氧化态}]}{[\text{甘油}]} \quad (1)$$

通过上述科研案例的引入,学生深刻理解了氧化还原反应理论的精髓,明确了该理论在材料设计合成中的应用,增强了学生对“知识改变命运”的认同感。从后续追踪结果看,学生普遍对无机化学课程的兴趣有所提高。此外,在价值培养方面,该案例也充分让学生明白了量变引起质变的哲学道理,有利于培养学生在实践中掌握分寸、把握度的原则,坚持底线原则。

另外,传统的教学模式重视知识的单向输出和接受,即教师讲授学生通过记忆理解的方式最终通过课程考核。但是,长此以往,原本掌握比较牢固的知识点会慢慢遗忘,导致需要使用时印象模糊甚至不知所措。为此,适当引入科研素材,让本科生身临其境体会运用所学原理解决部分问题。这样既可以提升学生的思考能力,又可以巩固所学理论知识,达到学以致用效果。例如,笔者通过乙酸镍与乙二醇的高温反应,首先合成了 Ni-glycolate/Ni 微球。以 Ni-glycolate/Ni 微球作为模板,进一步与硫代乙酰胺(TAA)在溶剂热条件下的反应和热处理,最终合成空心 NiS 微球(图5)。有趣的是,反应体系的酸度(不同的镍盐)影响 Ni-glycolate/Ni 能否生成。如图6所示,当改用硝酸镍与乙二醇反应时,无法获得所需产物,甚至根本没有沉淀生成。上述研究结果可以借助无机化学基础理论进行合理解释。如反应式(2)–(7)所示,乙二醇在体系中有两种作用:与镍离子配位生成 Ni-glycolate ,还原

镍离子生成镍单质(同时乙二醇转变为羟基乙醛,进而氧化成羟基乙酸)。当用乙酸镍作为原料时,乙酸根的水解使体系成弱碱性,从化学平衡移动角度看,是有利于配位反应和氧化还原反应的进行的。反之,硝酸镍作为原料时,无法给体系提供碱性环境,导致无法反应。至于空心NiS微球的形成,则可以用扩散理论中的柯肯达尔效应进行理解。

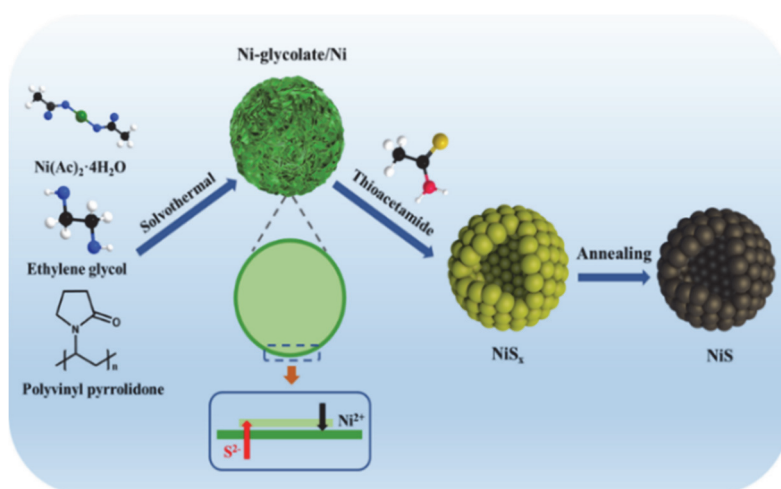
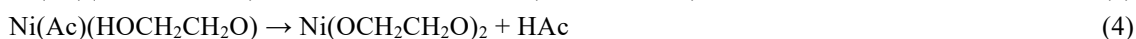
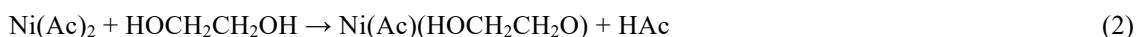


图5 乙二醇辅助合成NiS空心纳米球^[6]

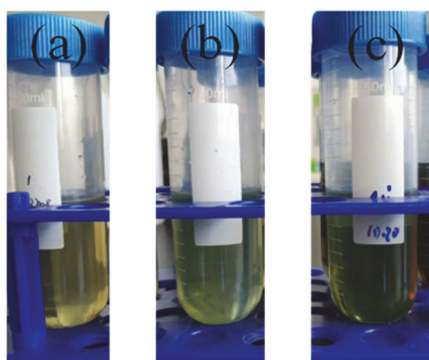
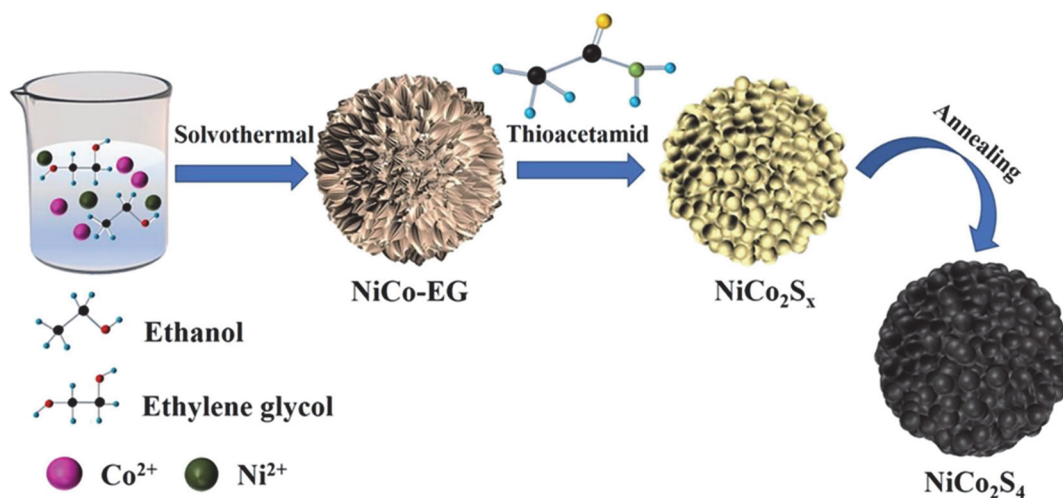


图6 不同含量的 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 与乙二醇混合,水热处理后的光学照片^[6]

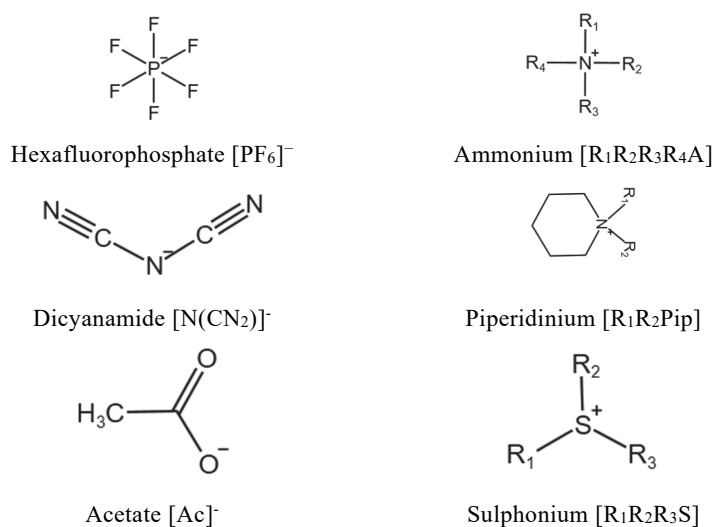
(a) 少量, (b) 中等量, (c) 大量

在上述基础上,笔者进一步引入问题:是否可以在上述体系中抑制金属单质的生成,得到产物单一的乙二醇-过渡金属络合物?带着这样的问题,引导学生分析并提出可行的解决方案。从Nernst方程入手,总结影响电极电势的因素,分析后可以很容易地提出控制乙二醇的浓度相对比较方便,同时考虑到过渡金属离子在水中可能发生水解,因此选择用乙醇和乙二醇的混合溶剂,这样可以提高乙二醇的氧化电位,抑制了乙二醇的还原性,但配位性能得到了保留,可以得到组成单一的过渡金属-乙二醇络合物产物,进而利用硫化技术即可得到金属硫化物纳米材料(图7)。


 图7 通过乙醇-乙二醇混合溶剂体系制备NiCo双金属硫化物流程图^[7]

3.3 前沿和基础相结合，培养学生“不尽信书”的科学批判精神

众所周知，任何真理都是具有相对性的，没有放之四海而皆准的绝对真理。对工程教育而言，更要做到不唯书不唯上只唯实。同时，人才培养必须面向未来和推动行业技术发展，为此，将国际学术前沿和基础课程相结合，可以让学生既理解基础知识，又了解行业发展动态，并能够做到在实践中坚持实事求是的态度。例如，在无机化学的物质结构理论中，一般认为离子键形成的晶体具有较高的熔点。然而，现实中却存在这样一类由阴阳离子组成的近室温下(低于100℃)呈液态的物质——离子液体。离子液体是20世纪90年代中期逐渐兴起的一种绿色液体，具有熔点低、蒸汽压低、电化学窗口宽、结构和性质可设计性强等特点。离子液体已在催化、气体抓捕、电化学、新能源和生物材料等领域中呈现出广阔的应用前景^[8]。如图8所示，组成离子液体的阴阳离子主要是一些多原子复杂离子。由于这些离子尺寸大，变形性强，导致晶体的晶格能与传统的离子化合物相比降低地非常厉害，导致其熔点较低甚至低于室温。通过引入离子液体的简介，可以让学生进一步掌握化学键对物质性质的影响，同时从本质上认识物质结构和性质的内在逻辑关系——结构决定性质，激发学生具体问题具体分析的严谨科学态度。


 图8 离子液体化合物中几种常见的阴离子和阳离子结构^[9]

又如，氢键在化学和生命科学中意义重大。氢键一般可以分为分子内氢键和分子间氢键。传统的教学中学生容易教条式地认为分子间氢键会使体系的熔沸点升高，这一点可以从氮族、氧族、卤素的氢化物熔沸点中得以验证。事实上，氢键对体系的性质影响比较复杂，教材上一般都只是仅仅给出一般规律，但一般并不代表全部。例如，低共熔溶剂(Deep eutectic solvent)是由多种物质混合形成，其熔点低于每一个组分。以最简单的二元低共熔溶剂为例，两个组分之间是氢键作用。其中一个组分是氢键给体(HBD)，另一个是氢键受体(HBA)。二者之间的氢键显然属于分子间氢键，而体系的熔点无论以什么比例配制都低于两个组分独立存在时的熔点，且在一个合适比例时体系具有一个最低熔点(图9)。

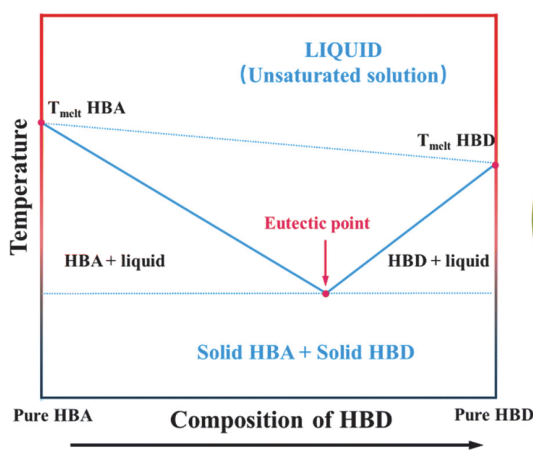


图9 氢键给体(HBD)和氢键受体(HBA)的二组分温度-组成相图^[10]

3.4 巧妙运用科研平台，培养学生的实践能力

2017年12月，教育部印发的《高校思想政治工作质量提升工程实施纲要》明确着力加强科研育人。改进科研环节和程序，把思想价值引领贯穿选题设计、科研立项、项目研究、成果运用全过程^[11]。为本科生提供科研课题并创造科研条件，推动学生早进课题、早进实验室、早进团队，将最新科研成果及时转化为教育教学内容，是培养创新人才的有效策略。江苏大学是较早实施科研反哺教育的代表性大学之一，多年来，通过本科生科研立项、大学生创新计划等项目的实施，在培养本科生创新能力方面取得了喜人的结果。在学校大学生科研立项和创新计划的支持下，笔者也先后指导过多名本科生。他们在笔者的指导下，团结协作、勤奋学习，获得了一系列科研成果。部分学生进入悉尼大学、上海交通大学、四川大学等国内外知名大学继续深造。

4 结语

站在新时代的大舞台上，面向国家新工科战略发展需求，聚焦“培养德才兼备、具有创新思想和创新能力，并能适应新时代产业转型升级需求的卓越工程师是新工程人”的根本任务，笔者对新工科视域下无机化学课程思政教学进行了积极的探索和实践。结果表明：介绍科学理论发展历程可以引领学生形成正确的辩证唯物主义世界观和方法论；引入高质量科研素材和利用多级科研平台可以培养学生严谨科学的科学思维和科学精神，充分体现了科研反哺教学的作用，有效解决了理论与实践脱节的问题；将学术前沿和基础理论相结合培养了学生“不唯书不唯上只唯实”的实事求是的精神。笔者深知课程思政任重而道远。在今后的教学工作中，笔者将持续更新教学理念、优化教学内容、改进教学方法，为全面建设社会主义现代化国家培养政治素质过硬、理论功底深厚、实践能力扎实、工匠精神鲜明的卓越工程师。

参 考 文 献

- [1] 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知. [2024-05-28]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/201702/t20170223_297158.html
- [2] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知. [2024-05-28].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html
- [3] 周菁, 鹿现永, 田东亮. *大学化学*, **2023**, *38* (9), 47.
- [4] Schmiermund, T. *The Chemistry Knowledge for Firefighters*; Springer: Heidelberg, German, 2023; pp. 81–88.
- [5] Zhu, M.; Luo, Q.; Chen, Q.; Wei, W.; Zhang, Q.; Li, S. *Mater. Chem. Front.* **2021**, *5*, 2758.
- [6] Zhu, M.; Li, X.; Tu, C.; Luo, Q.; Nie, Y.; Pan, J.; Li, S. *Mater. Chem. Front.* **2022**, *6*, 203.
- [7] Zhu, M.; Lu, C.; Ma, Y.; Yang, Yu. *Appl. Organomet. Chem.* **2023**, *37*, e7301.
- [8] 郑文君. *大学化学*, **2024**, *39* (8), 163.
- [9] Zhu, M.; Yang, Y. *Green Chem.* **2024**, *26*, 5022.
- [10] Ma, Y.; Yang, Y.; Li, T.; Hussain, S.; Zhu, M. *Green Chem.* **2024**, *26*, 3627.
- [11] 教育部. 高校思想政治工作质量提升工程实施纲要. [2024-09-26]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A12/s7060/201712/t20171206_320698.html