

国际视野下“大学化学”全英文课程教学内容与教学模式的探索

张志攀*

北京理工大学化学与化工学院, 北京 102488

摘要: 全英文本科课程的建设与完善是一流大学培养具有国际竞争力的国际化人才和提高国际影响力的重要途径。本文以“大学化学”全英文课程的教学实践为例, 探索同时面向多个专业国内和国际新生的“大学化学”全英文课程教学内容和教学模式, 以期为进一步提高相应化学全英文课程的针对性与教学效果提供借鉴。

关键词: 全英文教学; 大学化学; 国际化; 中国元素

中图分类号: G64; O6

Exploring the Content and Pedagogy of English-Taught General Chemistry Courses from an International Perspective

Zhipan Zhang *

School of Chemistry and Chemical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China.

Abstract: The development and enhancement of undergraduate courses taught in English is a crucial pathway for top universities to cultivate internationally competitive talents and to raise their global profile. This paper uses the example of the English-taught “General Chemistry” course to explore the content and teaching methods for such courses designed for both domestic and international freshmen from multiple disciplines. The aim is to provide insights for improving the relevance and educational effectiveness of English-taught chemistry courses at the undergraduate level.

Key Words: English-medium instruction; General chemistry; Internationalization; Chinese elements

1 引言

随着“一带一路”倡议的提出, 中国高等教育对外开放的水平逐年提升, 开创了中国教育国际化的新局面。以北京理工大学为例, 至2024年10月, 学校共有来自100余个国家的3400多名国际学生^[1]。同时, 学校开设了机械工程、机械电子工程、自动化、材料科学与工程和航空航天工程等全英文教学本科专业, 全英文教学课程的建设与完善是教学改革不容忽视的一项内容。高水平全英文本科课程不仅为打造“留学中国”品牌提供教学资源的支持, 还能提高本科生国际化视野和培养他们在跨文化背景下的国际沟通与交往能力。

“大学化学”是高等学校非化学化工类专业学生必修的公共基础课, 课程内容一般包含无机化学原理和物质结构基础等内容。在国际化背景下, “大学化学”不应仅是中文课程的简单翻译和重复, 而更应根据学生特点选择适当教学内容、探索新兴教学方法、传递中国声音并讲好中国故事。

2 教学实践

北京理工大学的“大学化学C(全英文)”课程开设于2013年,课程为32学时,全英文讲授。前期选修课程的主要为校内各全英文教学专业(机械工程、机械电子工程和自动化等)的中国学生,近年来课程的国际学生比例逐渐上升,2022年和2023年分别为17% (15/87)与32% (28/87),2024年为39% (59/146)。一方面,国际学生的增多为课程提供了难得的平台,有助于培养学生的多元文化视野与国际视野,促进学生的跨文化沟通能力和人际交往能力;但另一方面,不同语言和教育背景又为课程带来相当大的挑战,如何在有限的学时中平衡语言教学与化学专业知识是课程一直面临的问题。在十余年的教学实践中,课程不断凝练教学内容,更新知识体系,逐渐形成了内容精炼、行之有效的教学过程。

2.1 教学内容

教学内容是实现教与学过程的基本载体,其设计与选择应充分考虑学科知识结构、学生认知规律和学习兴趣。目前,大部分中文讲授的“大学化学”课程在教学内容上与国外普通化学(*General Chemistry*)课程相近,但基础理论内容更为扎实^[2],通常包括物质结构基础、热力学原理、化学动力学、溶液平衡和电化学相关知识。一方面,这种设计思路全面地反映了化学科学涵盖从微观粒子到宏观体系各个层次的研究广度,充分拓展了学生的视野和认知深度;但另一方面,课程内容的详实使得全英文教学的“大学化学”课程很难在同样的学时下直接照搬中文讲授的“大学化学”课程的教学内容,需按照学生的学习需求来进行科学地取舍。例如美国加州大学洛杉矶分校(UCLA)化学与生物化学系开设的大学化学类课程主要为Chem 17 *Chemical Principles* (化学原理),Chem 14A *General Chemistry for Life Scientists I* (面向生命科学家的普通化学I)与Chem 14B *General Chemistry for Life Scientists II* (面向生命科学家的普通化学II)、Chem 20A *Chemical Structure* (化学结构)与Chem 20B *Chemical Energetics and Change* (化学能量与变化)等^[3]。上述课程对全校新生开放,学生来自诸如anthropology (人类学),chemistry (化学),engineering (工程),life science (生命科学)和material science (材料科学)等不同领域。其中Chem17相对更简单,只在数字与测量、气体定律、溶液、酸碱盐、分子结构初步和化学命名等方面做简单介绍;Chem 14A和Chem 20A为平行课程,前者包含原子和分子结构、化学元素周期表、化学键、配位化合物、酸和碱等内容,而后者则更侧重量子力学基础,对原子分子结构、化学键和分子光谱等内容讲得更加深入。完成Chem 14A或Chem 20A课程后,学生可进一步学习Chem 14B或Chem 20B,前者包含化学平衡、化学动力学、热力学定律和电化学等内容,后者介绍量子力学框架下的分子间作用力、化学热力学、化学平衡和化学动力学等内容。这些课程各有特色,难度逐渐上升,可以较好地不同起点和不同需求的学生提供化学知识的学习。相较而言,中文讲授的“大学化学”课程内容几乎相当于上述课程总和,有些甚至包括有机化学的初级内容。若全英文大学化学课程选取同样的内容并希望来自于全国不同地区和世界各地的新生在短时间(8周)内理解和运用这些知识,这一挑战可想而知。因此,客观上要求对全英文大学化学教学内容进行反复精炼,使其在充分考虑学生个体差异的前提下更符合教学规律。精简后的“大学化学C(全英文)”课程包含五章内容(图1):第一章为绪论,主要介绍现代化学历史、有效数字、单位换算、化学元素周期表和简单化合物命名等内容;第二章为物质结构(基础),介绍量子化的原子模型、薛定谔方程、原子核外电子排布、化学键和分子轨道理论等内容;第三章为化学反应中的基本规律,主要涉及化学热力学和标准平衡常数的建立;第四章为溶液中的离子平衡,涉及酸碱平衡、沉淀溶解平衡、配位平衡和氧化还原平衡相关知识;第五章为氧化还原反应和电化学,主要讲解电化学反应、电极电势及其应用等。课程重科学逻辑而轻零散知识点,以现代化学历史-物质结构-化学反应基本规律-日常应用为主线,穿插讲解相关化学知识点。在物质结构内容中,从量子化的原子模型出发,按照原子结构-分子结构-晶体结构的自下而上的顺序设置学习内容;同时,减少化学反应动力学和配位场理论等高阶内容的学时,整体上更接近“化学概论”类课程的教学目的,即让学生聚焦在化学结构和化学反应原理相关基础知识的学习上,使其了解化学在自然科学和人类社会生活中的地位,为进一步学习化学的其他课程做准备。

Syllabus

- **Chapter 1. Introduction: History of chemistry and basic concepts (4h)**
 - 1.1 The history of modern chemistry and the periodic table
 - 1.2 Basic scientific concepts
 - 1.3 Representative elements
 - 1.4 Nomenclature
- **Chapter 2. Structures of matter (8h)**
 - 2.1 Atomic spectrum of hydrogen atoms: Bohr's model and wavefunctions
 - 2.2 Electron configurations in multi-electron atoms
 - 2.3 Chemical periodicity
 - 2.4 Chemical bonding
 - 2.5 Crystals and the interaction of molecules
- **Chapter 3. Basic rules in chemical reactions (6h)**
 - 3.1 Basic concepts in thermodynamics
 - 3.2 Conservation of mass and energy in chemical reactions
 - 3.3 Directions of chemical reactions
 - 3.4 Chemical equilibria
- **Chapter 4. Ionic equilibria in solutions (8h)**
 - 4.1 Colligative properties of dilute solutions
 - 4.2 Acid-base equilibria
 - 4.3 Solubility Equilibria
 - 4.4 Coordination equilibria
- **Chapter 5. Redox reactions and electrochemistry (4h)**
 - 5.1 Redox reactions
 - 5.2 Galvanic cells and electrode potentials
- **Revision (2h)**

图1 “大学化学C(全英文)”课程的教学大纲和学时分配

教材可以引导学生的学习活动，帮助其理解和运用所学知识。凝练教学内容后的全英文大学化学课程难以找到完全对应的教材，但以普伦蒂斯霍尔出版社的《General Chemistry: Principles and Modern Applications》(8th ed.)^[4](《普通化学原理与应用》(第8版))和高等教育出版社的《大学化学讲义》^[5]相关章节作为主要教学资料，特别参考了后者在分子间作用力和共价键理论上的教学内容来突出分子轨道理论的适用性。同时，在课件制作上辅以Libretexts (<https://chem.libretexts.org/>)等开放教材资源，多采用较新的图表，为学生展示多彩的化学世界。

2.2 教学语言

尽管近年来随着中国经济的国际化 and 国民素质的整体进步，高中毕业生的英语水平显著提高，但是英语毕竟是一门外语，难以要求大一新生在全英文的教学环境下完全理解并吸收讲授内容。因此学生的英文水平基础，特别是课程相关的专业英语基础是全英文“大学化学”课堂教学中一个不可忽视的因素。以大学化学类课程为例，母语为英语国家的部分高等院校如美国的加州大学尔湾分校(UCI)^[6]、Rutgers大学^[7]、华盛顿大学(University of Washington)^[8]和加拿大的道格拉斯学院(Douglas College)^[9]会提供化学预备课程来支撑“大学化学”课程的学习^[10]，这些课程虽不要求学生具有专业的化学知识，但要求学生掌握高中数学和化学的相关内容，这对于高中课程以中文讲述的国内学生来说是不现实的。目前国内的大一学生具备相当的理化基础，但在这些知识的英文表达上还是空白。因此，教学上应循序渐进，从绪论的双语讲解逐渐过渡到接近全英文的教学过程，并在重点(如化学热力学、化学平衡)和难点(如量子化的原子结构、分子轨道理论)部分以英语和中文反复讲解，避免因语言障碍影响学生对课程内容的理解。如果学生不能或者没有兴趣掌握专业名词和科学名词的英文表达方法，全英文的教学环境很难达到。但由于课时和内容限制，把全英文教学的部分学时变成专业英文课也改变了课程设置的初衷。考虑上述因素，课程将第一章绪论设为4学时，以双语的形式讲解现代化学历史、度量衡的基本单位与有效数字、代表性元素和简单化合物命名规则等相对基础并易于理解的内容，使学生能够尽快地适应课程的全英文教学环境。

【实例1】摄氏度、华氏度和热力学温度的教学

温度是日常生活中经常使用的物理量，世界上绝大多数地区都使用摄氏度(Celsius)作为温标单位，但华氏度(Fahrenheit)仍在部分地区(巴哈马、伯利兹、英属开曼群岛、帕劳、美国及其附属领土波多黎各、关岛和美属维京群岛)使用，而国际制单位中温度的单位则是开尔文(Kelvin)。通过图2a的

对比, 学生易于领会热力学温度 $T = \text{摄氏温度 } t + 273.15$ 、华氏温度 $= 1.8 \times \text{摄氏温度} + 32$ 的转换关系, 理解以华氏度表示的气温通常比摄氏度表示的同样气温“看起来”更热(例如 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为 $104\text{ }^{\circ}\text{F}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为 $14\text{ }^{\circ}\text{F}$)。同时, 通过有确切记载的世界最高气温来掌握华氏度/摄氏度转换和有效数字的取法(图2b), 在了解世界的过程中寓教于乐, 熟悉课程的教学语言。

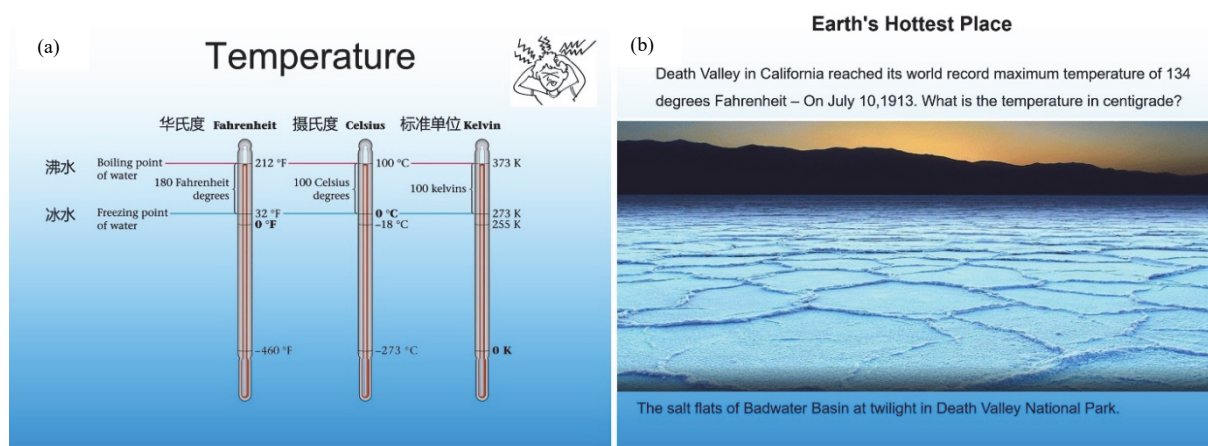


图2 华氏度、摄氏度和热力学温度的教学实例

(a) 通过冰水和沸水的温度对比说明三种温度的转换关系; (b) 以世界最高气温为例, 熟悉不同温度转换和有效数字的位数。

此处, 华氏度/摄氏度转换因子1.8 (或9/5)和32均为约定系数, 不参与有效数字的计算, 故 $134\text{ }^{\circ}\text{F}$ 转换为 $56.7\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.3 教学方法

当前教学改革的宗旨是以活动为中心, 鼓励学生自主学习, 讲授教师进行引导。这一宗旨主要强调通过学生自身的兴趣和自我发现的过程去学习并掌握知识, 而授课教师则侧重与培养学生对知识本身的兴趣与热爱, 使学生从知识的被动接受者变成分析者与探究者, 进一步增加学生对相关知识的兴趣, 提高课堂学习效率和教学效果。但是部分学生对化学基础课程的兴趣有限, 难以花费时间和精力去钻研课上的知识。这种现状要求我们更加合理地定位全英文“大学化学”课程的教学目的, 适当降低讲授内容的广度和深度, 减少复杂与抽象的理论知识比重, 提高生活相关或科技前沿内容的介绍, 辅以多媒体及简单实验等方式进行趣味性教学。同时, 鼓励学生主动参与教学过程, 通过自己发现问题和解决问题的过程, 明确学习兴趣和目的, 从而找到适合自己的学习方法和学习内容, 在不断的学习实践中逐步培养自主学习能力。

【实例2】化学对现代社会的意义

化学处于自然科学的中心地位, 是制药、材料、能源和环境等学科的科学基础和新兴生长点, 但囿于社会现实和就业导向, 很多学生对化学在现代社会中的重要意义缺乏认识。本课程以中国首获诺贝尔奖的女科学家屠呦呦教授在2011年获得拉斯克奖(Lasker-DeBakey Clinical Medical Research Award, 常被视为诺贝尔奖“风向标”)的访谈视频为开场, 介绍了她根据古代典籍——东晋葛洪的《肘后备急方》中“青蒿一握, 以水二升渍, 绞取汁, 尽服之”的记载, 独辟蹊径以乙醚低温提取青蒿素及其化学衍生物(双氢青蒿素、蒿甲醚、青蒿琥酯等)治疗疟疾, 挽救了全球特别是发展中国家数百万人生命的伟大事迹。通过这一案例教学法, 学生观看视频采访内容来进一步理解屠呦呦教授工作的重要意义和化学在这一发现中的核心贡献, 较教师单纯强调化学的重要性来得自然和深刻。

【实例3】玻尔原子模型的教学

玻尔原子模型(Bohr's atomic model)是学生接触量子化原子模型的第一个例子, 是经典原子模型过渡到现代原子模型的桥梁。因此, 尽管玻尔模型不够精确, 深入领悟其内在科学逻辑仍十分重要, 有助于学生熟悉量子化条件、理解原子核外电子运动状态的三个量子数 n , l , m 的取值特点。完整地

推导玻尔模型一般不是教学要求，但本课程要求学生理解玻尔模型的三个假设：定态假设、角动量量子化假设和跃迁假设，它们很好地解决了原子结构的稳定性问题。特别是角动量量子化假设：

$$L = m_e V r = n \hbar \quad (1)$$

并非只是人为规定，而是其定态假设的必然结果。玻尔理论中，在氢原子中作稳定圆形轨道运动的电子形成驻波，驻波条件要求绕原子核传播一周后应光滑地衔接起来，即轨道的周长应为波长的整数倍，则有：

$$2\pi r = n\lambda \quad (2)$$

由德布罗意公式可得：

$$\lambda = h/m_e V \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)即可得到式(1)。尽管在量子力学框架下已没有经典力学中“电子绕原子核作圆周运动”的概念，但仍可借助玻尔模型向学生传递量子化条件的理念，并以一维无限深势阱为例，利用波函数的连续性导出主量子数 n ，进而推广到三维势箱模型引出三个量子数 n, l, m 。通过这一类比教学法，学生易于接受量子数出现的必要性及其特点，进而在波函数的层次上理解电子在原子中的运动方式。同时，考虑到课程同时面向多个专业的国内和国际新生进行授课，受众的化学基础及专业英语水平不尽相同，虽然所有学生授课内容和考试试卷是相同的，但在教学方法上稍有不同：国内新生的化学基础比较扎实，部分学生高中时参加过化学竞赛，对课程内容有一定认识。因此，在课下增加中文讨论环节，有利于学生巩固高中化学知识积累，加快课程知识点的消化。对于国际学生，他们英文水平更好，化学基础稍弱，因此在周末增加串讲环节，加深其对课程内容的记忆。从实践看，绝大部分学生都能基本达到课程要求，掌握课程涵盖的现代化学基本原理和基础知识。

2.4 中国元素

自古以来，我国就已在化学领域取得了辉煌的成就，青铜的冶炼、火药的发明和纸张的制造等都是古代劳动人民智慧的结晶。近代化学传入中国以来，在20世纪20年代后得到了显著发展^[11]，而现代化学在国家多年的支持下取得了人工合成结晶牛胰岛素、人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸和青蒿素的提取等重大成果^[12]。进入21世纪以来，中国化学研究强势发展，在无机合成、有机合成、催化化学、高分子材料、仿生科学和新能源技术等方面取得了多项国际领先的成果，高质量科研论文产出位居世界前列。如何利用全英文大学化学课程的契机，传递中国声音，讲好中国故事，是课程义不容辞的责任。在讲解古希腊哲学家留基伯(Leucippus)和德谟克里特(Democritus)提出古典原子论的同时，向学生介绍我国战国时期《墨子·经下》中亦有“非半弗斫，则不动，说在端”的论述，即物质到了没有一半的时候，就无法再分了，此时的物质叫作“端”，相当于德谟克里特提出的原子；在讲解原子核外电子排布的能级交错概念时，除Aufbau原理外，介绍徐光宪先生根据光谱数据归纳出的“ $n + 0.7l$ ”规则来判断原子轨道能级高低；在讲解晶体结构时，介绍我国劳动人民很早认识到晶体的性质和特点^[13]，《诗经·小雅·鹤鸣》中早有“他山之石，可以攻玉”的记载，说明不同的晶体硬度不同；介绍西汉时期太傅韩婴在《韩诗外传》中写道：“凡草木之花多五出，雪花独六出”，指出冰晶的六方外形；在讲解分子结构和分子间作用力时，介绍北京大学在水分子、水合离子与单个水团簇氢键构型的亚分子级分辨成像方面的前沿工作；在讲解电极电势时，介绍近年来我国科学家在新能源特别是二次电池领域取得的突破性进展。这些知识点融入到各个章节中，在扩大学生科技视野的同时，认识到中国化学研究在国际上的前沿地位，做到以文化人、润物无声。

3 结语

经过十余年的教学探索，课程已实现全英文教学与考试，学生接受程度较好。近三年来，共有204名参加课程的同学参与教学效果评价，其中188人(92.2%)认为“教学过程激发了学生对本课程的学习兴趣和主动学习。学生能够自觉进行预习和复习，愿意继续深入学习本门课程”。同时，通过课程学习，学生普遍反映正确认识了化学在现代社会中的重要作用，加深了对客观世界的认知，培

养了科学研究兴趣,为全英文专业未来的学习奠定了英文和理化基础。更有1名学生正视了自己对化学的兴趣,转专业至应用化学专业并已推免至北京大学化学与分子工程学院攻读研究生学位。从成绩评价上看,课程综合考量平时成绩(占40%)和考试成绩(占60%),其中平时成绩由4次课程作业(占平时成绩的75%)和课程参与情况(出勤率及讨论参与度,占平时成绩的25%)构成。如图3所示,在全英文教学背景下课程多年平均成绩仍较为稳定,但整体成绩方差较大。受到就业导向和认知局限的影响,学生对化学基础课程的兴趣有限,只有部分学生能够投入相当的时间和精力去消化课上的知识并在考试中取得较好的成绩。例如自动化专业的学生在随后的学业课程中不会再涉及化学热力学、溶液平衡和电化学内容,学生感觉这部分知识与自己专业距离较远,考试导向型的学习占主导地位;机械工程和机械电子工程专业的学生虽在日后需进一步学习工程热力学,但现有大学化学课程在热力学章节的深度难以匹配专业课程的需要。全英文教学尤其需要学生在课下针对语言积累和专业知多下功夫,因此,进一步提升教学效果离不开个人的努力和助教帮助。例如2018年UCLA的Chem 14A课程有340人选修,其教学助理(Teaching Assistant, TA)多达20人,同时还配备了学习助理(Learning Assistant, LA),这些LA是上一年度学习并通过了这门课程的学生,授课教师希望通过这样的方式来激发学生的学习兴趣,因为LA们只比学生高一个年级,更容易和学生交流,以免学生觉得和TA交流比较困难而丧失学习动力。通过这些方式,Chem 14A的教师要求学生达到每周听课和学习时间不少于16个学时,这为学生理解并消化课程内容提供了充分的时间保障。当然,不同院校全英文大学化学课程的开设目的不尽相同,如何因地制宜、找到适合的教学方法和策略,让语言不再成为学生学习的障碍,是进一步提升教学效果的关键。

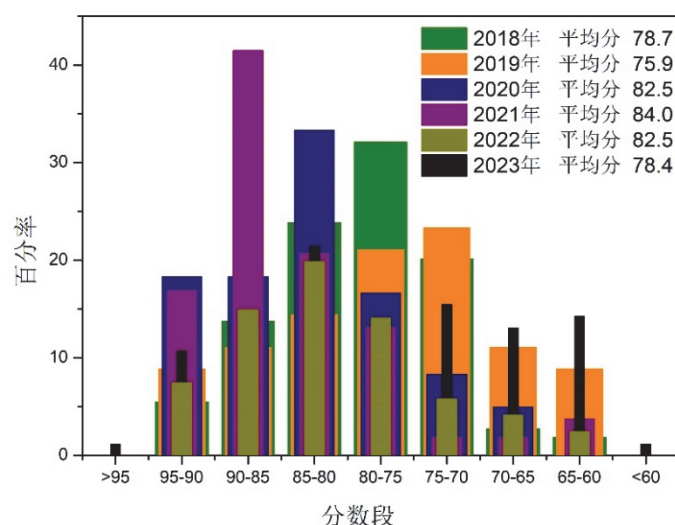


图3 课程近年的分数统计

总之,大学化学全英文课程是一流大学促进国际化人才培养、推动对外开放和展示中国化学成果的前沿平台。随着来华学习的留学生数量的增长,这类课程的需求也将逐年增加。希望有更多的资源能够投入到相关课程的建设中,为提升一流大学国际声誉、助力中国高等教育国际化并展现新时代中国风采贡献力量。

参 考 文 献

- [1] 2025北京理工大学来华留学生招生简章. [2025-02-01]. <https://isc.bit.edu.cn/>
- [2] 朱亚先, 林新萍, 周立亚, 郑兰荪. 大学化学, 2016, 31 (7), 14.
- [3] UCLA General Catalog 2024-25. [2024-09-01]. <https://catalog.registrar.ucla.edu/>

- [4] Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G. *General Chemistry: Principles and Modern Applications*, 8th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2002; pp. 25–55.
- [5] 彭笑刚. 大学化学讲义. 第1版. 北京: 高等教育出版社, 2022: 119–172.
- [6] Chem 1P: Preparation for Chemistry. [2025-03-13]. https://ocw.uci.edu/courses/chem_1p_preparation_for_chemistry.html
- [7] Preparation for General Chemistry. [2025-03-13]. <https://www.my-mooc.com/en/mooc/chemprep/>
- [8] CHEM 110 A: Preparation for General Chemistry. [2025-03-13]. <https://chem.washington.edu/courses/2024/autumn/chem/110/a>
- [9] Preparation for General Chemistry. [2025-03-13]. <https://www.douglascollege.ca/course/chem-1104>
- [10] Cracolice, M. S.; Busby, B. D. *J. Chem. Educ.* **2015**, *92* (11), 1790.
- [11] 白春礼. 大学化学, **2000**, *15* (2), 1.
- [12] 程燕林, 吴树仙, 戴庆, 陈春英, 赵宇亮. 中国科学院院刊, **2022**, *37* (3), 288.
- [13] 蒋宛莉, 张熙维. 人工晶体学报, **2008**, *37* (3), 769.