

## 基于科研能力培养的大学化学教学探索

刘大鹏\*, 王芳, 曾景斌

中国石油大学(华东)化学工程学院, 山东 青岛 266580

**摘要:** 根据我校理科实验班的培养目标, 构建了相应的大学化学课程教学体系, 通过优化教学内容, 改革教学方法和组织学生实践, 将学生科研能力的培养有机融入大学化学教学全过程。本着优生优培的原则, 在教学中注重体现课程的高阶性、创新性和挑战度, 从知识、能力和技能三方面全方位提高学生的科学素养、创新意识和科研能力, 助力学生的最大化成长, 为将来从事学术打好基础。

**关键词:** 理科实验班; 科研能力培养; “两性一度”; 因材施教

**中图分类号:** G64; O6

## Exploration on College Chemistry Teaching Focused on Cultivation of Scientific Research Ability

Dapeng Liu\*, Fang Wang, Jingbin Zeng

College of Chemistry and Chemical Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580, Shandong Province, China.

**Abstract:** This study develops a College Chemistry teaching system at China University of Petroleum, aligned with the training objectives of Science Experimental Class. By optimizing teaching contents, reforming teaching methods, and organizing students to practice, the integration of developing scientific research ability into the entire chemistry curriculum is achieved seamlessly. Following the principle of tailored education, the curriculum emphasizes complexity, innovation, and challenge. It can also enhance students' scientific literacy, innovative awareness, and scientific research ability through knowledge acquisition, capability development, and skill training. This approach aims to maximize student growth and lay a solid foundation for future academic pursuits.

**Key Words:** Science experimental class; Cultivation of scientific research ability; The degree of complexity, innovation and challenge of teaching; Tailored education

2012年, 我校开始组建理科实验班, 其培养目标为“培养和造就一批理科基础宽厚, 发展潜力大、综合素质高、创新能力强的优秀创新人才”, 在培养模式、培养机制和教学等方面进行了一系列的改革实践。通过创新人才培养模式, 优化大类培养方案, 进行“厚基础、宽口径、学研结合、注重创新”的培养, 让优秀学生跑在“高速路”上, 促进其最大化成长。同时, 实施“创新训练计划”, 使学生接受系统的学术创新训练。到目前为止, 我校的理科实验班已有八届毕业生, 在学校的精心培养下取得了丰硕的成果, 见表1。理科实验班学生在本科阶段就积极参与科研训练并积极参加各级学科竞赛; 约70%的毕业生将继续深造。

收稿: 2024-01-11; 录用: 2024-03-11; 网络发表: 2024-04-11

\*通讯作者, Email: liudp@upc.edu.cn

基金资助: 中国石油大学(华东)教学改革项目(CM2022022)

表1 我校理科实验班毕业生取得的部分成绩

理科实验班毕业届别	2016届	2017届	2018届	2019届	合计
毕业生人数	92	87	85	89	353
国家级学科竞赛, 人次	13	52	45	92	139
省级学科竞赛, 人次	83	68	54	86	291
发表论文, 篇	7	5	12	18	42
攻读硕士学位人数	66	51	56	75	248
攻读硕士学位比例, %	71.7	58.6	65.9	84.3	70.3

理科实验班的大学化学共60学时, 含理论课48学时(共八章)和实验课12学时(5个实验), 共3.5学分。在大学化学的教学实践中发现, 与期末考试同试卷的其它专业相比, 理科实验班学生的优秀人数和平均卷面成绩均高于其它专业。从理科实验班学生的培养计划和长期发展来看, 科研能力的培养至关重要<sup>[1,2]</sup>。如何在大学化学教学过程中, 将课程教学和能力培养有机结合以培养学生的科研能力, 是教师面临的一大问题。国内高校在此方面都做了大量探索, 北京科技大学<sup>[3]</sup>将应用化学本科生的创新实践能力的培养贯穿整个培养过程, 从理论教学到实践教学, 从教学内容到教学模式以及教师成长到创新能力评价都进行了探索; 厦门大学<sup>[4]</sup>遵循“启发创新意识、注重训练过程、提高综合素质”的原则, 构建了化学学科三个层次的科研训练平台, 以激发本科生创新意识和创新能力; 中国地质大学<sup>[5]</sup>在大学化学教学中推行创新教育, 培养学生的创新意识、创造性思维和创新能力, 以促进创新实验班学生的成长; 山东大学<sup>[6]</sup>在培养模式、教学方法等方面进行了探索和实践, 形成了化学专业拔尖人才培养模式和机制。本文拟从以下两个角度解决这一问题: (1) 将“两性一度”有机融合到大学化学教学过程中, 优化大学化学课程体系, 根据因材施教的原则, 优生优培, 使学生在大学化学课堂上吃得饱, 吃得好, 充分体现课程内容的高阶性、创新性和挑战度; (2) 将学生科研能力的培养全程融入课程教学中, 根据教学内容, 运用不同的教学方法, 从科学素养的培养、科研意识的启迪、科研能力的培养和训练等方面逐渐提升学生的创新意识和科研能力。总体思路见图1。

基于以上思路, 在大学化学理论课和实验课授课过程中, 重新解构大学化学教学内容, 将教学内容和科研能力培养有机结合; 改革教学方法, 通过研究型教学、混合式教学等培养学生主动探究、归纳总结、解决问题等能力; 在科学方法、思维方法、学术道德、文献阅读、英文专业词汇、科研表达能力和前沿科研成果等方面, 分别通过结合课堂讲授、课下作业、课堂汇报、实验报告等环节进行实践训练, 将知识转化为能力。在知识、能力、技能等各方面对理科实验班学生的科研能力进行引领和培养, 将科研能力提升所需要的知识准备、能力培养和技能训练与课程建设有机融合, 构建适合理科实验班学生的大学化学教学体系。

## 1 解构和更新大学化学教学内容

大学化学课程既要传授知识, 更要注重科学思维和方法训练。化学是一门以实验为基础的自然科学, 化学学科的发展符合自然科学的发展的一般规律, 而这些规律对于初涉科研的本科生具有重要的参考意义。重新解构和更新大学化学教学内容, 在教学过程中将教学内容和科研能力的培养有机结合。

### 1.1 将部分内容转为自学或者线上学习

将教学大纲中部分内容转为自学或者线上学习(见表2), 选取原则是: (1) 与高中重复内容; (2) 理论难度不大的描述性内容; (3) 用学过的方法可推导的内容。学生通过自己查阅书籍或网上资源, 或者线上学习课程建设资源的相关内容。为了检验学习效果, 学生需要完成线上作业。教师根据作业完成情况在课堂上着重讲解出错多的部分, 也可以结合线下授课内容进行总结。

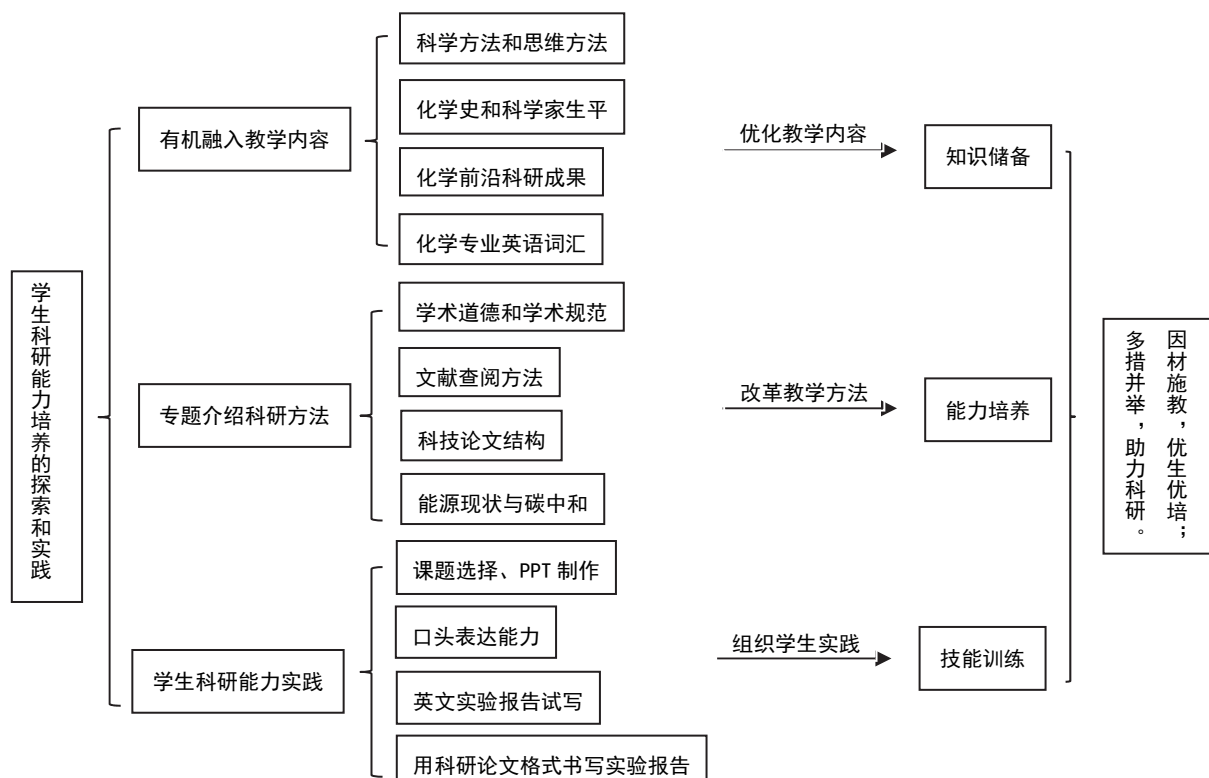


图1 学生科研能力培养的探索与实践

表2 各章转为自学或线上学习的内容

章	章名称	自学或线上学习内容
第一章	化学热力学基础	热力学基本概念；利用键能、摩尔燃烧焓计算反应标准焓变；标准吉布斯函数变(298 K)的计算
第二章	化学反应速率和化学平衡	反应速率的概念；影响反应速率的因素；可逆反应和化学平衡
第三章	电解质溶液	电解质的分类；强电解质的解离；水的解离和溶液的酸碱性；酸碱解离理论
第四章	氧化还原反应和电化学	氧化还原反应基本概念；原电池的组成；电解；金属的化学腐蚀；化学电源
第五章	原子结构和元素周期系	原子学说发展史；元素周期表的布局
第六章	化学键、分子结构和晶体结构	离子键；共价键键参数；晶体的特征
第七章	配位化合物	配合物的定义；配合物的组成；配合物的命名；配合物的应用
第八章	无机化合物	硫化物；硅酸盐；铁的化合物

节省下来的时间，拟在授课过程中融入以下内容。当然，这些内容需要在完成大纲内容的基础上，根据该学期的学习进度适时、适当进行，不能影响大学化学内容的学习。

### 1.2 有机融入科学方法、思维方法训练

加强科学方法、思维方法训练，以培养学生解决复杂问题的能力。结合授课内容，进行科学史等方面的介绍。如在讲授理想气体状态方程时，介绍该模型的特点以及建立该模型的目的：将实际问题简化，得到理想气体状态方程，而实际问题可以通过这一标准出发，通过修正得以解决。这一方法广泛应用于科研工作中：如在加氢脱硫中，汽油或柴油中的含硫化合物种类非常多，为了简化问题，将噻吩作为汽油馏分中含硫化合物的模型化合物；二苯并噻吩作为柴油中含硫化合物的模型化合物。因此，理想气体尽管是一种人为模型，但它有十分明确的实际背景。学生在接下来的科研

工作中，也需要化繁为简，从简入繁，抓住事物变化的主要影响因素，逐步探寻接近真相。

### 1.3 介绍科学发展的一般规律

科学家们创建理论来解释自然界中或者实验室中观察到的现象。一旦理论建立后，需要用实验或实践来验证。科学就是在不断地假说和实验中进步的。如果有新的实验结果与理论做出的推论不符，旧理论被推翻开启了新的科学前沿，进而推进人类认识世界的历程。介绍科学发展的一般规律，培养学生具备敏锐的观察力、洞悉问题的能力和面对困难锲而不舍的坚持等科学精神。

### 1.4 适时引入化学前沿科研成果

在学习完原电池的组成后，可以给学生介绍2019年诺贝尔化学奖：锂电池的研发，让学生从阴极、阳极材料和电解质溶液的变迁中认识科研的复杂和解决问题的思路；在学完氢键后，可以给学生介绍氢键的原子力显微测定和可燃冰的开采，让学生体会前沿科技成果在人类认识和生产生活中的作用。培养学生的科研兴趣、方法论、以及逻辑思维能力，在学生心中播种下科研的种子，并愿意为之不懈努力。介绍授课内容相关的前沿科研成果，鼓励青年学子献身科研、实现自我价值和人类长足发展的有机结合。

## 2 探索和应用新型教学方法

改革教学方法，通过混合式教学、研究性教学<sup>[7,8]</sup>等培养学生主动探究、归纳总结、解决问题等能力。表3列出了各章中根据教学内容的难度、重要性和逻辑性等采用的不同教学方法。

表3 各章中混合式教学和研究性教学的内容

章	章名称	混合式教学	研究性教学
第一章	化学热力学基础	热力学第二定律	恒压反应热和恒容反应热的关系
第二章	化学反应速率和化学平衡	化学平衡的移动；热力学相关计算；多重平衡平衡常数的计算	热力学和动力学因素的综合应用；实验测定化学反应的级数和活化能
第三章	电解质溶液	缓冲溶液应用和计算；酸碱质子理论；溶度积规则应用和相关计算	溶液中H <sup>+</sup> 浓度的计算；影响沉淀顺序的因素
第四章	氧化还原反应和电化学	影响电极电势的因素；能斯特方程	电极电势的产生；电极电势的应用
第五章	原子结构和元素周期系	四个量子数；核外电子排布；元素周期律	原子结构理论发展简史；微观粒子运动的特征；薛定谔方程
第六章	化学键、分子结构和晶体结构	分子间力和氢键；晶体的类型和性质	价键理论；杂化轨道理论
第七章	配位化合物	配位平衡的移动和计算	配合物的价键理论；内轨型和外轨型配离子的判断
第八章	无机化合物	物质熔沸点高低的影响因素	离子极化理论及应用

混合式教学在授课过程中，注重打造以学生为中心的课堂，通过线上自学+线下讨论总结的学习模式，培养学生自主学习、归纳总结的能力。如在“化学平衡的移动”一节，提前布置学生观看教学视频或者阅读相关内容，完成相关测试并思考如下问题：

(1) 影响平衡的移动因素有哪些？具体是如何影响的？

(2) 把握变化和不变的量对于理解化学平衡的移动至关重要。在影响化学平衡移动的各因素中，哪些是变化的量？哪些是不变的量？

(3) 分别从定性和定量两个角度总结影响化学平衡的内在驱动力。

学生完成自学后，在课堂上讨论以上问题。由学生主导，教师根据学生讨论情况进行点评总结，逐步解决以上问题。明确对于特定的化学反应来说，平衡常数只是温度的函数，只要温度不变，平

衡常数就是定值；吕·查德里原理是定性的描述化学平衡移动的定理，而平衡常数和反应商之间的关系是从定量的角度决定化学平衡移动的方向的。学生通过自主探索逐渐明白了这一节的主要思路，掌握了解决问题的方法。

原子结构理论发展简史是大学化学学习中的难点之一，因为涉及到很多实验和理论。采用研究性教学方法，让学生把重点放在这些实验或者理论是如何推动人们一步步接近原子结构的真实的，引导学生在课堂上进行汇报讨论。通过这样，学生不再对晦涩的理论望而却步，而是抽丝剥茧，逐渐厘清思路。在课堂教学中，采用“基于问题的学习”进行研究性教学。在设计教学过程时，创设问题情境引导学生主动思考，发现问题和解决问题。如在讲授杂化轨道理论时，以 $\text{BF}_3$ 分子为例，可以通过一系列问题让学生一步步思考、理解。通过这些问题，学生可以逐步接触晦涩难懂的化学键理论，利用之前学过的知识更好的学习新理论。学生在听课过程中也能积极思考和解决问题，提高其主动探究的能力。

### 3 将科研方法引入教学模块

通过专题给学生介绍学术道德<sup>[9]</sup>、文献查阅方法及科技论文结构、化学专业英文词汇、科研表达能力(书面+口头)，为将来的科研工作做好准备。给学生介绍学术道德和学术规范，以及违反学术道德的典型案列，使学生在一开始就知道什么是对的，尽量避免违反学术道德的情况发生。学生在一接触学术时就树立正确的学术道德和学术规范意识，并在作业、考试、论文撰写等过程中规范其行为，逐步成为在学术工作中一贯遵循的原则。

通过校园网主页中的图书馆给学生介绍查中、英文文献的方法，鼓励学生查文献并阅读，初步了解中英文文献的结构和特点；介绍英文科技论文的结构<sup>[10,11]</sup>，以及各部分的目的、语言特点、时态等。学生了解文献的结构后，便于在阅读文献时快速找到需要的信息；在设计实验时注重逻辑性和完整性；为撰写论文做好准备。在授课过程中选择合适的授课内容，进行双语教学，让学生逐渐接触化学方面的词汇，消除对科技英语的恐惧。尽早接触英语科技论文的表达方式和思维方式，提高科技英语应用的能力。科研表达能力包括口头表达能力和书面表达能力。口头表达能力是对科研成果的表达，体现学生的思维和逻辑能力。书面表达能力就是论文写作，学生应该了解科技论文的结构、各部分的侧重点等，初步认识论文写作范式。在以上内容的基础上，逐步建立起以下模块：

(1) 英文科技论文认识模块：包括英文科技论文结构及各部分特点；英文科技论文的语言分析；英文科技论文时态分析；论文的逻辑分析；论文写作规范等。

(2) 学术道德和学术规范模块：包括正确的学术道德和学术规范教育，认识学术不端行为等。

(3) 科研方法和思维能力模块：根据授课内容，结合化学史、著名科学家生平和贡献、该领域学科前沿等帮助学生了解科学发展的一般规律和科研方法等。

(4) 双语教学模块：在大学化学授课过程中，选择合适的内容进行双语教学。对同一教学内容进行中英文双语教学，让学生体会在描述同一理论时中英文教材不同的思维方法，有利于学生开阔视野，掌握和积累英文科技词汇。该模块融入各章教学，其它模块通过雨课堂发给学生，控制各模块课堂授课时间在5-10分钟，学生感兴趣可以继续展开学习，也可以与教师单独交流。

### 4 进行针对性的实践活动

对上述环节进行针对性的实践活动，并根据学生表现进行改进和加强。课堂讨论之外，要求学生分组完成大作业：选择一个化学方面的问题，做出PPT并在课堂上作报告。要求学生自行选题、思路清晰，内容相对完整；PPT设计合理美观；讲解清楚流畅，让听众有所收获。以2023-2024-1学期为例，学生从学科前沿(海水电解催化剂；基因编辑；纳米材料；可燃冰的开采；氢能源的生产)、化学史(元素发现史；弗里茨·哈伯；元素周期表的发展史；配位化学发展史；原子结构探寻史；阿伦尼乌斯)、化学工业过程(庆大霉素的生产和应用；特氟龙；侯德榜制碱法；可降解塑料；核污水的处理

方法)、化学与生活(大学生与食品安全; CO中毒的原理与防范; 咖啡加工工艺和风味保存)等方面进行了汇报; 其中有两组同学用英语进行了PPT制作和汇报。学生也能对感兴趣的方面进行互动, 课堂气氛活跃轻松。每组讲完之后, 教师进行简短点评, 指出优点和缺点, 提出改进意见。整体来讲, 大部分的组能在规定时间内把主题讲清楚, 丰富了大学化学课堂, 能在有限的时间里让同学们有所收获; 当然, 学生在主题选择、PPT制作细节和内容的逻辑性方面有待提高。学生通过这一锻炼, 能够对选题、资料查阅和引用、PPT的制作和口头汇报等工作加深认识和实践。

大学化学还含有实验模块, 化学是一门以实验为基础的自然科学, 实验教学为学生的科研实践提供了宝贵机会。在实验内容中选择综合性比较强的实验《微量铁的测定》, 该实验涉及分光光度法测定邻菲罗啉合铁的原理和方法<sup>[12]</sup>。在教学实践中, 该实验对非化学化工的大一学生有一定的难度。主要表现在学生对实验原理的理解不够, 在实验过程中较难精确无误的操作; 实验报告中数据处理也存在较多问题。学生在预习过程中, 需要查阅资料, 理解实验原理、了解每一步实验步骤应注意的事项, 以及数据处理的方法。做完实验, 要求学生用科技论文的格式试写实验报告。经过这一训练, 可以让学生更好地体验科研论文各部分的结构、作用和语言特点, 使得学生对科研论文的结构的理解更加具体化。这样的实验相当于一次小型的科研训练, 学生通过查阅相关文献后设计实验方案; 实验过程团队分工合作、讨论解决问题; 实验后按照科研论文要求来处理数据和书写实验报告。教师及时做好实验考核和实验报告反馈, 使学生最大限度地得以科研训练。

## 5 结语

在大学化学授课过程中, 逐渐让学生接触科研所必备的技能并且在课堂上实践, 了解查阅文献方法、英文科技论文结构及特点和学术道德和规范, 从而提高学生英文科技论文阅读能力, 也提高了大学化学课程的“两性一度”; 加强学生思维方法和科学方法培养; 培养学生主动探究、归纳总结、解决问题等能力, 为其将来从事科学研究、撰写论文、继续深造做好准备, 优生优培, 为学生顺利开启学术生涯保驾护航。

## 参 考 文 献

- [1] 张百年, 刘杰明, 廖福成, 薛庆国, 邱宏. 高等理科教育, 2010, 8 (1), 65.
- [2] 虞立红, 李艳玲, 李敏谊. 中国大学教学, 2009, 31 (1), 24.
- [3] 孙长艳, 范慧俐, 弓爱君, 王明文. 大学化学, 2023, 38 (3), 53.
- [4] 朱亚, 洪炜, 吴丽晶, 吴玲玲, 黎朝. 中国大学教学, 2016, 32 (10), 24.
- [5] 董雪玲, 姜浩. 大学化学, 2016, 31 (4), 28.
- [6] 马莹, 张恒, 苑世领, 胡清萍, 宋其圣. 高等理科教育, 2019, 24 (2), 88.
- [7] 孙长艳, 李文军. 教育教学论坛, 2018, 10 (3), 103.
- [8] 张安富. 中国大学教学, 2012, 34 (1), 65.
- [9] 赵振宇, 迟雪玲. 新闻大学, 2009, 29 (4), 5.
- [10] 孙蓝, 陈纪梁, 邢鸿飞. 学位与研究生教育, 2012, 29 (7), 23.
- [11] 刘然. 教育教学论坛, 2020, 12 (17), 378.
- [12] 杨榆青, 胡冬雄, 武俊紫, 李菊. 医学理论与实践, 2022, 35 (14), 2510.