

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201909033

www.dxhx.pku.edu.cn

编者按: 2009 年, 教育部联合中组部、科技部、中科院、财政部启动了“基础学科拔尖学生培养试验计划”(简称“拔尖计划”)。该计划旨在依托高水平研究型大学的优势基础学科建设一批国家青年英才培养基地, 培养未来引领世界发展和人类进步的拔尖创新人才, 助力实现中华民族伟大复兴的中国梦。北京大学、清华大学等高校率先在数学、物理、化学、生物科学、计算机科学 5 个基础学科进行试点。其中化学学科实施“拔尖计划”的高校有北京大学、北京师范大学、复旦大学、吉林大学、兰州大学、南京大学、南开大学、清华大学、厦门大学、山东大学、上海交通大学、四川大学、武汉大学、西安交通大学、浙江大学、中国科学技术大学、中国科学院大学、中山大学等 18 所高校。

“拔尖计划”实施以来, 试点高校大胆改革、努力创新, 结合本校实际情况, 以“领跑者”的理念建设拔尖人才培养试验区, 探索出多样化培养模式, 形成了一套有效的运行机制。很多依托于“拔尖计划”的教学改革课题、项目也应运而生, 许多教师投入其中, 进行了积极的尝试和探索, 开展了各种模式的课堂以及实践教学活动。“拔尖计划”实施以来, 众多学生参与其中, 他们在优良的学习环境、先进的培养模式、一流的师资配套、更多的国际交流、前沿的科研氛围以及高水平的实践平台中受益成长。

值此“拔尖计划”建设十年之际, 《大学化学》以特刊的形式, 集结了“拔尖计划”在实施过程中的工作总结、研究成果、实践经验以及心得体会, 以期推动对“基础学科拔尖学生培养”的研讨与交流, 促进拔尖创新学生的培养。

注重基础 促进交叉 尊重选择 培育英才 ——北京大学化学学科“拔尖计划”十年

李维红, 张奇涵, 李娜, 王颖霞, 裴坚*

北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

摘要: 北京大学化学与分子工程学院在实施基础学科拔尖学生培养计划过程中, 实行动态管理制度, 低年级统一培养, 高年级通过制定个性化教学方案和参加科研训练的办法遴选拔尖学生, 探索“扎根课堂打好基础, 依托科研提高能力, 着眼交流开阔眼界”的培养模式, 实现“以高水平科研带动创新人才培养”的目标。在基础核心课程中设置平行的英文班和阅读讨论班以适应不同学生的需求。2016 年, 随着北京大学综合改革计划的推进, 进一步明确了“一体化、多层次、开放式、重基础、求创新”的教学指导思想, 在注重化学基础理论知识和基本实验方法培养、注重数学和物理基础知识学习的基础上, 构建多样化和多模式的立体课程体系, 为学生提供适合的课程学习和个性化学术发展途径。

关键词: 拔尖计划; 动态管理; 个性化课程体系; 科研训练

中图分类号: G64; O6

Cultivating Top Talents through Emphasizing Fundamentals, Enhancing Multidiscipline and Encouraging Individualization: Ten-Year Development on the Top Talent Training Program of Chemistry at Peking University

收稿: 2019-08-31; 录用: 2019-09-19; 网络发表: 2019-09-26

*通讯作者, Email: jianpei@pku.edu.cn

LI Weihong, ZHANG Qihan, LI Na, WANG Yingxia, PEI Jian *

College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, P. R. China.

Abstract: In the implementation of the Top Talent Training Program, a dynamic management process has been performed at College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University. Freshmen and sophomores are required to follow an integrated fundamental courses curriculum, and junior and senior students are encouraged to join individualized learning programs and scientific research projects. The mode for “training innovative talents via high-level scientific research” has been explored. Fundamental chemistry courses have been taught in Chinese and English respectively, and reading-discussing seminars were set up to meet different demands of the students. In 2016, with the launching of the comprehensive reform plan in Peking University, the teaching guiding ideology which emphasizes on “integrating, multi-level, open, fundamentals-focusing, and innovative” modes were further promoted. Based on the learning of fundamental theories and laboratory skills in chemistry, mathematics and physics, a diversified and personalized curriculum system was carried out that aimed to enable the students to select suitable courses and route for their academic development.

Key Words: Top Talent Training Program; Dynamic management; Personalized curriculum system; Scientific research training

北京大学化学拔尖计划项目于 2009 年启动时,即确定了为国家培育具有国际视野、在化学及相关行业起引领作用、具有创新精神和实践能力的高素质人才的目标。在总结多年教学改革探索的经验,继承并巩固传统教学成果的基础上,建设和完善了适应北京大学化学与分子工程学院(简称“化学学院”)人才培养目标的多元化教学体系。新的教学体系更加注重学生的学习能力、质疑精神、独立思考能力的培养。经过十年的探索和实践,已逐步形成扎根课堂打好基础、依托科研提高能力、着眼交流开阔眼界的培养模式。在十年的教学实践过程中,得到了学生的肯定,也取得了优异的成效。

1 “拔尖人才”培养化学方向的目标定位与培养思路

北大化学学院在实施基础学科拔尖学生培养计划过程中,以“科技强国、人才强国”的国家发展战略为宗旨,以培养热爱祖国,崇尚科学,具有高度社会责任感和良好科学文化素养的化学及相关学科的引领型人才为己任,遵循拔尖人才成长的规律,发挥北京大学化学学科的优势,充分利用国内外优质教育资源,以一流的资源配置实现优质人才的培养。

人才的选拔和培养是一个持续的、变化的过程,因此在项目实施中实行低年级统一培养、高年级通过制定个性化教学方案和参加本科生科研自然分流的办法遴选拔尖学生,在打好基础、提供高水平教学和科研平台的基础上,使拔尖学生自然成长。在此过程中注重学习能力、科研能力、学术素养、质疑精神、独立思考能力等多方面素质的培养,希望通过四年的学习,让学生具有宽厚而扎实的化学知识基础、掌握认识世界的基本思路和方法,具有获取、分析、提炼、关联和整合信息的能力,能够在未知的领域提出问题,并拥有跨学科解决问题的能力。具有批判性思维,具备自主学习能力和创新意识,具备从事科学研究的基本素养^[1]。

2 “拔尖计划”实施方式和课程体系设计

2.1 学生选拔和动态进出机制

化学拔尖计划面向全校理工科专业本科生,实行开放式的培养模式,拔尖试验班实行动态管理制度,根据学生学年报告、课程学习成绩情况和科研训练情况建立“警示制度”,通过积极灵活的管理方式实现培养计划与学生个性化发展相结合的目标。

2.2 个性化培养方案的制定和实施

2009 年开始启动拔尖计划工作时,就针对这一工作,制定了《北京大学化学学科拔尖计划学生个性化培养方案》,方案包括:培养目标、课程计划、本科交流计划、科研计划、其他环节、本科后计划等六个方面,给予学生最大的自由度和选择权。学生可跨学科、跨年级、跨层次修读课程,根据自身的基础和特点与将来的发展定位,自主设立学习和研究方案。

2016 年,随着北京大学综合改革计划的推进,化学学院进一步明确了“一体化、多层次、开放式、重基础、求创新”的教学改革指导思想,将学生“知识、能力和素质的协调发展”作为教学体系改革的核心目标,在注重化学基础理论知识和基本实验方法培养、注重数学和物理基础知识学习的基础上,构建多样化、多模式、个性化的立体课程体系,为学生提供适合的课程选修和多元化发展途径。

2016 教学计划修订后,课程体系分为四大部分:公共课程与专业基础课、化学核心课程、限选课程以及通识与自主选修课程。化学核心课程精选出化学学科的核心基础知识体系;限选课程中,既有化学学科基础知识的进一步拓宽和提升、专业知识的分类学习,也有数理基础的加强及理学部其他相关学科知识的延伸,学生可以根据自己的特长与未来发展进行规划,寻求个性发展;通识与自主选修课程则提供了更为多样化的选择,既有化学专门化知识的进一步提高和加深,也有科学、人文和社会科学课程的多元化训练。课程体系的基本情况见表 1,课程的详细说明见后文。

表 1 北京大学化学学科 2016 课程方案(2019 修订)

课程类型	课程说明	学分	总学分	学分比例/%
公共和基础课	全校公共课	27-33	47-53	31-35
	数理基础课程	20		
核心课程	化学核心课程	30	30	20
限选课程	化学基础课程		37	25
	理学部其他学院核心课程			
	毕业论文			
通识与自主选修课程	通识课程	≤12	31-37	21-25
	其他选修课程			
合计(毕业要求学分)			151	

2.2.1 公共课程与专业基础课: 47-53 学分

公共课程包括思政、英语、体育等,共计 27-33 学分(6 学分的差别源于不同程度的英语课程),按照教育部的要求开设;专业基础课为数学和物理,各 10 学分。

2.2.2 核心课程: 30 学分

核心课程选择化学专业所必需的基础知识体系与最能反映专业特色与水平内容的课程。通过这些课程的学习,学生可以掌握化学专业知识、具备专业基本素质和解决问题的能力,为在化学及相关专业的发展打下基础。核心课程名称及学分学时情况见表 2。

2.2.3 限选课程: 37 学分

限制性选修课程除了包括“化学学院未列入核心课程的原必修课程”外,纳入了理学部其他学院(数学、物理、生命科学、地球与空间科学、城市与环境科学、心理与认知科学等学院)的核心课程以及学院教学委员会认定的一些其他数理课程。如此,一方面为专业方向明确的学生提供更为深入的专业教育,促进学部内院系间的学科交流与课程共享,为学生未来的交叉学科学习和深造提供准备;另一方面也为专业兴趣发生转移的学生提供宽松的环境。

表 2 北京大学化学学科核心课程一览

课程名称	周学时	学分	开课学期
今日化学	1	1	大一上
化学实验室安全技术	1	1	大一上
普通化学	4	4	大一上
普通化学实验	5	2.5	大一上
有机化学(一)	3	3	大一下
有机化学(二)	2	2	大二上
有机化学实验	6	3	大一下
结构化学*	5	4	大二下
物理化学(一)	3	3	大二下
物理化学(二)	3	3	大三上
物理化学实验	7	3.5	大三上

*结构化学可用物理学院的固体物理代替

限选课的选择也和学生确定专业方向有关。我们没有“分配专业”的做法和限定,而是采用“选课”确定专业的做法:“化学专业”要求选择“生命化学基础(3 学分)”,“材料化学专业”要求选择“材料化学(3 学分)”,“应用化学专业”要求选择“放射化学(2 学分)”和“化工制图(2 学分)”,“化学生物学专业”要求选择“生命化学基础(3 学分)”和“基础分子生物学及实验(4 学分)”。

列入限制性选修的化学类课程有:定量分析化学(2 学分)、定量分析化学实验(2 学分)、无机化学(4 学分)、无机化学实验(2 学分)、仪器分析(2 学分)、仪器分析实验(2 学分)、高分子化学(2 学分)、生命化学基础(3 学分)、材料化学(3 学分)、放射化学(2 学分)、化工制图(2 学分)、化工基础(2 学分)、综合化学实验(6 学分)、本科毕业论文(10 学分)。毕业论文设置为 10 学分,鼓励学生专心投入科学研究,提升自己整体创造能力。

2.2.4 通识与自主选修课程: 31-37 学分

通识课程(不大于 12 学分)可以选择数学与自然科学类、社会科学类、哲学与心理学类、历史学类、语言、文学、艺术与美育等课程,培养人文科学素养;自主选修课程包括:化学专业任选课、理学部所有的核心课程和人文、信息与工程、社科学部的核心课程等。化学类课程共开设了 45 门约 88 学分,包括中级课程、专业课程、前沿科学发展等课程,学生选择化学类课程,可以了解专业前沿领域的发展,拓展专业知识,提升专业水平;学生也可以根据自身特点和发展的需要,自主选择其他院系的课程。这部分课程给学生更大的选择余地,使学生具备更为宽广的知识结构,进一步提升综合素养与能力。

3 课程体系的改革和完善

3.1 建设多元化的理论授课平台

在已有课程班级的基础上,加强化学核心课程的建设,为多门专业基础课设置了平行的英文课,目前“普通化学”“定量分析”“有机化学”和“物理化学”均开设了英文授课班^[2]。增设小班授课形式,加强师生互动,调动学生主动学习、提出问题和讨论问题的积极性,“今日化学”“无机化学”“结构化学”等课程的教学过程中开设小班讨论课^[3,4]。为已具备一定专业知识的学生增设阅读研讨班,开设了“分析化学”“有机化学”“物理化学”的小型阅读讨论班^[5],通过外文教材阅读系统学习课程的核心内容,同时引导学生查阅文献并进行讨论,追溯重要基础概念的起源,了解这些概念的演变和发展历程,培养学生独立思考的能力。

增设慕课教学,结合线下翻转课堂,提高学生自主学习效率。多位老师在教学网上建立了自己的课程网站。例如,卞江老师建立的“普通化学”教学网站和网上论坛,被评为全国优秀课程网站;朱月香老师建立了“结构化学”慕课,张新祥老师等录制了仪器分析课程的网上课程,等等。新的授课与交流方式深受学生欢迎,对学生的学习帮助很大。

3.2 建设全方位多层次的实验课程,优化实践教学体系

化学是一门以实验为基础的学科,实验课教学既是知识传授的手段,也是从理论到实践的知行合一的过程,更是能力和素质培养的良好途径。通过严谨、规范、系统、细致、循序渐进的实验课学习和课外科研实践活动,培养学生实事求是的科学态度,敢于质疑、勇于创新的科学精神,为成为具备良好科学素养的创新型人才打好基础^[6-8]。

在实验课程设置方面,建立完整的基础实验教学体系,优化实验教学内容,关注教学研究与学科发展。将基本操作、基本技能、基本方法训练与自主选择的设计创新实验融于一体,强调多层次的实验教学模式。在一级学科层面上开设基础实验、综合实验和研究型实验;在二级学科层面上,安排基本操作实验、典型实验和设计型实验。课程设置兼顾了学生的兴趣特点和未来专业取向,将课程分为两大部分。第一部分为基础实验课,包括普通化学、定量分析化学、有机化学、无机化学、仪器分析、物理化学、化工基础等实验(2016教改之后定量分析化学、无机化学、仪器分析移入第二部分,化工基础实验暂停开设),以基本操作和典型实验为主,保证学生得到严格、规范的实验基本技能训练;第二部分为综合提高型实验课,包括中级分析化学、中级有机化学、中级物理化学和综合化学实验等。这些实验课程由具有相关专业研究背景的教师组成教学小组,向学生完整展示化学各二级学科的特点、研究方法和进展。

随着小班课教学的推进,2016年开始,在“有机化学实验”和“分析化学实验”教学中尝试小班教学,以设计性、探究性的实验项目为主,要求学生查阅文献资料,利用学过的基础知识、基本方法和技能自主设计可行的方案解决实际问题,培养并提高学生的创新实践能力。

面向高年级开设的“综合化学实验”也一直进行着探索和创新。从开始的单元实验项目逐步将教学活动延伸到科研学术组,将国家级实验教学示范中心的优质教学资源与化学学院的优质科研资源有机地结合起来,形成了在基础教学实验室进行的单元型综合实验和在科研学术组开展的研究型综合实验两大教学模块,为学生提供了直接接触科研前沿的学习、实践平台。研究型综合实验使学生深刻了解到科研工作的复杂性与多样性,在实践中感受科学研究的方法,在更宽松的环境中和更高的层次上主动学习,培养学生具有创造性的思维和实践能力。

3.3 推动专业前沿选修课的建设

鼓励教师将科学研究与教学结合,将学科发展的前沿融入课程中,使学生充分了解化学学科的发展趋势。先后开设了“中级有机化学”“中级分析化学”“中级无机化学”和“中级物理化学”等系列拓展、提高型课程,为有志于在化学方向进行深造的学生提供新知识、新视点以及前沿热点领域的新进展,同时也强化学生在材料、能源、化学生物学等学科的专门知识和技能。此外,还设置了涉及环境化学、核化学、材料化学与物理、理论化学等多个学科领域的专业选修课,为学生的不同专业取向提供对应的选择,为他们将来从事跨学科研究提供知识储备。

4 探索“以高水平科研带动创新人才培养”的模式

通过高水平的科研带动实践教学改革、促进创新型人才的培养是化学学院在国家理科基础人才培养基地建设取得的一个重要经验。依托学科门类全、科研实力强、师资水平高、生源素质好等优势,结合“拔尖计划”,我们进一步加大对本科生科研训练的指导和投入。在学院内,聘请院士、长江学者、杰出青年基金获得者等老师担任本科生研究的指导教师,鼓励本科生开展基础科学人才培养基金资助的科研训练项目、校级基金资助项目等多层次的课外科研实践活动,为有志于投身科研的优秀学生提供更好的学习条件、科研平台和交流机会。在此基础上,结合毕业论文的训练,促

进学生科学研究能力的提升。

4.1 依托科研优势，开展本科科研训练

修订了“促进本科生参加科研工作和学术交流管理办法”，形成了关于本科课外研究项目立项遴选、中期检查、结题验收答辩、成绩评定、成果奖励等一整套管理方法，使本科生参与课外科研实践活动的规模和质量有了很大的提高。

我们把本科生科研训练活动定位为知识、技能和经验积累阶段，重视对学生科研实践过程的考查，本科生课外科研并不局限于培养专业人才，而是作为训练科学思维、了解科研方法、培养研究能力等科学精神和科学素养的载体，是研究型大学教育的重要环节。因此，中期检查和结题时除要求学生提交书面报告外，实验记录也是重要检查项目。结题报告设有口头报告和墙报展示的环节，让学生体会和感受学术交流的作用和重要性，增强学生的成就感。另外，也建立了合适的退出机制，在要求学生具有责任心和坚持精神的同时，尊重学生的选择。

4.2 规范本科生毕业论文工作，促进学生科学研究能力的提升

参照学校要求，制定了“化学学院关于本科生毕业论文工作管理的规定”“北京大学化学与分子工程学院本科毕业论文答辩的相关规定”等文件，规范了“本科毕业论文的基本要求及格式”，也形成了一整套关于毕业论文选题审核、中期检查、组织答辩和成绩评定等一系列环节的管理办法，使本科生毕业论文工作和答辩制度合理化。为使学生更专注研究，从2016级开始将毕业论文学分由6学分提高到10学分，明确要求学生须完成600小时的科研工作，注重研究过程考核和毕业论文的质量，实验工作量、实验记录的严谨和规范成为成绩评判的重要依据。毕业论文答辩由学院统一组织，促进各专业交流，使学生的答辩更为正式规范。

5 拓展国际合作，培养国际一流人才

国际交流是本科教学和科研训练计划的重要组成部分。为扩展本科生的国际视野，借鉴吸收国际一流大学本科教学和课外科研训练经验，我们和国外多所高校建立合作关系，如美国密歇根大学、芝加哥大学，英国的杜伦大学等，也鼓励学生自己选择学校和导师出国交流，开展暑期科研训练活动。每年有约30位学生前往麻省理工大学、哈佛大学、耶鲁大学、芝加哥大学等国际一流高校学习和研究。

我们也积极引进国内外其他高校知名教授来校授课，为学生提供学习和交流的机会。2011年，美国James Flack Norris Award for Outstanding Achievement in the Teaching of Chemistry奖获得者Brian Coppola教授应邀来化学学院进行了为期10个月的教学合作研究。在北大期间，他参与了化学学院有机化学A课程的教学工作，还利用学术报告等方式与承担理论和实验课教学的教授们开展了有关教学思路和教学方法等方面的交流讨论；2016年起，我院每年邀请加拿大滑铁卢大学的G. K. Murphy教授为本科生讲授“波谱分析”课程，介绍波谱学的进展和应用；2018年春天，邀请台湾大学的金必耀教授讲授“数学串珠与分子几何”课程，将化学、数学与艺术结合，给学生考察化学微观结构世界与化学键带来又一个视角。

6 学生毕业情况及质量分析

本项目的实施，提升了学生品格，有利于培养学生良好的科研素质，取得了显著的成果。2009年以来，本科生参与科研工作，共发表文章800余篇，其中第一作者138篇，第二作者321篇，在美国化学会志、德国应用化学等高水平的期刊上发表文章70多篇，其中第一作者18篇，第二作者52篇。参加“拔尖计划”的学生90%选择了继续深造(国内读研或者出国读研)，全院本科生约40%的学生选择出国攻读学位且有约一半的学生进入国际知名高校。可见，参加“拔尖计划”的学生对自身的学业发展均作了较为长远的规划。

总之，在化学学科拔尖学生培养计划的实施过程中，我们充分利用北京大学的综合优势和化学

学院的学科优势,培养学生的家国情怀,提升学生综合素养;培养具有独立思辨能力、健全人格、宽厚扎实的理科基础、自主学习能力及创新意识的人才。我们也希望,继续做好拔尖人才的培养工作,未来能涌现出一批具有家国情怀和国际视野的领军型人才!

参 考 文 献

- [1] 裴坚. 中国大学教学, **2014**, No. 9, 17.
- [2] 杨娟. 大学化学, **2017**, 32 (9), 5.
- [3] 朱月香, 来鲁华. 大学化学, **2017**, 32 (7), 8.
- [4] 朱月香, 厉建龙. 大学化学, **2018**, 33 (2), 40.
- [5] 李娜, 李美仙, 王申林, 刘小云, 白玉, 朱志伟. 大学化学, doi: 10.3866/PKU.DXHX201907022.
- [6] 李维红, 张奇涵, 吴忠云, 朱志伟, 高珍, 裴坚. 大学化学, **2018**, 33 (10), 7.
- [7] 李维红, 张奇涵, 吴忠云, 高珍, 裴坚. 大学化学, **2018**, 33 (10), 33.
- [8] 王岩, 耿金灵, 徐烜峰, 朱志伟, 李国宝. 大学化学, **2019**, 34 (5), 9.