与时俱进，不断开创物理化学课程建设新局面

彭昌军*, 徐首红, 刚洪泽, 殷天翔, 胡军, 尚亚卓, 刘洪来, 黑恩成

华东理工大学化学系, 上海 200237

摘要: 物理化学课程作为化学类、材料类、药学类、化工类、生物类本科专业必需的基础理论课, 对于培养符合社会经济发展需求的人才起到不容置疑的重要作用。多年来, 华东理工大学物理化学教学团队坚持以“队伍建设为基, 资源建设为根, 模式创新为魂, 能力培养为本”, 持之以恒开展了物理化学课程改革与创新。本文将从一流团队建设、一流资源建设、教学内涵创新、教学模式探索等方面, 总结我们在争创一流课程中的思考和体会, 提炼可供一线教学同行借鉴的经验。

关键词: 物理化学; 课程改革; 教学研究; 教材建设

中图分类号: G64; O6

Keep Paces with the Time, Constantly Create a New Situation of Physical Chemistry Curriculum Construction

Changjun Peng*, Shouhong Xu, Hongze Gang, Tianxiang Yin, Jun Hu, Yazhuo Shang, Honglai Liu, Encheng Hei

Department of Chemistry, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China.

Abstract: As a necessary basic theory course for undergraduates majoring in chemistry, materials, pharmacy, chemical engineering, and biology, physical chemistry plays an important role in cultivating talents to meet the needs of social and economic development. Over the years, the teaching team of physical chemistry of East China University of Science and Technology has carried out the curriculum reform and innovation persistently based on “Team building as the foundation, resource building as the root, mode innovation as the soul, ability training as the origin”. This paper will summarize our thinking and experience in striving for the first-class course from the aspects of first-class team construction, first-class resource construction, teaching connotation innovation, teaching mode exploration, and extract the experience that can be used as reference by teaching peers.

Key Words: Physical chemistry; Curriculum reform; Teaching research; Textbook construction

1 引言

在工科化学课程体系中, 物理化学处于枢纽地位, 是相关专业知识体系的核心课程之一, 也是引导学生由理解“已知”到探究“未知”转变的关键课程。初次学习该课程时, 大多数学生往往就会因概念抽象、公式繁多而丧失学习的热情和信心。围绕这一现状, 国内多所高校均开展了课程教学改革, 提出了能促进自主学习习惯养成等的研究型教学法^[1]和能提高问题解决能力的问题式教学法^[2], 实践了“线上-线下”混合式教学模式^[3], 探索了理论课教学内容和实验课教学内容的融合模

式^[4]。教学中, 物理化学方法和发展史的教学得到重视^[5], 物理化学在社会发展中的作用有所突出^[6]。但如何培养学生解决复杂问题的综合能力, 促进知识、能力与素质三方面和谐发展, 始终是课程建设要解决的核心问题。多年来, 我们坚持以学生为中心, 围绕课程内涵建设(见图 1), 与时俱进开展了物理化学课程改革与创新实践, 取得了新的认识和积极成果。

图 1 课程内涵建设

2 严要求打造一流教学团队

长期以来, 研究型大学重科研轻教学的倾向很大程度上影响了教学队伍的稳定和教师从事教学的积极性。为此, 我们积极响应胡英院士倡导的“教学科研一起抓, 两个拳头同时出击”, 创建了教学团队发展长效机制, 其核心是强化教研室建制, 坚持走教学与科研一体化团队建设之路, 并秉持“四个坚持”打造团队。

2.1 坚持教学科研协调发展

骨干成员必须站在科研与教学高地, 能同时承担重要教学和科研项目, 营造以科研创新驱动教学创新的良好氛围。2013 年以来, 新增各类国家级等科研项目 30 余项, 新增教育教学研究项目 10 多项。在教学与科研一体化团队建设中, 形成了拼搏进取的团队作风。

2.2 坚持教授主讲本科课程

教授必须发挥在本科教育中的示范作用。目前, 包括“长江学者”在内的 8 名教授均站在课堂教学第一线, 并领衔教育部首届“黄大年式教师团队”。实践证明, 教授的人格魅力与学术影响力是增强学生求知欲的重要引擎。学生坦言: “刘洪来老师虽然身为长江学者, 但是没有任何的架子, 简直是热力学的顶级专家。”

2.3 坚持教学科研互动研讨

团队成员必须在研讨中凝练可服务本科教学的互动成果, 持续保持教学活力。近些年, 团队每年从科研项目中提炼教学素材近 50 项。这些互动研讨成果不但应用于课堂教学、实验教学、毕业论文、大学生创新创业计划等环节, 也被恰当融入到出版的教材与参考书中。

2.4 坚持传帮带培养新教师

青年教师必须将科研创新热情与活力延伸到本科教学中。我们充分利用国家和上海市教学名师的有利条件, 开展了“拜师结对”和“一帮一”活动。同时依托学院教师培训基地, 通过观摩学习、教学竞赛、教学研讨等措施提升青年教师的教学能力, 为团队稳定发展注入新活力。

保持建制的教研室先后荣获“上海市劳动模范集体”“上海市教育先锋号”等荣誉, 2008 年被评为国家级教学团队。物理化学课程先后入选国家级精品课程、网络教育国家级精品课程、国家级双语教学示范课程、国家级精品资源共享课和上海市优质在线课程。

3 高标准建设一流教学资源

3.1 教材资源

20 世纪末, 胡英院士积极推动并主持全国性面向 21 世纪的工科化学教学改革, 首创了物理化学课程内容“三个层次、两个部分、三种方法”的逻辑框架。即: 物理化学可分为宏观层次、从微观到宏观层次和微观层次(三个层次); 每个层次又可分为物质特性和普遍规律(两个部分); 物质特性可通过实验方法、半经验方法和理论方法(三种方法)得到。作为改革的重要成果, 胡英院士主编了国

家“九五”重点教材《物理化学》第4版^[7]。该教材在“逻辑框架的构筑、内容的推陈出新以及突出实际应用”等三个方面与国际接轨。随后，胡英院士根据国内外教育发展趋势，先后编写了《物理化学》第5版^[8]和第6版^[9]。教材除保持大框架外，还新增小脉络，以便学生归纳和总结。此外，团队成员的若干研究成果在教材中也有体现，如离子液体、量子纠缠态、双表面活性剂等。

以教材为龙头，我们进行了立体化教材建设。《物理化学教学与学习指南》^[10]可引领学生阅读与理解，提高解决问题的能力。科学版“名师导读系列”《物理化学导读》^[11]、《物理化学释疑》^[12]、《物理化学——理解·释疑·思考》^[13]着重对基本概念和原理的发展、争议进行剖析与思考。《物理化学参考》^[14]可帮助和引领读者理解和掌握物理化学的精髓，追踪现代化学的发展。国内首部英文版《物理化学》^[15]教材替代了国外教材，对全英语课程建设具有重要意义。

3.2 信息资源

建有“国家级物理化学精品课程”和“国家级精品资源共享课”网站。2016年，我们开始建设在线开放课程。在课程设计中，“三个层次、两个部分、三种方法”的逻辑框架进一步得到夯实。视频讲解按“以问开篇，悬疑结尾”的原则较好理顺了不同知识点间的关系。为引导学生提升将碎片化信息融合成系统化知识的能力，设计了每章的“内容导读”，提供了教学课件以及“典型问题”等资源。为评估成效，设置了1000多道进阶式章节测试题、12套单元综合测试卷，并建成线上考试题库。

4 多举措激发课堂活力

4.1 贯彻“少而精、博而通”的教学思想

对于一门课程，希望学生学习之后能知道哪一类知识在知识框架中的哪个位置，以便今后深入考查和钻研。同时希望通过典型章节的学习，体会字里行间蕴藏着的科学内涵与科学方法。鉴于这种思考，我们基于构建的“三个层次、两个部分、三种方法”的逻辑框架，率先实践了“少而精、博而通”的教学思想。“少而精”是指突出重点、教深教透，使学生触类旁通；“博而通”是指广博的知识面，在解决问题时思维活跃、能融会贯通。我们已将这一思想融入教学环节的各个方面，从而正确处理了教材内容与教学内容的关系，使教学保持“常教常新、常教常精”的状态^[16]。

4.2 创新知识导入模式

学科的进步要么是为满足社会与经济发展的重大需求，要么是为解决科学瓶颈问题，发展的成果也为解决实际问题提供了方法和原理。顺着这一脉搏，我们在教学设计中引入了不同风格的课堂导入实例^[17]。

一是对能引起学生兴趣的科学家的逸闻趣事采取故事般的叙述。如讲授“焦耳-汤姆逊效应”之前，先让学生回忆焦耳对科学的贡献。然后问，汤姆逊是谁？为何开尔文就是汤姆逊？开尔文曾反对焦耳的热功当量实验，那他又为何和焦耳一起合作呢？这种故事般的引入自然引起学生兴趣。

二是对能启发学生思考的科学问题，通过了解其发展史，理顺发展的逻辑关系，巧妙引出疑问。如讲授“热力学第三定律”，首先引出问题，物质在指定温度下的标准摩尔熵如何获得？0 K时反应的标准摩尔熵等于零吗？然后在问题的驱动下，逐一讲解定律发现过程中不同科学家的贡献。

三是以“身边人·身边事”穿插于课堂。多年来，我校已形成若干优势学科，培养了一批卓越人才，这些都是引入课堂的生动素材。我们将华理人、华理成就、成果中蕴含的学科知识点择机穿插于课堂，取得良好效果。这种“身边人·身边事”不仅能提升学生的专注度，还可有效提高对学科价值的认知度。

四是讲好中国故事。如学习“三相点”时，介绍物理化学宗师——黄子卿教授在水的三相点实验研究方面的杰出贡献。学习状态方程时，介绍著名化工专家侯虞钧院士在马丁-侯状态方程中的突出贡献。

4.3 实施“启发式、探究式”教学方法

“启发式、探究式”的核心是培养学生独立思考和创新思维能力，保持在学习全过程中的主动性^[18]。我们充分利用教学科研一体化的团队优势，从实践中提炼出实施“启发式、探究式”教学的保障措施：一是将教学成果转化为教学资源，名师导读三部曲正是这些教学资源的总结^[11-13]；二是将科研成果设计成学而不厌的教学片断，例如，通过解析 863 课题“二氧化碳的吸附法捕集技术”，了解介孔材料设计的知识，理解界面科学的理论；三是坚持教研活动不断线，定期对课程重点难点进行解析，各抒己见，从中获取驾驭“启发式、探究式”教学的能力。

课堂实施则按四步递进方案(见图 2)：① 以“少而精”为原则，精化课堂内容，确保“启发式、探究式”教学的空间；② 对一般性的内容难点，采取“讨论式”教学，为“启发式、探究式”教学做好铺垫；③ 将凝练的“启发式、探究式”案例引进课堂，互动激发创新思维；④ 学生总结学习成果，引导步入“博而通”轨道。

图 2 “启发式、探究式”教学四步递进方案

4.4 稳步推进混合式教学

依托在线课程，开展了以学生为主的混合式教学模式探索。我们从“知识内容、学习方式、导学提示、问题思考、线上议题、线下议题”等角度设计了详细的学习方案，让学生明确学习任务与具体要求。

对于一般性内容，要求学生完全自主学习。教师则通过平台了解学习进度，督助学生有序学习，及时回复线上提问。学习效果由线上阶段考核与线下课外作业进行评估。

对于重点难点内容，按“课前预习、课中互动、课后巩固”方式进行。

“课前预习”要求学生依据“导学提示”初步了解所学知识“解决何问？如何解决？有何启发？”。教师则根据学生的反馈信息完善“课中互动”环节的教学重点及互动专题。

“课中互动”环节中，教师首先围绕重点难点，引导学生在“三个层次、两个部分、三种方法”的逻辑框架中找到内容的落脚点。其次，以问题为导向，铺垫知识点的目的、应解决的问题。再次，通过设计的“知识点的逻辑框架图”(一章一图，统计热力学部分见图 3)，围绕问题层层推进，帮助学生理顺知识点的逻辑关系。最后，对照“知识点的逻辑框架图”回头看，检查是否解决了问题，是否引出新的问题。在此基础上，针对研究型或应用型人才培养要求，量身定制了课堂讨论专题，然后分组讲解、讨论与质疑，在互动中实现师生的同频共振。

图 3 统计热力学“知识点逻辑框架图”

“课后巩固”环节除完成必要的梯进式习题外，还穿插有“踮一踮才能摸得着”的考查内容以强化学生对自然现象本质的认识，如，商品“暖宝宝”的发热原理。为体现知识的时代性，配有必要的探究思考题，如：巧克力的奥秘(相变化中的迟滞)，神奇的荷叶(微纳结构表面润湿性)等。

5 结语

我们的改革成果最终使学生受益。在历年的学生评教中，团队教师平均分均在 95 分以上。团队成员每年指导近 20 名学生开展大学生创新训练类项目，指导近 40 名学生开展科训 II 活动和毕业论文，每年均有本科生署名的论文发表。实施混合式教学的学生坦言：“慕课的线上视频预习与老师的课堂讲解极大提升了我理解知识的效率和质量”。线下讨论“甚至于要提前模拟一些问题以应对讲演时其他同学的提问”。在多轮次的课程改革与实践中，团队至今已有 8 名教师获宝钢优秀教师奖(其中 1 人获特等奖)，1 人获“国家教学名师”、2 人获“上海市教学名师”、1 人评为“上海市教育功臣”等荣誉称号。与时俱进的改革成果获国家级教学成果一等奖 1 项、二等奖 2 项。连续五届获上海市教学成果奖，其中特等奖 1 项，一等奖 4 项。

随着我国“双一流”“双万计划”等相继启动建设，基于目标导向和产出导向，从知识、能力和素质三个方面更加明确了课程目标以及目标与支撑毕业要求指标点的对应关系^[19]。为谁培养人、培养什么样的人更加突出了课程思政的紧迫性^[20,21]。我们将牢记使命，努力将课程打造成“金课”，为一流人才培养、一流本科建设添砖加瓦。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 李英, 苑世领, 郝京诚. 大学化学, **2013**, 28 (2), 11.
- [2] 单云. 化工时刊, **2016**, No. 1, 56.
- [3] 王旭珍, 王新平, 王新葵, 宋雪旦, 田东旭, 陈冰冰, 石川, 纪敏. 大学化学, **2018**, 33 (11), 6.
- [4] 许秀芳. 大学化学, **2016**, 31 (3), 17.
- [5] 侯文华, 姚天扬. 中国大学教学, **2012**, No. 7, 38.
- [6] 董玉明, 顾文秀, 高海燕. 广东化工, **2016**, No. 21, 170.
- [7] 胡英, 吕瑞东, 刘国杰, 叶汝强. 物理化学. 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [8] 胡英, 吕瑞东, 刘国杰, 黑恩成. 物理化学. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [9] 胡英, 黑恩成, 彭昌军. 物理化学. 第 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [10] 黑恩成. 物理化学教学与学习指南. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [11] 刘国杰, 黑恩成. 物理化学导读. 北京: 科学出版社, 2008.
- [12] 刘国杰, 黑恩成. 物理化学释疑. 北京: 科学出版社, 2010.
- [13] 刘国杰, 黑恩成, 史济斌. 物理化学——理解·释疑·思考. 北京: 科学出版社, 2015.
- [14] 胡英. 物理化学参考. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [15] Hu, Y. *Physical Chemistry*. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [16] 黑恩成. 化工高等教育, **2010**, No. 2, 1.
- [17] 彭昌军, 史济斌, 胡军, 刘洪来, 黑恩成. 化工高等教育, **2012**, No. 1, 12.
- [18] 黑恩成, 彭昌军, 薛平, 尚亚卓, 杨磊, 周山花. 中国大学教学, **2010**, No. 4, 30.
- [19] 教育部. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018: 130.
- [20] 张树永. 大学化学, **2019**, 34 (11), 4.
- [21] 王旭珍, 王新平, 王新葵, 田福平, 田东旭, 陈冰冰. 大学化学, **2019**, 34 (11), 77.