



大学化学化工课程报告论坛

2007

论文集

大学化学化工课程报告论坛组委会



高等教育出版社

大学化学化工课程报告 论坛论文集

2007

大学化学化工课程报告论坛组委会

高等教育出版社

内容简介

本论文集是2007年11月10日至11日在武汉举办的第二届“大学化学化工课程报告论坛”的论文集,共收录文章141篇。其中包括特邀报告13篇,部分是根据现场录音整理成文字,再经报告人审阅、修改而成的;其余128篇为投稿文章,这些文章都是经过相关学科专家评审确定,涉及大学化学化工课程教学中的多个方面。

本论文集是对本届“大学化学化工课程报告论坛”成果的总结,衷心希望这些文章能为广大高校化学化工课程教师开展教学研究和课程建设提供有益的参考和帮助。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学化工课程报告论坛论文集. 2007/大学化学
化工课程报告论坛组委会. —北京:高等教育出版社,
2008.9

ISBN 978-7-04-024364-2

I. 大… II. 大… III. ①化学-教学研究-高等
学校-文集②化学工业-教学研究-高等学校-文集
IV. O6-4 TQ-4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第117489号

策划编辑	翟怡	责任编辑	刘佳	封面设计	张申申	责任绘图	尹莉
版式设计	王艳红	责任校对	刘莉	责任印制	尤静		

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京铭成印刷有限公司

开本 787×1092 1/16
印张 32.5
字数 800 000
插页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2008年9月第1版
印次 2008年9月第1次印刷
定价 37.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24364-00



第二届大学化学化工课程报告论坛

The 2nd University Fundamental Courses Forum on Chemistry and Chemical Engineering

主题：中、美、俄高校化学化工课程教学内容与方法的交流与研讨

2007年11月10—11日 中国·武汉

2007年11月10—11日，第二届“大学化学化工课程报告论坛”在湖北武汉香格里拉大饭店隆重举行。本届论坛以中、美、俄高校化学化工课程教学内容与方法的交流与研讨为主题，在两天的时间里，13位来自中国、美国和俄罗斯的化学化工知名专家结合化学化工专业具体课程，对课程内容和教学方法等方面内容作了精彩报告。全国近300所高校的600多名一线骨干教师参加了本次盛会，与会专家和广大参会教师都对本届论坛给予了高度的评价和肯定。



高等教育出版社张增顺总编辑出席本届论坛并致辞



论坛组委会主任、吉林大学校长、中国科学院院士、教育部高等学校化学与化工学科教学指导委员会主任周其凤教授出席本届论坛并致辞



武汉大学副校长李文鑫教授在本届论坛开幕式上致辞



全国高等学校教学研究中心常务副主任、高等教育出版社副总编辑杨祥在闭幕式上讲话



论坛组委会副主任、中国科学院院士、教育部高等学校化学与化工学科教学指导委员会副主任、厦门大学郑兰荪教授致闭幕辞

第二届大学化学化工课程报告论坛

2007.11 中国·武汉



全体代表合影



第二届大学化学化工课程报告论坛

The 2nd University Fundamental Courses Forum on Chemistry and Chemical Engineering



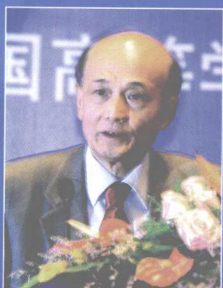
主题：中、美、俄高校化学化工课程教学内容与方法的交流与研讨

2007年11月10-11日

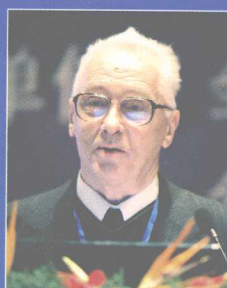
中国·武汉



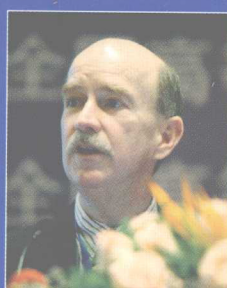
南开大学申泮文院士



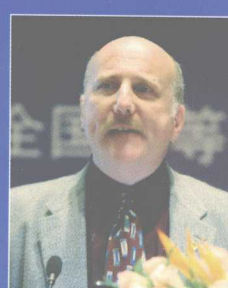
华东理工大学胡英院士



莫斯科大学
Tolmachev Alexey 教授



麻省理工学院
Robert C. Armstrong 教授



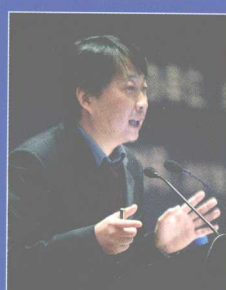
密歇根大学
Brian P. Coppola 教授



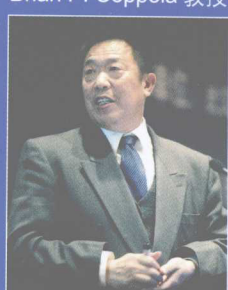
北京大学段连运教授



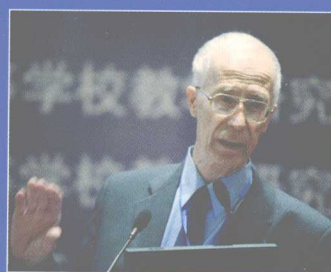
北京大学裴伟伟教授



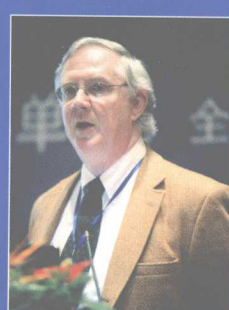
天津大学张金利教授



武汉大学张华山教授



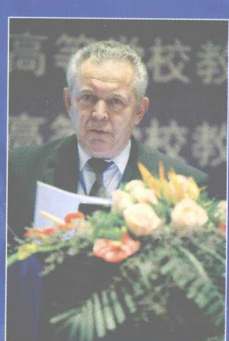
圣彼得堡大学
Nikolskiy Alexey 教授



达特茅斯学院
John S. Winn 教授



伊利诺伊大学香槟分校
Ralph G. Nuzzo 院士



门捷列夫化工大学
Kireev Viatcheslav 教授

会场盛况

前 言

第二届大学化学化工课程报告论坛于2007年11月10日至11日在湖北武汉成功举办,本届论坛的主题为“中、美、俄高校化学化工课程教学内容与方法的交流与研讨”。来自全国的近300所高等学校的600多位化学化工学科一线骨干教师齐聚武汉,参加了本次盛会。

吉林大学校长、中国科学院院士、教育部高等学校化学与化工学科教育指导委员会主任委员周其凤教授,高等教育出版社张增顺总编辑,武汉大学副校长李文鑫教授等领导出席了开幕式并致辞。本届论坛的报告人分别来自中、美、俄三国,他们是中国科学院院士、华东理工大学胡英教授,中国科学院院士、南开大学申泮文教授,教育部高等学校化学与化工学科教育指导委员会副主任委员、北京大学段连运教授,北京大学裴伟伟教授,武汉大学张华山教授,天津大学张金利教授,美国艺术与科学院院士、伊利诺伊大学香槟分校化学系Ralph G. Nuzzo教授,美国麻省理工学院化学工程系前系主任、能源中心副主任Robert C. Armstrong教授,美国密歇根大学化学系副系主任、化学系课程与教学事务副主席Brian P. Coppola教授,美国达特茅斯学院化学系系主任John S. Winn教授,俄罗斯门捷列夫化工大学塑料化工教研室主任、高校化工协会高分子委员会主席Kireev Viatcheslav教授,俄罗斯圣彼得堡大学无机化学教研室主任Nikolskiy Alexey教授,俄罗斯莫斯科大学化学系Tolmachev Alexey教授。两天时间里,13个围绕化学化工学科教学改革和课程建设所展开的大会报告精彩纷呈,13位国内外报告人更是尽展风采。论坛的最后,中国科学院院士、教育部高等学校化学与化工学科教育指导委员会副主任委员、厦门大学化学系郑兰荪教授,高等教育出版社副总编辑、高等教育出版社高等理工出版中心杨祥主任分别为论坛闭幕式致辞。

当前,我国高等教育已经步入深化教学改革、提高教学质量的重要阶段,如何深化教学改革,从而切实有效地提高高等教育教学质量,成为广大高等学校和教师在教学改革与建设中十分关心的问题。20世纪50年代,前苏联高等教育教学内容与课程体系在我国高等学校课程建设过程中影响巨大;改革开放后,我国高等教育教学内容和课程体系建设中较多地吸收了欧美高等学校教学内容和课程建设的成功经验;90年代以来,随着我国高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划的实施和开展,涌现出一大批教学内容和课程体系建设与改革的成果,在我国高等学校教学内容和课程体系改革中发挥了重要作用,有力地推进了高等学校教学质量的提高。

本届论坛以“中、美、俄高校化学化工课程教学内容与方法的交流与研讨”为主题,组委会组织和邀请了来自中国、美国、俄罗斯在化学化工学科教学领域中知名的教授、学者围绕若干重要的化学化工专业基础课程作专题报告,希望能从不同角度了解各国课程建设的经验和成果,从而促进我国高等学校化学化工学科课程教学质量的提高。

为了保证报告的效果,本届论坛全程使用了同声传译,专家报告的内容丰富,涉及无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、结构化学、化工原理等多门课程,引起了参会教师极大

的兴趣。为满足广大教师的需要,所有报告都进行了全程录像并在中国高校化学化工课程网(<http://chem.cncourse.com>)上公开发布,根据录音整理的文字稿,经过专家审阅、修改后,也已经收录在本文集中。

本届论坛共收到投稿 300 多篇,经过专家评审,评选出 128 篇收录在本论文集中。这些文章涉及化学化工学科教学中的多个方面,主要包括大学化学、无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等课程的课程建设成果与进展,实验类课程的教学改革和探索,中外教学情况比较,双语教学的探索,多媒体教学手段的运用等。

目前,第三届大学化学化工课程报告论坛正在积极筹备。我们相信在各位教师的悉心关注和大力支持下,本论坛将会成为在高校化学化工课程教学领域中的一个长期的、稳定的、百家争鸣、兼容并包、不断发展的高水平论坛。

最后,我们对关心和关注本论坛的广大化学化工学科任课教师,为论坛的顺利举办提出过宝贵意见和建议的专家、学者,以及有关高等学校相关院系表示深深感谢。

大学化学化工基础课程报告论坛组委会

2008 年 1 月

目 录

一、中国专家特邀报告 (1)

化学科学与化学教学	胡 英 (3)
关于大一化学课程“化学概论 (General Chemistry)”的讨论	申泮文 (10)
晶体结构教学研究	段连运 (13)
基础有机化学课程的历史沿革和现状 (1952—2007)	裴伟伟 (19)
分析化学课程在理科化学专业本科生培养过程中的作用和地位	张华山 等 (26)
化学工程与工艺专业核心课程教学内容与课程体系的改革与建设	张金利 (36)

二、美国专家特邀报告 (43)

Organic Chemistry Education: Progress in Practice	Brian P. Coppola (45)
A Vision of the Curriculum of the Future	Robert C. Armstrong (51)
A Curriculum for Chemical Analysis: New Interdisciplinary and Global Contexts	Ralph G. Nuzzo (60)
Selecting Exciting Topics for Students of Twenty-First Century Physical Chemistry	John S. Winn (61)

三、俄罗斯专家特邀报告 (67)

俄罗斯化工高校学习过程的协调与改进	萨尔吉瑟夫院士 等 (69)
General and Inorganic Chemistry at ST. Petersburg University within the Framework of the Russian Educational Reform	Nikolskiy Alexey (77)
莫斯科大学化学系中物理化学课程的教学问题	Tolmachev Alexey (89)

四、论坛投稿论文 (97)

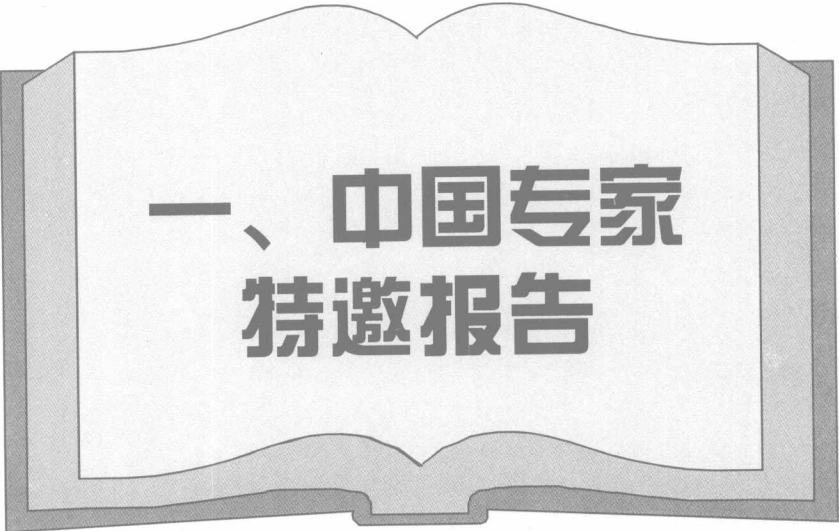
北京大学普通化学课程的教学实践	卞 江 (99)
普通化学课程教学改革的几点体会	王宝珍 等 (101)
大学化学专业基础课“化学概论 (General Chemistry)”的课程建设	李 姝 等 (103)
基础化学课程教学改革与教学研究探索	周冬香 等 (106)
基础化学课程双语教学的初步实践	于 丽 等 (109)
基础化学教学网络平台建设	蔡宏伟 等 (111)
构建工科基础化学开放式教学方法的设计	卢 荣 等 (115)
化学化工基础课程的整合首先要有科技不可分割的整体认识 ——剖析工程化学基础课程的创意	陈林根 (118)

“大学化学”与“大学物理”教学内容联合改革的研究	李 军 等	(122)
“无机化学”课程改革与实践	陈媛梅	(125)
“无机化学”精品课程建设的体会与思考	胡宗球	(128)
三学期制无机化学实验教学安排的几点体会	张 萍 等	(131)
对食品专业无机及分析化学双语教学的一些思考	王 力	(134)
高校工科“大一”无机化学课程教学内容改革之管见	杨宏孝	(136)
精品课程“无机化学与化学分析”的创建与成效	高胜利 等	(139)
中级无机化学课程和教材建设	唐宗薰 等	(143)
无机元素化学教学改革实践	朱亚先	(147)
“无机及分析化学”课程的建设与改革	贾之慎 等	(149)
联系生活、联系生产、联系科研,推动有机化学教学内容与时俱进	陈超越 等	(152)
利用分子模拟技术 提高国内有机化学教学水平	于丽梅 等	(155)
论在有机化学教学中传授化学史知识的重要性	王 昕 等	(159)
探索高校工科有机化学教学模式	伍平凡	(162)
有机化学实验课程内容“绿色化”的探讨	任玉杰	(167)
结构层次引导下的有机化学教学	钱旭红 等	(170)
有机化学精品课程的教学内容与教学方法的改革	林英杰 等	(173)
有机化学教学改革初探	范 平 等	(176)
在“有机化学”教学中贯穿创新教育	石秀梅 等	(179)
浅谈有机化学开放实验的管理	丁 琼 等	(182)
“有机化学实验”课程改革与实践	侯安新 等	(185)
有机化学网络课程建设	刘 军 等	(188)
有机化学教学与科研互动的实践与思考	郭 媛 等	(198)
有机化学教学中培养学生创新能力的几点做法和体会	王兰英 等	(200)
有机化学实验改革的一点体会	杨德红 等	(203)
化学专业定量化学分析双语教学的实践	李 娜 等	(206)
优化教学内容,探索教学方法,有效提高分析化学教学质量	陈怀侠 等	(209)
仪器分析实验教学改革尝试	鲍长利 等	(212)
仪器分析实验教学的改革探索	于京华 等	(215)
分析化学课程建设的探索与实践	邓桂春 等	(217)
缓冲作用原理的教学改革实践	张爱平	(221)
教学、科研相融合的“环境与分析技术”本科实践教学探索	徐 芳	(224)
仪器分析实验中的极谱分析实验教学探讨	徐泽民	(226)
文物保护技术专业“分析化学”课程教学探讨	郭艳丽 等	(228)
现行分析化学教学内容的缺失与思考	郭祥群	(231)
多层次、开放式仪器分析实验教学体系的探索与实践	张培敏 等	(234)
仪器分析课程网络课件研究	石 杰 等	(238)
提高“药物分析”课程教学效果初探	徐 溢 等	(241)

物理化学发展史教育培养学生的科学素质	张丽娟 等 (244)
物理化学精品课分层次教学的研究与实践	张丽丹 等 (247)
物理化学课程教学的探索与实践	杨喜平 等 (250)
物理化学中多媒体教学的应用实践与探讨	胡 玮 (253)
对物理化学教材中一道动力学习题的讨论	吴 琼 (256)
“最大泡压法测表面张力”实验的改革	刘 宾 (259)
互动式教学在物理化学双语教学中的实践	胡 军 等 (261)
“结构化学”课程内容体系与教学方法的研究与实践	万 坚 等 (264)
物理化学课程的内容与教学方法研究	沈文霞 (268)
自发过程的定义与熵判据	张忠诚 (270)
“物理化学”教学中培养学生表达知识的能力	白同春 (273)
“多层次、开放式”物理化学实验教学的研究与实践	薛怀国 等 (276)
冶金材料类“物理化学”精品课程建设中的“旧”坚持与“新”思维 ..	吴争平 等 (278)
化工原理课程教学中的传递现象类比	赵之平 等 (282)
浅谈化工热力学教学中加强素质教育	胡琳娜 等 (287)
化工原理课程设计教学改革探索与思考	杨世芳 等 (291)
“化学反应工程”课程教学中提高学生实践能力和创新精神的探索	许志美 等 (294)
化工原理教学模式改革的探索	齐鸣斋 等 (298)
化工原理教学中几种重要意识的培养	卢其明 等 (301)
化工工艺课教学内容实践与探索	林 陵 等 (304)
青年教师化学工程设计能力培养的迫切性和方法	王海燕 等 (307)
化工自动化及仪表课程教学改革与实践	王 娟 等 (310)
“化工工艺学”多媒体教学与教改创新	仇汝臣 (313)
Seminar 教学法在化工原理实验教学中的探索与实践	鲁莉华 等 (318)
化工原理课程中边界层理论的分析研究	李志洲 等 (321)
绿色化学理念下的化工工艺学教学	修乃云 (326)
化工原理习题课教学浅议	冯尚华 等 (328)
“化工原理”双语教学探索与实践	马凤云 等 (331)
大学生创新能力培养自主实验平台的建设	李 蕾 等 (334)
充分发挥实验教学平台的作用, 建立有利于培养创新型、 研究型人才的实验教学模式	欧阳津 等 (336)
基础化学实验中心网站的开发与应用	徐 军 (339)
研究型综合性大学化学实验的设计与探讨	
——番茄红素和 β -胡萝卜素的提取及含量的分析测定	樊亚鸣 等 (343)
军事院校如何开设化学实验课程	满亚辉 等 (346)
化工专业实验课程体系的改革与实践	管航敏 等 (349)
化学专业全程实践教学中开放式教学模式的探讨	刘 卫 等 (351)
浅谈现代多媒体技术在化学实验教学中的应用	成荣敏 (353)

创新性化学实验的设计思路与实践	徐家宁 等 (356)
浅谈重铬酸钾法测定铁的含量	
——实验绿色化	葛慎光 等 (359)
大学生现代测试技术实验体系建设探索	李 燕 等 (362)
浅谈综合化学实验对学生创新能力的培养	罗川南 等 (365)
在化学实验教学中培养学生主动性	颜 梅 等 (368)
高分子化学综合实验设置与教学实践	湛东中 (371)
国内外实验教学方法和特点的比较和思考	张剑荣 等 (373)
建设中试基地 培养工程人才	周爱东 等 (375)
新型化工专业实验室建设实践与探索	邵丹凤 等 (378)
新课程理念在高师化学实验教学中的渗透	李增新 等 (382)
开设研究创新型实验的尝试	张钟宪 等 (385)
基础化学实验教学体系的系统设计与开放式运行机制	吴边鹏 (388)
大学化学实验教学质量监控体系的探究	张开诚 等 (392)
基础化学实验开放新模式的探索与实践	赵华绒 等 (397)
注重化学实验教学过程 培养学生的素质和能力	陈六平 等 (400)
对化学(师范)专业化学实验教学体系创新的思考	杨 怡 等 (404)
创新能力培养的探索与实践科研融入教学	吴杰颖 等 (408)
对化工专业本科生毕业论文(设计)教学环节的几点看法	王 君 等 (411)
本科生生产实习模式的探索与实践	周花蕾 等 (414)
构建医药专业化学和生命学科跨学科新课程教学体系的思考	沈雪松 (418)
改革课程教学方式培养师范生综合实践能力	李 娟 (423)
美国化学会本科化学教学指导方针简介	
——本科生科学研究	史济斌 等 (426)
农林高校应用化学专业发展定位和教学改革与社会主义新农村建设	韩鹤友 等 (429)
依托重点研究基地培养创新型人才的理论与实践	杨光富 等 (432)
大一化学基础课程教学团队建设的探索	宋天佑 等 (435)
从国家精品课程建设谈大学生实践能力的培养	魏 琴 等 (438)
大学化学化工教学中值得推敲的几个问题	林生岭 (441)
培养研究生助教综合素质, 提高教学质量	葛春华 等 (444)
因材施教 化工类专业基础化学课程的改革与实践	孔祥文 (447)
英国曼彻斯特大学与我校化学系教学模式比较	王 革 (450)
应用化学复合型人才培养模式探索及课程教学内容改革	梁燕萍 等 (454)
提高教师素质, 协调教学与科研	耿信鹏 等 (457)
高等工程教育化学课程教学内容体系的优化整合	李侃社 等 (460)
应用化学专业教学内容和课程体系改革的研究与探索	杜宝中 等 (464)
深化工程化学课程教学改革	
——学分制下的工程化学教学改革的研究与实践	田 萍 等 (467)

提倡大纲式教学方式 追求“以学生为中心”的理念	陈三平 等	(470)
浅谈新课标高中化学及其对大学化学教学的启示	张逢星 等	(474)
非化学化工专业化学课程三环节教学法的改革与实践	邓建成 等	(480)
Excel“规划求解”在化学和化工中的应用		
——用于方程、方程组求解和非线性拟合	刘本才 等	(483)
国家级精品课程		
——“制剂工程”创新教学体系	唐燕辉 等	(487)
制药工程本科专业人才培养体系的研究与实践	虞心红 等	(491)
加强交叉、拓宽基础、启发思想、培养能力		
——为化学专业开设仿生学课程初探	李炳瑞	(495)
结合学科发展前沿和实际应用,提高高分子化学的教学质量	袁金颖	(498)
化学专业生物化学课程教学网站的建设	陈 邦 等	(501)
对非生物专业生物化学课堂教学的思考	王骊丽 等	(504)
再谈教材个性化问题		
——从傅鹰先生那里汲取灵感	史启祯	(507)



一、中国专家 特邀报告

化学科学与化学教学

胡 英

(华东理工大学, 上海 200237)

我首先要感谢我们论坛组委会、武汉大学和高等教育出版社给了我一个能够回来看望老朋友的机会。我也算是一个老兵了, 从文化革命结束以后, 就一直在工科化学教学指导委员会工作, 七年前退了下来。今天我非常高兴能够回来和大家一起交流, 我交流的题目是“化学科学与化学教学”。

我想分以下四方面来介绍: 化学的学科发展趋势, 介观尺度的研究, 对化学教学的启示, 教学方法。

一、化学的学科发展趋势

我现在来谈第一个问题, 化学的学科发展趋势。这是一个范围非常广泛的命题, 不同的兴趣会有不同的关注。比如我是一个长期从事物理化学教学的教师, 对于化学理论的进展比较关心, 特别是化学动态学和飞秒化学, 常常令人激动不已。我们每年上课的时候都要谈到过渡态理论, 但是什么是过渡状态? 它的规律怎么样? 说实话心里是比较悬的。现在情况不同了, 因为有了超短激光脉冲技术, 信号短到几十个飞秒, 达到了原子的振动周期, 这就使我们有可能通过实验来追踪化学反应, 包括如何越过过渡状态。Zewail 教授由于在这方面作出的突出贡献, 获得了 1999 年的诺贝尔化学奖。这个图是一个飞秒级化学动态学实验装置简图, 飞秒激光通过放大、压缩、分流、延迟, 分成两股, 一股到反应池里面去激发反应, 另外一股作为探针, 利用激光诱导荧光来追踪化学反应。现在只举一个例子, 这是碘化钠的分解反应, 由于离子激发态的位能曲线和共价激发态的位能曲线相交、禁阻、分裂, 所以当从激发态到过渡态的时候, 它实际上是在共价态和离子态之间来回振荡, 经过交点时有一定的概率泄漏, 形成产物。所以在下一个图的激光诱导荧光的信号上, 我们就看到一种周期振荡的、不断衰减的曲线。显然这种过渡状态和过渡态理论里面所要求的“一去不复返”是有很大距离的。

近年来飞秒化学已经在不同类型的过渡状态上积累了大量的实验信息, 并且做了相应的理论探索, 所以可以预期, 最近或者以后一段时间, 在反应速率理论上面会有新的、实质性的飞跃。这是从化学理论的兴趣上面来看化学学科的发展。

如果是从应用的兴趣, 我们就一定会提到化学领域的拓展, 化学与生物学、医学、材料科学、能源、大气、环境和安全方面的相互交叉, 这方面我想论证已经是相当多了, 今天这里就一带而过了。

对于化学的学科发展趋势，今天我想着重谈的是，化学与化学工程的重新融合我认为这是非常重要的一个内容。这个内容对我们一般的化学研究和化学教学可能有深刻的含义。20 世纪初，化学工程从应用化学中脱胎而出，经历了单元操作和三传一反形成了化学工程科学，从以经验为主过渡到有一定预测功能的比较完整的理论，从而导致了化学和化学工程的分离。但是这种情况在 20 世纪 90 年代发生了变化，基础化学研究和化学工程之间发生了空前的交叉和重叠。这里要特别提到 2003 年美国出版的一本书，“Beyond the Molecular Frontier, Challenges for Chemistry and Chemical Engineering”，这是一本专门论述化学发展趋势的书，美国大概每隔几年就会出版一本。在这本书里面特别指出：化学家越来越多地介入到复杂系统的构造、分析和使用，这些和系统方法相关，而化学工程师们正日益进入越来越多的化学基础研究领域，在一些情况下，甚至处于领导地位。在这本书里面还提出了一个新的术语，叫“化学科学 (Chemical Science)”，用化学科学来代表所有的化学家和化学工程师的一个工作范围。

我们现在已经进一步理解到，化学不仅是分子的科学，而且是多尺度的科学。我们常常提到的微观的尺度，是从电子、原子核到分子，我们说的分子设计 (molecular design) 或者分子工程 (molecular engineering) 都是在这个层次的。当然我们更多地遇到的是宏观尺度，实验室的合成、生产的装置、化学和物理的操作、产品的包装运输。但是现在人们除了微观、宏观之外，更多地关注到它们之间的介观尺度，像超分子、团簇、高分子、高聚电解质、气泡、液滴和颗粒等。为什么要关注介观结构？我们可以从化学所面临的一些挑战来看。首先，对于化学产品的需求，在化学组成之外现在更多地转向介观结构和物理特性，像功能高分子材料、无机材料、电子材料、膜、囊泡、缓释胶囊、固体催化剂等等。另一方面，从化学科学所面临的挑战来说，化学和化学工程为了提高它们理论预测的功能，也都在向介观结构深入。

下面我想举三个例子。

第一个例子是嵌段共聚物。这个图是文献上经常引用的聚苯乙烯-聚丁二烯嵌段共聚物的一个图，它表达的就是介观的图像。从这个图上面我们可以看到随着组成的变化，它们开始是球形分散的，然后是柱状分散的，也可以是层状的。如果是三嵌段共聚物，它的图像就更加丰富多彩和复杂了。显然这些介观层次的结构对材料的性能有着决定性的影响。

第二个例子，Gemini。它是一种表面活性剂，有两个头，两个尾巴，当中由间隔基团 spacer 连接而成。这个图是我们实验室所做的一个 $12-3-12$, $2\text{Br}^-/\text{SDS}/\text{H}_2\text{O}$ 的三元系的相图，可以看到它具有非常丰富多样的相区。下面这个图是相应的各个相区的介观结构图像，是用负染色法和冷冻蚀刻法做出来的。其中印象特别深刻的是这些囊泡，这是一个囊泡放大的图像，它是一个多层的囊泡。有的时候它是棒状的胶束，有的时候是柱状的胶束。有些区域可能形成双水相，有些区域有液晶的性质。

上面两个例子都比较偏重于从化学的角度来看。下面我想举一个化工的例子——气液之间的传质。通常气液传质都是在宏观的塔器里面来做实验，这里借用了天津大学袁希钢教授给我提供的图。左面的是 Rayleigh 效应，是由于温度梯度而引起的界面上的局部对流的情况，在有些情况下还可能形成规整的蜂窝状的结构。右边的图是 Marangoni 效应，它是由于表面张力梯度而引起的界面上局部流动的情况。这是一个在气液界面上面沿着扩散方向的 Rayleigh 对流的情况。显然现在他们的研究已经深入到介观层次，对气液传质的理解已经更加深入了。

通过以上三个例子以及前面的论述，现在把第一个问题小结一下。化学的学科发展趋势，

是一个范围非常广的命题，可以谈很多方面。今天我希望大家引起注意的，是化学和化学工程的重新融合。化学是由底向上，而化学工程由顶向下，在介观的层次它们相遇，互相借鉴，这对化学科学的发展形成了一种巨大的推动。这是我今天要谈的第一个问题。

二、介观尺度的研究

既然介观层次这么重要，所以我要简单地介绍一下介观层次的研究问题。我刚才说了对化学来讲它是由底向上 (bottom up)，它超越分子，进入到超分子、团簇、大分子、活性中心乃至至于器件的作用域。而对于化学工程来说也不满足于宏观的三传一反，要深入到颗粒、液滴、气泡、微孔，深入到界面甚至到反应的机理，它是由顶向下 (top down)。对化学来说，通常以量子化学作为理论基础，用来研究物质的微观结构、化学键和对称，以及随时间发展的动态的演变，在唯象地说明宏观现象的时候，则应用热力学。但在进入介观层次之后，就要采用平衡态和非平衡态的统计力学。对于非平衡态统计力学还必须要综合应用流体力学的原理。对化学工程来说，通常是以流体力学、热力学和动力学作为理论基础的，它特别重视湍流理论、多相流和不可逆过程的热力学，计算流体力学有很大的发展。但涉及介观层次时，统计力学的原理就起着很重要的作用，而在为特征参数找出规律的时候还需要量子力学的帮助。所以我们是不是可以这样说，化学科学，当然我这个化学科学是包括化学和化学工程，它的发展已经进入综合运用量子力学、统计力学、热力学和流体力学的时代，它的目标是解决多尺度的时空结构，最后还要落实到宏观的平衡和速率的关系。

这里有两个非常重要的方面，一个是从下向上的预测，第二个是从上向下的控制。所谓由下向上的预测，就是我们希望从分子结构逐级地预测介观层次的各种结构，以及随时间的演变，进而预测宏观层次结构，反应和分离的特性，以及在反应器和分离装置中的行为。我们的目标是形成从微观到宏观的一个无缝的链接，当然这在目前还是一个理想。我们目前的阶段还是首先要搞清各个相邻层次的时空结构是怎样互相关联的。第二是从上到下的控制，因为我们要控制一个反应，当然它主要是采用宏观的手段，要从宏观逐级地控制各级时空结构的形成，预测和控制这两个方面有着紧密的联系，有相辅相成的关系。

下面我还要特别指出，研究介观结构，既不同于微观层次里是从分子出发，或者在宏观的流体力学里，有限元的每一个元 element 还是流体。在研究介观结构的时候，我们常常要采用粗粒化 coarse-graining 步骤。下面我想举两个例子。

第一个是在统计力学基础上的模拟的例子，耗散颗粒动力学 (Dissipative Particle Dynamics, DPD)。在这个动态学里面，流体就粗粒化为颗粒的集合。比如表面活性剂，有个头，有个尾巴，但每一个颗粒都代表着许多分子所组成的流体团块。颗粒的运动遵循牛顿定律，每个颗粒所受的力，包括保守力、耗散力、随机力，同时颗粒之间还有相互作用势，通常是采取软的相互作用势。这是我们实验室所做的一个结果。刚刚我们提的嵌段共聚物， $f=0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1$ 代表不同的组成，由图可以看到，我们可以模拟出它的层状结构，也可以模拟出它的柱状结构，也可以模拟出球形结构。我们还可以做动态的研究，开始的时候基本上是随机的、混乱的，但慢慢地，就微相分离了，逐步形成新相了，这个新相开始形成的时候是不大规则的，但是一点点的就逐渐越来越规则，最后当 $f=0.3$ ，形成了一个柱状的结构，我们可以跟踪这个过程。