

化学课程与教学论

——化学课程与教学设计基础

裴新宁 主编

本书撰稿者：

裴新宁 靳莹 周勇 王凯 明莉

浙江教育出版社

二〇〇三年六月

图书在版编目(CIP)数据

化学课程与教学论/裴新宁主编. —杭州: 浙江教育出版社, 2003.9

(新课程学科教学论丛书/钟启泉主编)

ISBN 7-5338-4956-6

I. 化... II. 裴... III. 化学课—教学研究—中学
IV. G633.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 070542 号

责任编辑 邱连根

封面设计 曾国兴

责任出版 程居洪

新课程学科教学论丛书 化学课程与教学论

总主编 钟启泉

主 编 裴新宁

出版发行 浙江教育出版社

(杭州市体育场路 347 号 邮编 310006)

网 址 [Http://www.jys.zjcb.com](http://www.jys.zjcb.com)

印 刷 杭州富春印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 19.5

插 页 2

字 数 390 000

版 次 2003 年 9 月第 1 版

印 次 2003 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5338-4956-6/G·4926

定 价 28.50 元

版权所有 翻印必究

目录

第一章 化学课程与教学发展的回顾与展望

- 第一节 我国化学课程开发的历史回顾
- 第二节 今日化学教育的主题

第二章 化学课程与教学概观

- 第一节 化学课程与教学的涵义
- 第二节 化学课程与教学的目标
- 第三节 中学化学教学的内容

第三章 国际科学课程改革与化学课程设计

- 第一节 化学课程设计的基本含义
- 第二节 科学课程设计的基本理念——科学素养
- 第三节 世界科学课程设计的基本特点与经验
- 第四节 化学课程统整设计的原则
- 第五节 化学课程统整设计的范型举例

第四章 化学课程与教学评价

- 第一节 课程与教学评价的历史发展与基本取向
- 第二节 化学课程评价的几种主要模式
- 第三节 寓于课堂的化学教学评价
- 第四节 建构主义学习评价观和多样化的化学学习评价方式

第五章 当代化学教学设计概论

- 第一节 设计与教学设计
- 第二节 教学设计：科学还是艺术
- 第三节 让化学教师成为设计者
- 第四节 媒体与教学媒体

第六章 化学教学设计的理论基础

- 第一节 面向学习者化学教学设计的理论前提
- 第二节 当代重要学习理论及其对化学设计的启示
- 第三节 巴纳锡教育系统设计理论与面向学习者的化学教学设计

第四节 面向学习者化学教学系统的结构与特点

第七章 化学课堂教学设计

第一节 学生认知方式与化学学习

第二节 化学课堂中的师生互动

第三节 常见化学课堂教学模式

第四节 整合教学媒体的化学课堂探究教学设计

第五节 概念图及其在化学教学中的应用

第八章 基于新型学习方式的化学习环境设计：

第一节 化学学习的“实习场”与“实践共同体”

第二节 资源型学习环境设计

第三节 基于网络的化学学习资源设计与开发

第九章 协作式探究学习活动设计：化学教学中的学习者共同体

第一节 关于学习者共同体的基本认识

第二节 化学教学中学习者共同体设计的理论框架

第三节 化学教学中学习者共同体的实践框架：对四个案例的分析

第四节 化学教学中设计有效的学习者共同体的启示和建议

第十章 我国化学课程与教学一体化设计探索：研究性学习的设计

第一节 化学研究性学习及其教学设计概述

第二节 课堂中基于化学主题的研究性学习设计与案例

第三节 课堂中的跨学科研究性学习设计与案例

第四节 课外基于项目的化学研究性学习设计与案例

第一章 化学课程与教学发展的回顾与展望

化学教育，在经历了一百多年的沧桑巨变之后，今天，已经以其崭新的面貌矗立在科学教育领域。回顾蹉跎与辉煌，是为了把握今天与未来。因为，历史会为我们解读今天的化学教育以最深刻的启迪，而面向世界又会使每一位化学教育工作者明晰自己的使命。

第一节 化学课程开发的历史回顾

化学作为一门独立的学科，是从西方的哲学中分化出来的。但纵览我国的生产史，亦可以发现寓于其中的化学知识的产生、聚集与传授，即较为狭义的化学课程开发。

在我国漫长的古代社会里，化学知识，更确切地说是朴素的化学知识，主要是在生产实践或作坊劳动的过程中，以师徒帮带或家族世袭等方式进行的一种以传授实用科技知识（如生产、生活、医药等方面的实用知识技能）为主的社会实践活动，所传授的实用科技内容属于一种朴素的、经验水平上的、缺乏系统性的综合性科学课程，化学课程并没有在其中作为独立的一个分枝。因此，我国古代社会的化学课程是一种综合性的科学课程，其开发基本上是与社会生产实践活动融为一体的，属于一种分散的、非正规的课程开发活动。在长期的生产实践过程中，我国古代人民在制陶、酿酒、金属冶炼、医药等许多领域积累了丰富的实践经验和初步的实用科技知识。同时，在对自然现象及其性质、人与自然的关系的长期观察和思考中产生了朴素的关于物质构成的学说（如五行说和阴阳说）以及物质无限可分的思想。后来，随着冶铁工艺和生产的进一步发展，我国宋、元、明、清各朝代涌现了不少的科技著作，如宋代沈括的《梦溪笔谈》，崔昉的《外丹本草》；元代的《格物粗谈》；明代李时珍的《本草纲目》，宋应星的《天工开物》等等。尽管这些科技著作在当时还算不上正规的化学教材，但是其中所凸现的诸多实用性的化学知识却已经明确的得以聚集，但是在记载和传播方面，仍然沿循一种经验层面的、手授口教的形式。

随着历史车轮的碾动，我国古代的化学课程也随之产生相应之变化。如果说，清朝之前的化学课程开发是在缓慢发展间或倒退的话，那么在清朝，化学课程则经历了一番巨变，并且逐步形成了至今仍旧推行的分课课程开发传统。自洋务运动至今，我国的化学课程开发经历了五个重要阶段。以下将展开探讨。

一、洋务运动时期的化学课程开发

经过清朝末年的两次鸦片战争，西方的坚船利炮携带着一系列不平等条约，在逐渐改

变中国经济和社会性质的同时，也输入了西方的科学文化。西方传教士作为西学东渐的先锋，在中国土地上逐步建立起一系列教会学校。教会学校不仅依据西方学校体制对学制进行了规定，而且引进了西方的自然科学课程。各地教会学校课程设置特点基本相同：一般是西方宗教课程占首要地位，其次是中国封建儒家经典，然后是自然科学课程。化学与生物学、格物、生物学、天文学量地及航海技术一起开设。此时的课程开发是在西学东渐的历史潮流中得以进行的，所以其开发完全是沿用西方的方式和方法，

教会学校的课程虽然在主观上具有宗教渗透和文化侵略的性质，但在客观上却成为西学东渐的桥梁，不仅冲破了中国传统学校课程结构中儒学经典一统天下的局面，而且对我国近代教育体制的建立和近代科学课程开发的确起到了某种催化剂的作用。但是，由于教会学校主办权和课程开发自主权并不在中国人手中，所以教会学校的科学教育和化学课程还不是我国近代科学教育和化学课程开发的真正开端。

我国近代科学教育和化学课程设置的真正开端是 1865 年，清政府洋务派在上海创办江南制造局并附设机械学堂，当时中国一批著名的科技人才如李善兰、徐寿、华蘅芳等人执教于机械学堂，开始开发并教授化学等有关的科学课程，从而开创了我国近代教育史上科学教育和化学课程开发之先河^①。

洋务运动时期，我国的科学课程开发主要是以翻译西方原始科学教材为主的。例如，江南制造局又于 1867 年专门设立翻译馆，以翻译西方的科学书籍，为实施科学教育提供所急需的科学教材。该馆的徐寿、华蘅芳、徐建寅等人可以说是我国近代教育史上较早的一批科学课程的开发者。据统计，至 1880 年，该翻译馆完成翻译并发行的科学书籍共有 98 种，共计 235 册。当时著名的化学教科书《化学初阶》和《化学鉴原》就是根据韦尔斯(D. A. Wells)所著、1858 年出版的《Principle and Application of Chemistry》翻译的^②。另外，北京、上海、广州等地也有一些书局成立，从事外国书籍的翻译工作。这一时期，各地所开发的科学课程是近代典型意义上的以学术为中心的分科科学课程，主要包括：

格物（分为力、声、光、电、热等部分）；

化学；

生物（分为植物和动物）；

天文学；

^① 张家治等著，《化学教育史》，桂林，广西教育出版社，1996 年，第 410 页。

^② 张家治等著，《化学教育史》，桂林，广西教育出版社，1996 年，第 415 页。

地理

发端于十九世纪六十年代的洋务教育运动是具有悠久儒学传统的中国教育和学校课程面对西方科学技术的挑战而作出的反应。洋务教育运动是我国近代教育史和化学教育史上的一个里程碑，它是近代中国人第一次正式把西方近代分科化学课程引入学校课程体系之中，改变了中国传统的学校课程结构。

二、维新运动时期的化学课程开发

随着中日甲午战争的惨败（1894年）和马关条约的签订（1895年），清政府洋务派所苦心经营的北洋水师和洋务工业彻底破产。严酷的事实使国人觉悟到，“中体西用”取向之下的洋务教育及其课程模式所培养的少数制造使用坚船利炮和从事外交翻译的专业人才并不足以匡时济困；而且，当时中国的教育近代化进程在国势日蹙、救亡图强呼声弥高的时局之下要想顺应历史潮流、继续前进，惟有突破这种“中体西用”取向及其课程开发模式的桎梏。著名维新派领袖康有为将西学地位推进到制度层面，主张建立近代西方学制。梁启超则将之提升到政治制度层面，试图将西方近代政治学说确立为学校课程开发的核心取向，主张“西政为本，西艺为末”。严复则比康梁走的更远，主张西学有西学之体用，而西学之体在于科学和自由，艺政皆出于科学，他旨在将西方的科学技术和民主自由学说全面引进中国，以变革中国封建专制政体，建立近代资本主义生产方式。严复视科学和自由为西学之体，同时接受了斯宾塞的科学教育思想以及西方的自然教育学理论，从而提出了以科学教育为核心的课程理论。

严复认为，“人生世间，无论身之所处，心之所为，在在皆受制于自然之规则”，而自然科学正是探究自然规则的，“知而顺之，则生而休；昧而逆之，则戚且死”^①。同时认为，在学校课程中重视自然科学，可以改变我国传统课程脱离实际的积习和弊端。所以，严复主张应把物理、化学、生物学、天文学、地质学、生理学、心理学等西方自然科学课程作为学校课程开发的核心；相应地，严复还提出了科学课程的教学方法，强调通过观察、实验和归纳推理相结合的方法学习科学课程，才能达到积累知识、培养能力和提高国民科学文化素质——“鼓民力、开民智、新民德”的目的。

总之，维新派领袖的系统阐述，确立了改良主义教育科学课程开发的基本取向，即通过科学教育普遍提高国民的科学文化素质，从而实现国富民强；通过教育的近代化实现中国

^① 吕达，《课程史论》，北京，人民教育出版社，1999年，第92页。

社会政治经济和文化的近代化。我们看到，这是对“中体西用”课程取向的巨大超越！改良主义教育的主要课程取向在维新变法期间，通过光绪皇帝颁布的“除旧布新”的变革法令而成为教育变革的措施，如：改革科举制度（废八股，考策论），建立近代学制（筹办京师大学堂，改省府州县大小书院为兼习中西学的高等、中等、初等三级学堂），设立译书局和翻译学堂，奖励著作发明等等。尽管后来随着维新变法的失败，封建顽固派曾一度扼杀了这些教育变革的措施，但是，它却对封建旧教育再一次进行了重大冲击，为近代教育体制和课程体系在中国的最终确立打下了坚实的基础。

三、我国近代学制建立时期的化学课程开发

清政府尽管扼杀了维新变法运动，但是在内外交困的危机之下，为维持摇摇欲坠的统治，不得不实行“新政”。1902年清政府颁布《钦定学堂章程》（史称“壬寅学制”），但未曾实行，1903年又颁布《奏定学堂章程》（史称“癸卯学制”）。《奏定学堂章程》详细规定了各级各类学校的性质、任务、入学条件、修业年限、课程设置以及彼此之间的衔接关系，并对各科教学方法、校舍、图书、仪器、学校管理诸方面也作出了相应的规定，它是中国近代教育史上第一个比较完整并得到贯彻实施的学制，使我国教育的近代化进程大大地前进了一步。该套章程共有22个文件，其中的《奏定中学堂章程》规定普通中学的修业年限为五年，课程架构为12门。

这是一种以西方近代学制和西方近代科学体系为基础的分科主义取向的课程开发模式，尽管清政府的封建专制本性决定了它并未改变洋务教育以来既定的“中体西用”取向，但是，西方文艺复兴之后所形成的百科全书式的学校课程开发模式，经过四十余年的曲折艰辛历程之后终于在中国正式确立。癸卯学制所规定的十二门课程，奠定了我国普通中学课程体系的框架结构和科学课程开发的分科传统，并且长期沿袭下来，对我国学校课程特别是化学课程的开发产生了广泛而深远的影响。

四、民国时期的化学课程开发：分科主义化学课程开发传统的继承与综合理科课程开发模式的初步尝试

民国时期，我国的科学课程开发一方面进一步继承和巩固了清末所形成的分科主义课程开发传统，另一方面，在“五四”运动前后各种教育思潮的影响之下，我国的科学课程开发试图超越分科主义课程开发模式，首次进行了综合理科课程开发模式的初步尝试，同时，实

行了学分制以及必修课程与选修课程相结合的课程管理模式。这是我国近代教育史上克服分科课程功能的局限，构建丰富多样的课程类型的可贵探索。

民国教育部于 1913 年 3 月正式公布的《中学校课程标准》，是我国近代第一个由政府正式颁布的普通中学课程标准。该标准所规定的中学四个学年的课程架构为：修身，国文，外国语，历史，地理，数学，博物，物理，化学，法制经济，图画，手工，家事，园艺，缝纫，乐歌，体操。其中，对中学科学课程开发的内容规定如下：

地理：第一学年 地理概要、本国地理

第二学年 本国地理、外国地理

第三学年 外国地理

第四学年 自然地理概论、人文地理概论

博物：第一学年 植物（普通植物形态、分类、解剖、生理、生态、分布、应用等）、动物（普通动物形态、分类、解剖、生理、习性、分布、应用等）

第二学年 动物（同前）、生理卫生（人体构造、个人及公共卫生）

第三学年 矿物（普通矿物及岩石概要）、地质学概要

物理：第三学年 物性、力学、热学、声学、光学、磁学、电学

化学：第四学年 无机化学及有机化学概要

我们看到，民国初年的课程架构与清末普通中学堂相比，有许多相似之处，两者都是仿照了日本当时的课程架构。1923 年，全国教育联合会依据新学制制订颁布了新的中小学各科课程标准纲要。其中，纲要所规定的初中课程分为必修课程（约占 90%）与选修课程（约占 10%）两部分（选修部分主要是职业科目）。

特点分析：走向综合课程的开端。1922 年的新课程纲要开发了分科课程与综合课程相结合的丰富多样的课程类型。这是 1922 年新学制下课程改革的最为突出的特点之一。在我国近代课程开发的历史上首次将正式意义上的综合课程类型引入我国学校课程体系，从而突破了自洋务教育运动以来所确立以近代西方学制和近代西方科学体系为基础的分科主义取向传统。从初中课程架构来看，整个课程体系由六大学科领域组成，即社会科、言文科、算学科、自然科、艺术科和体育科，属于广域课程模式，而算学课程（融合了代数、几何等分科课程）、自然课程（融合了物理、化学、生物等分科科学课程），属于典型的融合课程模式。

从高中课程架构来看，以公共必修课程（或成为核心学习领域）为基础、分科必修与选修课程相配合的三大类型组成的高中课程体系则属于核心课程模式。

特别是在自然科学课程开发中，实现了对以西方近代自然科学体系为基础的分科主义课程开发取向的突破，是我国自然科学课程开发史上的一个里程碑。初中科学课程架构采取的是综合理科课程模式中的（学科）融合课程，打破了物理、化学、生物等分门别类的学科界限。是真正意义上的综合科学课程开发的一次尝试。

五、中华人民共和国成立后至 20 世纪末的化学课程开发

1950 年 8 月，教育部颁发《中学暂行教学计划（草案）》，规定建国初期中学课程架构为：政治、语文、数学、自然、生物、物理、化学、历史、地理、外语、体育、音乐、美术和制图等 14 门统一必修课程；同时颁发《数、理、化三科精简纲要（草案）》，供各地普通中学数理化教学参考使用。

为了继续精简化学课程内容并提高课程的理论水准，教育部于 1952 年 12 月又颁布了以当时苏联教学大纲为蓝本制订的《中学化学教学大纲（草案）》教学大纲，这是新中国建立后第一次正式颁布的教学大纲，从而宣告了我国教育全面学习苏联经验的开始。为了揭示大纲颁布时期我国科学课程开发的新特点，现以《中学化学教学大纲（草案）》规定的初中三年级和高中一年级化学课程内容架构为例：

- 初中三年级： 绪论
- (一) 物质及其变化
 - (二) 化学反应、原子
 - (三) 氧、空气
 - (四) 氢
 - (五) 化学基本定律、化合价
 - (六) 水、溶液
 - (七) 重要的酸、碱、盐和氧化物
 - (八) 碳、燃烧
 - (九) 铁和其他金属
- 高中一年级： (一) 物质的构成
- (二) 无机化合物的分类

(三) 溶液

(四) 门捷列夫元素周期表

(五) 卤族元素

(六) 氧和硫

这一时期的化学课程开发存在着盲目模仿苏联，生搬硬套的迹象。1954年，国家先后颁发了化学课程的“精简教学大纲”，开始了继1950年精简之后的第二次精简。1956年，国家在系统地总结了建国以来课程开发经验的基础上，颁发了建国后第一套比较齐全的、包括汉语、数学、物理、化学、生物、地理、历史、音乐、图画、体育、英语等各门课程在内的中学教学大纲（草案），并且根据新大纲编写了建国后第二套中学各科教科书，标志着我国比较全面的中学化学课程架构体系的初步形成。在经过了十年文化大革命的风雨之后，我国于1978年颁布的《全日制十年制学校中学化学教学大纲（试行草案）》是扭转“文革”影响的首部大纲，充分吸取了建国30年来的化学课程经验和教训，注意到了国际化学教育的发展。以后又对该草案作了修改，降低了理论内容的难度。1983年颁发了六年制重点中学和五年制中学的化学科两种要求的教学纲要（草案），即“较高要求”和“基本要求”，后者在化学理论水平和化学计算方面要求较低，出现了适应不同学习水平学生使用的“甲种本”和“乙种本”。这是我国在化学课程改革上的一个可喜突破。1987年颁发的《全日制中学化学教学大纲》明确提出培养学生的“观察”、“思维”、“实验”和“自学”能力，重视“科学态度和科学方法教育”，注意培养“学生的创新精神”。该大纲从减轻学生负担出发，删略了某些内容，增加了与社会发展相关的环保、新材料、能源、海洋等选学内容，降低了知识难度。但教材体系未作大的变动，仅是对原大纲的一种过渡性修订。1990年，原国家教委印发了《现行普通高中教学计划的调整意见》，化学教学大纲也作相应修改，分成必修课和选修课两部分。化学基本理论在必修课中仅介绍物质结构理论、元素周期律和周期表，化学反应速度和化学平衡、电解质溶液列入选修课中介绍。必修、选修课程的试行，增大了学生学习化学的自由度。1992年，颁发了《九年义务教育初中化学教学大纲（试行）》，首次单独规定了初中化学教学的目的，在内容上体现了义务教育的特点，将素质教育必须高度关注的思想品质教育、情感和态度教育、智力和能力教育融入其中，降低了某些概念、原理和计算的难度，增加了学生实验和联系实际的内容，“用化学”的意识有所加强。该大纲在体例和结构上作了革新，教学内容不按逻辑顺序列述章节，采用知识点，逐项确定教学要求的层次。该大纲指出，教学目标的达成，不仅限于认知领域，还包括情感领域和实验技能领域。1996年，教育部颁

布了《全日制普通高中化学教学大纲（供试验用）》。与 1990 年的修订大纲相比，课时数有所减少，删略了繁琐的化学计算和次要的元素化学知识，增加了与环境、能源、健康有关的化学常识。化学 1（必修）有高一、高二分册，化学 11（必修加选修）包括了化学 1 的全部内容，在高一、高二、高三 3 个年级开设，在必修基础上作拓宽和延伸，增加了带有研究倾向的一些课题。该大纲限定：化学 1 面向全体学生，化学 11 侧重为学习理科的学生开设。该课程在密切化学与社会、生活、科技等方面的综合联系，重视化学实验，培养学生的科学方法和科学态度等方面有明显的加强。1997 年起在江西、山西和天津三地正式试用。1999 年，在总结课程试点经验基础上，为进一步体现培养学生的创新精神和实践能力，对试验大纲进行了修订，删繁就简，削枝强干，调整了教学要求，适当降低知识难度，强调基础，注重学生发展。修订大纲增加了对科技发展新成果的介绍，更多地联系社会生活实际，选修课突出学生综合运用化学知识和其他学科知识解决问题的能力。由北京师范大学出版社出版教育部制定的新化学课程标准于 2001 年出版，它昭示着新课程理念的生成。学科中心的倾向进一步淡化，课程和教材的多样化与综合化逐渐凸现。进一步联系社会需要和不同学生的未来发展，化学课程开始虑及生动性、探究性和必要的弹性，关注学生智慧潜能的开发和创新能力培养。在课程评价方面开始关注质性的评价方法、形成性评价、开始关注曾经被一度遗忘的评价价值主体——学生，开始关注学生的反思性自评与互评。

第二节 今日化学教育的主题

整个 20 世纪，人类经历了有史以来最迅速、最重要的社会转型。作为化学科学与教育科学融合产物的化学教育也不断地受到社会进步、科学发展、技术腾飞及教育理念更新的冲击。在今天，研究和设计我国的化学课程与教学的改革与发展，必须打开视野，立足于国际科学教育及化学教育发展的大背景，探索适宜我国化学教育发展的可行之路。

一、化学——在跨越边界中发展

化学科学是化学教学的内容，认清化学科学的发展与变化是今天设计与研究化学教学的首要前提。

化学是基于原子、分子层次上认识物质世界的科学，她研究和认识物质的结构、性质、变化及其规律。作为最古老科学之一的化学，不仅在人类由古代穴居的野蛮人生活进化到今天这样一个可以跟自然和谐相处、和自己的愿望相吻合的文明世界的变化中起了至关重要的

作用,而且,还在不断地与其他学科渗透交融的过程中创造着自己乃至整个科学的美好前程。美国化学会(ACS)在二十与二十一世纪之交出版的《化学的今天和明天——化学是一门中心的、实用的和创造性的科学》一书(作者是ACS会长R.布里斯罗)向世人展现了21世纪化学科生机勃勃的景象。

化学总的可以看作两大门类,即,理论化学和合成化学。只要看一看我们生活的物质世界和科学的发展,也许就不难理解为什么化学家们把这门学科称为“中心科学”。用著名的有机化学家,诺贝尔奖获得者伍德沃德(R. B. Woodward)的话来说,化学家用化学合成“在老的自然界的旁边又建立起一个新的自然界”^①。另外,化学科学所特有的对分子原子结构研究的理论和方法,奠定了科学研究认识物质世界的一个基本层次,这一不仅研究微观世界的运动而且研究运动中的变化的哲学观和方法论使化学与其他许多科学领域都有关,科学家们已经认识到:搞清研究对象的分子结构是许多学科取得突破性发展的关键。化学对农业、电子学、生物学、药学、环境科学、计算机科学、工程学、地质学、物理学、冶金学等众多领域都做出了重大贡献。

化学能有今天并非一帆风顺。很久以前,重要化学思想只能基于自然界发现的物质来确立。早期的化学主要关注的是无机物——源于非生命系统的物质。瑞典化学大师贝采尼乌斯认为生命化学——有机化学——是曾导致原子理论产生的化学的分支,但他却提出了“生命力论(vitalism)”,认为只有生命组织才可能产生有机物。化学家和生物学家们一直信奉有机体(动物和植物)内的含碳化合物乃是奇妙的“生命力”所造成,人力决不可能制造出有机物。1828年,恰恰是贝采尼乌斯的学生,年轻的德国化学家维勒(Fridrich Wohler)用人工方法从无机物氰酸铵中制得了由人体内排泄出来的一种含碳、氮、氢、氧的有机物——尿素,第一次向流行甚广的“生命力论”发起了冲击,使包含其两位老师在内的“生命力论”的信奉者们的立场产生了动摇。这重重的一击,为使有机化学成为一门独立的分支学科奠定了基础,这在科学史上也有着很大的价值。维勒不仅将化学思想引入了生物学研究方法之中,导致生物化学领域的诞生,更重要的是改变了人们对“生命”、对“世界”的认识,进而排除了有机物合成的心理障碍。

“存在是永恒的,因为有许多法则保存了生命的宝藏;而宇宙从这些宝藏中汲取了美”。受歌德优美诗句的启示,薛定鄂在20世纪40年代发表了一系列用热力学和量子力学理论来解释生命现象本质的演说,写出了不朽篇章——《生命是什么?》,对量子力学、生物化学

^① [美]R.布里斯罗,《化学的今天和明天》,北京,科学出版社,2001年.第2页

和分子生物学的发展起了积极的推动作用。当然，分子生物学的诞生还是源于 20 世纪 50 多年间众多科学家在实验室中不懈的尝试。人们一度认为，染色体中携带遗传信息的活性成分是蛋白质而不是核酸，直到 1944 年，科学家们找到了生物世界的源泉——DNA（脱氧核糖核酸），这一观念才被打破。1950 年以后，人们公认了这一遗传物质。但最具有划时代意义的当属 1953 年克里克（Crick）和华生（Watson）提出了 DNA 一级双螺旋的分子结构模型，在此后的十年中人们迅速搞清出了遗传信息从 DNA 到蛋白质的传递途径和遗传编码。这一切探索都是围绕核酸这一种生物大分子的结构、功能与信息问题进行的。一门新的学科——分子生物学诞生了，其标志当归克里克和华生的贡献。这两位非化学家（物理学家和生物学家）的几经失败而获最后成功是得益于化学概念的运用和化学美学思想的启迪。20 世纪后半叶生物学的迅速进展，可以说起于细胞水平向分子水平的飞跃。克里克和华生在英国《自然》杂志上发表的仅一千字的描述 DNA 分子模型的短文，被美学界称为真正的科学美学艺术品，完全可以同达尔文的《物种起源》相媲美。

今天，数字技术日新月异，其核心环节——集成电路的生产水平和生产规模已成为衡量一个国家发展程度的重要指标，而更新数字产品的关键就在于如何对硅芯片在分子水平上融入一些杂质元素以改善四价硅的物理性质。因此，集成电路发展的焦点便落在了对硅片的进化上。再如，近年来认知科学的发展，已使其成为一门自光学显微镜下化学分子水平延伸至行为水平的统一的科学。“神经细胞通过化学突触和电学突触相互连接在一起，组成神经元回路或神经通路，从而实现脑的信息处理功能——感觉信息的加工、运动反应和情绪反应的编程、学习和记忆等，它们的活动构成了机体行为的基础”^①。今天对脑科学的研究就是试图揭示人脑是如何调用包括分子、细胞、脑组织在内的各个层次的组件，乃至全脑去实现自己的认知活动的。脑科学的研究成果必将促发一场新的学习的革命。

说到这里，我们自然想到了普利高津耗散结构思想所解决的这样一个问题：“化学进化是自然界中固有的趋势。化学进化再向前发展，就出现了生物进化。化学进化是生物进化的前提，达尔文的进化论有着深刻的化学原因”^②。不过，与进化同行的还有退化，现代化学的发展早已证明了这一点。任何科学都有其无能的一面，我们当然不能偏袒化学思想的中心性。其实，生物化学、分子生物学、量子生物学以及其他一系列化学与生物学之间交叉学科的形成和发展过程，实际上是多种学科的相互渗透，相互促进的过程。二十世纪以来取得重

^① 杨雄里，《脑科学的现代进展》，上海，上海科技教育出版社，1999 年，第 9 页。

^② 中国自然辩证法研究会化学化工专业组编，《化学哲学基础》，北京，科学出版社，1986 年，第 473 页。

大成果的化学、物理和数学及信息技术等从不同角度渗入生物学，促进了对生命本质的认识发生了质的飞跃，同时，物理学，特别是化学也从中吸取了许多重大的成果，营养了自身，丰富了自己研究的内容，加速了自身的发展。比如，当今生命科学的发展就为化学提出了 80 多万个新课题，化学的生存与发展有赖于其他科学的进步。我们更不能忘记的是最后的成功虽然标志于某一时刻某一个或几个人的壮举，但实际上都是多种学科的专家们协同奋斗的结晶。

同数学、物理及生物学等学科一样，“化学不会丧失其基础学科地位，它们都承担着最基本的研究任务。这些任务为研究提供了无穷无尽的问题和造福人类的永恒机会”^①。但同时不能忘记的是，化学是在与其他学科的“联姻”中才能获得了永恒。

明确了化学与其他学科之间这种难解的联系，使我们更清楚地认识到了“从分子角度看世界”的意义；研究化学科学曲折的发展历史使我们觉得有一种在发展学生科学素养的同时传承人文精神的责任；不能再将化学抽象成独立的王国，应在“联系”与历史中挖掘化学课程与教学丰富的内容。

二、理解化学——培养科学家和提高公民科学素养的需要

（一）科学素养的基本内涵

提高科学素养是科学教育的宗旨。化学教育作为科学教育的分支，担负着培养科学家和提高公民科学素养的双重责任。上个世纪 50 年代起就有了科学素养的定义，发展到今天当它被作为许多国家科学教育改革的目标时，其内涵的界定就成为一个举世关注的新问题。于是，出现了各种各样的科学素养的说法。但从所研究的科学素养的内容来看，各种各样的科学素养的定义并没有超出这样六个范畴^②：概念性知识——构成科学的主要概念、概念体系或观念；科学的理智——科学研究的方法；科学伦理——科学所具有的价值标准，或科学研究中科学家的行为规范；科学与人文——科学与哲学、文学、艺术、宗教的文化要素的关系；科学与社会——科学与政治、经济、产业等社会因素的关系；科学与技术——科学与技术之间的关系及差异。科学素养的这六个范畴体现了科学素养的三个核心要素：理解科学的主要概念和基本原理；理解科学探究的过程；理解科学与一般文化的相互作用。以上三个核心集中体现了科学的基本内涵与性质，也构成了学校科学教育的主要内容（通过具体科学学科内

^① 唐有祺，《在〈化学教育〉创刊 40 周年上的题词》，在《化学教育》，2000 年第 3 期。

^② 钟启泉编译，《现代教学论发展》，北京：教育科学出版社 1992 年版，第 455 页。

容及其相互联系来体现),它们的表述也反映了科学的世界观^①。在科学教育的这三个主要内容中,科学基本概念和原理是科学教育的载体。科学探究是自然科学所特有的研究方法,或说是自然科学认识世界的基本方式,同时也是科学学习的基本方式,是受科学世界观支配的具体行动。科学探究也是科学理性具体化的体现,即“以实证为判别尺度、以逻辑作论辨的武器、以怀疑作审视的出发点”^②。科学延续了哲学注重理性和逻辑的传统,又引入了观察和实验的方法,从而使对世界的认识不仅仅是头脑内部的建构和思辨,也是可以经由严格设计的实验方法检验而成为不断面临置疑、不断向前推进的共同建构活动。正是这种通过“探究”的方法认识与人类息息相关的世界的不懈努力,既带来了人类认识不断的扩充和更新,带来了对外界的认识和利用,也弘扬了理性精神,使人不再盲从传统,听信权威或追随情感而行动,而是用理智去思考、认识、判断、批判和进步。今天,科学教育改革的突出特征就是要让学生参与以探究为核心的研究活动,让他们能动地在探究中体验科学,从而真正理解科学。这就意味着要一改教师授递科学知识和讲解科学解题的教学传统,而要回归科学的理性,要让学生熟悉科学本身所要求的科学探究的手段、使用证据的原则、形成问题的方式和提出解释的方法。科学素养的前两个核心内容突出了科学“以物为中心”的理性本质,而第三方面的内容体现了科学与人的关系,体现了科学事业的“人性”特征。可见,科学的理性传统与文化传统是统一的。今天的科学教育再次强调了科学与人文的统一,通过科学的学习来培养健全人格。

(二) 中学化学教育的基本内容要素

自然学科内容本身就包含了科学素养的内容,或者说,科学素养蕴含在自然学科内容之中。作为一门独立的学科,它包括三个基本要素,即:构成该学科领域知识体系的基本概念、原理和法则;该学科知识体系的思考方式与研究方法(或称作认知方式,见下文);潜在于学科知识体系和认知过程中的伦理、道德和价值信念。

1. 化学知识体系中的基本概念、原理及法则

化学首先是一种知识体系,是关于物质的组成、结构和变化的知识体系。构成化学知识体系的基本概念、原理与法则有哪些?学生应该掌握哪些?这是长期以来没有定论的问题。

^① 科学的世界观:指科学家对自己所从事的科学工作以及如何看待自己的工作共同基本信念和态度。如:世界可以被认知但无法被完全认知,科学理念是会变化的,需要不断地修正;科学知识的主体是稳定的,在缓慢修正中发展,并逐渐延伸其边缘。

^② 美国国家研究理事会著,戢守志等译,《美国国家科学教育标准》,北京,科学技术文献出版社,1999年,第27页。

相比物理科学更偏重理性而言，化学则更具有经验性。因而，对化学知识体系的分类显得标准不一，因为这首先要涉及到更为复杂的科学理论的分类问题。历史上对于基础化学知识体系曾有多种分类，比如美国化学键方法教学研究会（Chemical Bond Approach）编写的《化学体系及其研究》（Chemical system and investigating Chemical systems）教材中按照物质结构（分子、原子）角度对基本概念、原理与法则的分类，包括：化学变化的本质、化学体系的电本质、有助解释体系的模型、化学体系中的键、有序和无序的变化。笔者认为这是区别于其他自然科学的较为本质的分类。可以从这些类别中的基本概念出发，延伸到相关知识和领域，形成以化学概念为核心的知识网络，这也有助于学生在不同学科之间进行融会贯通。当然，依培养目标的不同，对具体知识体系包涵内容的深度和广度可以不一样，沿着学生认知发展的逻辑（非线性的）不断丰富与形成化学知识的上升螺旋。

2. 化学基本思维方式与研究方法

获得或理解化学知识体系需要有一个认知过程，需要有相应的认知方式，这就是化学的思考方式和研究方式。化学作为一种科学的认知方式，它是在分子水平上弄清和解释自然的变化，实现这一化学认知的目的，又有多种具体的途径。但最基本的化学认知方式或途径有如下三种：

（1）实验—归纳式。实验—归纳是实验和归纳的结合，即通过化学实验获得经验性事实，再通过归纳法，抽象概括出一般性结论，上升为理论性认识，即化学定律或原理。

（2）分解—合成式。化学的任务是研究物质（单质和化合物）的组成、结构、性质和变化，这就需要研究组成化学物质的基本单元或初始粒子，为此必须对物质进行分解。近代化学的奠基者波义尔就是从分解的角度给出了元素的定义^①。“分解”奠定了分析化学研究方法的基础^②。有机化学的迅速发展，使对物质化学结构的认识得到重视，在对物质分析（分解）的基础上，进一步综合与构思，合成出该物质，这成为进一步研究物质结构和性质的重要方法。这里的合成包括无机合成、有机合成、以及高分子合成等等，具体手段实际上都是化学实验。

（3）直观—抽象式。化学是以直观作为手段或载体，并通过对直观（如实验或模型等）所获得的认识进行科学抽象，使认识深入到事物的本质。直观，是化学的一大特点。与物理

^① 波义尔指出：元素是经过分解以后所得到的最后不能再分解的原始纯净物。

^② 18世纪分析化学有了很大发展，从定性分析向定量分析转变。分析化学从本质上说，就是探索复杂物质的组成。它的基本过程包括：分离（即除杂）、分析（将提纯后的复杂物质分解）和合成（用合成法有简单物质得到复杂物质，以证明对复杂物质组成的分析正确）。