

义务教育课程标准实验教科书

化学 九年级 上册

教师教学用书

课程教材研究所 编著
化学课程教材研究开发中心

人民教育出版社



普通高中课程标准实验教科书

化学 必修 上册

教师教学用书

人民教育出版社

人民教育出版社

义务教育课程标准实验教科书

化 学

九年级上册

教师教学用书

课 程 教 材 研 究 所
化学课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社

义务教育课程标准实验教科书

化 学

九年级上册

教师教学用书

课程教材研究所 编著
化学课程教材研究开发中心

*

人民教育出版社出版发行

(北京沙滩后街55号 邮编:100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

河北新华印刷一厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 787毫米×1092毫米 1/16 印张: 7.25 字数: 146 000

2001年7月第1版 2003年5月第3次印刷

印数: 0 001~8 000 (2003秋)

ISBN 7-107-14815-X 定价: 10.70元
G·7905 (课)

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

(联系地址:北京市方庄小区芳城园三区13号楼 邮编:100078)

说 明

本书是根据国家教育部颁发的《全日制义务教育化学课程标准（实验稿）》和课程教材研究所化学课程教材研究开发中心编著的《义务教育课程标准实验教科书 化学 九年级 上册》的内容和要求，结合化学教学的实际情况编写的，供使用《义务教育课程标准实验教科书 化学 九年级 上册》的初中化学教师教学时参考。

本书各单元均包括本单元说明及各课题说明等。本单元说明包括本单元在全书中的地位，各课题间的关系，本单元的特点、重点和难点等。各课题说明一般包括【教学目的要求】、【本课题分析】、【实验说明和建议】、【部分习题参考答案及说明】、【资料】等几项。其中，【教学目的要求】对本课题内容的教学目的提出明确要求。【本课题分析】主要是对本课题教材作了简要分析，并对化学课程标准的掌握、课堂教学的组织、学生能力的培养、思想教育的渗透等方面提出建议。【实验说明和建议】主要对实验应注意的事项或实验成败关键、可代用的实验等作了说明或介绍。【资料】主要是提供一些帮助教师熟悉和进一步理解教材的有关化学知识和联系实际的知识、科学技术新成就以及化学史料等。

本书为试验本，暂时没有编入教案示例等，待教材试用并征得教师的优秀教案后再作补充。

本书内容仅供教师参考，授课时的教学方法由教师根据具体情况决定。

参加本书编写工作的有（按编写顺序）胡美玲、李文鼎、冷燕平、何少华、陈晨、乔国才、王晶、杜宝山。

参加图稿绘制工作的是李宏庆。

胡美玲、张健如审读了全书。

责任编辑是陈晨。

本书的内容难免有不妥之处，希望广大教师和教学研究人员提出意见和建议，以便进一步修改。

人民教育出版社化学室

2002年3月

目 录

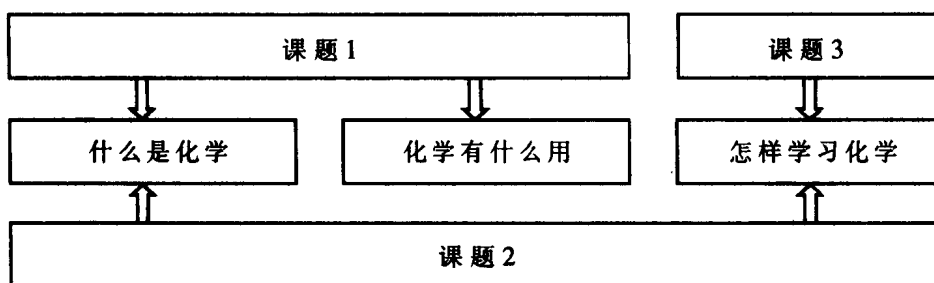
第一单元 走进化学世界	1
课题 1 化学使世界变得更加绚丽多彩	2
课题 2 化学是一门以实验为基础的科学	18
课题 3 走进化学实验室	20
第二单元 我们周围的空气	23
课题 1 空气	24
课题 2 氧气	34
课题 3 制取氧气	38
第三单元 自然界的水	43
课题 1 水的组成	43
课题 2 分子和原子	46
课题 3 水的净化	50
课题 4 爱护水资源	52
第四单元 物质构成的奥秘	58
课题 1 原子的构成	59
课题 2 元素	62
课题 3 离子	68
课题 4 化学式与化合价	69
第五单元 化学方程式	74
课题 1 质量守恒定律	74
课题 2 如何正确书写化学方程式	78
课题 3 利用化学方程式的简单计算	80
第六单元 碳和碳的氧化物	82
课题 1 金刚石、石墨和 C ₆₀	82

课题 2	二氧化碳制取的研究	91
课题 3	二氧化碳和一氧化碳	93
第七单元	燃料及其利用	99
课题 1	燃烧和灭火	99
课题 2	燃料和热量	101
课题 3	使用燃料对环境的影响	104

第一单元 走进化学世界

本单元说明

作为一门独立的“化学”学科开设，本单元是初中学生学习化学的第一单元，理所当然地需要对什么是化学、化学有什么用，以及怎样学习化学等问题做出合理的解释。本单元的编写围绕着这三个问题进行，其内容分布如下图所示：



本单元具有以下特点：

1. 作为起步阶段的化学学习，教材注意创设情境，激发学生学习化学的好奇心和探究欲望，尤其注意从殷实的史实出发，展示化学与人类进步以及社会发展的关系，使学生能初步从化学、技术、社会这三者的密切关系中领悟化学学习的价值，培养学生学习化学的兴趣和责任感。

2. 突出化学是一门以实验为基础的科学，强调走进化学实验室的重要意义，以及学习一些最基本的化学实验操作的必要性，引导学生体会化学实验是获取化学知识和学习科学探究方法等的重要手段，培养学生严谨的科学态度和尊重客观事实、善于合作等优良品德。

3. 重视学生的生活经验和亲身感受，注意引导学生主动参与探究活动，并通过探究活动和合作学习，主动地获取知识；注意培养学生从日常生活中发现和提出有探究价值的问题的思路和方法，体验探究活动的过程、方法和成功后的喜悦，从而使学生产生亲近化学、热爱化学并渴望了解化学的情感，树立学好化学的信心。

本单元教学重点：对学生进行化学学习的情感、态度和价值观等方面的熏陶和培养，引导学生学习科学探究的方法，并进行化学实验基本操作训练。

本单元教学难点：引导学生主动参与科学探究的过程和方法等方面的教学。

课题1 化学使世界变得更加绚丽多彩

一、教学目的要求

1. 通过具体的事例，体会化学与人类进步以及社会发展的密切关系，认识化学学习的价值。
2. 激发学生亲近化学、热爱化学并渴望了解化学的情感，关注与化学有关的社会问题。
3. 知道化学是研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的自然科学。

二、本课题分析

本课题从学生的亲身感受出发，从学生的角度提出了很多饶有趣味并带有一定想像力的问题，指出这些并非都是一些美好的愿望，它们正在通过化学家的智慧和辛勤的劳动逐步实现，从而使学生从开始学习化学起，就感受到化学学习的价值，并产生希望了解化学的强烈愿望。教材抓住学生的这种情感，从具体事例出发，引导学生了解化学是一门使世界变得更加绚丽多彩的自然科学，它研究物质的组成、结构、性质以及变化规律。接着教材以丰富多彩的图画和简明的语言，概述了人类认识化学、利用化学和发展化学的历史和方法，以及化学与人类进步和社会发展的关系，再次展示了化学的魅力和学习化学的价值。

教学建议如下：

1. 这是一个以情感、态度和价值观教育为主要教学目标的课题，尽管教材中出现了原子、分子、元素等，但仅仅是作为名词出现，并不要求学生了解它们的涵义，不要不恰当地把属于后面单元的教学内容提前到这个课题中完成，这样不仅达不到预期的教学目标，而且会在很大程度上扼杀学生学习化学的积极性。
2. 可以采用多种媒体和多种方法进行教学，例如可以放映相关的教学录像带、计算机软件和幻灯片；展示实物、图片和数表等；可以请化学家来畅谈化学和展望化学的未来；也可组织学生分头搜集资料，到课堂上展示和演讲，谈他们对化学以及化学与人类进步和社会发展关系的认识，等等。
3. 有条件的话，可以组织学生参观与化学有关的展览和化工厂等，鼓励学生对专家、工程师等进行访谈，并利用板报等交流自己的感想。

三、资料

1. 我国化学发展前景^①

化学是一门实用的学科，它与数学、物理学等学科共同成为当代自然科学迅猛发展的

^① 本文作者白春礼，中国科学院院士、副院长，中国化学会理事长；本文原刊登于《化学通报》2000年第5期。

基础。化学的核心知识已经应用于自然科学的方方面面，与其他学科相辅相成，构成了创造自然、改造自然的强大力量。

化学在我国成为一门重要的学科，已是不争的事实。我国从事化学研究的科研机构有近千个，大学的化学系（院）有 250 多个，石油与石油化工企业有 80 多万家，加上其他化学化工和相关行业，我国参与化学研究与工作的人员队伍，其规模是国际上少有的。这正是我国化学科学发展的背景和动力。

当前，我国所面临的挑战有人口控制问题、健康问题、环境问题、能源问题、资源与可持续发展问题等，化学家们希望从化学的角度，通过化学方法解决其中的问题，为我国的发展和民族的振兴做出更大的贡献。随着国家对农业科学研究的重视，农业和食品中的化学问题研究，已经引起越来越多的化学工作者的关注。

随着新世纪的到来，上述研究所涉及到的若干基本化学问题及交叉学科将成为 21 世纪我国化学研究的新方向，成为我国化学家有所作为的突破点。

(1) 若干化学基本问题

① 反应过程与控制

化学的中心是化学反应。虽然人们对化学反应的许多问题已有比较深刻的认识，但还有更多的问题尚不清楚。化学键究竟是如何断裂和重组的？分子是怎样吸收能量的？并是怎样在分子内激发化学键达到特定的反应状态的？这一系列属于反应动力学的问题都有待回答，其研究成果对有效控制反应十分重要。

复杂体系的化学动力学、非稳态粒子的动力学、超快的物化过程的实时探测和调控以及极端条件下的物理化学过程都已经成为重要的研究方向。向生命学习，研究生命过程中的各种化学反应和调控机制，正成为探索反应控制的重要途径，真正在分子水平上揭示化学反应的实质及规律将指日可待。

② 合成化学

未来化学发展的基础是合成化学的发展，21 世纪合成化学将进一步向高效率和高选择性发展。新方法、新反应以及新试剂仍将会是未来合成化学研究的热点。手性合成与技术将越来越受到人们的重视。各类催化合成研究将会有更大进展。化学家也将更多地利用细胞来进行物质的合成，并且相信随着生物工程研究的进展，通过生物系统合成我们所需要的化合物之目的能够很快实现，这些将使合成化学呈现出崭新的局面。仿生合成也是一个一直颇受人们关注的热点，该方面的研究进展将产生高效的模拟酶催化剂，它们将对合成化学产生重要影响。

③ 基于能量转换的化学反应

太阳能的光电转换虽早已用于卫星，但大规模、大功率的光电转换材料的化学研究则开始不久。太阳能光解水产生氢燃料的研究，已经受到更大的重视，其中催化剂和高效储氢材料是目前研究最多的课题。值得特别提出的是，关于植物光合反应研究已经取得了一定的突破，燃料电池的研究也已在一些单位展开并取得进展。随着石油资源的近于枯竭，

近年来对燃烧过程的研究又重新被提到日程上来。细致了解燃烧的机制，不仅是推动化学发展的需要，也是充分利用自然资源的关键，我国现阶段注重研究催化新理论和新技术，包括手性催化和酶催化等。

④新反应途径与绿色化学

我国现阶段研究，一方面注意降低各种工业过程的废物排放、排放废料的净化处理和环境污染的治理，另一方面重视开发那些低污染或无污染的产品和过程。因此，化学家不但要追求高效率和高选择性，而且还要追求反应过程的“绿色化”。这种“绿色化学”将促使 21 世纪化学发生重大变化。它要求化学反应符合“原子经济性”，即反应产率高，副产物少，而且耗能低，节省原材料，同时还要求反应条件温和，所用化学原料、化学试剂和反应介质以及所生成产物均无毒无害或低毒低害，与环境友善。毫无疑问，研究不排出任何废物的化学反应（原子经济性），对解决地球的环境污染具有重大意义，高效催化合成、以水为介质、以超临界二氧化碳为介质的反应研究将会有大的发展。

⑤设计反应

综合结构研究、分子设计、合成、性能研究的成果以及计算机技术，是创造特定性能物质或材料的有效途径。分子团簇以及原子、分子聚集体，已经在我国研究多年。目前这些研究正在深入，并与现代计算机技术、生物、医学等研究相结合，以获得多角度、多层次的研究结果。21 世纪的化学家将更加普遍地利用计算机辅助进行反应设计，人们有望让计算机按照优秀化学家的思想方式去思考，让计算机评估浩如烟海的已知反应，从而选择最佳合成路线以制得预想的目的化合物。

⑥纳米化学与单分子化学

从化学或物理学的角度来看，纳米级(10^{-9} m)的微粒，其性能由于表面原子或分子所占的比例超乎寻常地大而变得不同寻常。研究其特殊的光学、电学、催化性质以及特别的量子效应已受到重视。纳米化学的研究进展将大大促进纳米材料的研究与应用。

另一方面，借助 STM/AFM 和光摄等技术进行单分子化学的研究，将能观察在单分子层次上的许多不同于宏观的新现象和特异效应，对这些新现象和新效应的揭示可能会导致一些科学问题的突破。

⑦复杂体系的组成、结构与功能间关系研究

21 世纪的化学不仅要面对简单体系，还要面对包括生命体系在内的复杂系统。因此，除了研究分子的成键和断键，即研究离子键和共价键那样的强作用力之外，化学还必须考虑复杂体系中的弱相互作用力，如氢键、范德华力等等。虽然它们的作用力较弱，但由此却组装成分子聚集体和分子互补体系。这种超分子体系常常具有全新的性能，或者可使通常无法进行的反应得以进行。基于分子识别观点进行设计、合成及组建新的、有各种功能的分子、超分子及纳米材料，将是未来一段时间中化学的重要研究内容。而深入研究控制分子的各种作用力，研究它们的本质并深刻了解分子识别，是一个颇具重大意义也是一个充满挑战的课题。研究分子、分子聚集体的结构以及纳米微粒与各种物理化学性质的关

系，特别是分子电子学的研究在 21 世纪初将会有较大的进展。

⑧物质的表征、鉴定与测试方法

研究反应、设计合成、探讨生命过程、工业过程控制、商品检验等等，都离不开对物质的表征、测试、组成与含量测定等。能否发展和建立适合于原子、分子、分子聚集体等不同层次的表征、鉴定与测定方法，特别是痕量物质的测定方法，将成为制约化学发展的一大关键。

可以说，上述研究方向的转变，成为 20 世纪末、21 世纪初我国化学发展的一个显著特点，并将由此引发这一学科自身在各个层次上的变革，同时带动和促进其他学科与技术的共同繁荣和发展。

(2) 学科的渗透与交叉

化学向其他学科的渗透趋势在 21 世纪将会更加明显。更多的化学工作者会投身到研究生命、研究材料的队伍中去，并在化学与生物学、化学与材料的交叉领域大有作为。化学必将为解决基因组工程、蛋白质组工程中的问题以及理解大脑的功能和记忆的本质等重大科学问题做出巨大的贡献。

化学的发展已经、并将会进一步带动和促进其他相关学科的发展，同时其他学科的发展和技术的进步也会反过来推动化学本身的不断前进。化学家已经能够研究单分子中的电子过程与能量转移过程，探讨分子间的作用力和电子的运动。化学家不但能够描述慢过程，亦能跟踪超快过程，而这些研究将有助于化学家在更深层次揭示物质的性质及物质变化的规律。化学家还不断地汲取数学、物理学和其他学科中发展的新理论和新方法，非线性理论和混沌理论等将对多元复杂体系的研究产生影响。比如，随着计算机技术的发展，化学学科与数学方法、计算机技术的结合，形成了化学计量学，以此实现了用计算机模拟化学过程。运用量子力学方法处理分子结构与性能的关系，按照预定性能要求设计新型分子，应用数学方法和计算机确定新型分子的合成路线，使“分子设计”突破了传统的合成方法，化学家开始摆脱纯经验的摸索，为材料科学开辟了新的方向。绿色化学、组合化学、能源化学、天体与地球化学、化学芯片的开发与应用等等，都是化学与其他学科交叉、融合的结果，这些交叉领域的研究也将是 21 世纪化学领域研究的亮点。

化学研究的深入，还将带动我国仪器仪表工业发展。因为仪器仪表既是一个很大的行业，也是一个国家发达与否的标志之一。我国过去曾忽视对仪器研制，导致了分析仪器依赖进口的局面。经过我国科学界和工业界等的共同努力，2010 年我们将看到自己研制、生产的分析及测试仪器如：微型气相色谱仪、新型毛细管电泳仪、电化学传感器，还可能出現多功能组合仪器、智能型色谱等，我国的仪器仪表工业将进入一个蓬勃发展的时期。

(3) 化学对国民生活质量的影响

我国人口在 21 世纪上半叶将达到 16 亿，保持我国农业的持续发展是我们面临的艰巨任务。农业发展的首要问题是保证全民族的食物安全和提高食物品质；其次是保护并改善农业生态环境，为农业持续发展奠定基础。化学将在创制高效肥料和高效农药、特别是与

环境友善的生物肥料和生物农药，以及开发新型农业生产资料诸方面发挥巨大作用。我国化学家还将在克服和治理土地荒漠化、干旱及盐碱地等农业生态系统问题方面做出应有的贡献。科学家利用各种最先进的手段，有望揭示光合系统高效吸能、传能和转能的分子机理及调控，建立反应中心能量转化的动力学模型和能量高效传递的理论模型，从而达到高效利用光能为农业增产服务之目的。

21 世纪化学将在控制人口数量、克服疾病和提高人的生存质量等人口与健康诸方面进一步发挥重大作用。未来的 10 年中，化学工作者将会发现和创造更安全和高效的避孕药。在攻克高死亡率和高致残的心脑血管病、肿瘤、高血脂和糖尿病以及艾滋病等疾病的进展中，化学工作者将不断创制包括基因疗法在内的新药物和新方法。此外，由于人口高速老龄化，老年病在 21 世纪初会成为影响我国人口生存质量的主要问题之一。化学将会在揭示老年病机理、开发和创制诊断和治疗老年性疾病药物和提高老年人的生活质量方面做出贡献。相信在 21 世纪初，我国化学家和药物化学家在针对肿瘤和神经系统等重要疾病的创新药物研究中，发现和优化数个新药候选化合物，建立具有自主知识产权的新药产业。中药是我国的宝贵遗产，化学研究将在揭示中药的有效成分、揭示多组分药物的协同作用机理方面发挥巨大作用，从而加速中医药走向世界，实现产业化，成为我国经济新的增长点。

(4) 化学对国民经济的支撑作用

化学将会在解决能源这一人类面临的重大问题方面做出贡献。目前我国的经济持续稳定增长，使能源开发利用面临需求增大和环境污染的双重压力。而能源利用效率低，环境污染严重是我国亟待解决的重要问题。发展新能源及其储能材料在受到化学家重视的同时，也引起政府部门的关注，科学研究和产业化研究正相伴而行。我国化学家可望在未来几年里创制和开发出多种新型催化剂，使我国的煤、天然气和煤层气的综合优化利用取得优异成绩，从而减缓我国的能源紧张和环境污染的压力。21 世纪我国核能利用将进一步发展，而化学研究涉及到核能生产的各个方面，化学工作者必将为我国核能的安全利用做出应有的贡献。此外，化学家在大规模、大功率的光电转换材料方面的探索研究将导致太阳能的开发利用。而化学家从事的新燃料电池及催化剂的研究可能在 21 世纪初出现突破，电动汽车将向实用化迈出一大步，这将改变人类能源消费的方式，同时提高人类生态环境的质量。

展望 21 世纪我国的材料科学与工业的发展，化学必将发挥关键作用。首先，化学将不断提高基础材料如钢铁、水泥和通用有机高分子材料及复合材料的质量与性能；其次，化学工作者将创造各类新材料，如电子信息材料、生物医用材料、新型能源材料、生态环境材料和航天航空材料等，化学工作者将利用各种先进技术，在原子、分子及分子链尺度上对材料组织结构进行设计、控制及制造。特别要指出的是，晶体材料的设计理论和方法研究，是我国化学发展的一个重要且富有成效的领域，在 21 世纪它将会有更大的发展，一些有价值的具有新功能的晶体和大尺寸的新型非线性光学晶体、重要激光晶体、闪烁晶

体及铁电陶瓷晶体研究将达到实用和开发水平。另一方面,我国是世界稀土资源大国,总储量占世界的80%,产量占世界的70%,然而其中一大半是以资源或初级产品方式出口国外,这种局面在未来的几年中将转变。我国化学家在2010年前将在稀土分离理论和高纯稀土分离、新型稀土磁学材料、发光材料等方面的研究中,取得一批具有国际领先水平、明确应用前景和独创性的基础研究成果和具有自主知识产权的重大关键技术,使我国的资源优势转化为产业优势。

展望未来10年化学事业的发展和化学对人类生活的影响,我们充满信心,亦倍感兴奋。化学是无限的,化学是至关重要的,它将帮助我们解决21世纪所面临的一系列问题,化学将迎来她的黄金时代!

2. 展望化学之未来:挑战和机遇^①

现在要言归正传,谈谈对化学未来之展望。为了展望,对过去有所回顾以及对当前进行总结还是很有必要的。化学的发展也不例外:机遇总是与挑战同在,而机遇往往存在于及时迎接适(合)时(宜)的挑战中。

近代化学发轫于18世纪和19世纪之交提出的元素学说和原子学说。此前多少个世纪都曾进行过与化学有关的实践,从事物质转化的探索,其中最有影响的是追求长生不死的炼丹术和热衷于发财致富的炼金术。这些实践及其目标都带有极大的盲目性和狭隘性。在科学发达的今天看来,长生不死显然是不可能的,而炼金术者向往的是一种改变化学元素的人工核反应。它们不可能成功,但在医药化学和冶金化学方面也曾积累过点滴原始资料,并从盲目实践所得的教训中终于转向对物质组成的探索。

从19世纪初起,化学进入了持续至今以原子论为主线的新时期。1860年化学又理顺了当量与原子量的关系,改正了化学式和分子式,从而使原子论得以确立。从此,化学的发展越来越顺当。奠定近代化学总体的理论基础是原子-分子论,简称原子论。它指明:不同元素代表不同原子;原子在空间按一定方式或结构结合成分子;分子的结构决定其性能;分子进一步集聚成物体。这个理论的内涵随着化学的发展不断深化和扩展。

在自然科学的各个分支中,化学是侧重在原子-分子水平上研究物质的组成、结构和性能及其相互转化的学科。在这种称为化学反应或化学过程的转化中,原子相结合的方式或分子的结构是要改变的。从天然资源制取所需物资一般都要通过化学过程,从而出现基于化学的种种产业。化学过程的重要性还在于它们普遍进行于包括生物界在内的大自然中。迄今能源工业在很大程度上仍有赖于化学过程。

回顾我国开发天然资源以满足人民生活需求的情况,当不难体会化学在解决亿万人民温饱问题中的作用。基于化学的产业要从天然资源中制取大量化肥、农药、农膜以及钢铁、塑料和水泥等原材料,并生产大量合成纤维和橡胶以补农林业之不足。能源开发以及

^① 本文作者唐有祺,北京大学化学学院教授,博士生导师,中国科学院院士,北京大学物理化学研究所名誉所长;本文原刊登于《大学化学》第15卷第6期(2000.12),编入时略有删节。

医药卫生也离不开化学。总之，要使生活所需的衣食住行以及医药等物资越来越富足，很难离开化学所能发挥的直接或间接的作用。化学是分工负责物质在分子层次上变化的学科。化学掌管着百来个元素，而且还在不断耕耘周期系和整理天然产物，从而发现的化合物几乎每 10 年要翻上一番。现在化学手中的百来个元素和三千万上下化学物种是当今人类所能依赖的物质宝库。它们能满足人类的物资需求。人类对物资的需求，不论在质量和数量上总是要不断发展的。围绕这个需求的核心基础学科是化学。即此一端，就会对化学提供无穷无尽的问题和动力以及造福人类的永恒机会。

在包括经济、文化、科技和教育在内的社会需求的驱使下，化学学科之发展仍有赖于其他学科和一系列新技术的推动，其中化学与物理的关系特别密切。它们早期曾有过约定俗成的分工。分工的要点是化学要追究物质的组成，而物理在研究中则要回避物质组成的变化。这种分工曾是双方乐意的，并且也取得了种瓜得瓜、种豆得豆的效果。迷恋于追究物质组成的化学在 19 世纪建成了原子-分子理论，发现和合成了大量化合物，揭示了元素周期律和碳原子价键的四面体向等重大规律。从此，对物质世界的认识大为深入而开阔。这些进展为天然资源的开发提供了科学依据。但化学若要对物质的认识再深入一步就需要迎接外来的契机了。幸好摆弄热、声、光、电、磁等效应的经典物理也已取得了累累成果，为机电工业莫立了科学基础，并从 19 世纪末起又在揭示原子内部结构和波-粒二象性中将牛顿力学发展为量子力学，使物理学进入近代物理时期。近代物理对化学的发展在实验和理论上都提供了新的起点。化学与生物学和矿物学等学科也有很深的渊源关系。生物学在 19 世纪后半期接连出现了进化论、遗传定律和细胞学说等突破性进展，如果要在此基础上进一步发展，特别是要更多地揭示生命的共性和本质，极大限度地消除其神秘色彩以及解决农业和医药方面的问题，就必须从化学方面来研究生命和生物体，并将认识的层次逐渐从细胞过渡到分子水平。化学当时的发展水平正足以迎接这样的挑战，生物化学得以应运而生。化学学科在发展中除了满足社会对它提出的需求外，也对其他学科和技术的发展给予了丰硕的回报。

化学在最近半个世纪中，新的需求不但使自身及其各个分支取得了很大进展，而且还在分子生物学和材料科学等新学科的莫立上起了十分积极的作用，同时还迎来了计算机、激光、磁共振、新材料和重组 DNA 技术等新事物以及新的发展机会。在这个时期中，化学在认识原子结合成分子的方式、依据和规律方面已日趋深入而系统。这个进展足以代表化学学科为其他学科和技术的发展所作回报的一个方面。体系的结构和过程的机制是化学研究中需要探索的两个带有普遍性的阶段性目标。在此激光、分子束和脉冲等技术大显神通的时代，化学动力学和动态学也都取得了重大进展。此外，高分子化学、有机化学、无机化学和分析化学等分支学科也取得了无愧于时代的重大发展。

化学学科的核心任务或今后长远的努力方向大体上可归纳成 3 个方面：（1）开展化学反应的基础研究，以利开发新化学过程；（2）揭示组成—结构—性能之间关系和有关规律，以利设计分子或结构和创造新物质；（3）利用新技术和新原理强化分析和测试方法的

威力，使化学工作的耳目趋于灵敏和可靠。

展望今后化学将一如既往，积极参与材料科学和分子生物学的发展。这两个领域与化学处在同一个物质结构层次上，可以分享很大一部分原理和方法学，而且涉及的是光电子、信息通信以及健康和福利等新兴产业。

在 21 世纪中，化学在能源和环境产业中也当大有可为。目前环境治理问题已经刻不容缓。对于防治大气和水污染以及处理污水，化学不但有用武之地，而且还有解铃还须系铃人的关系。化学界已对绿色工艺十分重视。环境问题在很大程度上也与能源结构密切相关。当前的能源结构是不可能持续很久的。利用太阳能发电和制氢以及回收 CO_2 都是化学与有关学科需要一起解决的重要问题。在能源和环境产业中，电化学在解决化学能源问题和催化化学在发展绿色工艺方面都将起到极为重要的作用。

我很同意国外有人这样展望化学的未来：“除了继续培育化学中的核心学科外，在今后 25 年中，化学家还将揭示生物学中的很多奥秘，并创造出具有神奇性能的物质。”

在最近 15 年中，新物质的创制确实是很可观的，其中最为突出的要推一系列高 T_c 超导氧化物和以 C_{60} 为代表的球碳类物质。金属有机物和分子筛等的合成化学也有值得注目的进展。化学家肯定还会在生命科学的发展中继续做出重要贡献。

我们还应该想到事情的另外一方面。我们要看到，生命过程在本质上是化学过程，但我们所熟悉的化学过程一般还远远不如生命过程那样平易而高效。在化学学科中化学反应和创造新物质的研究无疑是具有核心地位的。

现在已有很多蛋白质，如酶和红蛋白等，在生物体中发挥作用的机制可以通过其结构予以揭示和理解。在生物体中，化学反应都是在酶分子上进行的。酶分子为生命过程充当着高度专一的高效催化剂。作为生命“蓝图”的基因谱实际上依附于由 DNA 构成的染色体，它们首先为使生命过程顺利进行的各种酶分子提供了设计。染色体中也包含了合成其他功能蛋白质所需的信息。在蛋白质中，两种红蛋白，即血红和肌红蛋白的结构测定得最早，功能与结构的关系也了解得最为深入。它们是为脊椎动物分别执行输氧和储氧功能的蛋白质，其设计之巧妙令人惊异。酶分子和其他功能蛋白质分子在执行其所承担的任务时简直是万无一失的。它们已被恰当地称为分子机器。运转生命过程所需的酶分子和其他功能蛋白质分子或几乎全部分子机器，其设计都存放在通过长期演化所得的染色体中。

在理解这些设计及其作用机制后，人们学会了借用和模拟这些设计和有关机制的本领。在 20 世纪 70 年代早期首先发展了重组 DNA 技术，并已成为制备或生产蛋白质的新方法。20 世纪 80 年代出现了生产单克隆抗体的技术后，不久人们记起了 Pauling 早在 20 世纪 40 年代说过的话：“酶可以认为是一个能专一地识别其反应过渡态的抗体”。这样就逐渐形成了催化抗体的想法：若要为某个反应找一个像酶这样的催化剂，只需为这个反应的过渡态克隆出抗体来，但过渡态是反应分子在关键部位上有了畸变的活化的分子，是不稳定的，从而需要找一个在形状和结合力等方面可以做上述活化分子替身的稳定分子来做抗原。

在考虑开发新化学过程时，对选择性的要求是很严峻的。现在越来越意识到反应的原子经济性也必须严格要求。化学反应的这些品格都会通过经济和环境等因素涉及到社会的持续发展问题。在观摩和欣赏以及认真钻研生命过程的同时，也要有点“与其临渊羡鱼，不如退而结网”的想法，从而也不可无视自己的优势，即在实验室或体外开发化学过程的优势。首先，可供选择的反应条件和方法的范围，要比生命过程或生物体内开阔得多。除温度和压力等条件外，激光等新技术的应用更是值得重视的因素。更有甚者，化学家可以“驰骋”在整个元素周期系中，得出大量别开生面的新物质，供他们驱使。实际上，随着金属有机物、分子筛和氧化物载体等物质的设计和合成越来越得心应手，催化化学等学科在挑战面前赢得机会的条件也越来越好了。

3. 21 世纪化学的前瞻^①

(1) 21 世纪的化学何去何从？

3 年以前我在《化学通报》上写过一篇文章，题目是“化学的定义，地位，作用和任务”，文中提到“21 世纪的化学何去何从？”对这一问题的回答，有两种估计：(1) 21 世纪的化学将在物理学与生物学的夹缝中逐渐消微；(2) 21 世纪的化学将在与物理学、生命科学、材料科学、环境科学、信息科学、能源、海洋、空间科学的相互交叉，相互渗透，相互促进中共同发展。

最近我和严纯华教授与北京大学部分研究生和本科生座谈，他们提到北京大学化学系学生会在本科生中进行了一项对于专业兴趣的调查，其结果显示仅 20% 的同学表示将来愿从事化学类工作，而更多的同学认为化学业已成为陈旧过时的老科学，而想转到生物、环境等其他领域。这个调查结果使我们大吃一惊，因此写这篇文章，对这一问题作深入探讨。我们的答案是：21 世纪的化学决不会消微衰亡，而是要更加辉煌。

① 从宇宙进化的层次结构来看，化学永远不会消亡

我曾精心绘制宇宙进化链的层次结构图（图 1-1）。从图 1-1 可见，共有 8 个层次结构，即 (1) 物理进化，(2) 天体演化，(3) 地质演变，(4) 化学进化，(5) 生物进化，(6) 社会进化，(7) 人工自然进化，(8) 物质产生精神，又反作用于物质。这 8 个层次，构成整个宇宙的进化，缺一不可。研究每一层次的学问依次为：(1) 物理学，(2) 天文学，(3) 地质学、海洋学等地球科学，(4) 化学，(5) 生物学、医学等生命科学，(6) 社会科学，(7) 技术科学、工程科学，(8) 数学、科学、哲学、宗教、认知科学、语言学、文学、音乐、艺术等。这些构成人类精神财富的总体，其中每一项都是不可或缺的，都是不会衰亡的。化学是研究化学进化这一层次的科学，当然也永远不会衰亡。

② 化学不会衰亡，但化学的研究对象，却要随着时代的前进而不断更新

^① 本文作者徐光宪，北京大学教授，博士生导师，中国科学院院士；本文原刊登于《大学化学》第 16 卷，第 1 期（2001.2）。