

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201712038

www.dxhx.pku.edu.cn

化学学科的新视角及其在化学教育中的反映

房喻*

陕西师范大学化学化工学院, 西安 710119

摘要: 传统化学以研究变化, 关注变化前后的结果而著称。化学与其他学科, 特别是生命科学的相互渗透使得化学的动态特征更加突出, 化学学科格局也因之发生了变化。因此, 化学需要新认识。

关键词: 超分子化学; 动态共价键化学; 组成动态化学; 适应性化学

中图分类号: G64; O6

A New Understanding of Chemistry and Its Reflection in Chemistry Education

FANG Yu*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, P. R. China.

Abstract: Classical chemistry is known for studying change and the results from the change. The interplay between chemistry and other disciplines, especially life science, strengthens the dynamic nature of chemistry. As a result, the concept of chemistry has changed. This article tries to provide a new understanding of modern chemistry.

Key Words: Supramolecular chemistry; Dynamic covalent chemistry; Constitutional dynamic chemistry; Adaptive chemistry

相对稳定的研究对象, 独具特色的研究方法和手段构成了一门学科独立存在的基础。在这个基础之上, 随着内容的丰富和学术的发展, 不同的学科逐渐形成了各不相同的学科思想和学科特质, 在文明传承和发展中发挥着各不相同的作用。在学习过程中, 了解学科思想, 把握学科特质, 对于理解学科内涵, 预判学科发展具有重要的意义。

1 化学学科认识的新视角

1.1 基于超分子的动态化学

化学学科特别强调“变化、演化、转化、进化”的思想, 因此, 在化学家眼里, 没有一成不变的东西, 没有一成不变的道理。地球从产生到地球智慧生物的出现就是一个鲜活的化学演化(chemical evolution)的过程。在这一过程中, 宇宙大爆炸产生的宇宙尘埃相互聚集形成有形但相对无序的原生态地球。随着时间推移, 这种无序聚集结构逐渐演化出有序结构, 从而为生命物质的出现奠定了基础。在化学家眼里, 地球生命的出现, 地球生命由低级向高级的演化就是一个物质有序度不断提高、结构不断复杂化的过程。物质有序度的高低和物质结构的复杂性决定着物质包含信息的多少和物质加工信息的能力。人类之所以处于地球生物的最高端就在于人类拥有较之其他地球生物更加复杂、更加有序的大脑结构。这就是为什么化学也可以被看作是一门信息学科的原因。

收稿: 2017-12-26; 录用: 2018-02-03; 网络发表: 2018-02-28

*通讯作者, Email: yfang@snnu.edu.cn

正是基于对自然界化学演化的深刻理解,化学学科也从社会大众所熟知的传统的、相对“静止”的、主要关注分子中原子间强相互作用的“分子化学(molecular chemistry)”阶段,逐渐发展到了如今的更加关注分子间弱相互作用的、相对“动态”的“超分子化学(supramolecular chemistry)”阶段。当然,随着学科的发展,人们又认识到,仅有“静态”的稳定结构或“动态”的不稳定(可逆)结构还不足以应对学科面临的一些新的挑战,解决学科需要解决的一些新的更加棘手的问题。于是,近年来又出现了“动态共价键化学(dynamic covalent chemistry)”和“组成动态化学(constitutional dynamic chemistry)”等概念,超分子化学也因此与动态共价键化学和组成动态化学共同构成了当代“动态化学(dynamic chemistry)”的主要内容。

1.2 基于动态变化的适应性化学

刺激响应和组成动态是生命现象的基本特征,组成动态化学正是在理解生命、学习生命的基础之上发展而来。将超分子化学的动态性特征引入基于共价键的分子化学就产生了动态共价键化学。在动态共价键化学体系中,某些共价键可以根据需要断裂或形成。这种可逆性使得体系组成会因某些单元的交流与再组合而持续改变,体系因此获得了对环境的适应性。也就是说动态性的注入使得分子化学发展到了“适应性化学(adaptive chemistry)”阶段。适应性化学原理是生命现象得以出现的基础。地球生命为什么能够适应不断变化的环境,原因就在于它能够通过自身组成的改变适应这种改变,从而获得自身的生存和发展。基于动态化学原理,研究模型体系中组分对环境因素变化的依赖性就成为当今适应性化学研究的主要内容。这些研究无疑有助于加深对生命现象的理解,丰富创造新体系、发展新材料的思路,从而提升化学学科创造新物质、探索新功能、实现新应用的能力。近年来,前所未有的高性能动态材料的不断出现就是动态化学原理实际应用的结果。

2 化学新视角对学科和教学的挑战

历史上,化学因研究不同物质间的相互转化而独立成为学科,如今化学也因自身的不断变化和演化而呈现出蓬勃生机。众所周知,客观世界只有“动”和“变”是永恒的、绝对的。而“动”和“变”也恰好构成了化学学科的特质,因此,在哲学层面,任何认为化学是“落日科学(sunset science)”的观点都是缺乏远见,没有根据,不能立足的。

2.1 可变性、刺激响应性与构效关系

“结构决定性质”是化学家的信条,当今的结构已与往日绝不相同。可变性、刺激响应性已经成为新型结构的重要特征。可变性和刺激响应性赋予“结构决定性质”更加丰富的内涵。例如,导弹和航天技术中普遍使用的化学推进剂分为液体推进剂和固体推进剂两大类。液体的流动性赋予液体推进剂优异的燃烧可控性。与之相反,固体结构的稳定性虽然使其失去了流动性,但作为推进剂,却避免了液体推进剂的加注耗时、加注困难问题,从而获得了极大的机动性。正是对于固体和液体性质的这一对比,新近发展起来的凝胶推进技术,则兼顾了固体推进和液体推进的优点。其根本原因就在于凝胶兼具液固两性。凝胶,特别是基于小分子化合物的分子凝胶,在宏观上具有固体一样的保型性,但在一定剪切力作用下可转化为液体,从而拥有普通液体所具有的一切性质。分子凝胶就是一类典型的动态材料,是化学学科发展新阶段的新成果。

注重结构、研究结构,从结构看问题、分析问题、解决问题是化学家的习惯,是化学家的看家本领。然而需要注意,结构除了在空间尺度上可以变化之外,在时间尺度上结构也可以变化。这就是说,结构是分层次的。事实上,物质在某个时刻的宏观性质是物质在那个时刻不同层级结构共同作用的结果。

2.2 化学本质与目标的新认识

结构除了分层次,会演化之外,结构往往还以美轮美奂的形式呈现。因此,学习化学就要学会欣赏。要认识到,化学不但可以变腐朽为神奇,还可以通过结构解析,理解事物的本质,创造新的物质。这种能力是化学之所以成为化学,化学之所以能够区别于别的学科,成为自然科学中的中心

科学(central science)的原因所在。也正因为这些原因,不像物理以理解“上帝”怎么创造了世界为终极目标,也不像生物学以理解“上帝”怎么创造了人类为终极目标,化学不但要理解这些问题,还要像“上帝”一样创造新的世界。如果硬要说化学有一个终极目标的话,这大概就是化学的终极目标。

有了这些认识,我们就不难认同诺贝尔奖得主 Jean-Marie Lehn 的感叹,化学是一支创造性力量(a creative power),化学是有关物质的一门艺术(art of matter),以及著名科学家美国哈佛大学教授 George M. Whitesides 的观点,“化学不能代替一切,但没有化学肯定没有一切”(Chemistry isn't everything, but everything is nothing without chemistry),“化学就是未来,没有化学就没有未来”(Chemistry is the future, and no future without chemistry)。同样,也就不难理解,为什么 2011 年国际化学年将“我们的生活,我们的未来(our life, our future)”作为活动主题。了解了这些,我们就没有理由怀疑化学家基于物质的生命观,这就是化学是连接生命物质和非生命物质的桥梁,生命的出现和消失确实只是物质存在形式的改变。

Whitesides 认为,化学学科必须从关注分子拓展至关注包含分子的所有物质或物质体系。这种拓展不仅可以为化学学科创造新知识,实现新应用带来新的机遇,为化学工业发展带来新的空间,也为政府和社会解决过去难以解决的问题带来新的办法。有了这个视野以后,考虑诸如“生命的分子基础是什么,生命如何起源?”“大脑是怎么思考的?”“耗散体系是怎么工作的?”“人类孤独吗?生命遍布宇宙吗?”等问题就是化学学科的责任所在。此外,事关人类文明永续发展的“能量的产生,使用与储存”“不可能物质(impossible materials)”的创造,人类能力的技术强化(augmenting human beings)途径,以及死亡如何发生等都是化学家未来要涉猎的问题。

2.3 化学教育的核心要求

学习化学,讲授化学,研究化学,就必须坚持发展的观点,秉承辩证思维,这样才能与学科发展俱进,与学科特质适应。否则,再美好的学科也可能因个人知识的陈旧、认识的落后而被矮化,甚至妖魔化。

教育的价值在于通过接受教育,学生做人的信心得到加强,承担责任的能力得到提高,化学教育的价值也在其中。2014 年 10 月以来,教育部组织了新一轮高中课程标准修订工作,提出以核心素养统领课程标准修订,指导教材编写,组织课程教学。化学也不例外。所谓核心素养是指“学生在接受相应学段的教育过程中,逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格与关键能力”。换言之,即便在学校学习的具体内容完全忘记了,但学习过程中给个体留下的思考习惯、做事习惯、做人态度等不曾改变的东西就是所谓的核心素养。就像文学使人富有情怀,历史使人具有责任感,科学使人严谨求真一样,不同学科特点不同,给学生留下的烙印自然不同。因此,相应于学校教育,要倍加重视学生的核心素养养成,学科教育也存在学科核心素养的养成问题。为此,新版高中化学课程标准将化学学科核心素养从化学学科特质的思想和方法,化学学科的实践性和化学学科的价值追求三个维度归纳为“宏观辨识与微观探析,证据推理与模型认知,变化观念与平衡思想,科学探究与创新意识,以及科学态度与社会责任”等五个方面。尽管这些素养表述还存在值得改进,甚至争议之处,但可以说这些努力无疑使我们对化学教育的价值有了更加到位的认识。也明确了化学教育不仅仅对将来从事化学和化学相关专业工作的人有价值,对即使从事与化学毫不相关工作的人也照样有意义。这就是人们因接受化学学科教育,因从事化学实验探究而在潜移默化中做事的态度,思考问题的习惯有了改变。学科教育因此而具有普遍的意义。

在 2017 年全国化学课程与教学论第十四届学术年会(大连)期间,国际著名科学教育专家台湾师范大学邱美红教授问及笔者一个问题,“如果聚焦到一个点,化学学科教育带给人的最根本的东西是什么?”笔者给了一个答复。这就是,在笔者看来,化学训练到位的人一定会有一个共同的特点,这就是做事时会“把每一个细节都想到,把每一个细节都做好”。也就是说,注重细节、身体力行是化学人的特质。

一个学科要被别人青睐，要得到社会重视，那么这个学科要么就特别重要，要么就特别神奇。人们之所以认为生命科学重要，是因为它在研究既重要又神奇的生命。物理学重要是因为它以具有无穷想象的时间和空间为研究对象。天文学关注的星际、黑洞和宇宙大爆炸都是极具神秘感的问题。人工智能概念的出现使得计算机科学受到前所未有的重视。即便是传统的统计学也因大数据的出现而备受关注。与之相反，为人类社会带来无穷福祉的化学学科因自身的“不善言辞”而备受冷落。这就是为什么 Whitesides 要说他做的化学是“改变人们的生存和死亡方式”的事情(We change the way you live and die)。

3 结语

行文到此，对化学学科做出新的概括也就是一件理所当然的事情了。这就是在新版高中化学课程标准中，化学被定义为：化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化及其应用的一门基础学科，其特征是从微观层次认识物质，以符号形式描述物质，在不同层面创造物质。化学不仅与经济发展、社会文明的关系密切，也是材料科学、生命科学、环境科学、能源科学和信息科学等现代科学技术的重要基础。化学在促进人类文明可持续发展中发挥着日益重要的作用，是揭示元素到生命奥秘的核心力量。

参 考 文 献

- [1] Lehn, J. M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, 52, 2836.
- [2] Lehn, J. M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, 54, 3276.
- [3] Whitesides, G. M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, 54, 3196.
- [4] Whitesides, G. M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2004**, 43, 3632.
- [5] Whitesides, G. M. *Small* **2005**, 1, 172.
- [6] Urban, M. W. *Nature Chem.* **2012**, 4, 80.