C₆₀类碳单质属于有机物质

郁志勇*

中国人民大学化学系, 北京 100872

摘要: 一直以来, 人们说到有机物就是指有机化合物, 笔者认为这个说法不准确。根据单质 C₆₀ 的结构与性质, C₆₀ 应该属于有机物质。基于这个事实, 人们将会形成一个共同的认识: 有机物质既包括一些含碳单质(例如 C₆₀), 又包括绝大多数含碳化合物。

关键词: 有机物质; 有机化学; 含碳单质; 含碳化合物

中图分类号: G64; O6

Elementary Substance of C₆₀ Catalog Belongs to Organic Substance

Zhiyong Yu *

Department of Chemistry, Renmin University of China, Beijing 100872, China.

Abstract: Organic substance has been considered as organic compound, but the author does not think it's accurate. C₆₀ should belong to organic substance according to its structure and properties. Based on this fact, a common understanding will be formed: organic substances include both some carbonaceous elementary substances (e.g. C₆₀) and the vast majority of carbonaceous compounds.

Key Words: Organic substance; Organic chemistry; Carbonaceous elementary substance; Carbonaceous compound

化学是自然基础学科之一; 化学同时又是其他学科的基础——这些学科包括医学、生物学、环境科学、食品科学、材料科学等。化学本质上属于实验学科, 随着有机化学实验的深入进行, 随着有机化学知识的日积月累, 人们对有机化学的认识必然会更加深入和全面, 从而对有机物质的内涵形成一个新的认识。

1 本文问题的提出

笔者在《化学知识与环境化学知识的关系》一文中有一句话: 极少数的有机物属于单质如C₆₀^[1]。由于该文的重点是论述化学知识与环境化学知识的关系, 故没有展开论述; 同时有读者给笔者来信指出: 《有机化学》教材说有机物就是有机化合物, 若认为单质C₆₀属于有机物, 则与教材上面的叙述相互矛盾。基于上面两个原因, 本文论述一个观点: 随着有机化学知识的累积, 人们对有机物质的内涵必将形成共同的认识, 即: 有机物质既包括一些含碳单质(例如C₆₀), 又包括绝大多数含碳化合物。

收稿: 2020-10-19; 录用: 2020-12-21; 网络发表: 2021-01-05

*通讯作者, Email: Yuzhiyong@ruc.edu.cn

基金资助: 中国人民大学教师教学发展项目(2016-01)

2 内涵发生变化的化学概念举例

化学作为一门学科,其发展过程伴随着一系列化学概念的产生。时代在发展,知识在积累,认识在深化。因此,化学概念的内涵发生变化是正常的,下面举例说明。

2.1 有机化合物

早期,人们认为有机化合物只能从动植物等有机体中产生,而且都与生命活动有关系,不可能由无机物制备,所以被称为有机化合物。随着有机化学研究的不断深入,人们发现有机化合物不仅存在于动植物体内,也可以由人工的方法在实验室来合成。例如,德国化学家维勒在1828年从无机物氰酸铵(NH_4OCN)溶液中合成了有机化合物尿素(H_2NCONH_2)。随后,化学家们又陆续合成了一系列有机化合物,使有机化学工业得到了很大发展。现在,许多天然有机化合物都可以在实验室合成。所以“有机化合物”这个概念虽然现在仍在使用,但其内涵已经发生了变化^[2-6]。

2.2 芳香烃

起初,普遍将苯及含有苯环结构的化合物统称为芳香化合物。现在人们将具有特殊稳定性的不饱和环状化合物称为芳香化合物。从结构上看,芳香化合物一般具有平面或者接近平面的环状结构,键长趋于平均化,并有较高的C/H比值;从性质上看,芳香化合物的芳环一般都难以发生氧化反应和加成反应,而易于发生亲电取代反应;从光谱特征来看,芳环环外氢的化学位移处于核磁共振的低场,而环内氢处于高场。上述这些特点,就是人们常说的芳香性。具有芳香性的碳氢化合物称为芳香烃。在有机化学发展的初期,芳香烃是指从天然产物中提取得到的具有芳香气味的物质。随着有机化学研究的不断深入,人们发现许多有机化合物虽属于芳香族化合物但没有芳香气味,所以,“芳香烃”这个概念虽然现在仍在使用,但其内涵已经发生变化。目前,芳香性的概念已包括化学特性和结构特征双重含义^[2,5-15]。

3 由碳元素形成的物质

碳元素位于元素周期表中第二周期第IV主族,其电负性为2.5,近似为元素氟(电负性最大,4.1)和元素铯(电负性最小,0.7)的电负性的平均值,因此表现出既不容易得到电子,也不容易失去电子的性质。通常碳原子以共价键彼此相连,或者与其他原子相连。碳原子外层有四个电子,因此可以形成四个共价键^[15]。由于这种键合方式的多样性,导致了碳元素能够形成的物质(包括单质和化合物)的数目极其巨大。

3.1 由碳元素形成的简单无机物

碳元素既能够形成简单的单质,例如金刚石、石墨;也能够形成简单的化合物,例如一氧化碳、二氧化碳、碳酸氢盐、碳酸盐、二硫化碳、碳化钙、金属羰基化合物,以及氢氰酸($\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$)、氰酸($\text{H}-\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}$)、异氰酸($\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$)、硫氰酸($\text{H}-\text{S}-\text{C}\equiv\text{N}$)、异硫氰酸($\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{S}$)及相应的盐等。上述由碳元素形成的简单单质和简单化合物,虽然含有碳元素,仍被看作无机物质^[16]。

3.2 由碳元素形成的有机化合物

经典的《有机化学》教材,都会分门别类介绍下列物质的结构和化学性质:烷烃、烯烃、炔烃、脂环烃、芳烃、卤代烃、醇、醚、酚、醌、醛、酮、羧酸及其衍生物、硝基化合物、胺、腈、重氮化合物、偶氮化合物、杂环化合物、碳水化合物、氨基酸、蛋白质、核酸、元素有机化合物等。这些含碳化合物都属于有机化合物^[2-19]。

3.3 单质C₆₀的结构与性质

单质C₆₀的分子结构为球形32面体,是由60个碳原子以20个正六边形和12个正五边形连接而成的足球状空心对称分子,故又称足球烯。每个碳原子用近似 sp^2 杂化轨道与相邻碳原子的近似 sp^2 杂化轨道形成三个 σ 键,这三个 σ 键不是共平面的,键角近似为116°。每个碳原子上还有一个p轨道,彼此重叠形成一个包括60个碳原子的大 π 键,因而在球形体内和体外都围绕着 π 电子云。但由于这种离域大 π 键的非平面性,与休克尔体系相比,C₆₀分子中也并不存在一个完全离域的共轭体系。由于12个正

五边形完全被20个正六边形分开, 双键处在正六边形上, 而正五边形上无双键, 所以C₆₀分子中键长是不相等的, 正六边形键长为0.140 nm, 正五边形键长为0.146 nm^[10-19]。

C₆₀的密度大概为1.7 g·cm⁻³。C₆₀不溶于水, 但在正己烷、苯、甲苯、二硫化碳、四氯化碳等非极性溶剂中有一定的溶解度^[13,14,17]。C₆₀具有缺电子烯的性质, 同时又兼备给电子的能力, 六元环间的双键是反应的活性部位, 可以发生加氢反应、卤化反应、加成反应、氧化反应等^[10,13,14,17,18]。

4 对有机物质的内涵的新认识

目前出版的《有机化学》教材中, 绝大多数都说有机物就是指有机化合物, 有机化学就是研究碳(氢)化合物的化学。科学技术在发展, 有机化学知识在积累, C₆₀等的发现, 使笔者认识到教材中对于有机物质的内涵的叙述是不准确的。

与众多教材表述不同的是, 北京大学邢其毅等编写的《基础有机化学》(第3版)指出: “有机化学是一门非常重要的科学, 它和人类生活有着极为密切的关系”; “人们对有机物(organic matter)的认识逐渐由浅入深, 把它变成一门重要的科学。”该书明确使用“有机物”, 而没有使用“有机化合物”。不过该书没有明确说明有机物包括一些含碳单质(如C₆₀)^[7]。

基于上述C₆₀的结构与性质, C₆₀应该属于有机物质。故有机物质的内涵既包括一些含碳单质(如C₆₀, 以及C₅₀、C₇₀、C₇₈、C₈₂、C₈₄、C₉₀等由非平面的五元环、六元环等构成的封闭式共轭烯^[15]), 也包括绝大多数含碳化合物。当然如上面所叙述, 一些简单的含碳单质和一些简单的含碳化合物仍然归属于无机物质。这样一来, 有机化学就是研究有机物质的化学, 具体地说就是研究有机物质的来源、组成、电子结构、空间结构、性质、制备、应用、化学反应机理, 以及结构与性质之间的相互关系^[9]。中文“有机物质”对应的英语表述可以是organic matter或者organic substance, 笔者倾向于后者。

参 考 文 献

- [1] 郁志勇. 化学教育, 2019, 40 (8), 7.
- [2] 张永芬, 徐晶. 有机化学. 北京: 北京理工大学出版社, 2012.
- [3] 张凤秀. 有机化学. 北京: 科学出版社, 2013.
- [4] 徐寿昌. 有机化学. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 1993.
- [5] 华东理工大学有机化学教研组. 有机化学. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [6] 汪小兰. 有机化学. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [7] 邢其毅, 裴伟伟, 徐瑞秋, 裴坚. 基础有机化学. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [8] 马文英, 吕亚臻, 李玲. 有机化学. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011.
- [9] 陈洪超, 罗美明, 李映冬. 第4版, 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [10] 王兴明, 康明. 基础有机化学. 北京: 科学出版社, 2012.
- [11] 张金艳, 王亚飞. 有机化学. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [12] 颜朝国. 有机化学. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [13] 章焯. 有机化学. 北京: 科学出版社, 2006.
- [14] 李景宁. 有机化学. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [15] 李艳梅, 赵圣印, 王兰英. 有机化学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2014.
- [16] 王全瑞. 有机化学. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [17] 徐伟亮. 有机化学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2008.
- [18] 鲁崇贤, 杜洪光. 有机化学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2009.
- [19] 王积涛, 王永梅, 张宝申, 胡青眉, 庞美丽. 有机化学. 第3版. 天津: 南开大学出版社, 2009.