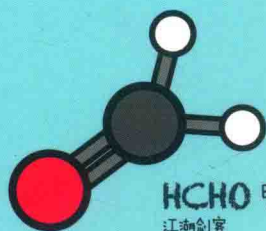


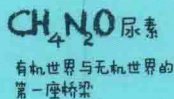


没有我就没法活

中国科学院院士、国家最高科学技术奖获得者徐光宪和他的学生讲给孩子的化学故事



北京大学
化学与分子工程学院
编



好奇性和解放的思维是创新的源泉。

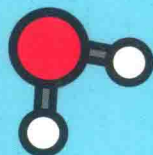
徐光宪



NO? Yes!

明星分子：一氧化氮

知识出版社



曾经沧海
难为水

分子共和国

北京大学化学与分子工程学院 编

知识出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分子共和国 / 北京大学化学与分子工程学院编. —2版. —北京: 知识出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-5015-9744-4

I. ①分… II. ①北… III. ①分子—普及读物 IV. ①0561

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第095126号

分子共和国

策划编辑: 徐世新

责任编辑: 徐世新

责任印制: 邹景峰

封面设计: 吾然设计工作室

插图绘制: 石 玉

图文制作: 鑫联必升文化发展有限公司

出版发行: 知识出版社

社 址: 北京阜成门北大街17号

邮政编码: 100037

电 话: 010-88390718

网 址: www.ecph.com.cn

印 刷: 北京汇瑞嘉合文化发展有限公司

开 本: 710mm×980mm 1/16

字 数: 188千字

印 张: 13

版 次: 2018年5月第2版

印 次: 2018年7月第2次印刷

ISBN 978-7-5015-9744-4

定 价: 68.00元

《分子共和国》编委会

学术顾问：徐光宪 高 松 刘虎威 王剑波 裴 坚
吴 凯 李 彦 裴伟伟 李星国 徐怡庄
卞 江 施章杰 余志祥

主 编：马玉国 于 峰

副 主 编：王 菲 韩 冬

执行主编：莫凡洋 王子涛

编 委：(按姓氏笔画为序)

任 臻 华 炜 危苏昊 朱 戎 朱 斌
李 悦 杨 杨 陈丰坤 孟令辰 高 昂
彭志为 霍建龙

再版序言

《分子共和国》一书的创意开始于2006年8月，北京大学化学学院教授徐光宪院士在北大未名BBS化学学院版面以“老顽童”为名发表《分子共和国——开国大典》一文，号召全院师生开动脑筋，运用趣味、通俗的语言文字描写分子，共同构建一个“分子共和国”。这一倡议引起了热烈反响，化学学院师生积极响应，开始了为期两个月的“分子共和国”趣味科普文学创作活动。

为了将这些原创科普文章集结出版，以便在全社会范围内产生更大的影响，推动我国科普教育的发展，经化学学院精心选编和细致审核后，在中国大百科全书出版社的大力支持下，该书的第一版于2009年出版。时任北京大学校长周其凤院士亲自为第一版作序并表达了对化学学院师生趣味科普创作的高度肯定。

《分子共和国》一经出版，就受到了广大读者欢迎。本书特有的观察视角、活泼风趣的语言让读者爱不释手，趣味性十足；同时书中内容又提供了正确可靠的科学知识和数据，知识性十足；作为一本优秀的科普读物，能够使青少年读者、非专业成人读者、科学家读者这三个层次的读者各有收获，实用性十足；这本书不但拓宽了读者的知识面，而且可以启发读者提出新问题，甚至促使读者做出创新的科学研究，启发性十足。

《分子共和国》的创作是一个崭新的、很好的自我教育和普及化学知识的形式。该书所包含的内容汇集了北京大学化学学院师生智慧的结晶，这不仅仅是平时学科知识积累的结果，更是大

家想象力与创造力的充分体现，激发我们去想象和创造出更美更好的分子，繁荣我们大家的“分子共和国”。

今年时值该书出版九周年，北京大学化学学院与中国大百科全书出版社商议计划拟重新配图，以全新的版式再版此书，意义非凡，恰逢北京大学建校一百二十周年和中国大百科全书出版社建社四十周年，谨以此向北京大学及中国大百科全书出版社致敬！

A handwritten signature in black ink, appearing to be the characters '纪 力' (Ji Li), written in a cursive style.

中国科学院院士

2018 年 4 月

序

化学真的很神奇，它不仅可以使物质千变万化，点石成金，变废为宝，变丑为美，还可以使学习化学的人成为科普作家！“我们对人类的贡献可大了”。不信？那就请读读《分子共和国》吧。

一直在北大化学系（如今是化学与分子工程学院）学习、工作的我，非常佩服这儿的老师和同学。读完了这本由北京大学化学与分子工程学院老师和同学们创作的科普读物《分子共和国》，我再一次为师生们的才情所折服。元素、分子、反应、方程式，在大多数人看来是枯燥无味的。然而，当他们以科普的形式跃然纸上时，连我这个与化学打了几十年交道的人对化学、对分子也感觉到了久违的新鲜和亲切——化学的确很好玩！

化学家完全可以自豪地说，从合成氨、尿素到高分子，从化妆品到医药，从服装到建筑材料，从太阳能利用到信息技术材料，从城市和工业废水处理到农田土壤的保护和修复用试剂……一项项闪烁着无穷想象力的化学成果，让我们的世界丰富多彩、日新月异。但是，最近一段时期，当苏丹红、三聚氰胺成为大众耳熟能详的词汇时，我们似乎也听到了“化学留给人们的是否为无穷无尽的灾难？”的诘问。解答这些诘问的最好方式就是恢复化学本来的面目。然而，一直以来，化学和化学工作者低调的姿态，化学类科普文章的匮乏，使得化学仿佛远在天边的城堡，可望而不可即。

《分子共和国》的出版是一次勇敢的尝试。徐光宪先生（他

可是获得了国家最高科学技术奖的大师哟)挥笔写下了本书的“开国大典”，而书中内容都来自他和师生们的创作。从“单质一族”的氢气、氧气，到“无机城市”的硫酸、硝酸、二氧化碳，再到“有机堡垒”“铁匠铺”……师生们以丰富的想象力构建了一个生动而真实的“分子共和国”。他们所特有的学术敏锐，独特的观察视角，清新活泼的语言，加上良好的化学基础，构成了这组科普文章引人入胜的要素。

《分子共和国》所包含的内容不仅仅是科普文章，同时也汇集了北京大学化学与分子工程学院教育成果的结晶。素质教育，全面发展，让学生们学以致用，把化学带回生活，在生活中思考化学，相辅相成，相互促进，这是学院一贯的思路。对于我来说，在这样一本书的背后，欣喜地看到了学生们的自我提高和全面成长。

这应该是一个开始而不是结束。正如分子是构成整个化学王国的基石，我们期盼《分子共和国》成为化学自我展现的一个新起点！

周其凤

北京大学 校长

2009年春于蓝旗营

目 录

开国大典	1
------------	---

单质一族

微小与简单的魅力——氢气	4
没有我就没法活——氧气	6
保护人类的卫士——臭氧	8
别理我，烦着呢——氟气	11
化工岗位上的三八红旗手——氯气	13
棕色幽灵——溴	15
傲视群雄——碘	17
变化与选择——磷	20
科学界的足球梦想—— C_{60}	23
失窃的龙皇之冠——硫	28
最后的单身贵族——稀有气体	30

无机城市

氢和氟之间的热恋——氟化氢·····	34
NO ? Yes ! ——明星分子：一氧化氮·····	37
一场没有结论的审判——过氧化氢·····	39
曾经沧海难为“水”·····	43
不想走的二氧化碳分子·····	45
走出历史，生在天地间——雌黄·····	47
对称之美——三氟化硼·····	52
光棍的快乐——二氧化氮·····	54
问世间情为何物——硫酸·····	56
美女有毒——砒霜·····	63
阿摩尼亚传——氨·····	66
劳动面前人人平等——磷酸·····	68
飘然于世间的隐形杀手——氰化氢·····	70
腹中之气——硫化氢·····	73
我的自荐书——二氧化钛·····	76
缺电子的硼族成员——乙硼烷·····	78
疯狂的石头——碳酸钙·····	80
密室杀人凶手——一氧化碳·····	83
正义还是邪恶？——硝酸·····	87
此间的分子·····	91

酒分子国和醋分子国——乙醇和醋酸·····	102
江湖剑客——甲醛·····	104
异戊二烯和他的家人们·····	110
苏丹红专访·····	112
天生的贵族——季戊四醇·····	117
我在梦中被创造——苯·····	122
有机世界与无机世界的第一座桥梁——尿素·····	124
演绎生命的旋律——葡萄糖·····	126
要的就是刺激——咖啡因·····	129
健康守护神——维生素 C·····	131
红与绿——血红素和叶绿素·····	134
金鸡纳霜——奎宁·····	136
有机族的第一代长老——甲烷·····	139
手性拆分领域的元老——酒石酸·····	141
光明的黑暗之子——乙醚·····	143
一首小诗——环己烷的自述·····	146
炸药之王——奥克托今·····	149
指示剂代表——酚酞·····	151
最无辜的隐士——三聚氰胺·····	153

铁匠铺

金属有机化合物形象代言人选举·····	158
二茂铁的竞选演说·····	160
格式试剂家族大选—— $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$ ·····	162
有机铝家族的荣耀—— $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ·····	164
四乙基铅·····	166

地下城

序幕——来自地狱的分子们·····	170
神经性毒剂：	
神经传导中的强盗——甲氟磷酸异丙酯（沙林）·····	172
糜烂性毒剂：	
杀人于无形之间的隐形杀手——二氯二乙硫醚（芥子气）·····	176
窒息性毒剂：	
我很毒，别惹我——碳酰氯（光气）·····	180
全身中毒性毒剂：	
阴冷的“细胞内窒息”——氯化氰和他的氰类家族·····	184
失能性毒剂：	
血腥背后的帮凶——二苯基羟乙酸-3-奎宁环酯（毕兹）·····	188
尾声 ·····	192

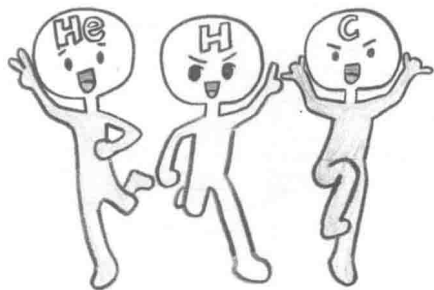
开国大典

我是一个分子小精灵，我们分子群体是一个你无法想象的超级巨大共和国。这个共和国包含的民族就有 8400 万个。她的人口，数也数不清。我们都是元素祖宗的子子孙孙。元素祖宗共有 100 多个民族。每个民族的个体叫做原子。元素的老大就是 H（氢）元素，她的个体叫作 H 原子。H 原子质量最小，但宇宙间 H 民族的人口最多，共有大约 10^{78} 个，即 100 万亿亿亿亿亿亿亿个。这个数目太大了，因此人类把 6.023×10^{23} 个原子或分子叫作“摩尔”。那样，可见宇宙中的 H 元素大约有 1.5×10^{54} 摩尔的原子。人类又把 1 摩尔原子质量的克数叫做原子量。H 元素的原子量是 1.008，所以 1 摩尔 H 的质量约是 1 克，可见宇宙中 H 的总质量是 1.5×10^{54} 克，占可见宇宙总质量 2×10^{54} 克的 75%。

氢作为元素的老大是名副其实的，因为太阳等 10 万亿亿颗恒星都是靠她的聚变核反应而发光的。聚变的结果就产生了老二 He（氦）元素。

He 元素的原子量是 4.003，比她的大姐 H 重 4 倍。He 民族共有 7×10^{76} 个 He 原子，其总质量占可见宇宙的 23%。老二以后还有 100 多个弟妹，他们的原子量越来越大，但数目越来越少，加起来的总质量也只占可见宇宙的 2%。

现在已经诞生的最后一位元素小弟弟是老 118，他在自然界并不存在，



是被聪明的人类在 1999 年用加速器制造出来的，给他取的名字叫 118Uuo。他的原子量高达 293，但数目非常少，只有几个，寿命也非常短，不到一秒钟的百万分之一。在他前面还有三位姐姐 113、115 和 117。她们很怕羞，至今躲在深闺人未识。

元素祖宗中最伟大的民族是老大 H 和老六 C（碳），他们的子子孙孙都性格开朗活泼，善于交际，和 N、O、P、S、Cl 等弟妹们结合起来，共同组成一个超级分子大族群，叫作“碳氢化合物及其衍生物”，又被人类简称为“有机化合物”。这个大族群的户口已被 CAS（《美国化学文摘》）登记在案的有 7400 多万种，其中被人类称为“识别的生物分子序列（biosequences）”的有 5700 余万种。还有 1700 余万种有机分子则是人类用人工方法培育出来的合成分子。

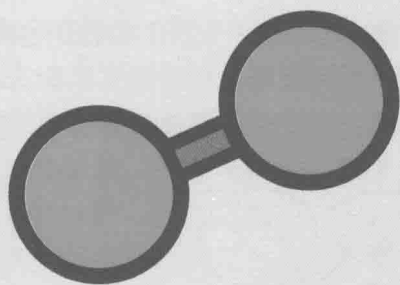
我就是生物分子中的一个小精灵，名字叫作 DNA（脱氧核糖核酸）。我的双螺旋雕塑像就树立在北京中关村大街上。你们早已认识我了。我和同胞兄弟 RNA（核糖核酸）、后辈子侄蛋白质的本领可大了，我们操纵着人类和各种动植物、微生物的创生、遗传、变异和生老病死。

人类把有机化合物以外的物质笼统地叫作无机化合物。被 CAS 登记在案的无机化合物约有 1000 万种，其中有的是自然界原有的，有的是由人类人工合成的。所以我们分子王国共有 8400 多万个民族，每天平均新增 4000~5000 种，人口就难以计算了。

我们对人类的贡献可大了，我们创造了各种各样的生物，直到“万物之灵”的人类。人类的衣食住行都离不开我们，可是人类还没有把我们好好组织管理起来。哪一位有创意的分子同学带带头，选出我们自己的班长、校同学会会长、市长、省长、直到分子共和国的总统？你赞成吗？更重要的，我们要制订中长期发展规划，实行优生优育，培养出更多、更好的新兄弟、新姐妹，来满足人类和谐世界发展的需要。

（徐光宪）

单质一族



微小与简单的魅力

——氢气

我是分子共和国中最简单也是最独特的分子。我只由两个氢原子组成，除了自己的两个氢核和两个电子之外似乎就没什么好炫耀的了。外在性质方面也着实简单，除了轻、可以燃烧之外也没什么好说的。但也许正是由于我的简单、幼稚，像一个小孩子一样，也特别容易被大人们管教。同样，也许由于我的单纯，使得只有真正懂得欣赏我的人才能深刻地理解我的内在美。对于这些人来说，我是存在于他们思想中的精灵，一切灵感、化学



直觉都可由我而来；一切美妙的想法，也必须通过我的评价才能得到肯定。

1925 年对于物理学来说是光辉的一年，而 1927 年，对于化学来说则是革命性的一年。海特勒和伦敦首先利用量子力学通过电子配对成键的思想对我的结构进行了解释，解决了化学的最大难题——化学键的本质问题，这是现代化学发展道路上的一个里程碑。1928 年，鲍林将我的内在性质推广到普遍的化学键，建立了古老的 VB（价键）理论。而马利肯又从另一角度来分析我的本质，建立了 MO（分子轨道）理论，使得化学有了自己的理论基础。这些杰出的成果，使得人们对分子的结构有了更深刻、更本质的认识，而这一切都是从我开始的。

通过我，化学家们提出了许多有用而直观的概念，比如共价键和离子键、电负性、电子云密度分析、定域与离域、电子交换等。这些在现代化学中都是十分重要的基本概念，使化学有别于 19 世纪时的老样子。

尽管我简单，但是还没有人敢宣称真正了解我，他们所做到的只是完全地理解了我组成的一部分——单一氢原子的薛定谔方程精确解析解，甚至连氦原子也难以得到精确求解。即便是伟大的狄拉克也仅仅是获得了单一氢原子的相对论方程，要想把它推广到我身上恐怕还没有这个可能。我，这个由两个氢原子组成的分子，完全可以自豪地宣称我就是化学、物理学甚至数学（偏微分方程领域）中的“圣杯”，从这点上说，我比任何其他分子都“高贵”。理论上，谁能真正地寻找到能描述我的精确解，谁就能轻易地得到多电子体系的精确描述，从而打开了一扇通往终极科学的大门。到那时，自然界的一切都变得可以解释，而这在现在看来还是一件遥不可及的事情。

人们对氦的精确解析解的研究，对 DFT（密度泛函理论）最终交换相关泛函的寻找，对量子蒙特卡罗方法的发展，使得我的性质正逐渐被更加精确地解释，而我也愿意帮助乐于创造的人们去进行深入研究，以揭示出分子世界的另一种美——一种抽象、空灵的美。这就是我想要告诉大家的：最平凡的往往是最高贵、最神圣的。

（李振东）