



益智化学

刘广定/主编

锂二次电池
省电新光源
认识生物质能源

胆固醇型液晶应用
稀有气体及氙化合物
纳米尺度的美丽新世界

Atomic Structure

長春出版社
全国百佳图书出版单位

青少年科学启智系列

益智化学

刘广定◎主编



长 春 出 版 社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

益智化学 / 刘广定主编. — 长春: 长春出版社, 2013.1

(青少年科学启智系列)

ISBN 978-7-5445-2618-0

I. ①益… II. ①刘… III. ①化学—青年读物
②化学—少年读物 IV. ①06—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 279816 号

著作权合同登记号 图字: 07-2012-3843

益智化学

本书中文简体字版权由台湾商务印书馆授予长春出版社出版发行。

益智化学

主 编: 刘广定

责任编辑: 王生团

封面设计: 王 宁

出版发行: 长春出版社

发行部电话: 0431-88561180

总编室电话: 0431-88563443

邮购零售电话: 0431-88561177

地 址: 吉林省长春市建设街 1377 号

邮 编: 130061

网 址: www.cccbs.net

制 版: 长春市大航图文制作有限公司

印 制: 沈阳新华印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 700 毫米×980 毫米 1/16

字 数: 118 千字

印 张: 13

版 次: 2013 年 1 月第 1 版

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 23.50 元

版权所有 盗版必究

如有印装质量问题, 请与印厂联系调换 联系电话: 024-25872814 转 2050

序

化学的起源最早或许可以追溯到中世纪的炼金术。德国伟大的化学家李比希曾经说过：“炼金术实质就是化学。”尽管直到 17 世纪以前，化学几乎算不上是一门科学，但是炼金术、冶金术及医药制作对化学这门学科的发展无疑起到了促进作用。被称为“化学之父”的英国著名化学家波义耳把严密的实验方法引入化学研究，使化学成为一门实验科学，从此化学从炼金术和医学中分离出来，成为一门独立的科学。继波义耳之后，在这个学科中涌现出了一批优秀人物，如德国化学家塔法尔、法国化学家拉瓦锡、俄国化学家门捷列夫、美国化学家鲍林等。他们用自己的聪明才智和努力工作不断地更新着这门科学的发展水平。

时至今日，从波义耳算起已有 350 多年的发展历史，这门学科的发展已根深叶茂，形成许多学科分支。

化学是一门有趣且内容丰富的学科，它不仅能教给青少年许多重要的科学知识，也能吸引青少年探索科学知识的兴趣。由于化学这门科学进展迅速，积淀深厚，这就要求青少年既要学习传统的基础知识，又要了解最近的尖端知识。本书以科学教育为理念，选择了 22 篇文章，以飨读者。这 22 篇文章可分为三类：一为基础化学知识，包括与生活相关的染烫发剂、热敷包与冷敷包的原理、三聚氰胺、三酸甘油酯、稀有气体化合物、活化能与低限能、低熔点金属与纳米新世界等八篇文章。二是与光电有关的化学，包括液晶、电池、发光二极管、光触媒等十篇介绍光电科学的化学原理与应用。三是与生物质能源有关的化学，共四篇。这些问题教读者从不同的角度看问题，对于培养青少年对学习化学的好奇心，提高青少年的思维能力都具有积极意义。

由于本书各篇文章由不同作者写成，难免有少数重复之处，请读者原谅。

编 者

目 录

- 1 / 纳米尺度的美丽新世界
- 14 / 认识生质能源
- 24 / 永续发展原则下的生质乙醇燃料
- 33 / 不与人争粮的酒精汽油
- 40 / 动手种出生质柴油田
- 47 / 抽丝剥茧论液晶
- 61 / 胆固醇型液晶应用
- 75 / 染烫发的化学
- 83 / 热敷包与冷敷包的化学原理
- 89 / 认识活化能与低限能
- 95 / 妙用无穷的低熔点金属
- 105 / 三聚氰胺

- 111 / 三酸甘油酯
- 119 / 锂二次电池
- 132 / 燃料电池
- 140 / 废电池回收与处理
- 148 / 光色镜片
- 155 / 稀有气体及氙化合物
- 164 / 光触媒的原理与应用发展
- 175 / 省电新光源
- 183 / 省电的白光发光二极管
- 187 / 光照水分解产氢技术

纳米尺度的美丽新世界

□ 王文竹

1959年,诺贝尔奖得主理查·费曼(Richard P. Feynman)在美国物理学会的年会上,以“往下还大有可为”(There is plenty room at the bottom)为题的演讲中,提出了操作控制极小物质的概念。他说:“何不把二十四卷的大英百科全书写在一个针尖上呢?”经过计算,这是可行的,只要缩小到原来的二万五千分之一就可以了。这么小的物质大约就是一些原子团簇或分子了,这就是纳米科学的滥觞。

1981年,还是麻省理工学院研究生的艾立克·德莱斯

勒 (Eric Drexler) 提出了分子机械的观念。他设计了一系列以分子自我组装的各式零件及机械, 甚至于构思了工作母机的观念, 以此小机器自动制造出另一批机器。

1970 年代, 化学家发现了有机物的“金属”, 也就是由有机材料制备成的导体、半导体及超导体。这个领域的发展非常快速, 2000 年的诺贝尔奖就是颁给发现导电高分子的白川英树、希格及

麦克戴密三人。美国西北大学的瑞特纳 (Mark A. Ratner) 于 1970 年代即提出可以用有机分子制造整流器的观念, 这是分子电子学的肇始, Moletronics 就是由 Molecular Electronics 合并而成的新字, 但是直到 1990 年代, 有了原子力显微镜的发明, 这方面的研究才蓬勃发展开来。1997 年南卡罗莱那大学的突尔 (James Tour) 教授, 真正量测到夹于两个金电极间的分子, 才有了单分子的电子学性质探讨。

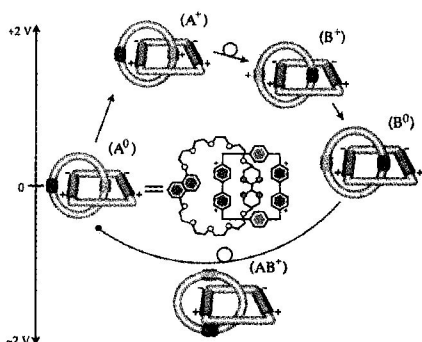


图 1 分子电子学里的分子开关示意图。中间的套环分子左右有不同的官能基, 可以控制其于方框分子中的状态, 达到开关的功能。

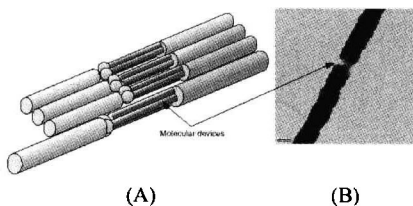


图 2 (A) 分子电子元件中的分子接线示意图; (B) 电子显微镜下的分子接线。

传统上的材料，是以块材（Bulk Material）为主，随着科技的进步，当材料个体逐渐缩小，或者组成材料的成分颗粒逐渐缩小，进入介观尺度（Mesoscale，即介于原子分子尺度与块材的巨观尺度间）后，其物理及化学性质就产生了革命性的改变，原有材料进入介观尺度后就等同于全新的材料，这个令人惊奇的美丽新世界，就是纳米科学与技术。

纳米是什么

一位新时代的农民，冲入粮食种子行急切地问：“老板，有没有最新品种的纳米？好像很热门喔！”虽是笑话，其实绝大多数人都不清楚纳米是什么！纳米就是 10^{-9} 米，是一米的十亿分之一，它是一个长度单位，由英文 Nanometer 译来的。人的身高约为一米多，其千分之一即为毫米，其百万分之一即为微米。原子的大小约为 0.2 纳米，例如硅、铝、钙的原子半径分别为 0.117、0.143、0.197 纳米。分子由原子组成，所以其大小约为纳米尺度，例如 DNA 分子的双螺旋结构直径约为 2.5 纳米，烟草病毒直径约为 18 纳米。纳米科学与技术就是研究介于 1 — 100 纳米物质的性质及操控其排列组装的学问。为什么近二十年来，这个领域有突出的发展呢？我们大约可以从下列数个方向，探讨其长足进步的驱动力。

研究工具的进步

近年来,各种可以达到原子尺度解析力的仪器发展甚快,高解析度扫描隧道显微镜 (STM)、原子力显微镜 (AFM)、扫描探针显微镜 (SPM) 等,使我们可以直接观察原子分子,并且操控其排列。电脑模拟的硬件及软件进步,亦使得性质研究大幅增快。

合成技术的进步

化学家的合成能力,在 20 世纪有惊人的进步,从早期乱枪打鸟般合成一些分子,到今天根据设计,取得特定结构与性质的分子,已近于指定合成之境,像维生素 B₁₂ 的合成、超分子的合成、孔洞材料的合成,真是不胜枚举。

介观物理化学的了解

近年来,发现一些介于分子与块材物质的特异物理化学性质,并进行了一些基础性的探讨,不论是光学、电学、磁学、热学、化学、生物学、机械性质等都大不相同,激发了更大的构想与企图。

纳米材料的分类

纳米材料是指尺度介于 1 — 100 纳米 (nm) 的材料,从广义上说,纳米材料是指材料的三维空间中,至少有一维是处于纳米尺度范围,或者由它们作为成分的基本单元,由其

所构成的材料。较严格的定义是除了材料尺度进入纳米量级外，同时还展现出许多特异性质，有表面效应、量子尺寸效应、量子穿隧效应等，才称为纳米材料。

按纳米材料三维空间的尺度分类，可以区分为零维、一维及二维纳米材料。

零维纳米材料

指一种材料，其三维尺度均在纳米量级，如纳米微粒、量子点、原子簇等。原子簇是指数个至数百个原子的聚集体，它可以是一元的，如铁、铂等；可以是二元的，如硫化铜、硫化银、磷化铟等；也可以是三元的，如钽铁氧化物、钛酸锶等。如果上述原子簇再与其他分子以配位化学键结合，可以形成化合物原子簇。这些原子簇中以碳原子簇（Carbon Cluster）最为大家所熟知，也就是富勒烯（Fullerene），化学命名为芙，它是由一群碳原子组成的， C_{60} 、 C_{70} 、 C_{84} 、 C_{92} 、 C_{120} ……看起来你好像不认识它，其实在你写毛笔字用的墨中，就含有芙。

纳米微粒是比原子簇大的材料，它是介于原子和固态块材之间的原子集合体。日本名古屋大学上田良二教授所给的定义是：用电子显微镜（TEM）能看到的微粒。早在 1861 年建立胶体化学时就开始了这方面的研究，但真正有效对个别的纳米微粒进行深入研究，则是近三十年的事。

人造原子有时称为量子点，这是约十年前提出来的一个

新观念。人造原子和真正原子有很多相似的地方，例如人造原子的能阶是不连续的，电荷也是不连续的，电子也存在于不同轨

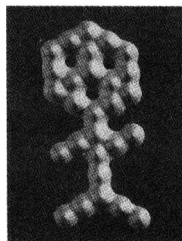
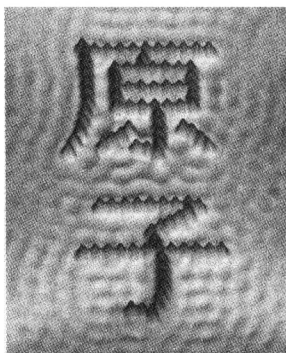


图3 以原子排列的纳米字“原子”及所绘的人形

道中，可以用薛定谔方程式处理，并遵循罕德（Hund）法则及泡利（Pauli）原理。但人造原子仍有很多与真正原子不同的性质，例如人造原子是由一定数量的原子组成的，它具有多种形状和多样的对称性，而真正原子通常用球形来描述。人造原子的电子间的交互作用强而且复杂，随着原子数目的增加，其电子轨道的能阶差变小，使电子处于抛物线形状的位能井中，当加入一个电子或取出一个电子时，很容易引起人造原子的电荷涨落，这个现象是设计单原子电晶体的物理基础。

零维纳米材料具有很高的比表面积，使它具有极高的化学活性及催化性质。其电子波函数的相干长度和人造原子的尺度相近，使电子的传导亦表现出波动的特性，而具有电导涨落起伏及非定域电导等性质，电子传导产生量子化现象之巨观量子效应。相对的，不论光、电、热、磁、声等方面，均表现截然不同的性质。

一维纳米材料

一维纳米材料是指一个材料，其三维尺度中，有二维均在纳米量级，依其结构及形状，可以分别称为纳米棒、纳米棍、纳米丝、纳米线、纳米管及纳米轴缆等。长度与直径比率小的叫做纳米棒，其比率大的叫做纳米丝，其界限并没有统一的标准，大约是以其长度亦在纳米尺寸者称为棒。如果是由半导体或金属所构成的纳米线，通常亦称其为量子线。一维纳米材料的某些性质与其长度、直径的比率有强烈的相关性，所以控制此比率是合成上的一大挑战。

在一维纳米材料中，研究最多，也是最有潜力可以上市应用的，就是纳米碳管了。除了纳米碳管外，还有大量的其他一维纳米材料合成出来，例如各种碳化物（ TiC 、 SiC 、 NbC 、 Fe_3C 、 BC_x 等）的纳米线，各种氮化物（ GaN 、 Si_3N_4 、 $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ 、 Si_2N_4 等）的纳米丝，其他如 MgO 、 InAs 、 GaAs 纳米丝， ZnO 纳米带等。如果将上述的纳米丝再做处理，使其表面被覆一层或多层的异质纳米壳层，就成了纳米同轴缆线，例如以碳化硅纳米丝经过氧化高温处理后，就形成了二氧化硅包覆着碳化硅的同轴缆线了。相反的，亦可以在已制备完成的纳米管中，填充另一异质材料，亦可形成纳米同轴缆线，例如碳纳米管中可以填充铅、铜等金属，又如先制备多孔的氧化铝模板，再将其他材料反应填入孔洞中，亦可制备得纳米同轴缆线。

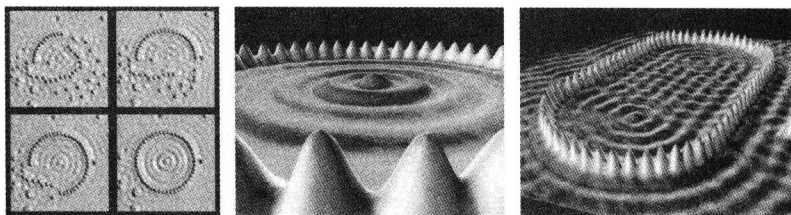


图4 以铁原子排列出图形(1-4)。侧视放大后可清楚看见电子在其图内形成稳定的驻波。

二维纳米材料

二维纳米材料是指只有一个维度的尺寸在纳米尺度范围内,当然这就是薄膜了。这方面的科学与技术算是较成熟的,例如镜片上镀的反射薄膜、二极管激光材料的多层膜均是。但是在可操控条件下,形成预设的分子排列模式,却仍然是一个尚待解决的问题。因为它是要分子排列,或站立、或斜倚、或躺下,就非得靠分子自身的力量不行了。自组单分子膜(Self-Assembly Monolayer,简称SAM)或自组分子多层膜(Self-Assembly Multilayer)就成为现今热门且极重要的题目了。当然,纳米材料可以由另一个角度去做分类,那么纳米材料可以包括:纳米物理学、纳米化学、纳米生物学、纳米材料学、纳米电子学、纳米机械学、纳米加工学等范围。

纳米材料的特异本质

这些新颖的纳米材料,拥有特异的光、电、热、磁、声、化学、生物学等性质,但为什么纳米材料有这么神奇的表

现？我们可以从其基本的物理效应做个初步了解。当材料进入了 $1 - 100\text{nm}$ 的纳米量级后，其尺寸变小，因而引致了一些基本物理效应，造成宏观物理、化学性质的革命性变化。纳米材料具有的表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应及巨观量子穿隧效应，可说是其荦荦大端。

小尺寸效应

物质内或物质间存在着各种作用力，作用力大小均与其距离相关，例如万有引力与电磁力都和距离平方成反比。另一方面，长度亦是基本的物理量，例如电磁波的波长、物质波（或德布罗意波）的波长、超导体的库柏电子对的相干长度等。我们取一块材料来，从中间的一个原子出发，越过一个又一个原子，就算走过一百万个原子，也还不超过一毫米，还是远小于一个块材，所以我们可以把一个原子或分子当成一个单元，有其势能阱，再以周期性势能阱的方式处理，其性质就可以表现出来了。此时，上述的物理作用距离与块材长度相比就毫不影响了。但在纳米材料时，其颗粒极小极小，和物理作用力的相干长度甚为接近，则周期性的边界条件将被破坏，电子的行为当然迥异于块材了。这就像是站在地球上，并不觉得地球是圆的，因为人比起地球是太小了，但若一个人站在一个大龙球上，其交互作用就不同了，只有马戏团或杂耍特技人士才可以站在上面，人一走动，球就跟着滚动。

表面效应

取个金块来看，绝对多数的金原子是包在里面的，位于表面的金原子是微乎其微的。但若把这块金子切细成纳米颗粒，表面上的原子和包覆于内部的金原子的比例，就明显地增加了。以铜为例来说，1 纳米的铜微粒，大约有 99% 的原子是位于表面的，其比表面积约为 $660\text{m}^2/\text{g}$ ，如果是 10 纳米的铜粒，约有三万个原子，其表面原子占有 20%，比表面积为 $66\text{m}^2/\text{g}$ ，若为 100 纳米的铜粒，则其比表面积缩减至 $6.6\text{m}^2/\text{g}$ ，表面原子的比例就已经很小很小了。包覆于内部的原子，其上下左右前后都有其他原子紧邻，就比较稳定，但在表面的原子，可能站在面上、棱上或者角上，前不着村后不着店的悬着，当然就极不稳定，会有很高的活性，很容易和其他的原子分子结合，此种趋势可以用比表面积能来表示，铜微粒的尺寸为 1 纳米、10 纳米及 100 纳米，其比表面积能分别为 5.9×10^4 、 5.9×10^3 、 $5.9\times 10^2\text{J/mol}$ 。表面原子数目大量增加，并占有优势的比例，则其高活性就主宰着这个材料的物理化学性质。

量子尺寸效应

原子分子的世界当然受量子力学的规范，块材内的电子行为亦由其制约。例如金属费米能阶附近的电子能量是连续的。当粒子尺寸下降到某一数值时，费米能阶附近的电子能