



精彩小宇宙

微观粒子探秘

“科学心”系列丛书编委会◎编



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

“科学心”

系列丛书

精彩小宇宙

微观粒子探秘

“科学心”系列丛书编委会◎编



合肥工业大学出版社
ANHUI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

精彩小宇宙：微观粒子探秘/“科学心”系列丛书编委会编. —合肥：合肥工业大学出版社，2015. 10

ISBN 978 - 7 - 5650 - 2466 - 5

I. ①精… II. ①科… III. ①微观粒子—青少年读物 IV. ①O572. 2 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 239909 号

精彩小宇宙：微观粒子探秘

“科学心”系列丛书编委会 编

责任编辑 韩沁钊 张和平

出 版 合肥工业大学出版社

版 次 2015 年 10 月第 1 版

地 址 合肥市屯溪路 193 号

印 次 2016 年 1 月第 1 次印刷

邮 编 230009

开 本 889 毫米×1092 毫米 1/16

电 话 总 编 室：0551 - 62903038

印 张 15

市场营销部：0551 - 62903198

字 数 231 千字

网 址 www. hfutpress. com. cn

印 刷 三河市燕春印务有限公司

E-mail hfutpress@163. com

发 行 全国新华书店

ISBN 978 - 7 - 5650 - 2466 - 5

定价：29. 80 元

如果有影响阅读的印装质量问题，请与出版社市场营销部联系调换。

卷首语

我们的物质世界有两个极限尺度，那就是“小宇宙”和“大宇宙”。“小宇宙”如同神秘的潘多拉魔盒，珍藏着众多形形色色的微观粒子，并成为这个世界不可或缺的重要部分。

人类向微观世界的进军，伴随着一种又一种神秘粒子的发现——分子、原子、原子核、轻子，夸克……每一种微观粒子的惊奇发现，都是人类向微观世界迈出的一大步；每一种微观粒子的闪耀登场，都让我们更加见识了世界的奇妙；每一种微观粒子的认识过程，都是科学巨人们的辉煌奋斗史；每一种微观粒子的应用，都给我们的文明带来了重大变革……



目 录

我型我秀——明星纳米粒子与纳米材料

另类的它——纳米粒子	(3)
碳的第三种晶体形态——富勒烯	(9)
谁能比我细——碳纳米管	(15)
立足现实——富勒烯、纳米碳管的应用	(20)
它比钻石硬——石墨烯	(24)
奇迹无处不在——自然中的纳米高手	(28)
雄鹰展翅——纳米技术	(35)
角逐战——各国纳米科技的发展概况	(39)
令人叹为观止的世界最小——组图赏析	(44)

借一双慧眼把你看清楚——显微观测

前情回顾——显微镜的发展历程	(51)
明察秋毫——电子显微镜	(57)
隧道效应的成就者——扫描隧道显微镜	(62)
原子相互作用的成就者——原子力显微镜	(67)



镜头下神奇的微观世界——摄影赏析	(72)
碰撞中认识你——粒子探测器	(78)

一粒沙子就是一个世界——走近微观粒子

挖掘真相——微观的数量级	(87)
揭开神秘面纱——宇宙的组成	(91)
气吞万象——黑洞	(99)
物质探秘——构成物质的微粒	(106)
分到尽头，谁在等你——基本粒子	(112)
原子的成就者——电子质子中子	(120)
宇宙间的“隐身人”——中微子	(125)
电磁相互作用的使者——光子	(130)

微观粒子世界的轮盘赌——量子理论

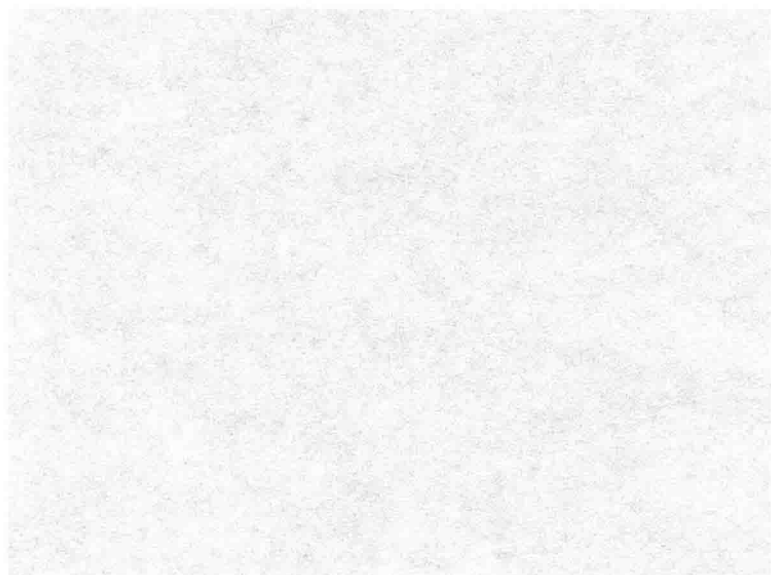
神奇的视觉盛宴——微观世界	(143)
微观世界的“法律”——量子论的发展历程	(147)
上帝会掷骰子吗？——测不准原理	(152)
非此即彼——互补原理	(156)
我不是我——波粒二象性	(160)
万能钥匙——薛定谔方程	(164)
王牌对王牌——爱因斯坦与玻尔的两次论战	(170)

细微处显神奇——微观粒子的应用

小身体大智慧——分子机器人	(177)
成败一线间——纳米化妆品	(182)
别惹我发火——核武器	(187)



无坚不摧——粒子束武器	(194)
小头脑大智慧——量子计算机	(199)
我运动，我变化——物态变化之谜	(204)
放疗治癌的冲锋枪——质子治疗	(208)
生命的螺旋——DNA 分子模型	(212)
多种波长、多种选择——自由电子激光器	(218)
灰飞烟灭中了解你——粒子加速器	(223)

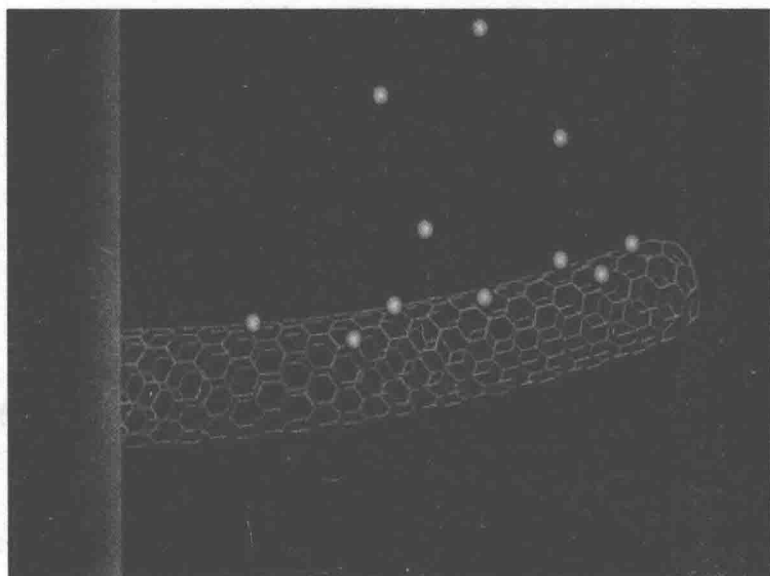


另类的它——纳米粒子

我型我秀

——明星纳米粒子与纳米材料

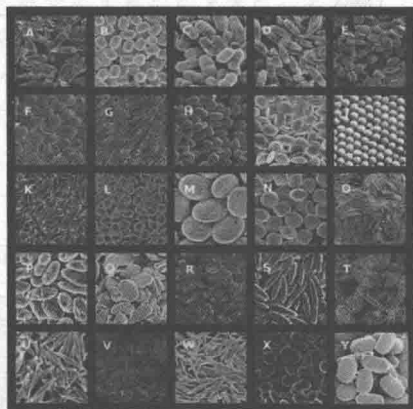
有那么一些小球，它们叫“巴基球”；
有那么一些管子，它们叫“碳纳米管”；
有那么多材料，它们叫“纳米材料”；
有那么一门技术，叫“纳米技术”；
它们，是今日的明星，群星闪耀！
让我们一起来走近它们，了解它们……





另类的它——纳米粒子

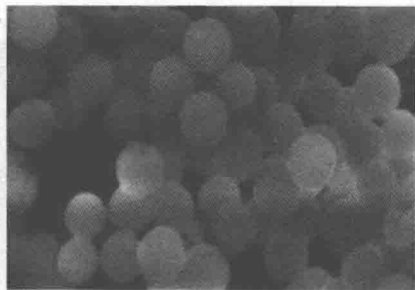
1 纳米是 10^{-9} 米；相当于 45 个原子排列起来的长度。通俗一点说，相当于万分之一头发丝粗细。就像毫米、微米一样，纳米是一个尺度概念，并没有物理内涵。纳米粒子指的就是在纳米尺度范围内的粒子，过去，人们只注意原子、分子或者宇宙空间，常常忽略这个中间领域，而这个领域实际上大量存在于自然界，只是以前没有认识到这个尺度范围的性能，那么，让我们一起来见识一下纳米粒子的特殊性吧？



◆ 各种各样的纳米粒子

什么是纳米粒子

纳米粒子 (nanoparticle) 也叫超微颗粒，一般是指尺寸在 $1 \sim 100\text{nm}$ 间的粒子，处在原子簇和宏观物体交界的过渡区域，从通常的关于微观和宏观的观点看，这样的系统既非典型的微观系统亦非典型的宏观系统，是一种典型的介观系统，它具有表面效应、小尺寸效应和宏观量子隧道效应。当人们将宏观物体细分成超微颗粒 (纳米级) 后，它将显示出许多奇异的特性，即它的光学、热学、电学、磁学、力学以及化学方面的性质和大块固体相比将会有显著的不同。

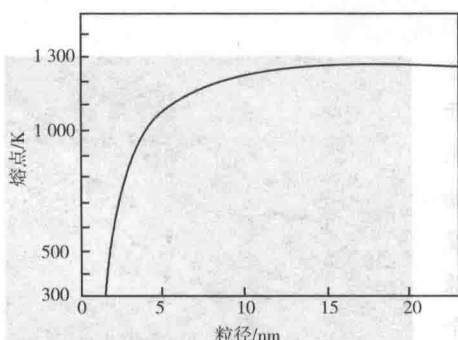


◆ 纳米粒子



纳米粒子的性质

表面效应



◆金微粒熔点与粒径的关系

球形颗粒的表面积与其直径的平方成正比，其体积与其直径的立方成正比，故其比表面积（表面积/体积）与直径成反比。随着颗粒直径的变小，比表面积将会显著地增加，颗粒表面原子数相对增多，从而使这些表面原子具有很高的活性且极不稳定，致使颗粒表现出不一样的特性，这就是表面效应。

超微颗粒的表面具有很高的活性，在空气中金属颗粒会迅速氧化而燃烧。如要防止自燃，可采用表面包覆或有意识地控制氧化速率，使其缓慢氧化生成一层极薄而致密的氧化层，确保表面稳定化。利用表面活性，金属超微颗粒可望成为新一代的高效催化剂和贮气材料以及低熔点材料。



小知识



◆山东百枚火箭弹人工降雨最大程度缓解旱情

人工降雨

我们平时能够遇到的与表面效应有关的一个典型例子就是水滴的形成。在饱和或过饱和蒸气中的水滴，如果它的半径足够大，那么周围的水蒸气就会逐渐凝聚到这个水滴上，于是水滴也就逐渐地变大。若是水滴本来就很小，那么，由于表面效应的影响，要想维持水滴的存在，外界就必须有很高的蒸气压，



小知识

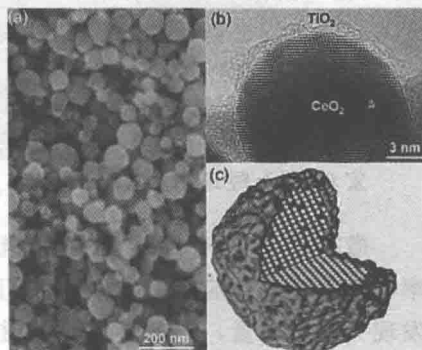
这样，在一般的蒸气压条件下，水滴便不会增大，而会逐渐地蒸发掉。天空中飘着的云就是由许许多多这样的微型水滴构成的。在雨即将到来的前夕，外界的蒸气压力增高，这些微型水滴通过互相碰撞逐渐结合成越来越大的水滴，最后，当空气的浮力和运动的阻力再也承受不了它们的重量时，它们就向地面掉下来，成为了雨滴。由此也可以看出，如果在过饱和蒸气中掺入一些杂质颗粒如尘埃等，将有助于水滴的形成。如果天上已经有了很厚的云，这时用飞机在云层中散布一些杂质微粒就会加快雨滴的形成，从而达到降雨的目的，这就是人工降雨。

小尺寸效应

随着颗粒尺寸的量变，在一定条件下会引起颗粒性质的质变。由于颗粒尺寸变小所引起的宏观物理性质的变化称为小尺寸效应。对纳米粒子而言，尺寸变小，同时其比表面积亦显著增加，从而产生如下一系列新奇的性质，如：特殊的光学、热学、磁学、力学性质等。

(1) 特殊的光学性质

所有的金属在超微颗粒状态都呈现为黑色。尺寸越小，颜色愈黑，连黄金被细分到小于光波波长的尺寸时，也会失去原有的富贵光泽而呈黑色。事实上，利用这个特性可以作为高效率的光热、光电等转换材料，可以高效率地将太阳能转变为热能、电能。此外还有可能应用于红外敏感元件、红外隐身技术等。



◆ 纳米颗粒



◆ 中国新型 JH7B 隐身战机



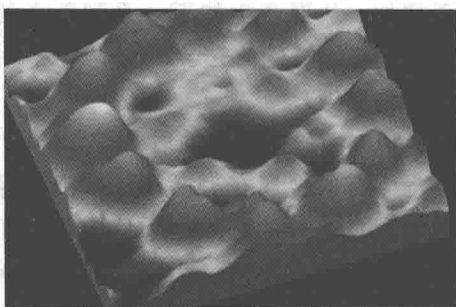
◆ 纳米陶瓷

延展性。例如，陶瓷材料在通常情况下呈脆性，然而由纳米超微颗粒压制成的纳米陶瓷材料却具有良好的韧性。

另外，超微颗粒的小尺寸效应还表现在超导电性、介电性能、声学特性以及化学性能等多个方面。

宏观量子隧道效应

微观粒子具有穿透势垒的概率，称为隧道效应。近年来，人们发现一些宏观量，例如小颗粒的磁化强度，量子相干器件中的磁通量等亦具有隧道效应，称为宏观量子隧道效应。宏观量子隧道效应对纳米科技有着重要的价值，它是纳米电子学发展的重要基础依据。



◆ 宏观量子隧道效应

(2) 特殊的热学性质

当颗粒小于 10 纳米量级时，颗粒的熔点将显著降低。银的常规熔点为 670°C ，而超微银颗粒的熔点可低于 100°C 。超微颗粒熔点下降的性质对粉末冶金工业具有一定的吸引力。

(3) 特殊的力学性质

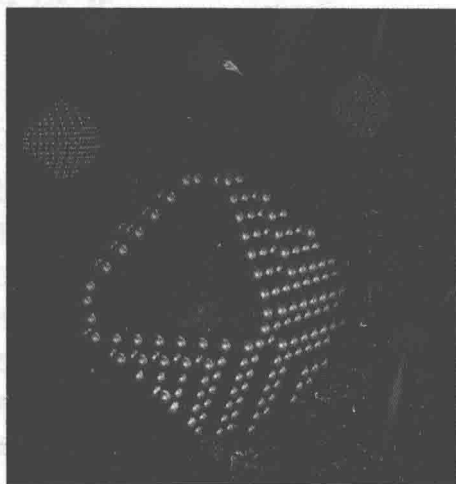
纳米材料具有大的界面，界面的原子排列是相当混乱的，原子在外力变形的条件下很容易迁移，表现出甚佳的韧性与一定的



纳米粒子的一些应用

发光纳米粒子

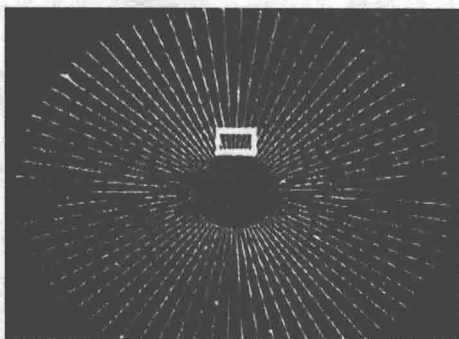
纳米粒子能在尺寸方面提供超越传统半导体 LED 与激光组件的优势，且只要改变其大小就能改变颜色，制造成本也较低。它的缺点是会任意明灭，纳米粒子通常是以同心球壳层组成，以克制其发光特性，隔离其有毒的内部材料，或针对特定应用来调制外表层。而纳米粒子的两种材料接触的位置，与芯片上两种不同半导体材料的接触面一样，都是崎岖不平的。科学家认为那样的接口就是造成发光纳米粒子闪烁的原因。研究人员正在采取各种方法克服这个瓶颈。



◆ 新型发光纳米粒子

纳米平版印刷

很多科学家认为将纳米粒子合并入功能性结构中最有希望的方法就是通过它们自身的装配性，这一性质已经普遍应用于不同的平板印刷技术中。由科学家 K. 莱布汉克兰及来自美国、日本和德国公共机构的研究小组所研发的“化学平版印刷术”，是纳米材料自装配技术的最新类型之一。

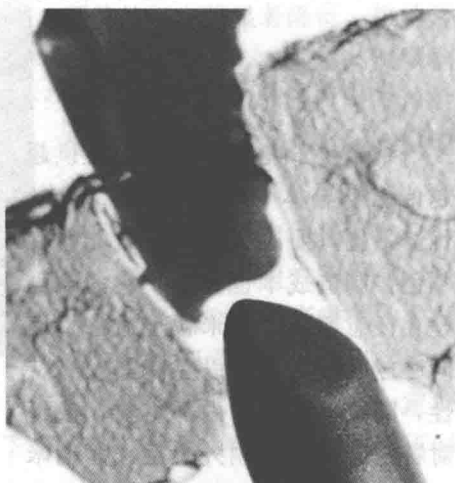


◆ 纳米印刷



纳米化妆品

一些护肤品生产厂家在抗衰老的产品中加入碳富勒烯，或在防晒霜中加入某种纳米粒子。虽然，纳米粒子比较容易被吸收，但是，从另一方面讲，正是因为它太容易被吸收，所以它可以轻易地越过各种防线进入到人体的其他部位，它会不会与人体中的其他物质发生反应而引起病变呢？这个还有待于研究，所以，纳米化妆品还是慎用哦！



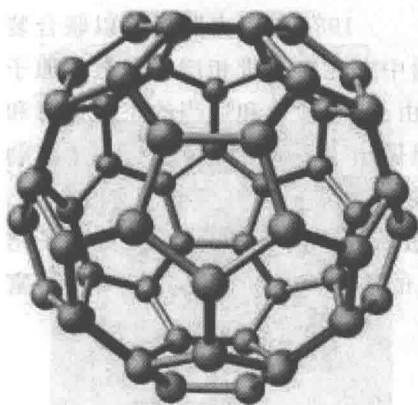
◆纳米化妆品

近十多年来，尚有“库仑堵塞与量子隧穿”，“介电限或效应”等新效应被发现。这些效应使得纳米材料呈现出与宏观材料显著不同的特性，更加吸引着人们开拓和探索这一引人入胜的学科领域。



碳的第三种晶体形态

——富勒烯



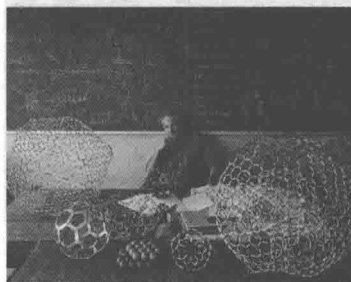
◆富勒烯

它跟金刚石和石墨一样，是碳的一种同素异形体，由碳一种元素组成，它有球状、椭圆状，也会有管状结构存在，石墨的结构中只有六元环，而它的结构中可能存在五元环。它是谁呢？它就是富勒烯。1985年理查德·巴克敏斯特·富勒发现了第一个富勒烯 C_{60} ，又被命名为足球烯，它的表面结构与足球完全一致。富勒烯的名称也由富勒而来……

富勒烯的发现

1960年以来，就有人猜测过中空形状碳素分子存在的可能性。

1980年英国苏塞克斯大学的微波光谱学家克罗托（Kroto）教授通过



◆克罗托



◆内嵌富勒烯

获得诺贝尔化学奖后，斯莫利成为纳米技术领域的坚定支持者，期待以纳米技术的发展来解决类似能源那样的全球性问题。



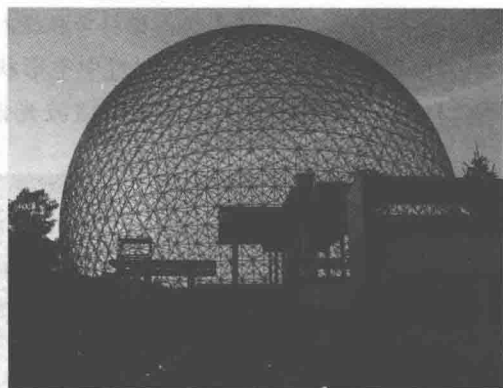
研究星际云团和红巨星气团光谱中所见长链聚乙炔信号的契机，巧合地通过美国莱斯大学的柯尔（Curl）与该校的斯莫利（Smalley）共同合作，利用斯莫利所创制的激光气化超声束流仪进行了相应的探索性研究。

1985年，克罗托等以联合装置中的质谱仪进行分析，首次发现了质谱中存在着一批相应于偶数碳原子的分子的峰，发现了 C_{60} 并指出 C_{60} 可能由60个顶角和适当的正五边形和六边形组成。后来斯莫利根据他的猜想做出了一个 C_{60} 模型——“富勒烯”。克罗托因为这一发现和斯莫利、柯尔三人共获1996年诺贝尔化学奖。“富勒烯”，其名称源于美国建筑师巴克敏斯特·富勒，因为 C_{60} 的原子结构与他设计的多面体穹顶相似。发现 C_{60} 的科学家是受到巴克敏斯特·富勒建筑结构的启发，因而命名。



名人介绍——R·巴克敏斯特·富勒

R·巴克敏斯特·富勒（R·Buckminster Fuller，1895～1983年），美国工程师、建筑师、设计师和发明家。他的网格穹顶，一种由四面体框架（三面加底座的金字塔形）构成的自我支撑的半球体，被认为是自拱门诞生以来最伟大的建筑发明。富勒的设计基于一种他创造的被称之为“力量协同几何”的数学体系，他认为三角形是自然界的基本建筑单元。作为最经济 and 最具适用性的



◆加拿大蒙特利尔世界博览会美国馆