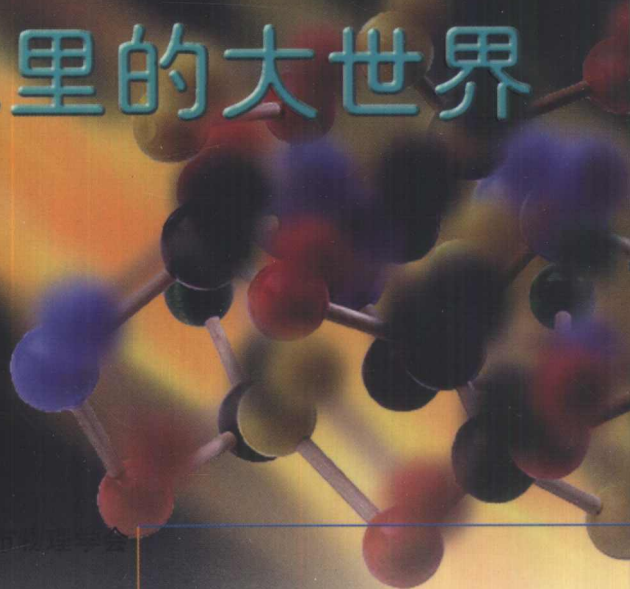


物理学 家 谈 物 理
国 家 “ 十 五 ” 规 划 重 点 图 书

主 编 中科院院士 王 迅
副主编 复旦大学教授 蒋 平

戴道宣 著

纳米—— 小天地里的大世界



83-49

少年儿童出版社

SS 6 物理学 家 谈 物 理

13883-49

主 编 中科院院士 尹 迅
副主编 复旦大学教授 蒋 平

戴道宣 著

纳米—— 小天地里的大世界

上海市物理学会

少年儿童出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

纳米:小天地里的大世界/戴道宣著. —上海:少年儿童出版社, 2003.1

(物理学家谈物理)

ISBN 7-5324-5347-2

I. 纳... II. 戴... III. 纳米材料—青少年读物
IV. TB383-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 089216 号

物理学家谈物理

纳米——小天地里的大世界

戴道宣 著

赵晓音 装帧

责任编辑 周玉洁 美术编辑 赵 奋

少年儿童出版社出版发行	开本 850 × 1168 1/32
上海延安西路 1538 号	印张 5 插页 2
邮政编码 200052	字数 99,000
全国新华书店经销	2003 年 1 月第 1 版
少年儿童出版社排版	2003 年 1 月第 1 次印刷
商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷	印数 1—8,000

网 址: www.jcph.com

电子邮件: jcph@jcph.com

ISBN7-5324-5347-2/N · 638(JL) 定价: 12.00 元

前 言

“科教兴国”的方针早已家喻户晓。无疑,科教兴国更要“从娃娃抓起”。对青少年普及科学知识是实施科教兴国方针的必要举措,应当是全社会的重要任务;而出版面向青少年读者的科普读物自然是必需的题中之义。少年儿童出版社在上海市物理学会的支持下推出《物理学家谈物理》丛书,正是为这一任务贡献力量的义不容辞之举。

物理学是一切科学技术的重要基础。从最简单的家用照明灯具到有世界性政治、军事影响的核武器;从广阔无垠的宇宙深处到我们人体自身内部,物理学可算是无处不在。从某种意义上来说,在新世纪里物理学及其发展依然会影响、推动、促进其他科学技术的进步。显然,对新世纪的建设者普及物理学的知识更是当务之急。另一方面,一段时期以来,伪科学猖獗一时,公然在科学的幌子下混淆视听、以售其奸。更有一些商家打着科学新名词的旗号胡乱炒作、以假乱真,闹得乌烟瘴气。在这个时候,《物理学家谈物理》的出版无疑有助于去浊还清、正本清源。因此,丛书面市显得既极有必要又十分及时。

作为丛书,《物理学家谈物理》明显地有着自身独特的色彩。

首先,作者都是中国的物理学家,科学知识的正确性是其非专业作者难以望其项背的。一位知名教授在评论科普作品时常说,科普作品应能做到“专家认可,群众爱看”。这

八个字看似简单,要真正做到并不容易。这套丛书所有的作者都师出名门,毕业于国内顶级高等学府物理系;并且都在物理学领域辛勤研究数十年。由他们撰写物理学的科普作品,从根本上保证了科学的严谨性,“专家认可”当不成问题。而且,丛书作者都有在学校教学的经验,有将深奥的科学原理表达得深入浅出的丰富经验;在撰写丛书时又在作品的可读性、趣味性方面倾注了大量的心血,使读者能兴趣盎然地遨游于他们未知的世界。

其次,这套丛书的一个显著特点是:每一本书都只涉及物理学的一个分支领域,而作者又都是相关领域里卓有成就的物理学家。他们在自身的领域里都有骄人的成绩,而且十分熟悉当前国际上的科学发展动态。因此,丛书的时代感相当突出。阅读这套丛书,读者可以了解到当代最前沿的科学成就,包括科学家借以获得这些成就的过人的思维方式和工作方式,其中不少内容连新出版的教科书都未涉及。而现在的教育改革,正向提高青少年创新能力这一方向推进;教学导向正从“知识立意”向“能力立意”转换,要求学生不局限于课堂知识,积极开阔眼界,吸收新知识,吸收科学思想、科学方法和科学精神,形成创新的思维方式。就这一点来看,丛书将使青少年受益无穷。

不仅如此,丛书虽由少年儿童出版社出版,但因其知识的正确性、文风的可读性、涉及到当代以及未来社会发展的前沿性,使得所辐射的读者群自然地延伸到了青少年以外。据笔者所知,甚至有在物理学领域里工作了数十年的专家,在阅读丛书校样时也感到获益良多,颇有“人得门来,别有洞天”之感。如前所说,物理学影响并推动着其他科学领域的发展,与每一个人都都有密切的关系,我们相信,对于从事各

类专业工作的成人读者,这套丛书也能在一定的程度上满足他们对新知识、新方法的汲取热望。

不得不提的是,各位作者在撰写书稿的时候,没有任何个人的功利目的,在百忙之中以一颗关心下一代、为科教兴国尽力的赤诚之心倾力撰述。这一种崇高的社会责任感让人油然而生敬意,笔者愿借此向他们表示衷心的感谢。

王 迅 薛

开头的話	1
1. 向纳米世界进军的急先锋——扫描隧道显微镜 (STM)	7
精彩世界很乏味	7
晶莹剔透、坚硬无比的金刚石和黑不溜秋、软不拉几的石墨, 是同一个“妈妈”的宝贝“儿子”!	
阿里巴巴的“芝麻”打开了宝藏的门缝	11
STM让我们“看”到了直径为0.1纳米的原子, 而这样的原子在一粒砂子中有几万亿亿个!	
玩一玩原子	27
原子可以像搭积木那样随意搭建、推倒……	
把电子关进围栏里	33
难道电子也可以像牲口一样关起来? 千真万确。	
STM的光辉家史	36
我国学者许杨研制成功的扫描隧道显微镜一代接一代, 升级更新实在快。	
我国的STM研究成果	39
成果累累……	
STM 的优点和缺点	42
如果把 STM 突出的优点比喻为针尖下的辉煌, 那么它的缺点和局限性则可看成是针尖下的困惑。	
2. 丰富多彩的力显微术	46
原子力显微镜 (AFM)	46
从STM走到AFM原来是逆向思维的功劳!	
我国的AFM	51
请看我国达到国际水平的AFM和用它做出的国际水平的研究成果。	

- 磁力显微镜 (MFM)** 55
 扩散思维也不示弱,给我们带来了MFM。
- MFM大显身手** 58
 STM、AFM和MFM……哈,它们准会给我们带来新的家伙,对,又有一个新家伙,叫SPT,到底是什么玩意儿,你自己看吧。
- 摩擦力显微镜 (FFM)** 61
 人们盼望着从摩擦这个虎口中“虎口夺能”、“虎口夺材”。
- 扫描探针印刷术** 67
 如果用扫描探针印刷术来印书报,那么每个读者都要用一架STM才行。
- 3. 奇妙的光学测控** 71
- 为物品鉴定“指纹”——近场光学显微术** 71
 此“指纹”非彼“指纹”,还是请你看正文。
- 让原子安静下来** 77
 原子有多动症,可美籍华人朱棣文让原子动得比蚂蚁爬还慢,简直就是停住了!科学家的成就使得我们的时间计量差不多几亿年才会误差一秒钟,使得我们有了原子激光,使得……
- 4. 异军突起的纳米电子学** 84
- 集成电路用它的“极限”迎来了纳米电子学** 84
 纳米技术使得科学家对有机、无机、生物分子都可以进行由小而大的“组装”。
- 占岛为王的电子** 90
 电子就愿意独个儿呆在纳米尺寸的领地上,别的电子休想上门拜访。科学家做通这个孤家寡人的工作,代它发出了《下一个电子请进来》的邀请。
- 单电子场效应晶体管终于诞生了** 97
 可别小瞧了它,它将来可能应聘为数字计算机的标准部件呢!

5. 变幻莫测的碳纳米	100
碳原子“积木”	100
为什么同一个“妈妈”的金刚石和石墨会那么不同? 让我们用一个原子大小的机器人钻到它们体内去考察一番。	
碳原子笼	104
黑白相间的足球触发了科学家的灵感……	
漫长的探索之路	107
一字之差造成一位科学家的终身遗憾。	
球笼形新积木	111
倒过来看看 C_{60} 。	
碳洋葱	114
布基洋葱印证了天上地上是一家。	
碳纳米管	116
世界上最细的“毛细管”。	
世界水平的碳纳米管	120
我国在新型准一维功能材料碳纳米管制备方面创下世界第一!	
奇特的碳纳米管	123
碳纳米管的已知特性已经令人瞠目结舌,而新的特性还在开发中。	
新型场发射电子源	125
碳纳米管将给我们迎来新型电视机显像屏。	
碳纳米大家族	128
原则上可以用原子笔制造世界上的一切东西,让马良的“神笔”甘拜下风。	
6. 纳米世界最新动态拾零	136
世界一流的超长定向碳纳米管阵列	136
超长碳管阵列,可以像竹子一样“砍”下来,砍过之后的“土地”	

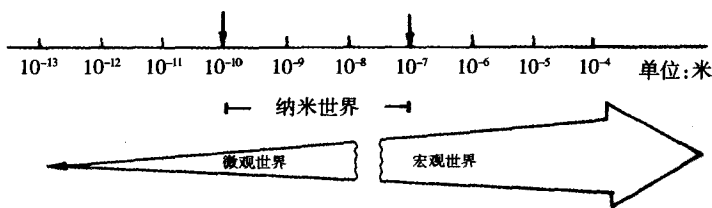
- 上,居然能“春风吹又生”地再用来生长碳管!
- 世界上最小的秤** 138
 谁都无法解决称一个细胞或是一个病毒的重量的难题, 纳米小子不费吹灰之力赢得满分。
- 单个原子的重力加速度** 140
 朱棣文的成就, 既是物理学的又一奇迹, 更是纳米世界中的亮点。
- 最小的纳米信息点** 140
 我国科学家提前跨入21世纪的30年代, 超小信息点的尺寸已经接近纳米功能点的极限值!
- 纳米机械的脚步声** 142
 四分之一粒芝麻大的马达, 可在两粒花生米大的机场起降的直升机……
- 最小富勒烯固体成员 C_{36}** 143
 大名鼎鼎的 C_{60} 的“小弟弟”。
- 药片般的微型网络电脑和砂粒似的高速电脑** 144
 看看标题想象一下这些个电脑, 能想它多小, 就想多小!

开头的话

纳米 (nm) 是一个很微小的长度单位, 1 纳米仅为十亿分之一米, 约为一根头发丝的十万分之一。10 个氢原子挨个儿排在一起, 差不多就 1 纳米长。

林林总总、艳丽多姿的大千世界, 从浩瀚无垠的宇宙到小得难以想象的基本粒子, 按空间尺度可依次分为宇观、宏观、介观与微观这四个范围, 虽然介观的范围不全由几何尺度来定, 目前大体在 0.1~100 纳米之间, 这也正是纳米世界的范围。

一般认为纳米世界的空间尺度并不仅限于纳米, 而是在 0.1~100 纳米即 10^{-10} ~ 10^{-7} 米之间, 其下限比氢原子直径略小, 上限略大于红光的波长, 因此这个世界的尺寸跨度仅为千倍左右, 显然比宏观世界和微观世界的覆盖范围都要小得多, 但其重要性并不亚于它们。



纳米世界尺寸的跨度

从大家都知道的宏观世界和微观世界，走到许多人还不熟悉的纳米世界，这条路一次次给人类带来飞跃的发展。

纵观世界科学发展史，20世纪前主要涉及宏观世界，20世纪在微观世界研究中取得重要进展。相对论、量子力学和原子核物理，是20世纪物理学取得进展的三大标志性成就。同时以电子技术、计算机技术、信息技术、生物工程技术等为代表的高技术，使人类在微小型化道路上取得划时代的进展。以称为计算机“发动机”的半导体集成电路为例，现在商业生产的光刻线度已达到0.18微米的水平，不久就会达到0.1微米以下，就要进入纳米世界了。举个例子：与日本NEC合资的上海华虹公司上世纪90年代末生产的集成电路线条已达0.25微米的世界先进水平，现正向0.18微米挺进！

追根溯源，纳米尺度上的科学和技术问题，最早于1959年由费因曼首次提出。不过其后20年里进展甚微，直到上世纪80年代初发明了能对纳米尺度的结构进行观测、操作和研究的扫描隧道显微镜和随后的原子力显微镜以来，纳米科技才获得迅猛的发展。1990年在美国召开了第一届纳米科学技术会议，随后出现《纳米技术》、《纳米生物学》等国际性专业杂志以及以纳米冠名的许多新名词和新概念。至今，纳米科学已成为一个重要的涉及物理学、化学、生物学等领域的综合性分支科学，而纳米技术的发展也已展现出巨大的现实和潜在应用前景。因此不仅受到科学界、企业界的重视，从国家领导人到老百姓，无不重视、关心这一新兴的科技新葩。

因发明扫描隧道显微镜而分享1986年度诺贝尔物理奖的罗尔，在给中国国家主席江泽民的信中提及，如今重视纳米科技的国家，将有希望成为先进国家。钱学森1991年也曾

预言：“我认为纳米左右和纳米以下的结构是下一阶段科技发展的重点，会是一次技术革命。”美国《商业周刊》将纳米科技与生命科学和生物技术以及从外星球获得能源并列为21世纪可能取得重大突破的三个领域之一。

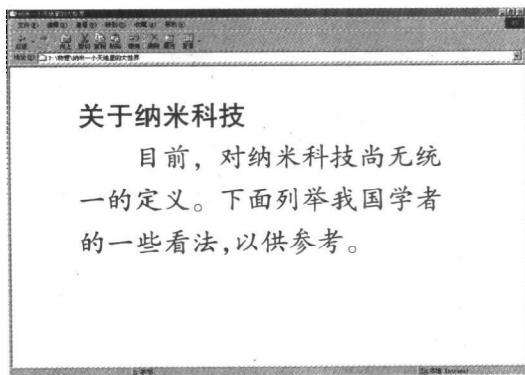
我国对纳米科技相当重视。1991年11月，中科院召开了纳米发展战略学术研讨会，1992年9月中国真空学会组织了第一届纳米科技学术会议。列入国家重大科研项目的“纳米材料研究”已于1997年通过结题验收，并被推荐为“九五”优先立项延续实施。2000年12月白春礼院士在中南海给中央领导人作了“纳米科技及其发展前景”的报告，当时朱镕基总理指示要抓紧制订我国纳米科技发展的中、长期规划。

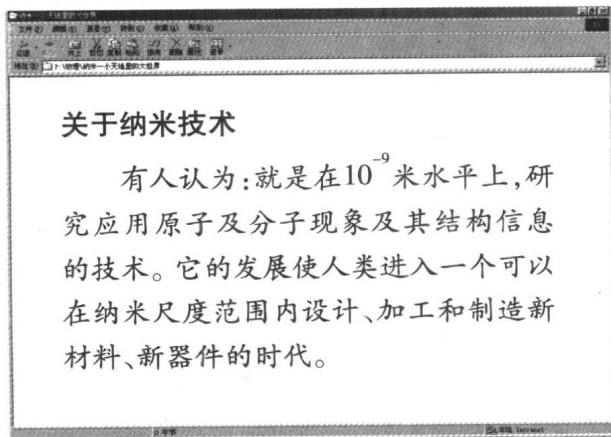
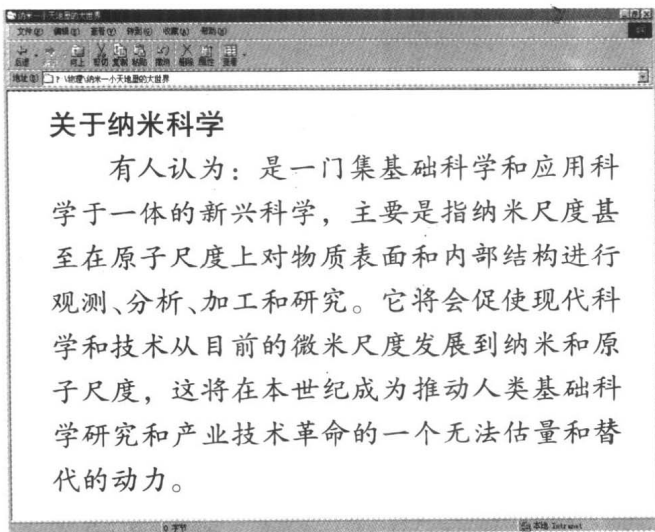
令人感到鼓舞的是，有关纳米研究的喜讯不断传来，预示着纳米科技将促进包括生命科技、信息科技在内的几乎所有科学技术领域的迅速发展，必将在21世纪大放异彩，使高技术向“更小”、“更快”、“更省”、“更优”、“更新”的目标阔步前进。我国在此领域起步较早，进展迅速。近几年内，已取得一系列具创新性的国际先进水平的重要成果，在世界纳米科技中占有一席之地，后面将陆续介绍。

本书旨在脚踏实地地向青少年介绍纳米科学的主要研究领域以及纳米科学的研究成果在技术上可能应用的方向,而不着意罗列一切时髦的冠以纳米之名的产品。

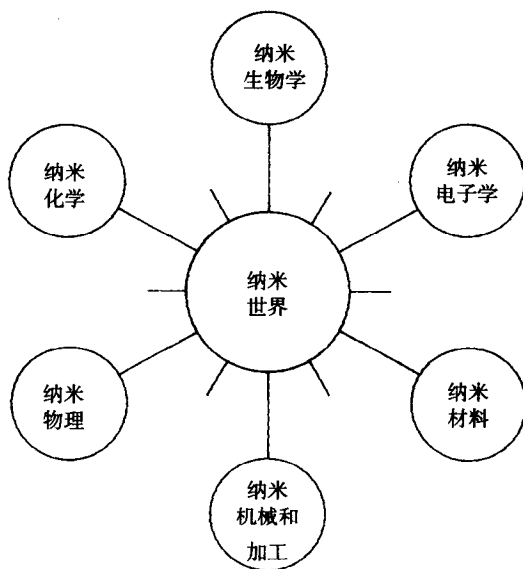
全书以扫描探针显微术与碳纳米家族为重点,介绍观测、操作和研究纳米结构的原理和方法;兼顾纳米科学在信息科学技术等领域内的应用。当然,介绍当前的最新进展,特别是我国科学家的杰出贡献,也是应有的题中之义。本书在介绍科技成果的同时,也注意着重介绍科学家的创新精神,以期对青少年读者有所启迪。衷心希望青少年朋友们能关心和热爱纳米科学技术,并乐于投身到这一极富发展前途和充满挑战性的崭新领域中去。

小索引





总的来说，纳米科技粗略地可分为纳米物理、纳米化学、纳米生物学、纳米电子学、纳米材料以及纳米机械和加工等几个领域。



纳米物理、纳米化学、纳米生物学、纳米电子学、纳米材料以及纳米机械和加工

小 资 料	
中文大名	扫描隧道显微镜
英文爱称 (简称)	STM
身材	苗条,主要肢体仅一根金属丝
性格	随和,让它呆在大气中、液体中也没有怨言
爱好之一	喜欢用原子搭积木
家史	变异率极高,一两年就诞生一代
事业	扫描隧道显微术

1. 向纳米世界进军的急先锋 ——扫描隧道显微镜(STM)

精彩世界很乏味

同学们一定都知道一句大俗话:外面的世界很精彩。这话没错。的确,大千世界,五彩缤纷,令人目不暇接。不过,这个精彩世界里的每一样东西,归根结底却又非常简单,简单得几乎有点乏味:都是由原子构成的,而原子也就一百种上