

全世界科学家在世界范围内的联合行动

GRAINES
DE SCIENCES

$$\frac{(1-e^2)}{(1+e)^2}$$

$$2a+$$

$$\pi=3.14$$

$$x=ut$$

$$y=ut$$

$$gt$$

$$y=ut \sin(a)-1/2 gt$$

$$4u$$

$$Ra+40a+40 \times 2a=0$$

$$y=ut \sin(a)-1/2 gt$$

$$vb'=1/4u(1-e^2)$$

$$vc'=1/4u(1+e)^2$$

$$-3.14159 \cdot 654$$

技术领域·
数字世界



问

不倒

做中学



$$+vb=u$$

$$-e)$$

$$+e,$$

$$b=1/2u(1+e)$$

$$ve=-1/2eu(1+e$$

$$1-e^2)$$

$$vc=1/4u(1+e)^2$$

$$Ra+40a+40 \times 2a=0$$

[法] 大卫·威廉让布斯 迪迪埃·保罗 主编

楼敏洁 韦群 俞佳乐 译

《科学的种子》十年精华 法国版“十万个为什么” 全球最有影响力的科学普及图书

上海科学技术文献出版社



做中学 问不倒

技术领域·数字世界

[法] 大卫·威廉让布斯
迪迪埃·保罗

楼敏洁 韦 群
俞佳乐

主 编
译

上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

技术领域·数字世界/(法)大卫·威廉让布斯等主编;楼敏洁等译.-上海:
上海科学技术文献出版社,2010.8

(问不倒)

ISBN 978-7-5439-4440-4

I.①技… II.①大…②楼… III.①数字技术-少年读物 IV.
①TN-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第142449号

29 notions-clés pour savourer et faire savourer la science

© Éditions Le Pommier - Paris, 2009

Ouvrage publié avec le concours du Ministère français chargé de la Culture -
Centre National du Livre

本书获得法国国家图书中心翻译资助

DIVAS INTERNATIONAL (迪法国际)代理本书中文版权。

contact@divas.fr.

Copyright in the Chinese language translation(Simplified character rights only)©

2010 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House

All Rights Reserved

版权所有,翻印必究

图字:09-2010-083

责任编辑:张 树

封面设计:许 菲

技术领域·数字世界

[法]大卫·威廉让布斯 迪迪埃·保罗 主编

楼敏洁 韦 群 俞佳乐 译

出版发行:上海科学技术文献出版社

地 址:上海市长乐路746号

邮政编码:200040

经 销:全国新华书店

印 刷:江苏常熟市人民印刷厂

开 本:787X1092 1/16

印 张:7.5

字 数:113 000

版 次:2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

书 号:ISBN978-7-5439-4440-4

定 价:18.00元

<http://www.sstlp.com>

前言

十年来,每年出版的《科学的种子》图书像自然界中的种子一样随风播撒。1996年,在法国科学院的支持下,诺贝尔物理奖得主乔治·夏帕克(Georges Charpak)倡导在法国小学开展名为“动手做”^①(在中国叫“做中学”——译者注)的实践活动,《科学的种子》系列丛书因此问世。该丛书面向科学爱好者、学生家长和中小学教师推出,丛书的每一册都由才华横溢的科学家撰写,分为十几个章节,涉及丰富多样的科学主题。丛书的编写还得到了许多在职教师的大力协助,他们并非专业科研人员,却对科学知识充满了好奇,在品味到科学的乐趣之后,愿意将科学知识传授给自己的学生们。

有不少家长坚信,在“科学”一词面前,自己只能裹足不前。孩子用天真的眼睛打探身外的世界,他们想在家中重温课堂上的实验,与生俱来的好奇心驱使他们提出一个又一个问题,家长们却往往无言以对。希望在孩子成长的道路上,《科学的种子》丛书能帮助家长学会与孩子分享科学的乐趣。

为庆祝《科学的种子》的第十个生日,我们推出了特别的丛书——《问不倒》。事实上,自2006年以来,法国的学前班、小学和初中的教育实践都要遵循一个名为《公共基础知识与能力大纲》的官方文件,该文件规定了法国中、小学校在七大领域中应该传授给孩子们的知识。因此,这并不是传统意义上的教学大纲,而是一个核心,学校具体的课程设置、教师的教学方法和家长的辅导都围绕这个核心展开。《公共基础知识与能力大纲》的原则已经体现在很多欧洲国家的教育体系中,在此,我们无意对其合理与否做出详细的判断。

《公共基础知识与能力大纲》共涉及七种能力,基础数学与科技知识是其中的

^① 该活动法文名为“La main la p te”,意为“动手和面团”,简称“动手做”。——译者注

第三种能力。本丛书关注与数学密不可分的自然科学，我们将重点放在观察和实验上，因为观察和实验体现了自然科学的特色。《公共基础知识与能力大纲》明确借鉴了“动手做”项目的教学理念，在提问、操作和实验中，让孩子们体会到科学的乐趣，他们的好奇心、批判精神和创造力得到发展。面对种种自然现象和科技产物，孩子们的想象力、表达、论证和写作能力得到锻炼，思想由此形成。

全法国的孩子们究竟要具备哪些科技知识？我们真心希望，作为知识国度的一个组成部分，科学和它的孪生姐妹——技术，能像文学、艺术、音乐和其他众多人类实践一样，成为这个国度里最美丽的风景。当然，这个角落包含着丰富的知识，孩子们要知道……孩子们要了解……通过不断知道和了解的学习过程，初中毕业的青少年对于身外的世界有了合理的表述。这片领地中还蕴藏着巨大的财富：通过观察、提问、分辨，学会推理因果，了解可见与不可见，过去、现在和未来……孩子各种能力的发展使他们获益匪浅。对21世纪的地球公民来说，这些能力比以往任何时候都要不可或缺。当然，人类的能力并非是科学赋予的，科学只是启发了孩子的心智，而科学实践又使得他们的能力得以发展，尤其是在孩童和少年时代，因为这个阶段孩子脑部结构和认知功能的形成将影响其终生。

本丛书借鉴《公共基础知识与能力大纲》中主要的科学主题和编写脉络，围绕着宇宙的结构、地球、物质转变、生物、光、能量、人类及其对生态系统的影响、科技产品、数字处理和自动化程序等主题，选取《科学的种子》丛书的精华文章，并做了必要的信息更新。根据以上主题，丛书分为九大部分，每一部分选取若干文章，各部分都有对相关主题的介绍。丛书将让孩子们在成长的过程中，对科学从惊讶到理解。我们将解释如何通过课堂、家庭、日常生活和博物馆中的观察和实验，使孩子们逐渐接受某些复杂的科学概念。我们愿意帮助家长和老师去衡量，对这些科学主题的了解在孩子们思想形成中起到了怎样的宝贵作用。

从幼儿园到小学，再到初中四年^①的学习生活是一段很长的道路。从蹒跚学步的幼儿园宝宝到初中毕业的少年，未来向他们打开，发展思想、了解世界的很多机

① 法国初中分四个年级，分别称为第6年级、第5年级、第4年级、第3年级。——译者注



会或许被抓住，也时常被错过。本丛书编写的目的在于帮助孩子们度过他们成长过程中的这些关键时期。

自2000年以来，由五十多个最发达国家组成的、总部设在巴黎的经济合作与发展组织每3年会对15岁的青少年进行PISA测试。该测试主要面向其成员国，也会涉及其他一些愿意参加测试的国家。测试内容包括三个方面：阅读能力、数学能力和科学能力。与法国的初中、高中会考不同，该测试的目的并非通过习题来检测学生掌握的知识，而是考察他们如何运用在学校学到的知识去理解日常生活中遇到的情况，如何面对复杂的实践做出反应。2006年的测试结果说明，在科学领域，法国青少年的能力正好处于平均水平，这个情况本身已经不值得骄傲，更何况其结果差距悬殊。有些青少年表现优秀，他们可能成为令人艳羡的科学方向的学生，然而也有很多青少年面对提问无言以对。值得注意的是，这些孩子们在四年前小学毕业，当时“动手做”活动刚刚开始在校园开展，而四年初中阶段大量的科技教育也不曾帮助他们在测试中取得成功。

法国社会学家克里斯蒂安·鲍德洛（Christian Baudelot）在其新作《共和国精英主义》（2009年出版）中详细分析了PISA测试的结果：测试成绩优秀的青少年将拥有和其他人截然不同的命运。法国因为前者获得了科学力量，他们将成为诺贝尔奖得主、优秀的科研人员、工程师，在飞机、火车和医药制造领域的技术力量。至于后者，小学做课堂实验时，他们的眼睛还闪烁着好奇的目光，但初中阶段的教育并没有使得科学得到理解、技术被赋予价值，到了15岁时，他们已经失去了拥抱未来的力量。

然而，这并不是致命的，因为PISA测试成果分析指出，在科学、数学和法语方面，一个绝对具有说服力的事实是：一个国家的低分学生（测试失败）越少，该国在测试中表现优秀的青少年就越多，加拿大和荷兰便是如此。也就是说，关注学习困难的孩子们不仅能使他们进步，也会让涌现优秀青少年的基数增加。可见，法国所选择的，尤其是初中阶段推行的面向精英的精英式教学，并非培养大量精英的最好选择，而其他学生付出的代价对他们而言是悲剧性的。他们学习失败，因为这个失败，在很长时间里，他们的自信心受挫，甚至完全失去自信。

十多年来,“动手做”实践在法国和其他国家中小学的开展让我们学到了关键的一课:着眼于观察、提问、投入等实践的科学教育,帮助老师、家长,甚至那些被想当然认为是失败者的孩子本人看到了自身的价值。

作为文化知识的一个神秘领域,科学,通过适当的教学法,向那些出生并不优越,并非来自物质丰裕、教养优秀的家庭的孩子们敞开了大门,就如同加斯帕·蒙热^①(Gaspard Monge)在法国大革命中所理解到的那样。

希望在《公共基础知识与能力大纲》中不断发芽的科学的种子能让每个家庭的孩子分享这份宝贵的财富……

皮埃尔·雷纳(Pierre Léna),伊夫·凯雷(Yves Quéré)

法国科学院院士

贝阿特里丝·萨勒维亚(Béatrice Salviat)

法国科学院教育培训代表团成员

相关链接:

《公共基础知识与能力大纲》: www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-de-connaissances-et-de-compétences.html

经济合作与发展组织/PISA测试: http://www.oecd.org/document/24/0,3343,en_32252351_32235771_38378840_1_1_1_1,00.html

① 法国数学家、化学家,画法几何学创始人,法国大革命后曾任巴黎高等师范教授、综合工学校负责人,培养和影响了许多几何学家。——译者注



CONTENTS

目录

技术领域 / 1

纳米世界 / 4

废弃物 / 25

建筑材料和可持续发展 / 37

数字世界 / 55

机器人 / 58

追寻动物迁徙的足迹 / 75

术语表 / 96

译后记 / 108

技术领域

纳米世界

废弃物

建筑材料和可持续发展

查 询词源学词典,可以发现希腊语“tekhne”,是法语“le savoir-faire”(技能)的词源。也正是从这个词中,诞生了拉丁词“texere”,即法语tisser(编织)。在柏拉图看来,这个词包含了两个拉丁词汇的含义:“physis”、“epistêmê”,即自然和智力知识。狄德罗将“technique”(技术)这个名词定为阳性名词,之后又改为阴性,来描述物体的生产过程,尤其是工业化生产;与抽象的理论探索和科学研究相对应。

上述研究显得有点过时了。当然,现在还有很多掌握各种技能的手工劳动者:陶器工人、铁匠、木匠、瓦匠……他们虽然不具备基本的科学知识,却可以通过不断的练习获得某项技能,甚至能够将之发展为精湛的技艺。但是人们已经不再对此进行深入的研究。目前,任何新领域的重大发现总是和科学联系在一起。一个高科技的产品,现在被认为是科学发展的直接产物,而产品的功能严格遵守科学的规律。例如使用GPS(全球定位系统),如果将精度调节为米,就是广义相对论在实际生活中的应用。更普遍来说,人类必须清楚地认识到:逐步掌握材料和能量可以帮助我们开发出种类繁多的科技产品,了解其使用条件,熟悉运作环境和安全条件。

新技术带来的产品实在是太多了,在本文中,我们只给大家介绍几个最常见和典型的例子:建筑材料、纳米产品和废弃物,以及从这些新产品诞生以来,人类社会发生的变化。

人类的建筑史可以追溯到远古时期:为了避免气候变幻莫测带来的危害,人类开始建造房屋;之后,为了死者建造坟墓和宫殿;为抵御外敌入侵建造城墙和堡垒。今天仍在使用的最常见的两类建筑材料是木材和黏土(生土),这两种材料使用起来非常方便,而且还可以加入天然或人工的石材,成为熟土、砖块、石灰、石膏、水泥、混凝土,这些材料具有优秀的机械性能。技术含量较高的材料,如金属(钢材和铝合金)和玻璃,在目前的建筑工程中发挥着日益重要的作用。同时也发



展出了各种具有经济效益、更加节省能源的创造性新技术（太阳能电池、微型涡轮机……），用于配电网内部使用。也可以说，建筑材料和可持续发展是建筑企业的核心竞争力。

所谓“纳米科学”，就是研究极其微小物体（1纳米等于1米的十亿分之一）的科学，它建立在最新的实验技术基础上，发展十分迅速。某些技术能够操纵分子甚至原子，通过堆叠和调整，重新构造纳米物质，以便获得某种特定属性。例如和蛋白质作用类似的纳米物质；能够监测血液成分的微型传感器；能够识别病变细胞、选择性给药的纳米胶囊；线性的纳米碳管，这是目前已知的拉伸强度最高的物质。尽管由肉眼看不见的物质组成，纳米世界仍是一个开放的世界。在这个世界中，有新技术带给人们的便利，由于其神秘性，也使人们产生了某些忧虑。

新技术被一致认为可以解决我们留给子孙后代的废弃物问题。工农业生产的产品，通常是科学技术发展的成果。比如核废料，我们需要知道如何储存以及可能产生的蜕变问题。有意思的是，通过核废料的生命周期及其危害性研究，我们对伦理学的“黄金法则”——“己所不欲，勿施于人”有了新的认识。这里的他人，主要是指在地理上与自己临近的人（地球村的居民）或时间上接近的人（如一座桥，在使用几十年后就需要重建另一座）。在2万～5万年后的未来，人类如何生活？这已经超出了我们的想象。但由于科学知识的不断积累，可以确定的是，人类将成为一个能够保护自己免受放射性威胁的超人。在经历了某次地壳激变后，人类可能重回洞穴居住，因此在设计储存核废料时，必须考虑这些因素：一切都应当以不损害人类生存为前提。

为了我们的子孙后代，必须对伦理学和新技术重新进行思考，这就是我们现在研究的主题。

纳米世界

亨利·范·达姆 (Henri Van Damme)

纳米技术将我们的生活带入一个神奇的新世界。首先，纳米技术中的一部分微电子技术已经被广泛地应用于人们的日常生活：如在汽车、冰箱、图书馆等任意地方可随时连接使用的微型电话、微型电脑等即时通讯工具；可折叠、如纸般轻薄的平板电视和可触摸屏幕；方便人们出行，更小、电力更加持久的电池；可自动清洁、消毒的衣服；根据不同需要而设计的各种透明玻璃或阻光玻璃……其次，有一部分纳米技术并不常见于日常生活，如可持续追踪研究病人血液成分的微型植入式生物芯片；比人们所知更小的、帮助测定药剂量的植入式纳米芯片；可避免损伤其他主要器官，准确找到病人感染细胞，减轻副作用的纳米胶囊……另一些似乎距离今天还比较遥远：分子大小的纳米发动机；得益于量子力学发展的分子或原子电脑；能够提高我们记忆能力或者帮助失忆症患者恢复记忆的可植入式神经传感器；人造肌肉等。

上述纳米技术的应用和我们在报纸杂志上看到的其他对纳米技术的介绍有一个共同点：这些技术的实现都是建立在一种非常小的度量单位基础之上，相当于一个原子的大小，大约是十分之一纳米（纳米，即毫微米，用nm表示，可说是沧海一粟）。换言之，是用更小、更多样化的材料制造产品。那么我们该怎么做呢？有两种可行的方法。第一种方法是紧随现在微电子世界的发展。电子工业目前已经采用光刻技术来加工原材料。起初光刻工艺被用来减小电子元器件的大小——目前世界上最小的晶体管几乎不超过20纳米——而且可在一个集成电路上安装更多的晶体管，这种工艺也可以运用在其他方面：在同一个硅晶体上运用光刻技术可以安装一些“神奇”的装置，如仅十几微分米的微型电动机、微型色谱分析仪（一种使用化学原理分离和确定一个复杂混合物中分子结构的微型仪器），或超精细的微型传感器。DNA（基因）芯片也是纳米大家庭的成员，它是在几个平方厘米的



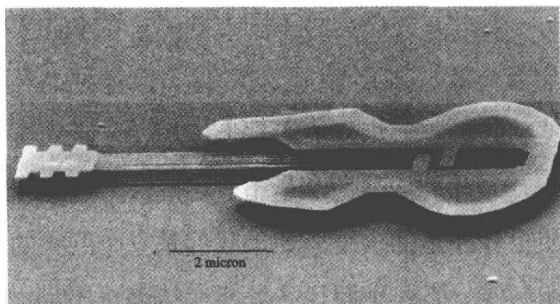
面积上安装成千上万个核酸探针,通过对样本的一次测验,就可获得大量基因序列相关资讯。

上面提到的这种方法是从“表面的”宏观世界出发,为了更好地了解纳米世界,必须对“内部的”微观世界进行研究。盎格鲁撒克逊人把这种方法称之为自顶而下法,此外还存在自底向上法,就是从“内部的”微观世界出发,构建物体到达“表面的”宏观世界。这种对未来更有意义的自底向上法,需要使用微型显微镜将原子逐个集合在一起。这种微型显微镜就是著名的扫描隧道显微镜,是由格尔德·宾宁及海因里希·罗雷尔发明,他们二人因此获得了1986年诺贝尔物理学奖。这种显微镜利用探针尖端精确操纵原子,可以让科学家观察和定位单个原子,因此它在纳米科技中,既是重要的测量工具,也是加工工具。

化学合成是典型的自底向上法。通过现有的化学知识,我们已经能够合成非常复杂的分子,一般在水或其他溶剂里完成合成作用,但与大自然五花八门的化学反应相比,我们的认识还相当不够。大自然充满了非常复杂的分子,其中一部分,尤其是蛋白质,算得上是真正的“机械装置”(发动机、水泵、传送带)或“化学工厂”。这种来自大自然的分子机器是纳米技术非常丰富的天然来源。

通行的自底向上法技术将自然界的分子机器和化学合成分子融合在一起。通过这种技术可以合成非常小但很坚固的普通材料,人们称之为“聚合物”或者纳米粒子。之后再将它们聚合起来,更准确地说,是让它们自发地连接起来,从而获得一种体积更大,具有更加丰富功能的聚合物。这种聚合物,可能由纳米大小的黄金结晶体或者铂金组成;由几纳米的颜料颗粒或者同样大小的陶瓷颗粒组成;由纳

您一定听不到这把世界上最小的吉他发出的声音,因为它的琴弦直径只有50纳米,振动频率太高,我们的耳朵无法捕捉到。微电子工业的蚀刻技术已经可以制造出如此精细的产品,这是多么了不起啊!而这种类型的谐振器(不一定以吉他的形式出现)可以方便地测量非常小的物体质量,比如一个单细胞的质量。



米橡胶（乳胶）球状物体组成；也可能是由比头发还要细1000倍的碳纤维组成，甚至是以上所有材料的混合体。

无论是组成纳米物质的材料还是用纳米材料合成新物质，都会产生两个问题：我们期望获得什么样的物理、化学属性或者新的功能？由纳米材料合成的新物质中，是什么样的物理规律在起作用？这些问题的答案组成了我们今天所说的纳米科学，在本章中将会加以阐述。

运动的世界

在纳米世界中探险可不是没有风险的，其中最常见的就是失去方向。我们习惯于被固定的物体包围，例如土地，只要我们自己不动，世界就是静止不动的。进入纳米世界，这一法则就不适用了。分子的世界是一个持续运动的世界。这种运动首先取决于温度。温度越高，运动的速度就越快。这种运动也取决于物体的状态，固态、液态或是气态。分子运动在气态中最活跃。例如在室温下的水蒸气，由于高速运动，几乎无法确定分子的位置。在与另一个水分子发生碰撞或被装入容器之前，水分子以每秒钟上百米的速度朝各个方向运动。与此相反，当水凝固成冰时，水分子只是围绕中心的某个确定位置运动，运动也不如在水蒸气状态下活跃，但即使是在绝对零度的状态下，这种运动仍然存在。水分子在液态中的运动状态介于气态和固态之间。水分子的运动类似于水蒸气状态，但是运动的范围受了很大的限制。每个水分子被困在相邻水分子和自身形成的狭小空间中，因此大部分时间只能做往返运动，类似钟摆的运动。

现在想象我们进入了这个运动着的分子世界。我们不断受到来自四面八方的分子撞击，如果这种不同方向撞击的数量和强度是完全一致的（由温度决定），我们就会被“固定”，无法动弹。但这种绝对的情况非常罕见，最常见是某种不平衡的状态，一会儿分子从左边过来，一会又从下面过来。因此，每次把我们推向某个未知方向的撞击完全是不确定的，我们是否会受到影响？一切都取决于我们本身的质量和撞击的程度。如果我们是一个巨大的水分子，而且被不是特别活跃的水分子所包围，那么我们几乎就能保持静止不动，情况类似于一头大象被一群蚊子包围，



蚊子的活动对大象来说几乎感觉不到。但当蚊子的毒液数量（与温度的作用类似）持续上升，或者我们本身变小了，那么我们又重新感受到来自四面八方的撞击了。实际上，在液态水中，只有缩小到微米单位，才能感受到热运动。英国植物学家罗伯特·布朗第一个在研究花粉和孢子水中悬浮状态的微观行为时，发现花粉有不规则的运动，之后阿尔伯特·爱因斯坦和让·皮兰先后据此进行了理论和实验研究。好的墨水和颜料是由颗粒足够小的色素合成，尽管颜料的密度比水高出很多，却从不沉淀，就是因为其中的色素小分子不停地向各个方向运动。

热运动是制造和研究纳米物质的一大障碍。由于热运动的影响，原子、分子或者分子机器都很难定位。物理学家制造出了可以转移固体表面原子的物质（由振动的原子组成），但必须采取表面冷却的预防措施，以免在制造过程中物质发生分解。某些蛋白质，生物世界真正的分子机器，深谙热运动的规律，我们将之命名为“驱动蛋白”，它是由其他蛋白质纤维组成的多聚体，在以微管构成的轨道上移动，负责在细胞内传递合成物质。为了了解这些分子是如何驯服热运动，使其进入准确的方向，我们来研究小物体沿着单轴（一个轨道）、只有左右两个方向运动的简单情况。试想一下这条轨道并不平坦，而且是锯齿状的，就像电锯和我们不对称的牙齿，一边平坦，一边参差。即使分子向两个方向撞击的数量和强度是一样的，这个小物体还是向更平坦的方向运动。这就是机械表的工作原理，生物世界也是一样。一个人工建立的“无外力运动”模型已经由劳伦斯·乔治一塔里尼和雅克·普鲁斯特在实验室中成功建立。他们选择的物体并不是蛋白质，而是一个直径几百纳米的小乳胶球。

开放的世界

所有参加过示威游行的人都知道，走在队伍最前面的人受到冲击的可能性最大。这一规则同样适用于纳米世界。也就是说，在所有构成纳米物质的原子中，位于表层的原子——纳米物质的“皮肤”，会第一时间感受到周围分子最猛烈的撞击。那些被密闭在物体中心的原子所处的环境则非常舒适。当然，它们跟其他原子一样振动，这是因为整个物体都受到了撞击，但由于它们不直接与撞击源接触，所

以振动较轻微。而那些处于物体第二层、藏在物质表面之下的原子，比表层的原子也舒服多了。

第一层原子暴露在外，也最为脆弱。它们直接受到撞击，也是它们保护了内部的原子。这是为什么呢？原因很简单，这些原子，由于所处的位置关系，被较少的原子包围。而物体内部的原子在上下左右前后各有一个原子包围着它。每个周围的原子与这个中心原子以化学键相连，使中心原子被紧紧地固定在平衡的位置上。以此为中心跟相应的原子建立了化学键，每个原子都在平衡的位置上。即使热能让原子不停振动，但由于化学键短暂的伸缩作用，原子仍然被固定于中央位置。

位于表面的原子，处于不平衡的环境中。因为缺少至少一个相邻原子和与其相连的化学键，会使原子的振动加剧，尤其是缺少与表面垂直的相邻原子，原子的振动更加剧烈。这也会影响到它的化学表现。这种缺少化学键的状态，能使原子更加活跃。它会尝试与一切周围环境中的分子建立化学键，尤其是直接与纳米物质表面接触的分子。在某些情况下，与物体表面接触的分子本身有足够能量保持独立的状态，只做简单的反弹运动。在其他情况下，周围环境中的分子将被物体表面高能量的原子捕捉，通过化学键与原子相连。纳米物质表面的原子与周围环境中的原子或分子所建立的临时连接就是吸附作用。根据连接的吸附强度，可以分为物理吸附（吸附能力较弱）和化学吸附（吸附能力较强）。在某些情况下，吸附作用太强，导致分子折断，一分为二或者断裂成更多的碎片。就像气态氢分子（或者说 H_2 ）碰到镍材料的表面，发生吸附作用的情况。氢分子中的两个氢原子与固体镍表面的镍原子相互作用，导致氢分子断裂。H-H之间的连接被打破，使两个氢原子分别与一个镍原子连接。这样就形成了两个镍氢Ni-H连接。这种连接是暂时的，因为存在吸附作用，氢原子可以“跳”过去，与另一个相邻的镍原子连接在一起。这种化学吸附是随机的。当然，当两个氢原子偶然在表面相遇，它们可以在气态环境重新形成氢分子。

吸附现象是多相催化的基础，缺少这一重要因素，化学工业无法正常运作。一个被吸附的分子和一个自由分子在能量状态上是完全不同的。分子和分子团的确

存在一种被称为“过渡态”的状态。在A分子转变成B分子的过程中，一般会出现一个高能量的中间A*状态。为了完成分子的转变，A分子必须跨过一个能量“瓶颈”，这与爬山类似，山的最高点便是过渡态。这个“瓶颈”限制了化学反应的速度。当这种反应在固体表面发生，A分子、A*，可能还有B分子能够暂时连接在一起，使A分子变成A*状态的所需能量（瓶颈的高度）大大地减少，同时也加速了化学反应。A分子转化成B分子的简单反应，与A分子+B分子转换成C分子+D分子的复杂反应所需能量是一样的。

最常见的催化剂是金属、氧化物和硫化物。以通用的催化转换器为例：这是一种利用催化剂的作用将废气中的CO（一氧化碳）、HC（碳氢化合物）和NO_x（氮氧化物）转换为对人体无害的气体的排气净化装置，也称作催化净化转换器。金属铂、钯或铑均可作催化剂。在化学反应过程中，催化剂只促进反应的进行，不是反应物的一部分。如稀有金属铂，能够将碳氢燃料燃烧产生的有毒物质，如一氧化碳CO或者氮氧化物NO转化成二氧化碳CO₂和氮气N₂（二氧化碳的确是全球变暖的主要因素，但至少不像一氧化碳那样会使血液中毒）。金属铂，不是以我们熟知的戒指或者坠子形式出现，而是藏在多孔花岗岩中的纳米粒子。为什么会这样呢？为了理解这一点，只需记住起催化作用的是铂金属表面的原子，我们也是以此来计算的。取一个边长为1厘米的铂立方体，其中铂原子的直径大约是0.2纳米，也就是 2×10^{-10} 米。立方体的每一边大约有 5×10^7 个原子（1厘米= 10^{-2} 米），也就是500万个铂原子。这个立方体总共包含 $(5 \times 10^7)^3$ ，大约 125×10^{21} 个铂原子。在这些原子中有多少在“第一线”，即立方体的表面，来帮助化学反应的进行呢？为了进行计算，只需用立方体的一个面的原子数，即 $(5 \times 10^7) \times 2 = 25 \times 10^{14}$ ，再乘以6。得到的结果是 150×10^{14} ，这是一个相当惊人的数字，但和立方体包含的所有原子数相比少得多。比较两个数字，可以发现大约只有千万分之一的表面铂原子参与化学反应。

如何改善这种情况呢？能想到的最直接的方法是把这个立方体切成小块。每切一次，都可以从新切面上获得新的表面原子。如果我们可以将这个立方体切成只包含一个原子的小立方体，所有的铂原子都是“表面”原子！实际上，这种切分状