

纳米与生活

施雪娟 曹旭 主编



苏州大学出版社



走进纳米世界

丛书主编 周晓阳 徐卫兵

纳米与生活

Nanotechnology and Daily-Life

施雪娟 曹旭琴 主编

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

纳米与生活 / 施雪娟, 曹旭琴主编; 西安交通大学
苏州附属中学编. —苏州: 苏州大学出版社, 2018. 4
(走进纳米世界 / 周晓阳, 徐卫兵主编)
ISBN 978-7-5672-2391-2

I. ①纳… II. ①施… ②曹… ③西… III. ①纳米技
术—应用—青少年读物 IV. ①TB383—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 057322 号

纳米与生活

施雪娟 曹旭琴 主编

责任编辑 周建兰

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市十梓街 1 号 邮编: 215006)

苏州工业园区美柯乐制版印务有限责任公司印装

(地址: 苏州工业园区娄葑镇东兴路 7-1 号 邮编: 215021)

开本 890 mm×1 240 mm 1/32 印张 17.75 字数 429 千

2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5672-2391-2 定价: 100.00 元(共八册)

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话: 0512-65225020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>



前

言

“纳米与生活”这门课程,主要是让中学生从日常生活用品出发,发掘背后的科学真谛,探究纳米科技的奥秘。

课程在设计上充分将纳米技术与日常生活用品以及中学生校本课程需要掌握的科学知识相结合,着重于激发学生的兴趣,开拓学生的视野以及启发学生的思维,培养中学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。

本课程分为四个章节,第一章从纳米科技在日常生活中的防护、表面吸附、除菌和生物制药以及照明和显示成像方面介绍了在日常生活中的纳米科技应用,内容深入浅出,直观易懂;第二章从热电转化、空气过滤和光催化方面介绍了纳米科技在绿色世界中的重要作用;第三章介绍了纳米科技在太阳能电池发展中的前沿动态;最后一章介绍了纳米科技在当今通信领域最为先进的技术之一,即光纤通信和硅光子集成技术。后三个章节内容相对于中学生来说可能是第一次接触,但是这三个章节所列内容正在深入改变或改善着我们的日常生活,希望中学生学习这些内容后进一步认识和了解纳米科技在生活中的重要性,并与中学生校本课程形成一个有效的补充。

目 录

第一章 日常生活中的纳米应用 ——1

- 一、纳米防护 ——1
- 二、纳米表面吸附 ——10
- 三、纳米除菌与生物药物 ——13
- 四、照明与显示成像 ——21
- 本章问题与练习 ——24

第二章 纳米与绿色世界 ——25

- 一、热电转化 ——25
- 二、空气过滤 ——30
- 三、纳米光催化 ——33

第三章 纳米科技与太阳能电池 ——43

- 一、“沙子”搭建的世界 ——43
- 二、半导体材料与光电效应 ——47
- 三、光伏技术 ——55
- 本章问题与练习 ——61

第四章	纳米技术与通信	——62
一、	认识光纤	——62
二、	初识光电芯片	——67
三、	硅光子集成的最新进展	——71
	本章问题与练习	——80

第一章

日常生活中的纳米应用

目前,很多纳米材料都具有很多神奇的特性,但由于其目前只能在实验室环境制取,制备难度较大,且成本较高,因而无法真正走进百姓的生活。日常生活中常用的纳米材料并不多,这里主要介绍纳米材料在防护、吸附、除菌、生物医药、照明、显示成像等方面的应用。

一、纳米防护

1. 纳米防污试剂

(1) 超双疏性界面材料

作为纳米材料的杰出代表,“超双疏性界面材料”逐渐进入我们的日常生活,并极大地改变着我们的生活方式。

什么是“超双疏性界面材料”呢?从大自然中寻找灵感,科学家们发现我们平时最常见到的荷叶事实上就是一种“超双疏性界面材料”。分析荷叶的基本化学成分,发现其主要组成为淀粉、叶绿素、纤维素等多糖类的碳水化合物,含有丰富的羟基($-\text{OH}$)、亚氨基($-\text{NH}-$)等极性基团。荷叶具有很强的疏水性,散落在荷叶叶面上的水会自动聚集成水珠,通过水珠的滚动可以带走荷叶叶面上的尘土和污泥,从而使叶面保持干净,这就是典型的“荷叶效应”(图 1-1-1)。科学家根据荷叶效应特有的疏水和自清洁特性,在本体材料的两面采用化学合成的方式制备羟基($-\text{OH}$)、亚氨基($-\text{NH}-$)等极性疏水基团,这样便构成了类似荷叶表面结构的超双疏性的界面材料。



图 1-1-1 荷叶效应

(2) 纳米硅防水剂

纳米硅防水剂是一种高效的渗透结晶性建筑型防水产品(图 1-1-2)。它具有渗透力强、防水效果优良等特点。纳米硅防水剂一般呈水性白色乳液,无毒,无刺激性气味,pH 在 12 左右,密度为 $1.18 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$,固含量 $\geq 20\%$ 。将纳米硅防水剂涂刷或者喷涂在砖瓦、水泥、石膏、石灰、石材、仿瓷涂料、石棉制品、珍珠岩、保温板等干燥的无机多孔性建材表面,极具活性的纳米硅粒子可以渗透到建材的内部,通过交联反应生成立体网络结晶体结构,从而堵塞毛细孔,形成一种无色的永久性防水层;与此同时,硅烷基成分固结在建材的表层,生成强疏水性分子,从而使其具有优异的防水抗渗性能。



图 1-1-2 纳米硅防水剂

纳米硅防水剂可有效防止建筑物风化、冻裂,还具有外墙保洁、防污、防霉、防长青苔的功能。纳米硅防水剂的质量可靠,耐久性好,耐酸耐碱,耐候性优良,其对钢筋无锈蚀作用,使用安全,且施工方便,成本低廉,是建筑工程中最为理想的防水材料之一。

(3) 纳米神盾

纳米神盾是通过对待纺织品、皮革上面的每一根细小的纤维进行人工修饰,利用纳米材料界面的疏水、疏油等特性,使纺织品、皮革表面获得全新特征的一种环保产品(图 1-1-3)。它可以让滴落下来的水和油滚动、滑落,而无法渗透到织物里面,同时保持织物和皮革的透气性、手感、柔软度等固有特征,使人体的汗气可以被顺畅排出,成功地解决了防水与透气、防水又防油等难题。

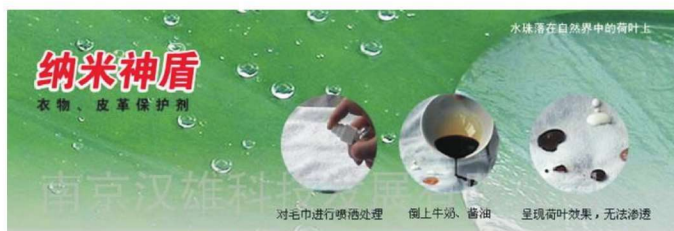


图 1-1-3 纳米神盾

经过纳米神盾处理过的翻毛皮鞋,像是被赋予了一副金刚不坏之身,日常生活中经常接触到的各种油性、水性的液体滴落在皮鞋上,都会像水珠滴落在荷叶上一样,立即滑落到地上(图 1-1-4)。纳米神盾与人体皮肤接触无任何不良反应,对衣物无害,它外观无色透明,且无刺激性气味,表现为完全水性,是一种环保产品。



图 1-1-4 纳米神盾的防污特性

(4) 纳米海绵

纳米海绵是采用纳米技术研制的一种新兴的多孔结构泡体,其中的每个小颗粒比头发丝直径的万分之一还要小(图 1-1-5)。当用其清洁去污时,不需要额外的化学清洁剂,只需要用清水即可,干净又环保。

与传统清洁海绵相比,纳米海绵最大的特点在于该产品采用纯物理去污原理,利用海绵内的纳米级的毛细管开孔结构,在抹拭过程中自动吸附物体表面的污渍,具有 99.9% 的自然抗菌效果,不含任何化学清洗剂,效力超强,不伤皮肤。纳米海绵适用于清洁凹凸不平的

表面,除去一些深藏的顽固污垢,轻松打理且不留刮痕,使用起来简单方便,且不会对环境造成新的污染,清洁时只需用到传统清洁方式的30%~40%水量即可,可以极大地减少污水排放。



图 1-1-5 纳米海绵



演示实验 纳米防水喷雾

实验原理

利用仿生学原理,纳米防水喷雾成分采用耦合剂、驱水组分,增加材料表面张力,防水、防油、防污,并保护物体表层。

实验仪器和试剂

防水透气喷雾剂(图 1-1-6)、玻璃、纸张、绒布。



图 1-1-6 喷雾剂

实验步骤

先轻轻摇匀,在距离物件 20cm 处均匀喷湿,自然干燥 20 分钟以上即可,脏旧皮鞋衣物先清洁晒干后处理。

注意事项

1. 勿近火源,处理时在阳台或通风处进行。
2. 使用时先局部试验再全面喷涂。

2. 纳米隔热材料

超级隔热材料的概念于 1992 年被美国学者 Hunt A. J. 在国际材料工程大会上提出。

一般来说,绝热材料(图 1-1-7)的热运动主要有以下三个途径:

- ① 热传导: 主要依靠绝热材料中的固体部分。
- ② 热对流: 主要由绝热材料中的空气来完成。
- ③ 热辐射: 热辐射的能量传递不需要任何介质。

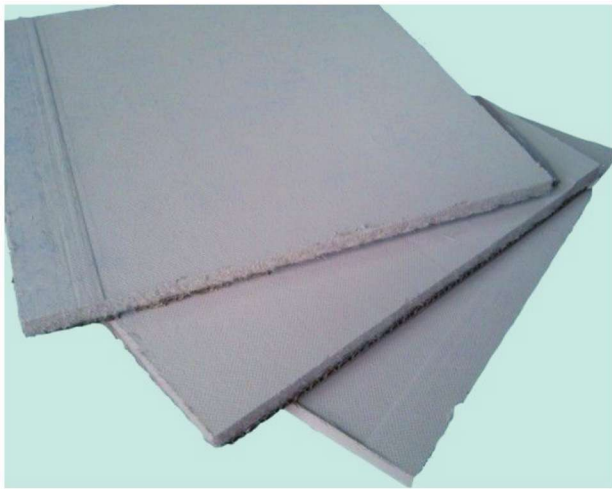


图 1-1-7 纳米微孔绝热材料

要实现超级绝热的目的,通常有几种方法:一是在保持材料的体积密度可以承受足够的机械强度的前提下,使其体积密度要尽可能地小;二是要减弱空气的对流;三是要利用近于无穷多的界面并通过材料的改性降低热辐射的发射、散射和吸收。

目前,纳米绝热材料主要分为两大类:一类是气凝胶复合型隔热材料(图 1-1-8),另一类是纳米粉模压复合型隔热材料。

两者本质上均属于利用纳米孔隙机理,其保温断热能力通常能达到常用传统材料的 2~6 倍。两者主要利用氧化硅纳米粉,配以特殊无机黏结剂及多种热障无机成分,并涂覆在高温纤维上制成。纳米绝热材料具有极大的应用价值,可以提高热能效率,实现节能降耗,广泛用于节能产品的开发和利用。

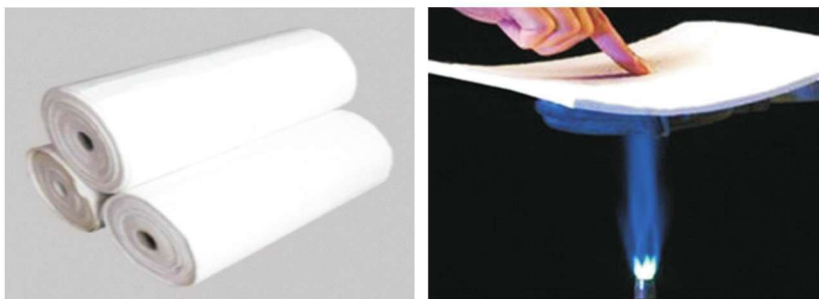


图 1-1-8 纳米气凝胶绝热材料

3. 纳米功能涂料

在高硬度耐磨涂层中添加纳米材料,可以提高涂层的硬度以及耐磨性能,同时保持较高的韧性,成为复合涂层纳米材料。

在表面涂层中加入纳米颗粒,可以减小摩擦因数,形成自润滑材料,获得超润滑功能。例如,在一些涂层材料中复合 C_{60} 、巴基管等,可以制备出超级润滑的新材料。图 1-1-9 为纳米自润滑轴承。

在涂层中加入纳米材料,可以显著地提高材料的耐高温、抗氧化



图 1-1-9 纳米自润滑轴承

性。例如,在 Ni 的表面沉积纳米 NiLa_2O_3 涂层后,由于纳米颗粒的作用,可以阻止镍离子的短路扩散,从而改善氧化层的生长机制和力学性质。

纳米材料涂层可以有效地提高基体的腐蚀防护能力,达到修饰、装饰表面的目的。

在油漆或涂料中加入纳米颗粒,可以提高其防护能力,使其耐大气、紫外线侵害,实现防降解、防变色等功效,此外还可达到杀菌、保洁效果。图 1-1-10 为添加纳米颗粒的油漆。



图 1-1-10 添加纳米颗粒的油漆

纳米材料涂层具有广泛变化的光学性能。其光学透射谱可以从紫外波段一直延伸到远红外波段。其中,纳米多层组合涂层经过处理,可在可见光范围内出现荧光,这可用于多种光学应用,如传感器等器件。在各种标牌表面涂覆纳米材料层,可以制备出发光、反光标牌;改变纳米涂层的组成和特性,可以产生光致变色、温致变色、电致

变色等效应,从而用于特殊的防伪、识别手段。图 1-1-11 为纳米涂层反光灯罩。



图 1-1-11 纳米涂层反光灯罩

纳米复合涂层具有优异的电磁吸波能力,能用于隐身涂层。具有半导体性质的粒子如纳米氧化钛、氧化铬、氧化铁和氧化锌等粒子,加入树脂中形成涂层,可以有很好的静电屏蔽性能,40nm 的四氧化三铁能用于磁性涂层。

思考
问与答

1. 思考并举例说明纳米技术在军用装备防护中的应用。
2. 简述纳米隔热的原理。
3. 纳米海绵的除污原理是依据纳米材料的哪个效应?
4. 纳米磁阻分为哪几类?
5. 在树脂材料中加入哪一类纳米材料,可使纳米复合涂层具有导电特性或者屏蔽特性?

二、纳米表面吸附

纳米材料由纳米粒子组成。纳米粒子一般是指尺寸在 1 ~ 100nm 间的粒子,随着颗粒直径的减小,材料的比表面积将会显著地增加。当粒子直径减小到纳米级时,不仅会引起表面原子数的迅速增加,纳米粒子的表面积、表面能也都会迅速增加。

表面原子周围如果缺少相邻的原子,便会有许多悬空键,使其具有不饱和性质,易与其他原子相结合从而稳定下来,因此具有很大的化学活性。晶体微粒化,伴随活性表面原子增多,使其表面能大大增加。与相同材质的大块材料相比而言,该表面原子有较强的吸附性,其吸附性与被吸附物质的性质、溶剂以及溶液的性质有关,电解质和非电解质溶液等也会对纳米微粒的吸附产生强烈的影响。

纳米表面吸附可分为两类:一类是物理吸附,吸附剂与吸附相之间主要以范德华力之类较弱的物理力结合;另一类是化学吸附,吸附剂与吸附相之间以化学键相结合。其中,弱物理吸附较容易脱附,强化学吸附则脱附困难。

1. 活性炭纤维

活性炭纤维是以有机纤维为前驱体制得的一种新型功能性纤维(图 1-2-1)。它具有比表面积大、孔径适中、分布均匀以及吸附速度快等优点。活性炭纤维具有独特的催化、吸附方面的性能特征。

传统的活性炭是一种粒状或粉末状的炭材,吸附速度较慢,并且分离效率不高,特别是它受到物理形态的限制,使其在应用时有许多不便,应用范围受到限制。而活性炭纤维孔径较小且分布较窄,吸附速度快,吸附量大,而且容易再生。与粉状(5 ~ 30nm)活性炭相比较,活性炭纤维在使用过程中微粉尘的产生较少,而且可制成纱、线、织物、毡等不同种形态的制品,使用时灵活方便。活性炭纤维被看作是 21 世纪最优秀的环保材料之一,其在气体和液体净化、有害气体

及液体吸附处理、溶剂回收以及功能电极材料等方面已得到了成功应用。



图 1-2-1 活性炭纤维

2. 纳米催化剂

由于纳米材料颗粒尺寸小,比表面积大,表面的键态和颗粒内部的不同以及表面原子配位不全等因素,纳米催化剂表面的活性部位大大增加。此外,随着粒径的减小,催化剂表面光滑程度变差,出现了许多凹凸不平的原子台阶,可以增加化学反应的接触面。利用纳米微粒的高比表面积和高活性的特性,可以显著提高催化剂的效率。

目前 SiO_2 、 CaCO_3 、 TiO_2 、 ZnO 已经实现了产业化生产,此外,将普通的铁、钴、镍、钯、铂等金属催化剂制成纳米微粒,是典型的纳米催化剂。这些纳米材料在催化领域中的主要应用体现在两个方面:一是直接用作主催化剂;二是作为纳米催化剂载体,制成负载型催化剂使用。国际上已把纳米催化剂称为“第四代催化剂”。

(1) 石油化工催化

在石油化工工业(图 1-2-2)中采用纳米催化材料,可以提高反应