

# 推動「奈米科技」普及化輕鬆認識改變未來的奈米科技

黃富昌<sup>1</sup> 鍾愛<sup>1</sup> 周佩芳<sup>2</sup> 蕭慧媛<sup>2</sup>  
林嘉鴻<sup>3</sup> 謝委整<sup>3</sup> 顏冠忠<sup>3</sup> 詹晏權<sup>3</sup> 陳韋賓<sup>3</sup> 龔豐智<sup>3</sup>

1 南亞技術學院 副教授

2 南亞技術學院 講師

3 南亞技術學院 土環系學生

## 摘要

一粒沙，一世界；一粒奈米將影響全世界，改變未來。「奈米」成為家喻戶曉的非食用米後，已形同高科技的代名詞。奈米為基礎科學開創嶄新視野，為應用科學指引全新發展方向，亦為新興科技產業帶來無窮機會。但奈米的內涵及本質，卻非普羅大眾所能理解，奈米科技既是新世代的發展趨勢，奈米科技相關知識的普及化及大眾化，實有其迫切必要性。目前市面上有不少關於奈米科技的書籍，但仔細閱讀之後，對於一般大眾而言不是過於專業，就是略嫌簡易，無法讓讀者很快的入門，建立對奈米科技的初步認識。因此，本教學研究團隊，嘗試編撰一套簡易的奈米教材，在圖片與文字的交識下，減少大眾對奈米科技的疏離感，並透過活潑的漫畫介紹及生動的動畫呈現，讓民眾易於接受，為推展「奈米科技」普及化盡一份心力。本教材分成三大篇：第一篇為奈米科技專用術語介紹，將儘量以圖解的方法來幫助讀者了解，一窺改變未來的奈米世界；第二篇為教材重心，針對不同的對象設計不同的教材，分成兒童篇、入門篇、進階篇、生活篇、應用篇及知識篇，每一主題均涵蓋：(1)基本概論；(2)原理剖析；(3)應用領域；以及(4)案例介紹；第三篇則蒐集彙整奈米相關簡易實驗，作為實作教學之參考；並輔以 DIY 實作練習之實務操作來驗證教學理論。最後之成果將放入一「奈米超人」之奈米科技學習網，藉由網路之無遠弗界，將「奈米科技」普及化。

關鍵詞：奈米科技、科普

## 一、前言

一粒沙，一世界；一粒奈米將影響全世界，改變未來。

「奈米」成為家喻戶曉的非食用米後，已形同高科技的代名詞。「奈米」為基礎科學開創嶄新視野，為應用科學指引全新發展方向，亦為新興科技產業帶來無窮機會。「奈米」原只是一個長度的單位，現在奈米科技則用來突顯在這長度範疇內會發生的特殊現象；奈米科技不只是關係於尺度而已，等待著人們去創新、利用以製造出以前所想像不到的、具有新穎特性的產品，因此奈米科技能為21世紀加入一股新的活力，也為資訊時代帶來第四波工業革命，創造出嶄新的機會，奈米科技是人類科技上一個新的里程碑。但是由於奈米科技涉及層面既深且廣，一般人很難窺其

全貌；奈米的內涵及本質，並非普羅大眾所能理解，奈米科技既是新世代的發展趨勢，若希望奈米科技能早日生根，奈米科技相關知識的普及化及大眾化，實有其迫切必要性。目前市面上有不少關於奈米科技方面的書籍，但仔細閱讀之後，對於一般大眾而言不是過於專業，就是略嫌簡易，無法讓讀者很快的入門，建立對奈米科學的初步認識，因此，本教學研究團隊極希望，編撰一套完整的教材，在圖片與文字之交識下，減少大眾對高科技的疏離感，並透過活潑的漫畫介紹及生動的動畫呈現，讓民眾易於接受，為推展「奈米科技」普及化盡一份心力。

## 二、目的

早在1959年科學先趨費曼博士就已經預測到微小世界仍有許多發展的空間，他在美國加州理工學院發表演講提到，如果人類可以製造一種機器來複製更小的機器，如此下去便可以逐步縮小儀器以致最後就可以實現按照人類意志來排列重組的原子，如此將可以對人類的科技和生活創造新的奇蹟。

奈米科技，是廿一世紀科技與產業發展最大的驅動力；奈米結構一方面是一個令科學家們充滿了想像空間的神奇領域，其整體的發展使我們得以踏上解開大自然的奧秘。另一方面，電子元件微小化所面臨的材料及技術瓶頸，也將因奈米科技的應用研發而有所突破。在奈米尺度下，由於電子、光子、聲子自身與彼此之交互作用，材料、元件及系統會展現出顯著改善或全然不同的物理、化學及生物特性和現象。奈米技術主要目標即是藉由掌控原子、分子、或巨分子尺度的結構或裝置來探索這些特性，並有效率的製造或使用這些裝置。因此，奈米科技正在創造新一波的技術革命與產業，它對人類生活的影響將是全面的，不僅將改變我們製作事物的方法，同時也會改變我們所能製作事物的本質。預測未來奈米科技所產生的新材料、新特性及其衍生之新裝置、新應用及所建立之精確量測技術的影響，將遍及儲能、光電、電腦、記錄媒體、機械工具、醫學醫藥、基因工程、環境與資源、化學工業等產業。如何將奈米科技的特性，轉成實際應用進而產生具體經濟成效，是今日所有科技發展先進國家重視奈米科技最主要因素。

二十一世紀需要的是主動適應社會變化的創新人才，他們所具備的基本素質，不是單純的知識學習，而是獲取並運用知識於社會財富的創造，科普教育正可以促進學生學習和運用知識能力的培養。因此，要提升台灣奈米科技產業的競爭力，需要全民一起投入，而藉由國民教育的推展，是激發全民參與的良方。本教材將針對奈米科技基礎予以深入淺出介紹，並以『讓外行人瞭解內行人的知識與技術』的企圖與規劃，設計各種可融合於各學習領域的奈米相關應用主題，讓民眾瞭解奈米科技之定義、範疇與應用，介紹奈米材料製備與奈米技術、奈米分析技術，讓民眾對奈米科技基礎知識、技術發展與應用、產業前瞻等有一完整瞭解。

### 三、文獻回顧

隨著科技發展之日新月異，反應慢、笨重的材料已日漸被淘汰，取而代之的是反應速度較快且體積微小的奈米材料。近年來科學家在奈米元件材料的製作上已有相當的進展，如場發射器、單電子電晶體、巨磁電阻層等材料元件晶片，已可以做到比人類毛髮甚至蛋白質分子還要小的尺寸，可見微小化的奈米產品已不再是人類遙不可及的夢想。

奈米，是長度的單位，數學符號為 nm；Nano 在希臘文原是「侏儒」的意思。一奈米為十億分之一公尺 ( $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ )，相當於 3 到 4 個原子串聯起來長度。如果要具體形容的話，就是說一個「奈米」大小的物體放在一顆乒乓球上，比例就等同把一顆乒乓球放在地球上一般。如果將地球直徑當作一公尺，那地球的十億分之一大約是一個彈珠大小；又如果一個人是一公尺高，那一奈米就像是人體內 DNA 的大小，或大約等於頭髮的八萬分之一(奈米尺度如圖 1 所示)。

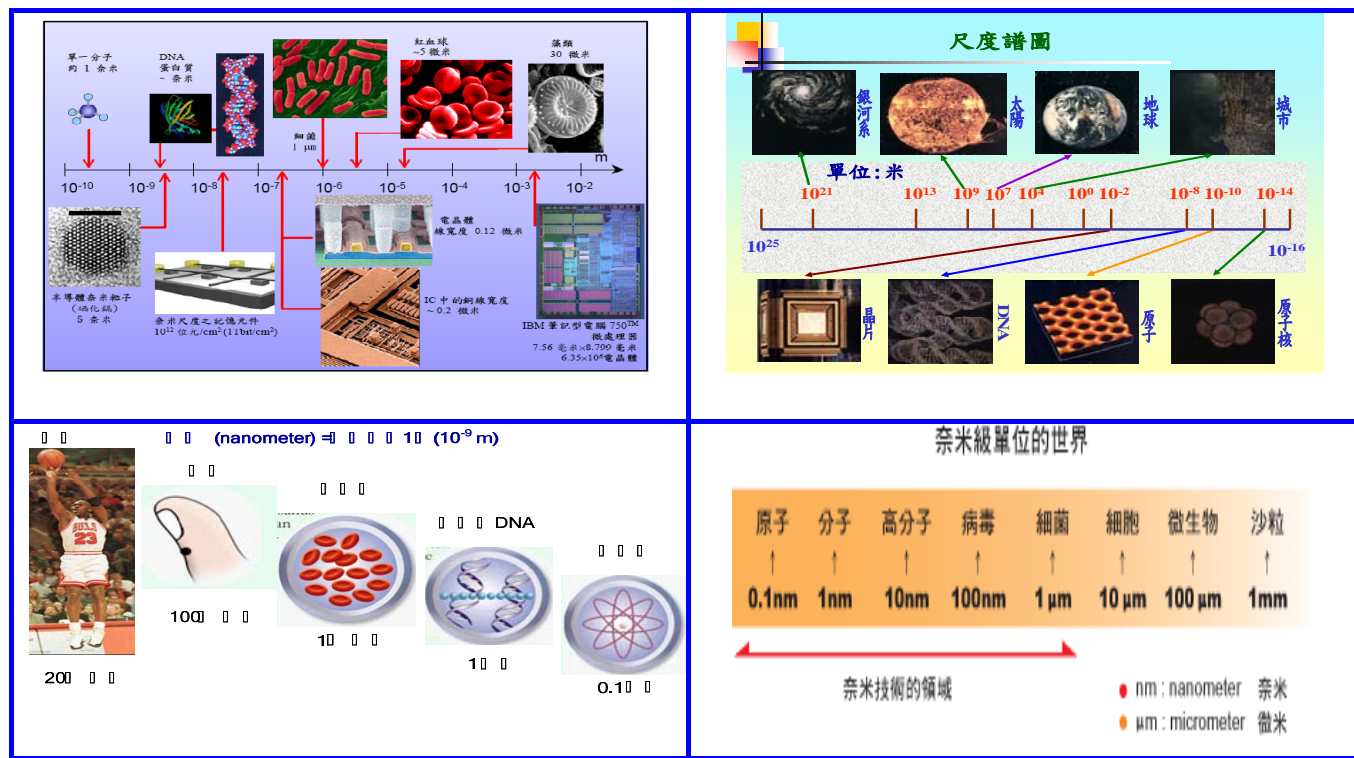


圖 1 奈米尺度示意圖

### 3.1 奈米三大效應介紹

#### 3.1.1 表面效應(Surface effect)

球型顆粒的表面積與直徑的平方成正比，其體積與直徑的立方成正比，故其比表面積(表面積/體積)與直徑成反比。隨著顆粒直徑變小，比表面積將會顯著增大，說明表面原子所佔的百分比將會顯著的增加(如圖2所示)。

### 3.1.2 小(量子)尺寸效應(small size effect)

奈米材料之體積效應亦稱為小尺寸效應或量子尺寸效應，當物質結構尺寸大時，所含原子數可視為無窮，因此總體電子能階為一連續帶狀，但當顆粒尺寸不斷減小到一定程度，會引起材料宏觀物理、化學性質上的變化。相關研究證實由於奈米材料尺寸小，電子被侷限在一個體積十分微小的奈米空間，電子傳遞受到限制，電子平均自由路徑短，電子的侷限性和相干性增強尺度下降，使奈米體系包含的原子數降低，總體電子連續能帶消失了，而表現為分裂的能帶，量子尺寸效應十分顯著，這使奈米體系的光、熱、電、磁等物理性質與常規材料不同，出現許多新奇特性。小尺寸效應會改變材料的光學性質(如圖2所示)。

### 3.1.3 穿隧效應(tunneling effect)

若把兩個超導體中間夾一薄層的絕緣體，則絕緣層也會出現一微弱的超導電流，而能通電。而在兩超導體上施加某一定的電壓時，則能得到一甚強之共振電流，這就是約瑟夫效應。這是由兩分開超導體中的超導電子互相合作產生的。這是一個現象對磁場非常敏感，所以可以利用它來偵測磁場的變化。在古典力學中，一個處於位能較低的粒子根本不可能躍過能量障礙到達另一邊，但以量子物理的觀點來看，由於質點具有波動性，因此有可能穿越比其總能量更高的位能壁壘，而且距離愈近，穿隧的機率愈大(如圖2所示)。

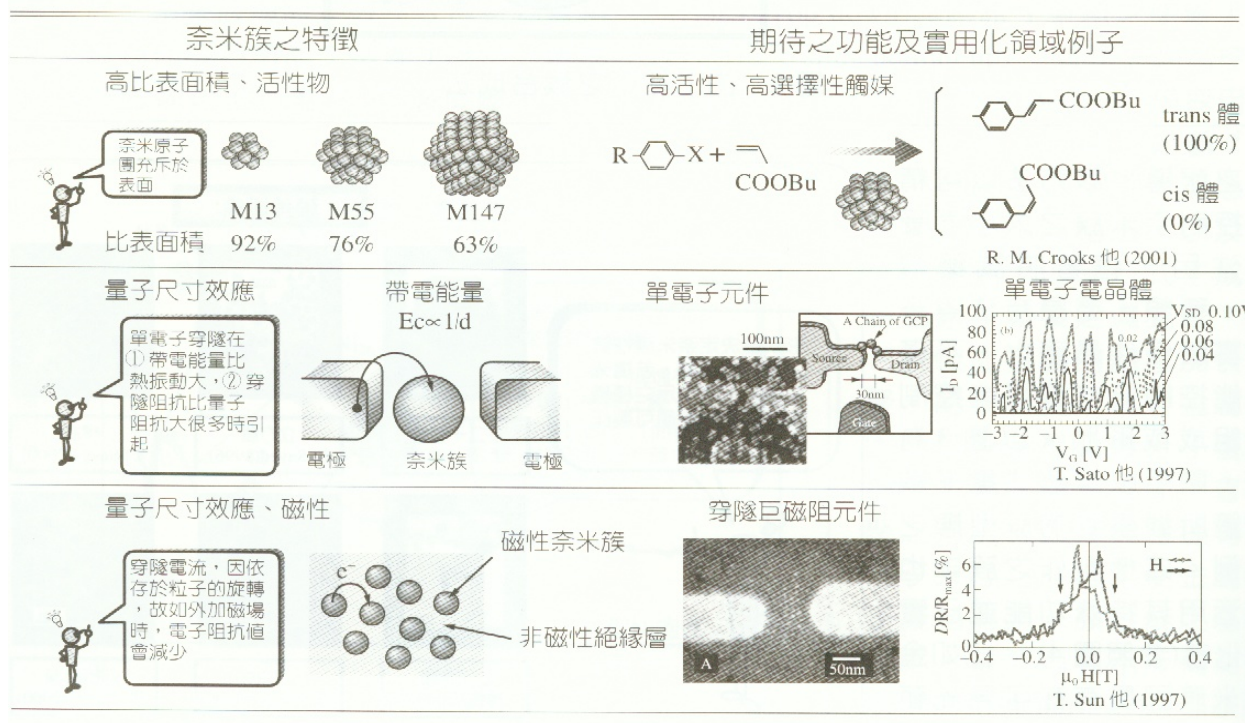


圖 2 奈米三大效應示意圖

## 3.2 奈米材料介紹

奈米材料又稱為超微顆粒材料，由奈米粒子組成，奈米粒子也叫超微顆粒，一般是指尺寸在1~100 nm 間的粒子，是處在原子簇和宏觀物體交界的過渡區域。奈米材料一般分為：(1)零維奈米材料：係指長、寬、高三維尺度均在奈米尺度的材料，如：原子簇、量子點、奈米微粒等；(2)一維奈米材料：係指長、寬、高三維尺度中有二維在奈米尺度的材料，如奈米棒、奈米線、奈米管等；及(3)二維奈米材料：係指長、寬、高三維尺度中只有一維在奈米尺寸範圍內，如奈米薄膜、超晶格層和量子井等。

### 3.2.1 奈米材料的合成技術

經過眾多奈米材料研究者的努力以及經驗累積，奈米材料之製備系統已有眾多文獻資料可循，奈米材料的合成技術大略可分為：(1)塊材粉碎；與(2)原子構築兩大類。前者是由塊狀物質經分割、破壞、磨碎至奈米大小尺度成為金屬奈米粒子，又稱之為是由上而下(top-down approach)之方式；後者是由前驅物反應來得到金屬原子，在經過成核與成長程序來得到穩定的奈米金屬粒子，粒子成長因為是從原子開始，我們只要能控制原子的聚集程度即可控制粒子尺寸與平均的均勻度，所以比較適合均勻且尺寸較小的金屬奈米粒子，亦稱為由下而上(bottom-up approach)之方式(如圖3所示)。表1顯示奈米材料合成技術「由下而上」法與「由上而下」法之差異。金屬奈米粒子的製備方法一般又可分為物理方法和化學方法兩類，說明如下：

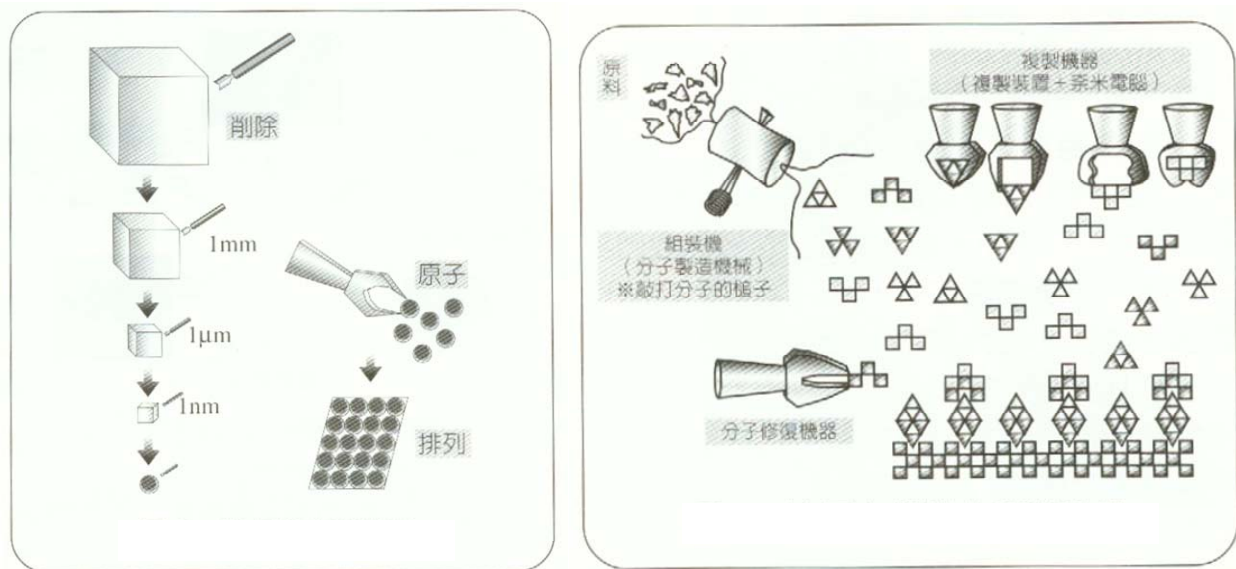


圖3 奈米材料的合成技術示意圖

表1 奈米材料合成技術比較

	「由下而上」法(bottom-up)	「由上而下」法(top-down)
原理	利用合成的技術，在氣相、液相、固相、真空環境下，使原子或分子團逐漸由小變大。	利用機械力量或外加能量場，以削小、研磨、粉碎等方式，使原來的材料逐漸由大變小。
材料粒徑大小	易控制至奈米級	對於機械強度高的材料，不易達成成奈米化
材料粒徑分布	粒徑分布較均一	粒徑分布不易控制
材料純度	材料純度高	材料純度易受研磨、粉碎過程中之污染而降低
材料設計	材料設計自由度高	材料設計受限於原使用材料
材料形貌	材料顯微結構較均一，可由製程條件控制	材料顯微結構較不均一，較難由製程條件控制
製備程序	較為複雜	較為簡單

### 1. 奈米微粒子的物理製備方法

- (1) 物理氣相沉積法：在超高真空或低壓惰性氣體氫或氬中，通過蒸發熱源的加熱作用，使得製備的金屬合金或化合物氣化、昇華，然後冷凝形成奈米材料，這是目前用物理方法製備具有清潔界面的奈米材料的主要方法之一。
- (2) 物理粉碎法：透過機械粉碎、電火花爆炸等方法得到奈米粒子。其特點操作簡單、成本低，但產品純度低，顆粒分佈不均勻。
- (3) 機械球磨法：採用高能球磨方法，控制適當的條件來得到奈米粒子，是典型的固相法。該方法工業技術簡單、成本較低，能製造出一般方法難以獲得的高熔點金屬和合金、金屬陶瓷等奈米粉末。
- (4) 熱分解法：利用高溫的方式將複合物分解以製備奈米複合材料。

### 2. 奈米微粒子的化學製備方法

化學方法主要是控制化學反應過程中固相產物的析出條件來製備奈米粒子(如圖4所示)，一般可分為：

- (1) 化學氣相沉積法：利用揮發性金屬化合物蒸氣的化學反應來合成所需粉末，是典型的氣相法。適用氧化物和非氧化物粉末的製備。此法的特點是產物純度高，粒度可控制，粒度分佈均勻且窄，無團聚。
- (2) 化學沉澱法：它是將沉澱劑加入到金屬鹽溶液中進行沉澱、過濾、乾燥、煅燒處理來得到奈米材料，是典型的液相法，主要用於合成高純度奈米粉末及金屬氧化物粉末，此方法最重要是如何控制粉末的成分均勻性及防止形成團聚。
- (3) 水熱合成法：在高溫高壓下，利用金屬或沉澱物，在水溶液或蒸汽等流體中合成，經過分離和熱處理而生成奈米粒子。該方法的最大優點是由於避開了前軀物的煅燒過程，因而粉末中不含

團聚，所得粉末的燒結性極佳。

- (4)溶膠凝膠法：以易於水解的金屬化合物(無機鹽或金屬醇鹽)為原料，使之在某種溶劑中與水發生反應，經過水解和縮聚過程逐漸凝膠化，在經乾燥和煅燒得到所需氧化物奈米粉末。
- (5)微乳液法：兩種互不相溶的溶劑在表面活性的作用下形成乳液，在微胞中成核、聚集、團聚、熱處理後得到奈米粒子，其特點是粒子的單分散和界面性好。
- (6)還原法：以金的鹽類為主要的原料，配合不同的還原劑製備出不同大小的金奈米粒子，例如用  $\text{NaBH}_4$  或白磷可製備出直徑小於10 nm 之金奈米粒子，以檸檬酸鈉為還原劑者可製備出直徑10 ~ 150 nm 之金奈米粒子。
- (7)電化學法：以預得到的金屬奈米粒子為陽極進行氧化反應與陰極進行還原反應，並加入電解質與穩定劑當保護劑，以電流大小控制粒徑大小，稱為電化學法。

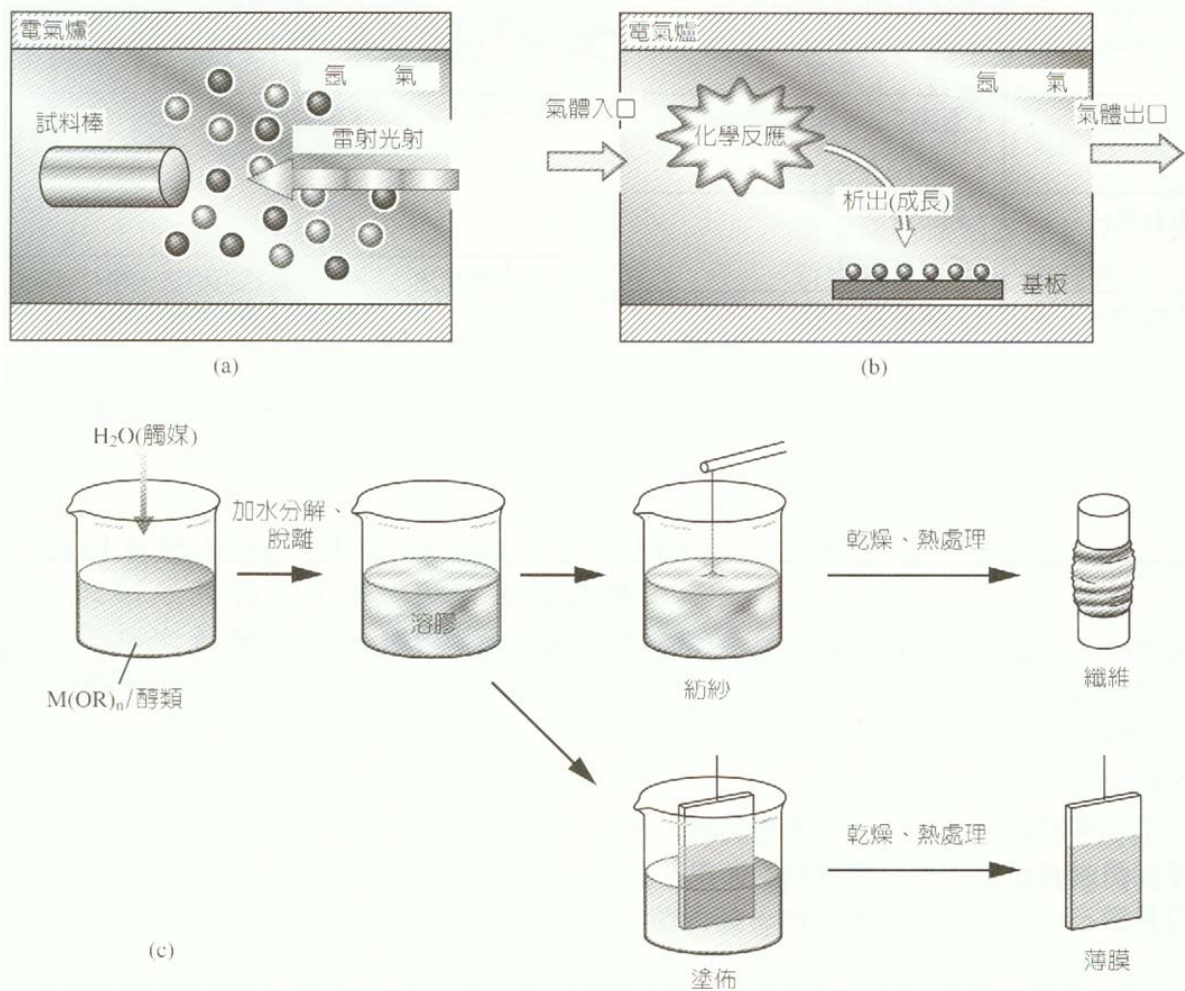


圖4奈米微粒子的化學製備示意圖

### 3.3 應用研究方向

奈米科技之應用研究發展，涵蓋之範圍與領域相當廣泛，可以歸納出幾個大方向，分述如下：

#### 1. 材料與製作

奈米技術改變我們未來製作材料與裝置的方法。挑戰包括合成設計之材料，發展生物和生物活化材料以及發展低成本之量產技術，同時瞭解導致奈米材料功能失靈之起始原因。其應用方面包括：

- (1) 在不用機械加工的方式下，製作實際形狀之金屬、陶磁、及高分子奈米結構材料；
- (2) 利用具有最佳染料及顏料特性之奈米粒子以改善印刷；
- (3) 利用奈米接合及電鍍之碳化物以及奈米塗層以作為切割之工具，做為電子、化學及結構等之應用；
- (4) 奈米尺寸量測之標準；以及
- (5) 在單晶上進行高層次多功能之奈米加工。

#### 2. 奈米電子及電腦技術

新巨磁阻(Giant MagnetoResistance, GMR)現象發現之未來十年內，奈米技術將完全取代舊有的電腦磁記錄磁頭技術，IBM 製造之 GMR 磁頭，其中 Cu、Ni、Fe 及 Co 等薄膜層的厚度，皆須控制在原子大小的精確度範圍。其他有潛力的突破包括：

- (1) 奈米結構的微處理元件，如單電子電晶體之發展，將持續低能量使用與低成本的發展趨勢，因此將提高電腦之效率達百萬倍；
- (2) 高傳輸頻率及高效用之光譜的通訊系統將增加提供至少十倍以上之頻寬，以應用於商業、教育、休閒及國防；
- (3) 1000 Giga bytes 容量的小而輕的儲存元件，其功能將超過目前達千倍；以及
- (4) 積體奈米感測系統具輕、薄、短、小之特性並有收集、處理及通訊大量資訊的功能。

#### 3. 醫藥與健康

生物系統是由奈米大小之分子行為所控制，而目前化學、物理、生物及電腦模擬等原理，在奈米尺度上的交流發展，正可刺激奈米生物科技(Nanobiotechnology)的發展。有潛力的應用包括：

- (1) 更快速有效的基因系列提昇診斷與治療；
- (2) 更有效經濟的醫療照顧利用遙控或及時活體(in vivo)元件；
- (3) 新的藥物配方或輸送途徑；
- (4) 更耐久之人工組織或器官；
- (5) 視力或聽力輔助；以及



(6)人體可能發生疾病之感測系統。

#### 4.航空及太空探險

奈米結構材料可應用在設計及製備輕重量、高強度、熱穩定性高之飛機、火箭、太空站及太空探險基地等，此外低重力、高真空之太空環境，可以幫助發展地球上無法製備之奈米結構或系統。這些應用包括：

- (1)低電力、高輻射抵抗之高性能電腦；
- (2)微太空船之奈米設備；
- (3)奈米結構感測器及奈米電子產物可促進航空電子工學(Avionics)；以及
- (4)絕熱及耐磨耗之奈米結構塗層。

#### 5.環境與能源

奈米科技在能源效率、儲存及生產上具有潛在的巨大衝擊，例如：

- (1)奈米觸媒的使用，可大幅提昇化學工業的產能；
- (2)Mesoporous 孔隙材料廣泛的被應用在石油工業上，以移除微細之污染物；
- (3)以奈米粉末強化之高分子材料在汽車等工業之應用；
- (4)奈米大小之無機黏土或高分子材料可製備更環保、更耐磨之輪胎；以及
- (5)其他尚有微機電人工智慧系統在環保或核廢料處理、奈米過濾器去除污染物或提高冷卻效率等等。

#### 6.生物科技及農業

生命的基本元素的大小，如蛋白質、核酸、脂、醣等，皆具有奈米尺度，生物合成及生物製程利用奈米科技可製備許多新的化合物及藥物。奈米科技在農業發展上的幫助，例如：奈米分子工程化合物可滋養農作物及防蟲、動植物的基因改質工程、動物體內基因及藥物的傳送、奈米陣列的 DNA 測試科技等。

#### 7.國防科技

奈米科技在國防上的應用包括：

- (1)奈米電子電腦技術所提供之各種持續資訊；
- (2)奈米電子電腦技術所設計之更複雜模擬系統，可提供更有效之訓練；
- (3)大量使用進步的自動化，降低部隊所需人力、危險性、及提高車輛性能；
- (4)達到部隊要求之更高效用(較輕重量、較高強度)同時降低失敗率及成本；
- (5)提昇化學/生化/核子感測能力；
- (6)設計強化系統來監督及管理核子擴散；以及

(7)結合奈米及微機械元件以控制核子防衛系統。

## 8.細微之處見神奇武器

奈米技術的迅猛發展，特別是微機電系統的初步成功，為軍事科技工作者研製奈米武器奠定了物質基礎。他們盡情發揮想像力，研製出千奇百怪的戰場“精靈”。

### (1)「麻雀」衛星

美國於 1995 年提出了奈米衛星的概念。這種衛星比麻雀略大，重量不足 10 公斤，各種部件全部用奈米材料製造，採用最先進的微機電一體化集成技術整合，具有可重組性和再生性、成本低、質量好、可靠性強。一枚小型火箭一次就可以發射數百顆奈米衛星。若在太陽同步軌道上等間隔地佈置 648 顆功能不同的奈米衛星，就可以保證在任何時刻對地球上任何一點進行連續監視，即使少數衛星失靈，整個衛星網絡的工作也不會受影響。

### (2)「蚊子」導彈

由於奈米器件比半導體器件工作速度快得多，可以大大提高武器控制系統的資訊傳輸、存儲和處理能力，可以製造出全新原理的智慧化微型導航系統，使制導武器的隱蔽性、機動性和生存能力發生質的變化。奈米導彈直接受電波遙控，可以神不知鬼不覺地潛入目標內部，其威力足以炸毀敵方火炮、坦克、飛機、指揮部和彈藥庫。

### (3)「蒼蠅」飛機

這是一種如同蒼蠅般大小的袖珍飛行器，可攜帶各種探測設備，具有資訊處理、導航和通信能力。其主要功能是秘密部署到敵方資訊系統和武器系統的內部或附近，監視敵方情況。這些奈米飛機可以懸停、飛行，敵方雷達根本發現不了它們。據說它還適應全天候作戰，可以從數百千米外將其獲得的資訊傳回己方導彈發射基地，直接引導導彈攻擊目標。

### (4)「螞蟻士兵」(奈米士兵)

這是一種通過聲波控制的微型機器人。這些機器人比螞蟻還要小，但具有驚人的破壞力。它們可以通過各種途徑鑽進敵方武器裝備中，長期潛伏下來。一旦啟用，這些“奈米士兵”就會各顯神通：有的專門破壞敵方電子設備，使其短路、毀壞；有的充當爆破手，用特種炸藥引爆目標；有的施放各種化學制劑，使敵方金屬變脆、油料凝結或使敵方人員神經麻痺、失去戰鬥力。

此外，還有被人稱為「間諜草」或「沙粒坐探」的形形色色的微型戰場傳感器等奈米武器裝備。所有這些奈米武器組配起來，就建成了一支獨具一格的「微型軍」。

## 3.4 奈米材料與高科技產業之關係

二十一世紀技術發展中心課題是微小化與資源永續發展，這些都須要新型材料。未來高科技

產業將具備如下特性：

- 1.縮小化：**無論在光電機械或醫學偵測各種技術上，其趨勢都是朝向微型化技術發展，有微電路、微機械或微偵測器。以最小體積負載最大資訊，或精細控制，則奈米材料的研發必不可或缺。
- 2.智慧型功能：**當材料達到微小化之後，將進一步賦予它多功能、多應變的條件。因此，智慧性材料(smart materials)是一個很理想的目標。
- 3.環境友善：**二十一世紀環保是人類最重要的課題，永續發展是我們的目標。所有材料發展均須考慮其自始至終的處置，從搖籃到墳墓。基本上微小化的材料比較合乎此目標，可自行分解之有機化學材料尤其有利。
- 4.全球化：**任何一項技術的發展，未來勢必都要進入全球市場競爭，不大可能僅止本國本土使用。在全球化的技術市場中，卓越的研究成果是非常重要的，而奈米材料研究的卓越化亦是必須的。

## 四、教材編輯

針對「奈米科技」進行教材編撰。教材分成三大篇：**第一篇**為奈米科技專用術語介紹，將儘量以圖解的方法來幫助讀者輕鬆認識神奇的「奈米科技」，一窺改變未來的奈米世界；**第二篇**為本教材重心，針對不同的對象設計不同的教材，分成兒童篇、入門篇、進階篇、生活篇、應用篇及知識篇，每一主題均涵蓋：(1)基本概論；(2)原理剖析；(3)應用領域；以及(4)案例介紹；**第三篇**則蒐集、彙整「奈米科技」相關簡易實驗，作為實作教學之參考。

### 4.1 圖解「奈米科技」專用術語

本內容蒐集「奈米科技」之專用術語(如表 2 所示)，以圖解的方式介紹奈米科技的全貌，俾利一般民眾認識與學習。部份範例說明如下：

表 2 「奈米科技」之專用術語部分資料彙整表

光觸媒 (Photocatalyst)	奈米碳管 (Carbon Nanotube)	奈米碳球 (Carbon Nano Capsule)	LCD 的玻璃基板	穿透率的消光比 (Extinction ratio)
LCD 的偏光層	偏極化光(Polarize light)	偏光膜	二次相	鐵電記憶體(FRAM)
聲波元件	壓電致動元件	壓電感測元件	焦電感測元件	壓電性 (piezoelectricity)
焦電性 (pyroelectricity)	鐵電性(ferroelectricity)	PZT	Structural ceramic nanocomposites	Electroceramic nanocomposites
Entrapment-type nanocomposites	Intercalation-type nanocomposites	Sol-gel nanocomposites	電漿顯示器	電激發光顯示器
真空螢光顯示器	場發射顯示器	陰極射線管	二極體	分子煞車
雙異質結構雷射	單異質結構雷射	半導體的能隙	居量反轉	雷射(Laser)
奈米軌道--脂質的移動路徑	人造氣離子通道	對掌分子(chiral molecular)	超低介電常數的多孔性半導體材料	水陸兩用衣 (amphibious suit)
超大基因	深藍電腦	掃描探針顯微術(SPM)	神經電腦	奈米鑷子(tweezer)

# 1.光觸媒(Photocatalyst)

紫外線或太陽光照射光觸媒後，會促使觸媒附近氧氣或水分子產生氫氧自由基來分解有害物質，或著藉由增強其親水性，使污垢的附著力大幅降低。一般的污染物或病原體多半是碳水化合物，分解後大部分會變成無害的水及二氧化碳，因此可以達到空氣清淨、脫臭、除污、淨水及抗菌的目標(光觸媒分解污染物如圖 5 所示)。

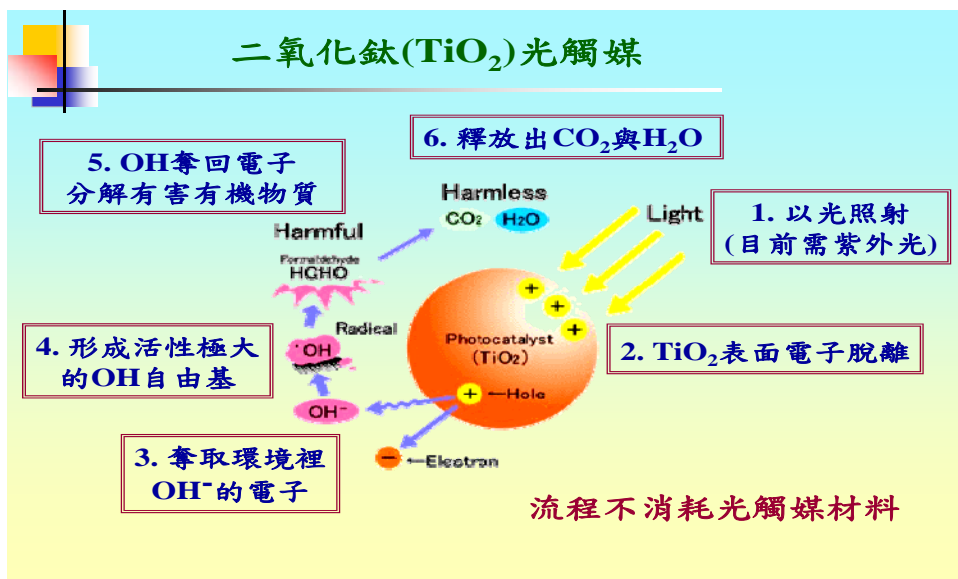
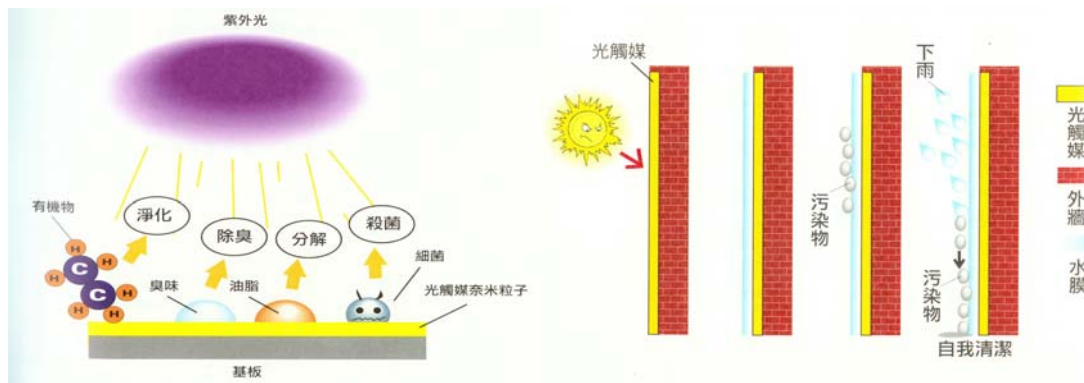
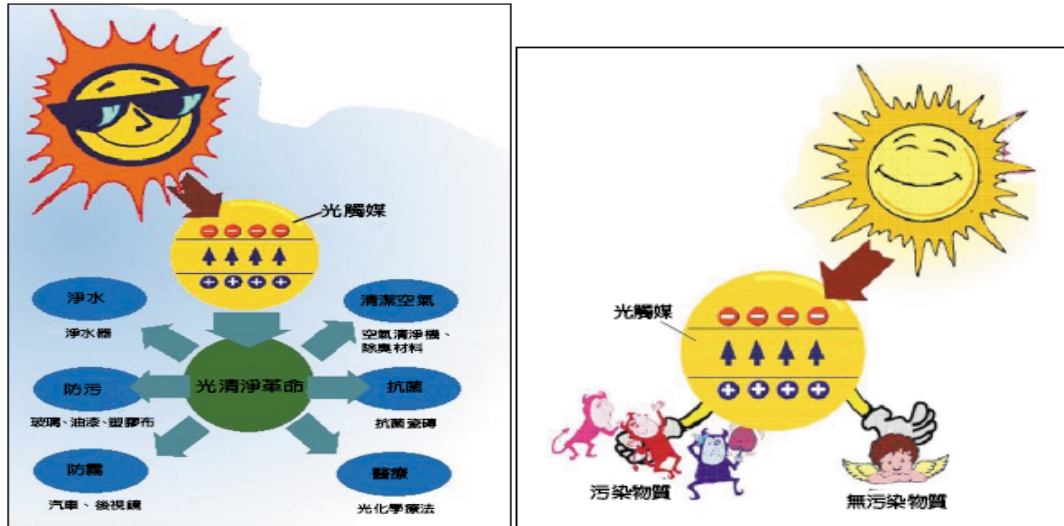


圖 5 光觸媒分解污染物示意圖

## 2. 奈米碳管(Carbon Nanotube)

1991年日本飯島澄男教授在研究碳簇時偶然發現奈米碳管(Carbon Nanotube, CNT) (如圖6所示), 其為直徑只有數個到數十奈米(nm)的多層管狀碳材。依據不同之成長方式, CNT 的形態一般可分為單層奈米碳管(SWNT), 直徑為數個奈米; 或多層奈米碳管(MWNT), 直徑為數十個奈米, 且由於碳原子於CNT中的排列結構的不同(包括: Zig-Zag、Armchair、Chiral三種), 可使得CNT成為半導體或導體, 造成CNT不僅可使用於FED(Field Emission Display), 更可運用在儲氫材料、二次鋰電池、生物醫學及電晶體等。

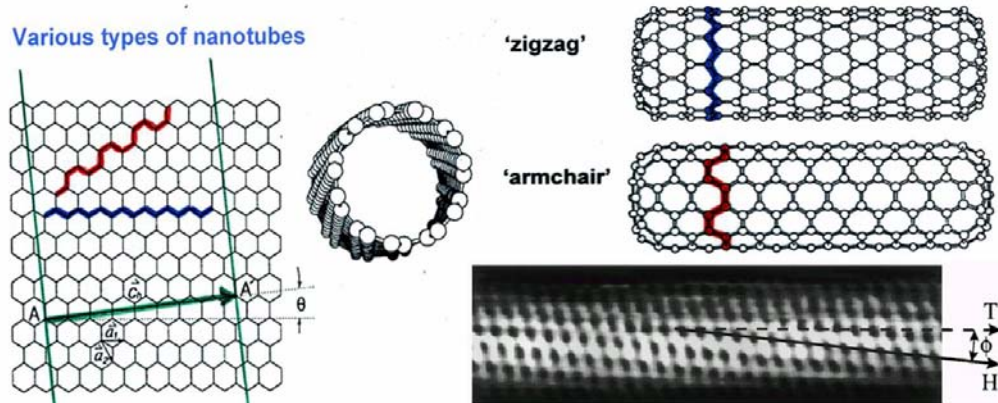


圖 6 奈米碳管示意圖

### 4.2 「奈米科技」教材

「奈米科技」系列教材分為: (1)兒童篇; (2)入門篇; (3)進階篇; (4)生活篇; (5)應用篇; 及(6)知識篇。說明如下:

#### 4.2.1 兒童篇

為能有效引領小朋友認識「奈米科技」, 藉由活潑生動的漫畫(漫畫樣張如圖7所示)以吸引小朋友的目光, 進而介紹正確的「奈米科技」知識, 使小主人翁提早認識改變未來的「奈米科技」, 早日進入「奈米世界」, 全面提升「奈米科技」的相關知能。

#### 4.2.2 入門篇

入門篇以較多的圖片搭配文字說明之交互呈現, 做為一窺「奈米科技」神秘面紗之入門。藉由圖片的輔助讓讀者較容易閱讀, 輕鬆學習認識「奈米科技」, 進而能慢慢認識「奈米科技」之基本定義、發展現況及一般應用。為使整套系列教材內容更加豐富, 蒐集整理相關之奈米專利及報章雜誌所刊登之「奈米科技」相關報導(如圖8所示)以供民眾參考。本教材之部分內容說明如下:



圖 7 「奈米科技」漫畫教案樣張

蓮花葉表面的抗污和抗水性，使科學家們發明防水底片、耐磨污的器具表面，而壁虎四肢巨大黏附力，有助於科技人員研發具有重複使用功能的黏合技術與材料。運用奈米磨潤科技，研發新世代環保產物，將可提升生活品質。

◎文/鄭友仁 (國立中正大學機械系教授)

## 磨潤科技 取法蓮花、壁虎

▲蓮花效應。蓮花葉表面具有絕佳抗水性。(鄭友仁提供)

在早期，我們買新車時原廠業務員大都會再三地提醒車主，新車都需要經過一段所謂「馴車期」，也就是引擎磨合期。引擎磨合期約是新車里程數的前1000至2000公里，這段馴車期是為了保護引擎中數以百計的轉動及滑動元件能充分地相互接觸、摩擦及適應。汽車引擎磨合期就如同劇烈運動前的暖身運動，不能太過激烈，必須循序漸進，提升引擎機件適應環境的能力，達到它應有的性能水平。而引擎磨合的優劣，會對其壽命、安全性及耗油性的良窳產生重大的影響，因此新車車主在馴車期應不戰戰兢兢地進行引擎的磨合程序，不敢大腳踩油門，且依照原廠的指示定期更換專用機油，對剛購得新車的車主來說可算是一種折磨。

●**磨潤機制 讓新車縮短引擎磨合期**

但是近年來，我們在購車時，車商不再像以往那麼強調馴車期的重要性，頂多只是提醒不要有太過激烈的操控動作，就可以使新引擎能夠達到該有的水準及壽命，並不需其他繁複的引擎磨合程序。這都是由於引擎科技進步及磨潤科技快速發展所帶來的便利。

磨潤，這個陌生的名詞，乍看之下似乎與我們一般人沒有交集，其實磨潤的現象，不斷地在我們日常生活的周遭重複上演著。考古學家發現40萬年前遠古時代的中國及爪哇就有了應用磨石製造石器工具的證據，5000年前的古埃及人也已經知道磨潤磨盤式板車的底部以利搬運石塊建造金字塔。而在現代，引擎之所以能保持不斷地旋轉，主要歸功於磨潤機制的效益。

●**磨潤學 始自文藝復興時期的達文西**

近代的磨潤學始自500年前文藝復興時期的達文西(Leonardo da Vinci)對兩塊平板相對運動所產生之摩擦力現象的研究，隨後法國物理學家阿蒙頓(Guillaume Amontion)於17世紀提出了Amontion's Law，法國物理學家庫倫(Charles Augustin Coulomb)於18世紀提出的庫倫摩擦定律，均為今日古典力學中有關摩擦現象的啟蒙基礎。這些摩擦定律和20世紀初物理學家史崔克(Richard Stribeck)與奧斯本(Orborne Reynolds)對潤滑現象的實驗及理論後，和50年代包登(Frank Philip Bowden)與塔伯(David Tabor)在潤滑大面積提出的表面附著理論及磨耗概念成為今日磨潤學基礎。

自從70年代能源危機發生，及80年代環保意識高漲，磨潤現象的研究和應用愈來愈受重視，但仍存有若干瓶頸無法突破。隨著科技的突飛猛進，精密製程已達到幾何精度的程度，超薄薄片也成為各類科技產品的特色，

在國際學術期刊Nanotechnology的封面上。這些深研學術基礎的研發成果，也逐步應用在奈米線寬晶體管製程及長行程的奈米定位平台等高附加價值的技術上，具有創造台灣產業之競爭利基的潛力。

在自然界，許多生物都是善用表面接觸原理的高手，例如蓮花效應(Lotus effect)，在蓮花葉表面存在許多突起的小顆粒結構，讓蓮花葉表面有絕佳的抗污性和抗水性，此即為蓮花效應的成因。科學家們利用此原理發明了許多高科技產品，包括防水底片、防水噴霧劑、耐磨污的器具表面等。再以動物來看，壁虎的四肢具有驚人的黏附力(Adhesion)。根據研究，一隻50公克壁虎的黏附力可以吊起約130公斤重物，其成因來自腳上具有層層分級的結構，在每一根趾端佈滿許多細微如絲毛(Seta)的組織，而在每一根絲毛更有數百個分支，每個分支的末端擁有一宛如刮刀的細微結構(Spatula)，其大小僅有200奈米，壁虎就是靠著這細微如分子大小之結構與接觸表面之凡得瓦爾力(van der Waals forces)產生黏附力，能在垂直壁面甚至天花板悠遊活動，飛行自如。

●**50公克壁虎的黏附力 可吊起130公斤重物**

壁虎能在瞬間將其腳與接觸面脫離，靈活矯健的身手及重複使用單位面積下之巨大黏附力，讓我們感到好奇及佩服。我們時常想在家中客廳掛一幅字畫來增添生活氣氛，但往往又不願在精緻裝潢的牆面上鑽孔安裝掛鉤，若選擇市面上常見的黏貼掛鉤，則又受礙其荷重限制，當我們想改變掛鉤位置或更換其他不同圖幅字畫時，不論是掛鉤或是黏貼掛鉤，都無法重複使用。未來若能運用壁虎的黏附特性，發展出具有極佳黏附力且具重複使用功能的人造材料，將其應用於製造產業來取代傳統鑽孔掛鉤，避免破壞原有結構特性，相信更能提升生活品質。

回顧文明發展的歷史，人類常常為了追求科技文明的進步及日常生活的便利，有意或無意間破壞了自然環境，而漸漸地捲入大自然反撲的漩渦。隨著科學的發展我們已能探索奈米世界中的事物，更具有能力來推動未來科技的進步，人類若追求永續發展，除了運用奈米磨潤科技，發展減小摩擦及損耗技術、節約能源外，更可師法自然，借鏡大自然於千萬年演化中取得的智慧，進而轉變成人類可以應用的科技，仿效蓮花、壁虎等生物各自獨具的本能特性，研發新世代環保產物應用於日常生活中，為人類增添美好生活色彩的同時，不要再將地球村帶來負擔，身為21世紀的科技人員，都應朝這個美好的方向努力。

▲壁虎的黏附力相當驚人。(王達廣攝)

圖 8 報章雜誌所刊登之「奈米科技」相關報導(摘自中國時報)

## 1. 奈米是什麼？

在 SARS 風暴肆虐之前，民眾對奈米一詞所知甚少。如今市面上已推出琳瑯滿目的奈米相關產品，例如奈米冰箱、奈米冷氣、奈米殺菌劑、奈米健康食品及奈米保養化妝品等。大家只知道奈米好像很神奇，但消費者真的瞭解奈米是什麼嗎？

「奈米」等同於尖端科技的代名詞，並非可食用的米，它其實是一個長度單位。「奈米」中的「米」字代表一公尺(meter)；「奈」字是英文 nano 的譯名，表示  $10^{-9}$  的意思。兩個字的組合亦即代表十億分之一公尺。

一個奈米到底有多小？只有使用最精密的電子顯微鏡才觀察的到。一個奈米大概是 3~4 個原子相連的長度，約等於人類頭髮直徑的十萬分之一。如果說地球的直徑只有一公尺的話，一顆彈珠的直徑就相當於一個奈米。

這個微乎其微的小小世界，已成為廿一世紀最重要的科技領域之一。科學家們皆認為，奈米科技將引發人類社會的第四波工業革命，預期將對光電、電子、化工、材料及生醫等重要產業產生革命性影響，且讓我們拭目以待，迎向更美好的未來。

## 2. 奈米與自然界

奈米科技聽來先進，但並非純然是實驗室的產物。造物者從數百萬甚至數千萬年前，已在自然界的許多生物體內創造出奈米粒子或奈米構造，使其展現特殊功能或形態。昆蟲多半體積嬌小、重量極輕，如果翅膀上沾有一點點灰塵或水滴，在飛行時會因重量不平均而造成問題，所以許多昆蟲的翅膀表面具有奈米構造，即使有灰塵或小水滴落於翅膀上，也能很輕易地將其抖落。此點對於一些翅膀較大的昆蟲尤其重要，因為腿部無法構得到，所以端賴翅膀的奈米結構來幫助自我清潔。許多夜行性的飛蛾在夜間飛行時，為了避免被敵人發現，演化出看起來異常漆黑且不會反光的眼晴。飛蛾眼晴的角膜表面具有奈米級的細小突起，甚至還小於光線的波長，所以反光性極低，而且似乎可以吸收來自四面八方的光線。市面上已有企業模仿此種「蛾眼效應」，推出不會反光的玻璃，將來在鏡片、電視及電腦螢幕上，應有可觀的應用潛力。圖 9 為昆蟲翅膀之奈米構造示意圖。

### 4.2.3 生活篇

本部分教材內容主要是蒐集、彙整「奈米科技」應用在日常生活中所帶來的便利。學醫部份範例說明如下：

#### 1. 延長藥效

胰島素奈米膠囊：波士頓大學研究人員把老鼠的胰島細胞用薄膜包起來，再植入患有糖尿病

的老鼠體內，薄膜上布滿 7 奈米大小的孔洞，僅能讓胰島素分子慢速釋放出來，由於抗體體積太大無法通過奈米級的孔洞，藉以保護胰島細胞不被抗體吞噬、分解。這樣一來，原本需要天天注射胰島素的糖尿病鼠，植入膠囊後，不用打針，數週後也可存活下來。

### 2.增加檢驗的靈敏度

磁振造影(MRI)顯影劑以奈米級顆粒的螢光染料做為染料，所得的影像會更清晰。因為螢光染料在奈米顆粒時，較原來不易受到背景值干擾，也不易衰退變淡。

### 3.精準到達病灶

由於人體的細胞大小是 100 微米，相當 10 萬奈米。以奈米級樹枝狀高分子聚合物做為藥物的載體，使藥物容易被細胞吸收，再加上奈米級顆粒傾向累積於體內發生發炎的區域，更能精準到達病灶。利用奈米級機器人進入人體和病毒展開大作戰，或是清除血管中的血塊，都會因為人類走進微小世界之路，使一切變得可能



圖 9 昆蟲翅膀奈米構造示意圖

### 4.3 「奈米科技」學習網

建構奈米超人網站【<http://www.tasder.org.tw/nano-superman>】首頁，如圖 10 所示。





圖 10 奈米超人網站【<http://www.tasder.org.tw/nano-superman>】首頁示意圖

## 五、結語

本教材透過書面文字、影像資料、Power point 簡報、Flash 動畫、漫畫、多媒體、延伸閱讀等多樣性之教材形式，針對奈米科技之知識，進行教材編撰。本教材將分成三大篇：(1)第一篇為奈米科技專用術語介紹，將儘量以圖解的方法來幫助讀者了解，一窺改變未來的奈米世界；(2)第二篇為教材重心，針對不同的對象設甫不同的教材，分成兒童篇、入門篇、進階篇、生活篇、應用篇及知識篇，每一主題均涵蓋：(a)基本概論；(b)原理剖析；(c)應用領域；以及(d)案例介紹；(3)第三篇則蒐集彙整奈米相關簡易實驗，作為實作教學之參考；並輔以 DIY 實作練習之實務操作來驗證教學理論。藉由生活化、專業化的教材做一整體性之介紹，逐步增進學生之專業科技知識所需要的知識與智慧。最後透過奈米超人網站擴大學習成效。

## 六、參考文獻

- 【1】 J Dong Chang Park, Seong Su Kim, Byung Chul Kim, Seung Min Lee and Dai Gil Lee, Composite Structures, Wear characteristics of carbon-phenolic woven composites mixed with nano-particles, Volume 74, Issue 1, PP. 89-98(2006).
- 【2】 Shi-Quan Lai, Tong-Sheng Li, Xu-Jun Liu, Ren-Guo Lv and Li Yue, Tribology International, The tribological properties of PTFE filled with thermally treated nano-attapulgite, Volume 39, Issue 6, PP. 541-547(2006).
- 【3】 M. Beleggia, J.W. Lau, M.A. Schofield, Y. Zhu, S. Tandon and M. De Graef, Journal of Magnetism

and Magnetic Materials, Phase diagram for magnetic nano-rings, Volume 301, Issue 1, PP. 131-146(2006).

- 【4】 Kebin Li, Yihong Wu, Guchang Han, Jinjun Qiu, Yuankai Zheng, Zaibing Guo, Lihua An and Ping Luo, Thin Solid Films, Electrical and magnetic properties of nano-oxide added spin valves, Volume 505, Issues 1-2, PP. 22-28(2006).
- 【5】 S.N. Piramanayagam, J.Z. Shi, C.K. Pock, H.B. Zhao, C.S. Mah, Y.S. Kay, J. Zhang, J.R. Shi and J.M. Zhao, Thin Solid Films, Investigations on nano-structured perpendicular recording media for high density data storage, Volume 505, Issues 1-2, PP. 71-76(2006).
- 【6】 Samares Kar, Thin Solid Films, Parameter extraction using novel phenomena in nano-MOSFETs with ultra-thin (EOT = 0.46–1.93 nm) high-K gate dielectrics, Volume 504, Issues 1-2, PP. 178-182(2006).
- 【7】 Luhua Xu and John H.L. Pang, Thin Solid Films, Nano-indentation characterization of Ni–Cu–Sn IMC layer subject to isothermal aging, Volume 504, Issues 1-2, PP. 362-366(2006).
- 【8】 The-Vinh Nguyen, Hyun-Cheol Lee and O-Bong Yang, Solar Energy Materials and Solar Cells, The effect of pre-thermal treatment of TiO<sub>2</sub> nano-particles on the performances of dye-sensitized solar cells, Volume 90, Issues 7-8, PP. 967-981(2006).
- 【9】 Ye Sheng, Bing Zhou, Yanhua Liu, Xu Zhao, Chengyu Wang, Yan Pan and ZiChen Wang, Materials Letters, Close-packed nano-TiO<sub>2</sub> anatase microspheres synthesis and their luminescent properties, Volume 60, Issue 11, PP. 1327-1330(2006).
- 【10】 工研院，「圖解奈米應用技術」，全華科技，台北(2006)。
- 【11】 工業技術研究院工業材料研究所，「奈米，不是啥稀米」，天下文化，台北(2006)。
- 【12】 林振華、陳玉心、王建義，「奈米科技全書(共四冊)－觀察篇、觀察分析法、IT應用篇、生化奈米應用技術篇」，全華科技，台北(2005)。
- 【13】 高濂、孫靜、劉陽橋，「奈米粉體的分散及表面改性」，五南，台北(2005)。
- 【14】 陳光華、鄧金祥，「奈米薄膜技術與應用」，五南，台北(2005)。
- 【15】 阿推，「奈米超人」，台灣大學，台北(2005)。
- 【16】 張安華，「實用奈米技術」，新文京，台北(2005)。
- 【17】 陳貴賢，「奈米科技與生活」，科學發展月刊(2006)。
- 【18】 廖世傑，「應用超高壓製造奈米三維材料」，工業材料(2006)。
- 【19】 淺川潔，「超高速光元件奈米技術」，電子月刊(2005)。
- 【20】 蔡聖豐，「奈米科技在車輛產業之應用」，車輛工業月刊(2005)。
- 【21】 吳永俊，「具奈米尺度及新穎結構的高效能低溫複晶矽薄膜電晶體的製作與特性研究」，國立交通大學電子工程系所博士論文(2005)。
- 【22】 陳奎百，「奈米結構增強之有機電激發光二極體材料及元件研究」，國立交通大學應用化學系博士論文(2005)。
- 【23】 葉定儒，「合成不同插層劑對高分子/黏土奈米複合材料物理性質之影響」，國立交通大學應用化學系所博士論文(2005)。
- 【24】 陳玟吟，「混合型有機-無機奈米熱電材與發光材的製備與性質探索」，國立清華大學化學博士論文。
- 【25】 劉日新，「以微波共振方法探討金屬薄膜及奈米微顆粒之電性和磁性」國立清華大學電子

工程研究所博士論文(2005)。

- 【26】陳淑思，「國民小學教師奈米科技概念之現況研究」，臺中師範學院(2005)。
- 【27】李淑娟，「論奈米科技潛在風險之法律規範」，東海大學法律學系博士論文(2005)。
- 【28】蔡鳳娥，「資訊科技融入國小奈米科技教學之研究」，國立台中教育大學(2005)。
- 【29】林盈助，「可撓性奈米碳管平面顯示器之研究」，臺灣大學應用力學研究所博士論文(2005)。
- 【30】曾國鴻、陳沅，「國小師生對奈米科技之熟悉度、學習需求及其融入課程研究」，科學教育學刊(2005)。
- 【31】陳銘宏，「我國發展奈米科技的策略研究」，國立台北大學企業管理學系碩士論文(2005)。
- 【32】吳俊寬，「從奈米科技材料運用探討綠色產品設計之研究」，大葉大學設計研究所碩士論文(2005)。
- 【33】曾東模，「九年一貫教學實驗設計-奈米科學之課程統整」，國立中正大學化學研究所碩士論文(2005)。
- 【34】吳重雨，「奈米世界—賦予大學新機會」，國立交通大學，新竹(2003)。
- 【35】尹邦躍、張勁燕，「nano奈米時代」，五南，台北(2002)。
- 【36】工研院化工研究所，「奈米化學與科技應用」，工業技術研究院(2004)。
- 【37】黃光照、李重賢、李美英、劉怡君，「奈米科技交響曲(物理篇)」，國立臺灣大學，台北(2004)。
- 【38】何鎮揚，「奈米科技交響曲(化學篇)」，國立臺灣大學，台北(2004)。
- 【39】廖達珊、胡苓芝、潘彥宏，「奈米科技交響曲(生物篇)」，國立臺灣大學，台北(2004)。
- 【40】閔恩澤、吳巍、楊森源，「科技大浪潮—綠色化學與化工」，五南，台北(2003)。
- 【41】李旺龍、馮榮豐，「奈米工程技術」，滄海，台北(2002)。
- 【42】張立德、張勁燕，「科技大浪潮—奈米材料」，五南，台北(2002)。
- 【43】周森，「複合材料—奈米、生物科技」，全威，台北(2002)。
- 【44】范光照、黃漢邦、陳炳輝、張所鎡、顏家鈺，「奈米工程概論」，普林斯頓國際有限公司，台北(2003)。
- 【45】川合知二，「圖解 奈米科技」，工業技術研究院(2002)。
- 【46】Mick Wilson、Kamali Kannangara、Geoff Smith、Michelle Simmons、Burkhard Raguse(王宣勝、陳育堂、蔡聲鴻、趙榮輝、藍天雄等譯)，「奈米科學與技術」，普林斯頓國際有限公司，台北(2003)。
- 【47】姚福燕，「深入淺出談奈米科技」，可道書房，台北(2004)。
- 【48】奈米國家型科技計畫 <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/newsbig5.asp>
- 【49】行政院國家科學委員會—Nano 科技年鑑奈米網 <http://nano.nsc.gov.tw/>
- 【50】中研院表面及奈米科學實驗室 <http://www.phys.sinica.edu.tw/~nano/>

## **Abstract**

A grain of sand, one world; nanotechnology will influence the whole world and change future. Nanometer, which is not a edible rice, become a widely known pronoun of Hi-Tech. Nanotechnology, open the brand-new vision for the fundamentals, guide the brand-new developing direction for the applied science, also bring the infinite chance for the new developing scientific and technological industry. But the intension and essence of the nanotechnology, can't understand, it is the popularization of the relevant knowledge of science and technology of nanometer, there are its urgent necessities in fact. So, this teaching group hopes to compile a set of intact teaching materials through the execution of this plan very much, under hand in and know in the picture and the written language oning , reduce the masses to the estrangement nanometer science and technology, and recommend through the lively caricature and the vivid cartoon appears, make the people easy to accept, in order to promote the popular-science education of nanotechnology. The content of this plan includes written characters, image materials , power point bulletin, flash cartoon, caricature, multimedia, extend reading etc., the form of diversified teaching material to enduring the knowledge of nanotechnology, with the living, specialized introduction of doing a globality of teaching material. Every unit of the teaching material includes: (1)basic outline; (2)the principle is analyzed ; (3)application; and (4) introduction to the case, promoting the knowledge and intelligence of students progressively.

**Key word : nanotechnology 、 popular-science**