

十二年國民基本教育  
自然科學領域教學模組  
研發模式與示例研發計畫  
104 年成果報告

(六)

高中組

主題

奈米世界的介紹-奈米教學模組

委辦單位：教育部國民及學前教育署

承辦單位：國家教育研究院

計畫主持人：國家教育研究院曾世杰副院長

國立臺灣師範大學科學教育研究中心張俊彥主任

共同主持人：國立臺中教育大學科學教育與應用學系黃鴻博教授

國家教育研究院黃茂在副研究員

國家教育研究院吳文龍助理研究員

中華民國 105 年 3 月 31 日



# 目 次

一、基本資料	1
1.1 教學主題	1
1.2 研發團隊	1
1.3 內容綱要	2
1.4 活動名稱	3
二、設計理念	4
三、模組架構	5
3.1 架構概述	5
3.2 跨科連結	8
3.3 先備知能	9
3.4 差異化教學	9
四、核心素養指標	10
五、教學活動	11
5.1 教學素材	11
第一單元奈米尺度	11
第二單元奈米物質	23
第三單元奈米特性	35
第四單元奈米科技的應用	57
第五單元奈米科技的衝擊	68
5.2 教學設計	80
六、教學資源	83
6.1 教師專業發展	83

## 圖目次

圖 1-1 螞蟻	13
圖 1-2 猜猜這是螞蟻的哪個部分	13
圖 1-3 零維材料(0D)砷化銦量子點圖	14
圖 1-4 一維材料(1D)奈米柱圖	14
圖 1-5 二維(2D)薄膜橫截面之掃描式電子顯微鏡影像圖	14
圖 1-6 三維材料(3D)矽晶圓圖	14
圖 1-7 放大 500 倍的髮絲	18
圖 1-8 老師的褲子在顯微鏡下放大 200 倍的纖維圖像	18
圖 2-1 為何蓮花會出淤泥而不染	23
圖 2-2、2-3 表皮細胞上的含奈米絨毛，可防止水珠與灰塵吸附在蓮葉上	24
圖 2-4 常見物質大小	25
圖 2-5、2-6 壁虎腳掌剛毛尖端的奈米匙突，可緊密地附著在物體表面上	25
圖 2-7 奈米磁粒子讓海龜得以回到出生地的海灘，交配產卵	25
圖 2-8 利用 250nm 波長的汞燈雷射作為光源，可以製作大小為 300nm 以下的電 路	29
圖 2-9 利用機械球磨法製備奈米等級微粒	30
圖 2-10 富勒烯與奈米碳管	30
圖 2-11 利用氣相冷凝法製備奈米等級微粒	30
圖 2-12 微纖維構造	31
圖 2-13 電弧放電法	31
圖 3-1 二維矽柱光子晶體結構	36
圖 3-2~3-5 蝴蝶翅膀的放大圖	38
圖 3-6 光子晶體模擬圖	39
圖 3-7 奈米磁碗和普通磁碗有什麼不同	41

圖 3-8 原子排列整齊(上)與原子排列混亂(下)的結構圖-----	41
圖 3-9 為什麼水珠落在手機上會像一顆顆的珍珠呢-----	48
圖 3-10 蓮葉可以藉由蓮葉效應來保持葉面的潔淨-----	48
圖 3-11 奈米衛浴是利用奈米級的釉料塗在衛浴表面,填補肉眼無法看見的坑洞, 使其不易附著髒污-----	49
圖 3-12 不同親水性和疏水性所產生的接觸角都不一樣-----	52
圖 3-13 將乒乓球放置在板子上的跳棋上-----	53
圖 3-14 蓮葉表面放大圖-----	54
圖 3-15 水珠流經蓮葉表面會因為蓮葉效應而帶走髒污-----	54
圖 3-16 小水珠落在蓮葉表面的放大圖-----	54
圖 4-1 奈米馬桶、奈米浴缸、奈米臉盆-----	57
圖 4-2 奈米鈣牛乳-----	57
圖 4-3 右側塗有奈米無膜撥水防護劑、左側無塗抹-----	57
圖 4-4 成分奈米化後能使保養品更容易滲透進入皮膚內層-----	58
圖 4-5 已塗上奈米塗料的布-----	58
圖 4-6 美國空軍基地的F-22「猛禽」隱形戰機-----	61
圖 4-7 光觸媒在環境上的多功能應用-----	61
圖 4-8 奈米科技對產業的全方位影響-----	67
圖 5-1 不同大小懸浮微粒進入人體的管道-----	69
圖 5-2 奈米標章標準圖形一-----	75
圖 5-3 奈米標章標準圖形二-----	75

## 表 目 次

表 1 量子尺寸效應-----	15
-----------------	----



# 一、基本資料

## 1.1 主題：奈米世界的介紹 - 奈米教學模組

## 1.2 開發團隊

本課程是 2009 年與彰化師範大學所共同開發的課程，校內參與了由當時的國科會(現為科技部)所提出的「奈米人材培育計畫」，研發課程團隊於 2009 年開始蒐集、閱讀國內外奈米相關的文獻後，依據國內高中 95 課程暫行綱要，進行相關課程分析，擬定奈米在高中課程的能力發展與能力標準，並且選擇適合的高中的奈米概念，繪製概念圖，並且依據概念圖發展相關命題陳述，經過專家與資深高中教師審查，於 2010 年修改並完成概念圖之設計，2011 年依據概念圖設計命題陳述，再依據命題撰寫教案，做為開發奈米教材之依據，於 2011 年 9 月逐一完成教材內容、教材活動與工作單，並且與研究團隊中的奈米科技專家、科學教育專家共同研究討論、修改，最後完成教材，送至相關奈米與科學教育專家進行審查，修訂後完成定稿。

研究團隊的成員包含校內、外的教師、彰師大的教授，專長與名單如下表所示

	姓名	教學科目或專長	工作內容
校內教師	蘇佳俊	化學科	教材編寫、授課教師
	楊雅雯	生物科	教材編寫、授課教師
	韋裕霖	物理科	教材編寫、授課教師
	張鈞權	物理科	教材編寫
	方壯剛	地球科學	教材編寫
	吳瑞媚	化學科	教材編寫
	蕭建華	地球科學 (現為大甲高中校長)	教材編寫
校外教師	蕭瑛星	彰師附工校長	教材內容討論
	林全財	彰師附工主任	教材內容討論
	吳志文	彰師附工老師	教材內容討論
	林富美	竹南高中 老師	教材內容討論
彰師大教授	林建隆	科學教育	科學教育指導
	洪連輝	物理	物理、奈米專長指導
	吳仲卿	物理	物理、奈米專長指導
	石豫臺	物理	物理、奈米專長指導
	溫育德	生物	生物、化學、奈米專長指導

組成研究團隊時，本校參與的教師共有七位自然科教師參與團隊，計有物理科教師兩名、化學科教師兩名、地球科學教師兩名、生物科教師一名，在自然領域中的四門學科，包含物理、化學、生物、地科均涵蓋其中，以解決跨學科領域的課程開發的障礙。任教本校的年資八年至二十年不等，教學上與學生的互動良好，教學本科專精而純熟。另三位校外教師則分屬兩間不同學校的教師，其中一位教師任教於竹南高中，另兩位老師任職於彰師附工。

研究團隊在開發教材的期間，每月研究團隊開會一次，討論此奈米 5E 探究式教材對高中生的適切性，團隊教授均給予研究團隊許多的意見與幫助。開發課程教師在教學活動的開發與教材內文的潤飾，均與研究團隊經過多次的溝通與修改，最後才完成本教材。

### 1.3 內容綱要

單元主標題	副標題	內容簡要說明
奈米尺度	1-1 特徵 1-2 單位 1-3 維度 1-4 比表面積	探討並定義奈米尺度，以及比表面積的意義。
奈米物質	2-1 自然生成 2-2 人工製備	探討奈米物質，來源可分為自然生成與人工製備。
奈米特性	3-1 光學特性 3-2 力學特性 3-3 表面特性	探討在奈米尺度下，不同的物理特性，包括光學特性、力學特性、表面特性。
奈米的應用	4-1 民生用品 4-2 軍事 4-3 環保 4-4 生物醫學	探討在奈米在生活中各種應用，奈米科技與未來生活的展望。
奈米科技的衝擊	5-1 健康與生態所造成的衝擊 5-2 法規、教育與倫理等方面設法因應	探討當奈米科技引進人類的日常生活後，對健康、生態的所帶來的衝擊，並且討論相關的法規、教育與倫理面的反思。



## 1.4 活動名稱

單元主標題	副標題	活動名稱
奈米尺度	1-1 特徵 1-2 單位 1-3 維度 1-4 比表面積	活動一：小人國的尺 活動二：近看！遠看！相同？不同？
奈米物質	2-1 自然生成 2-2 人工製備	活動一：奈米，原來就在我身邊 活動二：奈米，你從哪裡來
奈米特性	3-1 光學特性 3-2 力學特性 3-3 表面特性	活動一：奈米易容術 活動二：見證奇蹟的時刻 活動三：水滴 水滴 溜呀溜
奈米的應用	4-1 民生用品 4-2 軍事 4-3 環保 4-4 生物醫學	活動一：未來世界 活動二：科技時代 活動三：小小世界
奈米科技的 衝擊	5-1 健康與生態所造成的 衝擊 5-2 法規、教育與倫理等方 面設法因應	活動一：驚異大奇航 活動二：奈米！什麼！ 活動三：規則的世界

## 二、設計理念

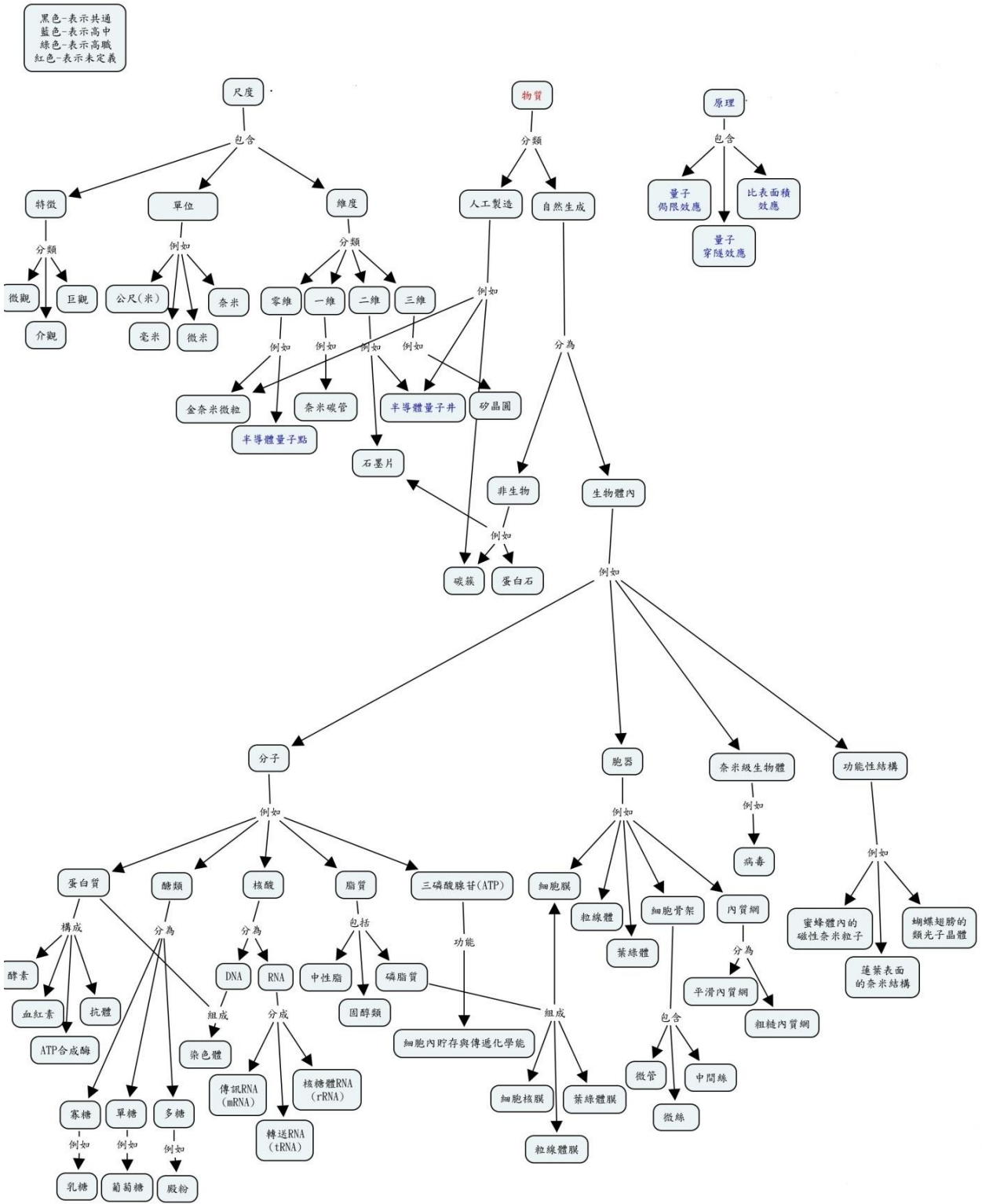
◎課程設計原則與教學理念說明。

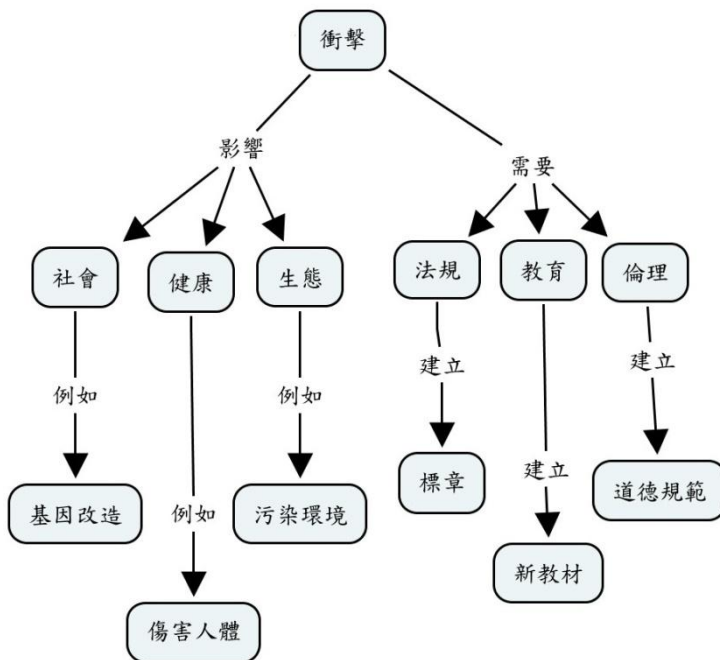
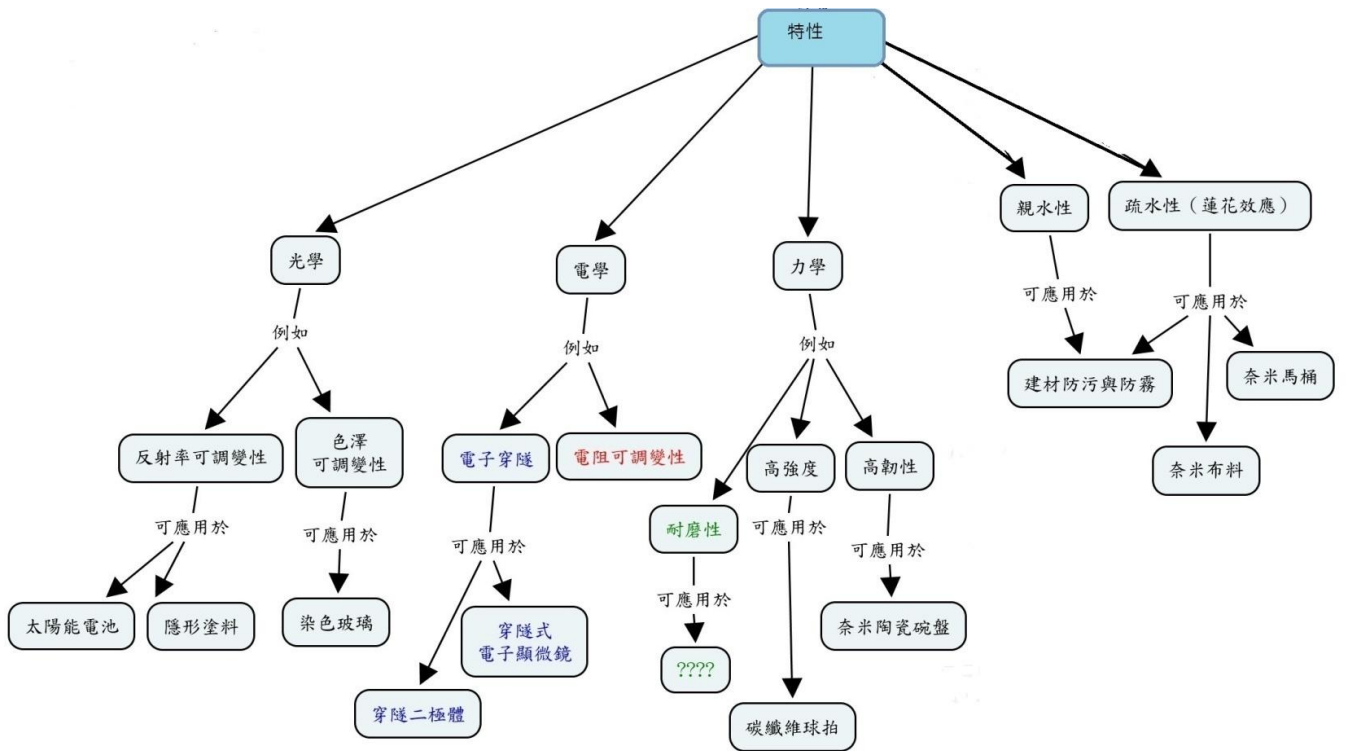
民國 100 年時，高中的課程經歷一次重大的變革，在 99 年高中課程綱要，奈米的相關課程編排在高中課程裡，提到奈米這個名詞，以及部分奈米的性質，如蓮葉效應等等。無論是 95 暫綱、99 課綱課程，奈米科技在課本上依舊只佔一小篇幅，其中，大多還是停留在奈米的性質、尺度，以及生活中的奈米物質，然而，課文對於奈米的相關介紹依然很少，因此，在 2009 年本校研究團隊進行了開發奈米教材的計畫，目標是開發一套奈米的教材，並且在高中課程中實施。

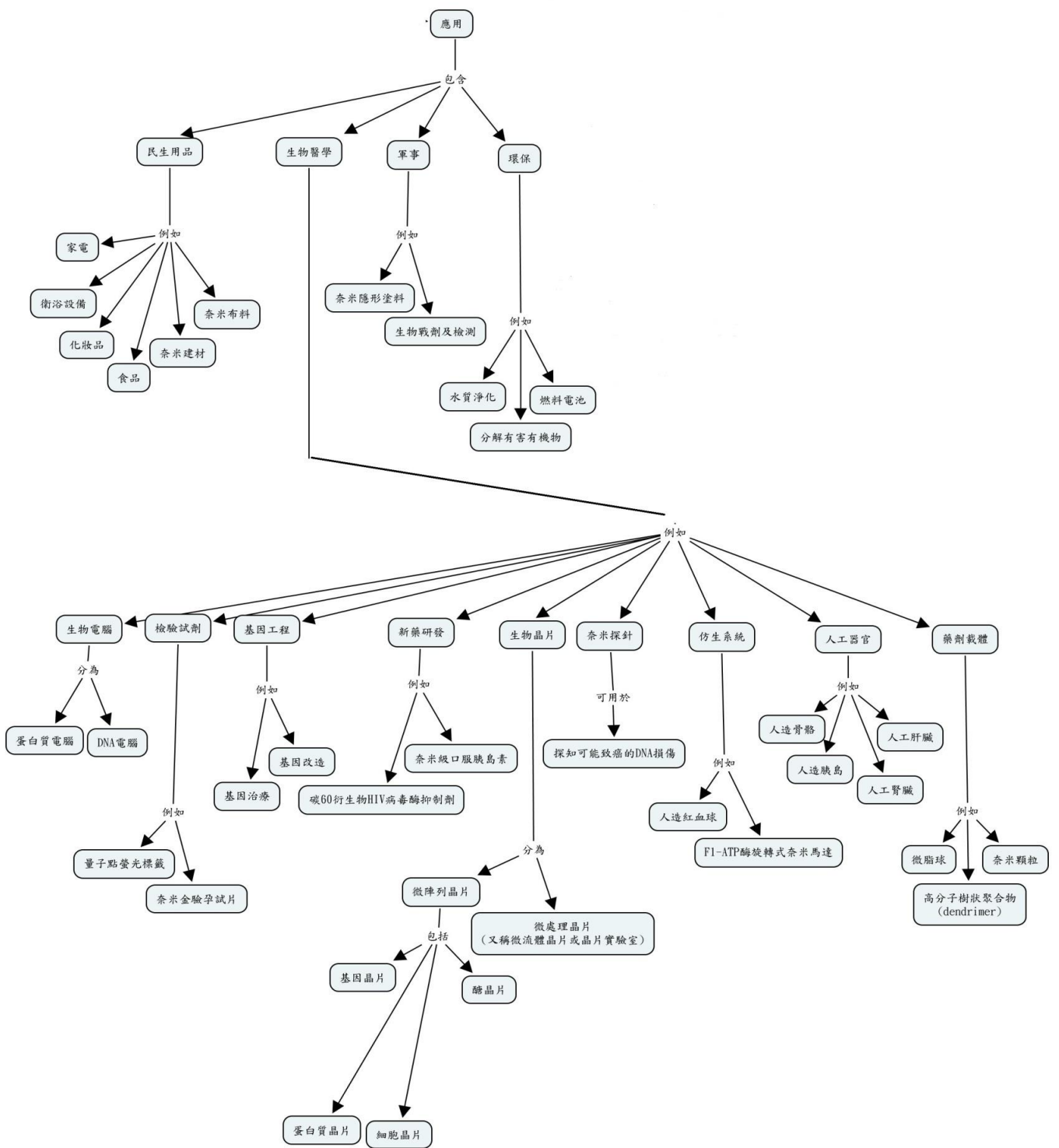
本校教師在林建隆老師的指導之下，接觸了 5E 探究式教學法，對 5E 探究式教學一改過去以教師為中心，以學生為中心的教學策略，著實讓研究團隊有了不同的視野。由過去的文獻中可知，探究式教學為教學設計的教學法，對於學生對於奈米概念的提昇是有幫助的，而探究式教學強調以學生為學習的中心，也增強了學生的學習動機，因此本課程是以 5E 探究式教學的教學理念設計的一套適合高中生所學習的奈米教材。

# 三、模組架構

## 3.1 架構概述







### 3.2 跨科連結

由於奈米科技領具有跨學科的特性，所以在開發本教材時，所組成的研究團隊橫跨了物理、化學、生物、地球科學、科學教育領域的高中資深教師與教授，目的就是希望在各個領域學有專精的教師與教授合作，能夠將這套教材編輯得盡善盡美，能讓學生得以一窺奈米科技教學的全貌，所以要採用此教學模組的學校，如果可以組成教師團隊來進行協同教學，必定可以達成較好的教學成效，下表是每個單元所負責的編輯的教師，都與該內容有相關背景的老師來負責編寫。

單元主標題	副標題	編輯老師	教師專長
奈米尺度	1-1 特徵	方壯剛老師	地科、物理
	1-2 單位		
	1-3 維度		
	1-4 比表面積		
奈米物質	2-1 自然生成	楊雅雯老師	生物
	2-2 人工製備	蘇佳俊老師	化學
奈米特性	3-1 光學特性	韋裕霖老師	物理
	3-2 力學特性		
	3-3 表面特性	吳瑞媚老師	化學
奈米的應用	4-1 民生用品	吳瑞媚老師	化學
	4-2 軍事		
	4-3 環保	楊雅雯老師	生物
	4-4 生物醫學		
奈米科技的衝擊	5-1 健康與生態所造成的衝擊	蕭建華老師	地科
	5-2 法規、教育與倫理等方面設法因應		

### 3.3 先備知能

學生需具備國中理化的基礎，本課程設計對高一、高二、高三學生均適用，惟教師需先進行在職進修，以達成教師專業成長，增進教師的學科教學知識，因為本教材橫跨物理、化學、生物三個領域，高中教師大多於大學階段專精某一領域，對非自己大學本科系的知識是不足的，所以需要組成教學團隊，除了讓老師得以在自己專精的領域學，可以達到最好的教學效果，此外，讓教師的同儕團體發揮合作學習的力量，讓參與課程的團隊教師可以互相討論，學習與自己專精領域不同的知識，可以達成教師專業成長的效果。

### 3.4 差異化教學

	差異化教學說明
教材方面	教材採用 5E 探究式教學法，裡面採用大量的教學活動，可讓使用這套教材的教師，自行採取探究的開放程度，如果教學的學生程度較好時，可以採取半開放式探究教學，甚至是完全開放式的探究教學，若學生程度中等，則可以採取引導式探究來進行教學。
教學方面	5E 探究式教學採分組進行合作教學，可讓學生採異質分組，讓學生達到互助學習，合作學習的效果。
評量方面	評量的部分可以由幾個方式來進行，教材內含有學習單，可由學習單的書寫情形進行評量，另外，學習單裡有小組討論與發表的提問，可由小組發表的情形來進行評量，另外，每個單元的成就測驗，採類 PISA 試題來進行。若採學習單、小組發表、類 PISA 試題三方面進行評量，可達成差異化評量的效果。

#### 四、核心素養指標

單元標題	活動名稱	對應領綱核心素養指標
奈米 尺度	活動一、小人國的尺	自 S-U-A1、自 S-U-A2、自 S-U-A3、自 S-U-B1、自 S-U-B3、 自 S-U-C2
	活動二、近看！遠 看！相同？不同？	自 S-U-A2、自 S-U-A3、自 S-U-B3、自 S-U-C2
奈米 物質	活動一、奈米，原來 就在我身邊	自 S-U-B1、自 S-U-B2、自 S-U-C2
	活動二、奈米，你從 哪裡來	自 S-U-A2、自 S-U-A2、自 S-U-B1、自 S-U-C2
奈米 特性	活動一、奈米易容術	自 S-U-B2、自 S-U-C2
	活動二、見證奇蹟的 時刻	自 S-U-C2
	活動三、水滴 水滴 溜呀溜	自 S-U-B2、自 S-U-C2
奈米 應用	活動一、未來世界	自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、自 S-U-C3
	活動二、科技時代	自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、自 S-U-C3
	活動三、小小世界	自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、自 S-U-C3
奈米科 技的衝 擊	活動一、驚異大奇航	自 S-U-A1、自 S-U-A3、自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、 自 S-U-C3
	活動二、奈米！什麼！	自 S-U-A1、自 S-U-A3、自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、 自 S-U-C3
	活動三、規則的世界	自 S-U-A1、自 S-U-A3、自 S-U-B2、自 S-U-C1、自 S-U-C2、 自 S-U-C3



## 五、教學活動

### 5.1 教學素材

## 第一單元 奈米尺度

### 前言

「奈米」不是一種可食用的米，「奈米」是一個長度的單位，其大小接近只有  $10^{-10}$  公尺原子直徑尺寸的長度。現今科技已可將材料做到接近奈米尺寸的大小，而奈米科技的產品也慢慢地走入人類的日常生活，包括奈米衣料、奈米油漆、奈米馬桶、奈米光觸媒、奈米電池、奈米馬達、奈米電動機、奈米雷射器以及奈米機器人等，且已將奈米科技將應用在資訊通信元件及生物醫學方面，發展出人體病源診斷治療的微小系統。

當奈米科技的應用充斥在我們日常生活周遭，試想奈米尺度以下的微小世界是如何呢？科學家在觀察微觀的粒子行為時，發現電子、質子等粒子都呈現與其組成巨觀物質時具備截然不同的特性。

奈米技術討論的大小範圍介於巨觀現象與微觀特性之間，那麼奈米物質會呈現出來如何的樣貌呢？接下來就讓我們來一起探索神奇的奈米世界。

科學上「奈米」代表長度單位，但生活上卻代表高科技的產品，只要產品冠上奈米兩個字，價格就要加上好幾成。

## 1-1 特徵

「奈」(nano) 在科學上代表一個極小的量，「米」(meter)是長度單位，兩個字合在一起成為「奈米」(nanometer)，nm 就表示極小的長度單位，一奈米是十億分之一公尺，也就是  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ，約相當於 3、4 個金屬原子的距離。

讓我們試著瞭解奈米尺寸的大小，一般病毒 5 - 10 nm，細胞大小約 200 nm，人體紅血球約 5000 nm，人類頭髮的截斷面直徑約 50000 nm。可見奈米尺度的物體是無法用肉眼直接觀察到的。

科學家定義奈米尺度約為 1- 100 nm 大小的材料。在這個尺寸範圍的物理、化學特性與肉眼看得到的物質特性有很大的不同。

物質的特徵依尺度大小分類，含蓋的範圍可分為：微觀(macroscopic)、介觀(mesosopic)與巨觀(macroscopic)三類特徵，所謂巨觀世界是指肉眼可以看到的尺度約  $10^{-5}$  公尺以上，研究對象的尺度約大於微米的領域；而微觀世界是指研究的尺度小於 1 奈米的領域。而奈米尺度就是介於巨觀和微觀之間的領域，所探討尺度小自幾個原子或分子至數百個或數千個分子組成的材料或元件，也就是所謂介觀世界。

「nano」一字源自拉丁文，意思是「侏儒」。科學上用在長度就代表一個極小的尺度單位。

我們說奈米尺度的東西，無法用眼睛看到的，因為人類眼睛的鑑別率(即能分辨出相臨兩點間的最小距離)約為  $2 \times 10^{-4}$  米，我們常用觀察生物的光學顯微鏡鑑別率約為  $2 \times 10^{-7}$  米。所以用傳統的光學顯微鏡技術，是無法看清楚奈米尺度下的材料。掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)的鑑別率約為  $2 \times 10^{-9}$  米，穿透式電子顯微鏡可達  $2 \times 10^{-10}$  米。可知要探討奈米科技，就一定需要這些先進的顯微鏡，有關這類顯微鏡，我們將在後面的章節會陸續介紹到。

## 1-2 單位

在長度的度量衡上，「度」是用來量測「長度」，在自然科學中，量測長度的基本單位是公尺(meter; m)，而比公尺(m)還小的單位，有公分或釐米(cm)、毫米(mm)、微米( $\mu\text{m}$ )、奈米(nm)、皮米(pm)與飛米(fm)等，其大小如下：

1 cm =  $10^{-2}$  m (centimeter, 釐米)

1 mm =  $10^{-3}$  m (millimeter, 毫米)

1  $\mu\text{m}$  =  $10^{-6}$  m (micrometer, 微米)

1 nm =  $10^{-9}$  m (nanometer, 奈米)

1 pm =  $10^{-12}$  m (picometer, 皮米)

1 fm =  $10^{-15}$  m (femtometer, 飛米)

奈米尺度之小，遠遠小於人類視覺可以觀察的範圍，因為原子的直徑約為 $10^{-10}$ m(1 埃)，故1 奈米約等於 2 ~ 3 個金屬原子或是 10 個氫原子排在一起的寬度，若以原子的世界來看奈米，奈米並不算太小。

科學界把微觀到巨觀世界間的奈米科技領域稱作介觀世界，目前人類已能看到及操控到介觀的範圍，至於微觀世界的一些結構，則只是利用間接證據建立的模型。這也難怪美國知名的物理學家理查·費曼要說：「微小世界有很大的發展空間！」

當物質的組成結構變成奈米等級時，很多的特性也會與巨觀時有所不同。在一般物質材料要考慮得的物理特性，如熔點、硬度、顏色，在巨觀尺度下是不變的。但是，在奈米尺度下，材料卻會因為粒徑大小而改變其物理特性。另外，如氧化活性、耐酸鹼性之類的化學性質，也會隨著材料的粒徑改變而不同。因此，隨著奈米科技領域的發展，也擴增了一個極廣闊有待研發的創新科技實驗領域。



圖 1-1 螞蟻

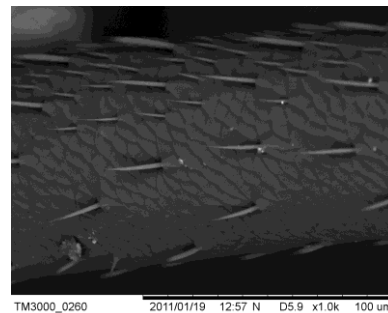


圖 1-2

猜猜這是螞蟻的哪個部分？

## 1-3 維度

材料的三個維度中，至少有一個維度的長度是奈米級（介於 1-100 nm 間）者，就稱為奈米材料。

材料依三個維度的方向受限程度，可分類為零維（zero-dimensional；0D）、一維（1D）、二維（2D）與三維（3D）材料。

1. 零維材料，三個維度的尺度均在奈米等級內，其形為顆粒狀，如金奈米微粒，分子團、量子點…等。
2. 一維材料，有兩個維度的尺度在奈米等級，而有一維度的長度不侷限於奈米尺度，外形為柱狀或線狀，如奈米碳管，奈米纖維，量子線…等。
3. 二維材料，材料的三個維度中，僅一個維度的尺度侷限在奈米等級中，外形為層狀或薄膜，如石墨片、奈米薄膜、量子井…等。
4. 三維材料，也就是塊體，材料的三個維度尺度都大於奈米級，三維材料並不屬於奈米科技研究的範圍，例如銅塊、矽晶圓。

奈米材料並非傳統的巨觀系統，它是一種典型的介觀系統，因為至少有一個維度尺度，受限在奈米級，所以它的物理、化學特性與巨觀的大塊固體有顯著不同。

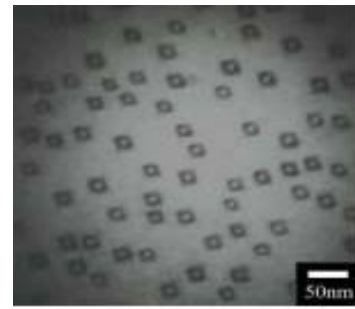


圖 1-3  
零維材料(0D) 砷化銦量子點圖

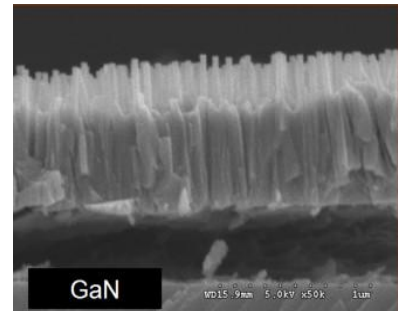


圖 1-4  
一維材料(1D) 奈米柱圖

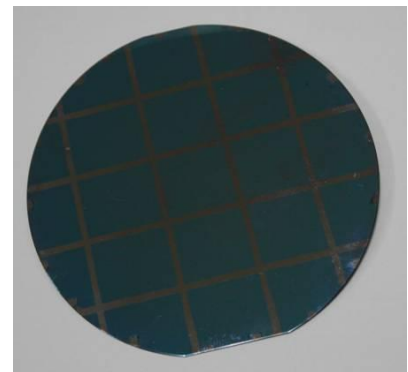


圖 1-5  
二維(2D)薄膜橫截面之掃描式  
電子顯微鏡影像圖

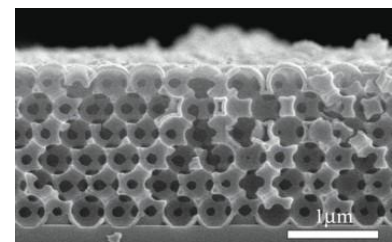


圖 1-6  
三維材料(3D)矽晶圓圖

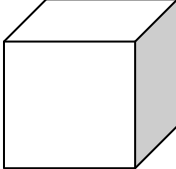


## 1-4 比表面積

比表面積是指單位體積的表面積，即比長面積 =  $\frac{\text{表面積}}{\text{總體積}}$ ，例如球形顆粒的比表面積為球

表面積除以球的體積，因球表面積與直徑的平方成反比，其體積與直徑立方成正比，故其比表面積與直徑成正比。例如以邊長皆為 100nm 的正方立體其比表面積為  $0.06\text{nm}^{-1}$ ，若將其切成邊長為 10nm 的  $10^3$  顆正立方體，則比表面積為  $0.6\text{nm}^{-1}$ ，再次切成邊長為 1nm 的  $10^6$  顆正立方體，則比表面積為  $6\text{nm}^{-1}$ ，因此隨著顆粒直徑變小，其比表面積將顯著增大。如表 1-1 量子尺寸效應。

材料在奈米化後，固定質量的比表面積會增大，表面原子數相對於塊體也增多，這些表面原子具有較高的活性，很容易與其他物質反應，例如金屬奈米顆粒，在空氣中會氧化而燃燒；無機奈米顆粒，容易吸附氣體進行反應；二氧化鈦奈米化後，可成為活性極高的光觸媒，具備空氣清淨、防污、抗菌等功效。

表 1 量子尺寸效應

大小 項目	長、寬、高均為 100nm 	各邊長 10 等份，均為 10nm，切成 1000 份 	各邊長再 10 等份，均為 1nm，再切成 1000 份 
粒徑	100nm	10nm	1nm
總粒子數	1 顆	$10^3$ 顆	$10^6$ 顆
總表面積	$6 \times 10^4 \text{ nm}^2$	$6 \times 10^5 \text{ nm}^2$	$6 \times 10^6 \text{ nm}^2$
總體積	$10^6 \text{ nm}^3$	$10^6 \text{ nm}^3$	$10^6 \text{ nm}^3$
比表面積	$0.06 \text{ nm}^{-1}$	$0.6 \text{ nm}^{-1}$	$6 \text{ nm}^{-1}$
比表面積 比	1	10	100

## 《活動一、小人國的尺》

大熊生病了，多啦B夢想縮小進入大熊的身體中幫他治病，這樣，他必須縮到多小才能呢？一般人都用細如髮絲來形容微小的東西，如此一來，髮絲到底有多細呢？如果像髮絲這樣細，我們就能進入身體幫人治病了，那麼先來猜一猜，髮絲的直徑有多長？還有沒有比髮絲直徑更小的物體呢？蚊子觸鬚夠細了吧！那讓我們也來猜一猜蚊子觸鬚的直徑有多長吧？

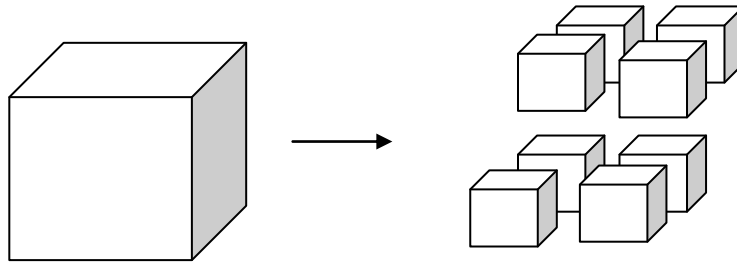
我估計髮絲的直徑是 \_\_\_\_\_

我估計蚊子觸鬚的直徑是 \_\_\_\_\_

我們可以尋找更小的物質嗎？雖然小到肉眼都看不到，不過我們也可以利用我們的推理能力，來感受一下小小世界喔！

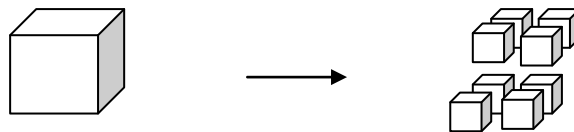
如下圖，想像一下現在桌上有一塊邊長為 0.01 公尺的一立方體橡皮擦。如下圖，切三刀後可以把橡皮擦分成  $2^3 = 8$  塊的更小立方體，如此再切三刀，可以把橡皮擦分成  $2^6$  塊更小的立方體。

實際的來算一下吧！



	切前	切後
個數		
邊長		
體積		
表面積		

由上個步驟的其中一塊，再切三刀如何？



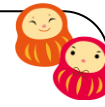
	切前	切後
個數		
邊長		

總合體積		
總合表面積		

會算了嗎，用手我們可能切不下去了，但接下來我們可以動動腦，計算一下切 15 刀後的情形。(由原邊長為 0.01 公尺的一立方體橡皮擦，以上面步驟切法切三刀，挑選其中一塊，再以同樣方法切三刀……依此類推，共 15 刀)

	15 刀後
個數	
邊長	
體積	
表面積	

長度的標準單位為米(m)，又稱為公尺。其最早的定義是，自地球北極到赤道之通過巴黎的子午線，期間距離的千萬分之一稱為公尺。到了1960年，國際度量衡大會改用氪(<sup>86</sup>Kr)所發射橘黃色光波長的 1650763.73 倍，定為標準公尺。目前最新一公尺的定義，於1983年國際度量衡大會重新制定，定義光在真空中行進 299,792,458 分之 1 秒的距離為一標準公尺。不過如果很小或是很大的東西就會很麻煩，所以 1000 米我們稱為 1 千米(公里)，1000 分之一米我們稱為毫米(公厘)，你發現了嗎？我們會用多少作為單位的轉換，如此，你還知道有那些單位呢？

<p>我認為每____倍 做一個單位</p> <p>其他單位有</p>	<p>小組討論</p>	<p>最好的答案 </p>
---	-------------	--

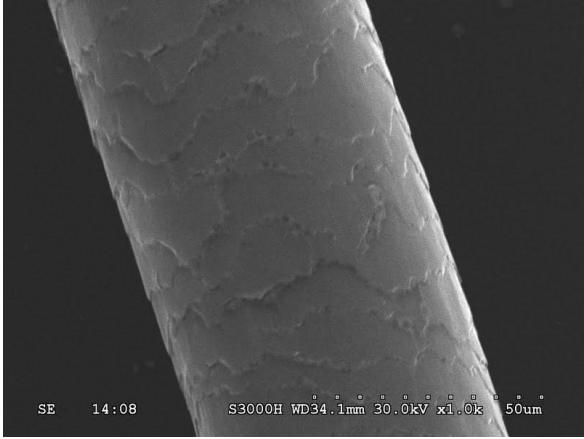

當我們肉眼可見的情形下，我們可以說這是在\_\_\_\_\_觀察下，而物體從微小到細微，可以說是在\_\_\_\_\_觀察下，而介於兩種，我們稱為介觀，之後，我們會不斷的思考看不見的微觀世界會對我們有什影響。


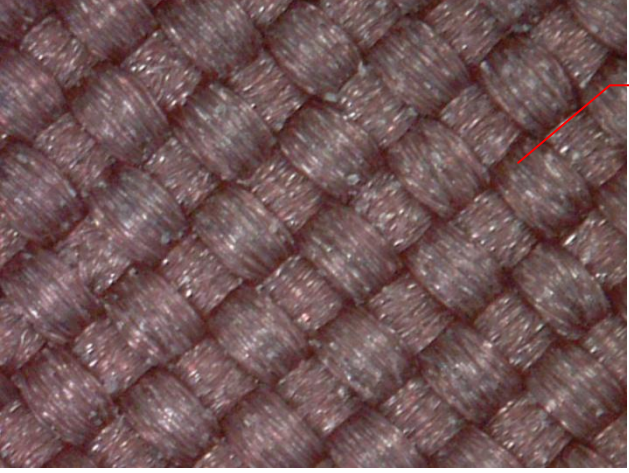
還記得我們切橡皮擦時，有記錄表面積嗎。回憶所學，思考一下切成細小後的表面積會有什麼變化與影響？

你知道嗎？

奈米（[英語](#)：nanometer，簡稱 nm），字首 nano 在希臘文中的原意是「侏儒」的意思，指 1 [米](#) 的十億分之一（ $10^{-9}\text{m}$ ）


現在我們來看看髮絲到底有多細。還有其他生活間常見的物質到底有多小？請使用你認為最佳的單位。

 <p>圖 1-7 放大 500 倍的髮絲</p>	<p>算一算，量一量 髮絲的直徑為</p> 
--	---


 <p>蚊子的觸鬚如何呢？</p>	
 <p>圖 1-8 老師的褲子在顯微鏡下放大 200 倍的纖維圖像</p>	<p>看到裡面細細的纖維了嗎，纖維得直徑大概為多少？</p>



奈米尺度是我們製造微小的奈米製品的條件之一，你認為我們要定 1000 奈米以下還是 100 奈米、10 奈米以下為奈米尺度最合理呢？上面三個物質，那個最接近奈米尺度呢？

 <p>我認為</p>	<p>小組討論</p>	<p>合理的答案</p>
--	-------------	--------------

還記得切橡皮擦嗎？如果我們想將 1 立方公分的橡皮擦切成邊長為奈米等級的橡皮擦，要切幾刀(3 . 6 . 9 . 12 . . . .)呢？這樣邊長又會是多少奈米呢？  
你看過最新的平板電腦了嗎？電腦現在越做越小，現在最新的電腦中央處理器為 32 奈米製程，我們可以說他擁有奈米等級了嗎？為什麼？將 CPU 做這樣小，你認為有什麼好處？

 <p>我認為</p>	<p>小組討論</p>	<p>合理的答案</p>
--	-------------	--------------

## 《活動二、近看！遠看！相同？不同？》

多啦B夢縮小進入大熊的身體中，發現看到的世界變得不一樣了，原來血液看起來紅色，是紅血球的關係，並不是紅色的水再流，小小世界跟我們的世界真的不一樣嗎？

現在老師手上有兩張黑紙，你認為是一樣還是不一樣？

A



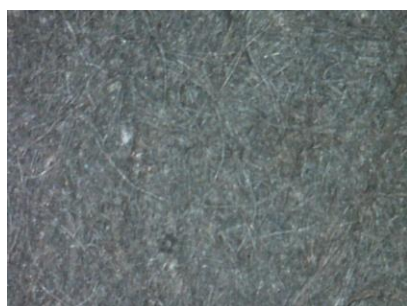
B



 我認為...

現在老師將它放大給你看，再看看又什不同吧？


A



B




你看到不一樣了嗎？現實看起來幾乎一樣的東西，其實組成也可能不一樣，你可以說明一下為何會這樣嗎？你可以舉出其它的例子嗎？

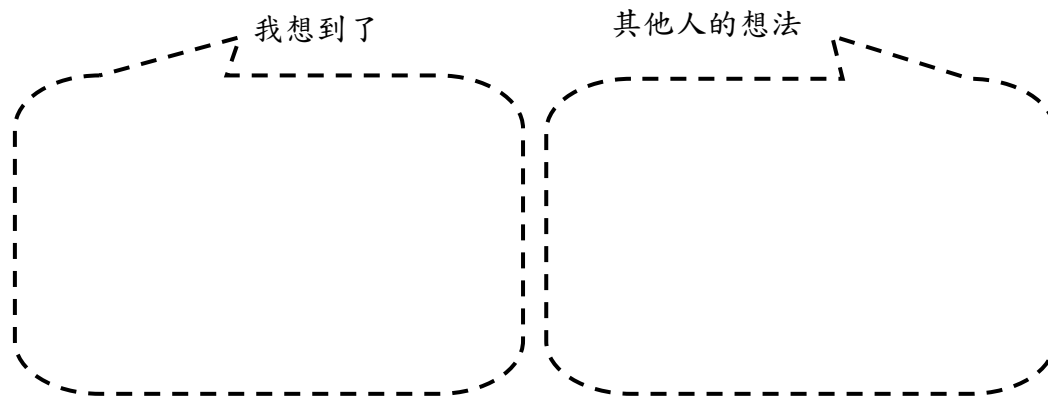
 <p>我認為</p>	<p>小組討論</p>	<p>合理的答案</p>
--	-------------	--------------

看到的黑紙可能有不同的組成，相同的碳原子可能組成不一樣的物質，你能說明什麼嗎？

所謂眼見不一定為真，巨觀的世界與微觀的世界有很多的差異在，這次上課你發現了，巨觀看起來一樣的黑紙可能由不同的微小物質組成，一樣的物质又可能組成不一樣的東西，你還能舉出有什麼不一樣的例子來說明嗎？各舉出一個喔！

<p>我認為</p>	<p>友誼天下。</p>  <p>小組討論</p>	<p>合理的答案</p>
------------	--	--------------

所謂眼見不一定為真，巨觀的世界與微觀的世界有很多的差異在，這次上課你發現了，巨觀看起來一樣的黑紙可能由不同的微小物質組成，一樣的物质又可能組成不一樣的東西，你還能舉出有什麼不一樣的例子來說明嗎？各舉出一個喔！



參考網站：<http://epochweekly.com/b5/135/6738.htm>

## 1-5 結語

1965 諾貝爾物理獎得主費因曼曾說：「未來可將大英百科全書寫在一個針尖上」，以現在的科技應該是可以實現。經過科學家的努力，奈米產品已進入我們的生活中，似乎也成為高科技產品的代名詞，但我們真的了解奈米嗎？究竟奈米材料有什麼不一樣的特性？奈米材料那麼小，我們要如何製備？要如何觀察？既然奈米材料有新的特性，那我們要如何應用？對新興產業又會產生什麼衝擊？會不會對人體與環境造成傷害？這些疑問將會陸續在爾後的章節一一予以探討。唯有我們瞭解奈米科技的相關知識後，才可以給人類帶來生活上的便利與革新。

## 1-6 觀念一把抓

### 特徵

物質的特徵依尺度含蓋的範圍可分為微觀、介觀與巨觀特徵。

### 單位

1. 物質的尺度可用公尺(米)、毫米(mm)、微米( $\mu\text{m}$ )與奈米(nm)等單位表示。
2. 奈米材料是指尺度介於 1~100 奈米(nm)之間的物質。

### 維度

1. 物質依各方向受限程度可分類為，零維、一維、二維與三維材料。
2. 零維材料例如金奈米微粒。
3. 一維材料例如奈米碳管。
4. 二維材料例如石墨片。
5. 三維材料例如矽晶圓。

### 比表面積

1. 比表面積是指材料的整體表面積與體積的比例。
2. 奈米物質具有極高的比表面積，改變了物質的物理特性和化學特性。

## 第二單元 奈米物質

### 前言

在前一章當中，我們瞭解到奈米是長度的單位，所有物質形式是由原子所組成的，然而以原子來看，是無法表現出我們所知道的物質特性，但經過原子排列而組成分子時，分子就是屬於奈米的尺度，也就是我們熟悉物質的特性，例如：水分子就是由氫原子和氧原子所組成，但氫分子是具有自燃性，氧分子具有助燃性，組成水分子就可以作為滅火的功能。人體的蛋白質是由碳原子、氫原子、氧原子和氮原子所組成，這些原子經由排列組成蛋白質分子時，在人體扮演了不同角色。另外同樣是碳原子所組成的石墨或鑽石，石墨是做為鉛筆筆芯，而鑽石卻是硬度最高的亮麗物質，只因碳原子排列型式不同，就產生兩種不一樣的顏色。因此物質的多樣性不僅因不同原子組成不同，也因排列方式不同，進而影響到物質的不同性質。

那麼在哪裡可以發現奈米物質的蹤跡呢？從中國學者周敦頤所著的愛蓮說中，描述了蓮的特性，「出淤泥而不染」(圖 2-1)。這跟奈米物質有何關連性呢？大自然還有其他的奈米物質嗎？我們常說大自然是我們的良師，人類也效仿大自然而做出奈米物質，因此奈米物質的產生方式可分類為自然生成與人工製備，而在第一節自然生成中，探討大自然本身就存在的奈米物質；而第二節的人工製備，說明人類是怎麼製備奈米物質？



圖 2-1

為何蓮花會出淤泥而不染？

## 2-1 自然生成

大自然存在有許多奈米物質，這些奈米物質可分成兩類，一類是生物體外自然形成的，另一類是生物體內合成的，形形色色的奈米物質為大自然添加了絢麗的光彩，也讓生命充滿了驚奇感。

同素異形體：物質由相同元素，但構成不同形狀，如氧分子 ( $O_2$ ) 與臭氧 ( $O_3$ )。

生物體外自然形成的奈米物質，其形成的方式是由掩埋在地底下的原子與分子，經由適當的溫度與壓力的作用，和長時間的累積，形成了具有奈米結構的礦物，這些礦物包含碳簇、石墨片、蛋白石等等。

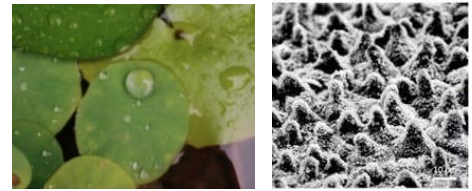


圖 2-2

圖 2-3

表皮細胞上的含奈米絨毛，可防止水珠與灰塵吸附在蓮葉上。

碳簇 (carbon clusters) 是由不同數量的碳原子所組成。常見的碳簇有  $C_{60}$  和  $C_{70}$ ，其長

相類似足球的型態。石墨片 (graphite) 是屬於碳的同素異形體，石墨片中的每個碳原子與其他三個碳原子之排列就像位於蜂巢式的六邊形頂角。石墨片可作為原子反應爐的中子減速器和鉛筆的筆芯。蛋白石 (opal) 是由大小約為 150~300 nm 的含水二氧化矽球體排列聚集而成。蛋白石有著七彩豔麗的色彩，這些顏色會隨著觀看的角度不同而改變，深受人們的喜愛。

在生物體內合成的奈米物質，包含分子、胞器、奈米尺度的功能性結構、以及奈米大小的微生物 (圖 2-4) 等。奈米尺度的分子，例如蛋白質、核酸、脂質等。蛋白質依照其功能可分為酵素、抗體、組織蛋白等，酵素參與生物的新陳代謝，抗體參與生物體內的免疫反應，組織蛋白參與染色體的組成。核酸依照化學結構可分成 DNA 和 RNA，是生物體內擔任遺傳物質的密碼。脂質可分為脂肪、磷脂質、類固醇等，是身體儲存能量、構成細胞膜、參與生理反應的重要成分。

原子反應爐的中子減速器：核能電廠進行核分裂會釋放出中子，而用來使中子減速的材料，若以石墨做為減速材料則命名石墨氣體爐。

奈米尺度的胞器有粒線體與葉綠素兩種，粒線體存在於動、植物細胞中，其功能為參與細胞呼吸作用，而葉綠體僅存在於植物細胞，其功能為進行光合作用。奈米尺度的微生物，例如病毒等，可寄居在細胞內，影響細胞的功能。

奈米尺度的功能性結構有：蓮花表皮細胞的奈米絨毛、蝴蝶翅膀上的光子晶體、壁虎腳上的奈米剛毛，海龜體內的磁性奈米物質（圖 2-5~ 2-7）等。這些奈米尺度的功能性結構對於生物有著重大的影響。

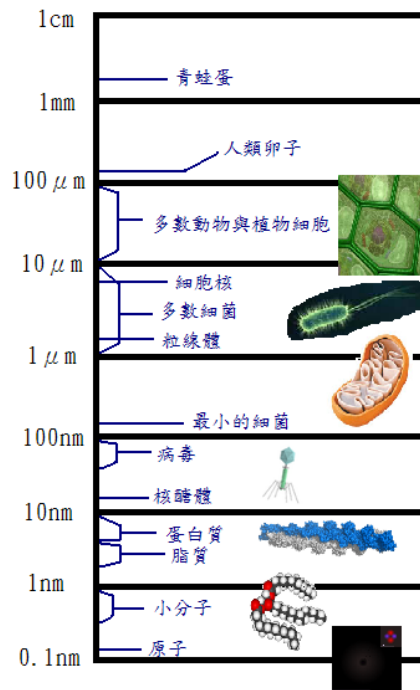


圖 2-4  
常見物質大小

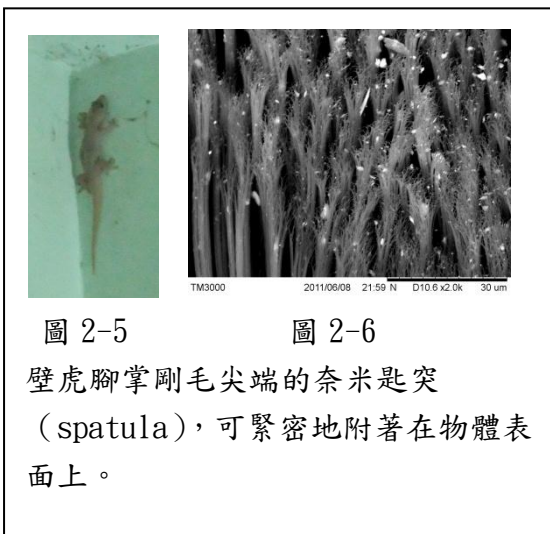


圖 2-5  
壁虎腳掌剛毛尖端的奈米匙突 (spatula)，可緊密地附著在物體表面上。



圖 2-7  
奈米磁粒子讓海龜得以回到出生地的海灘，交配產卵。

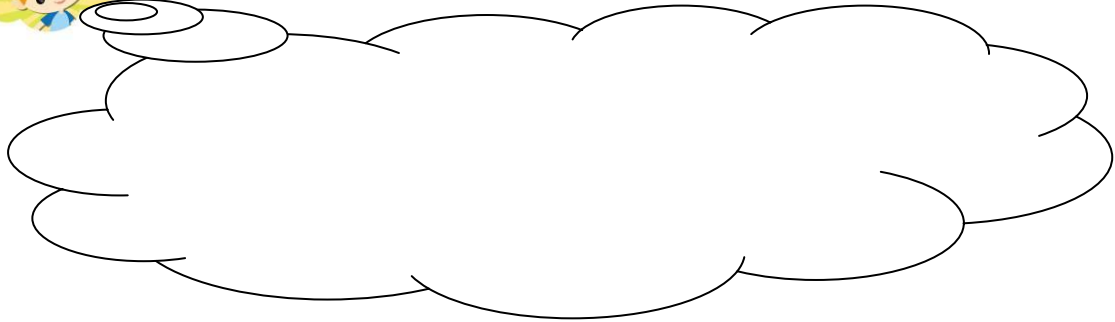


## 《活動一、奈米，原來就在我身邊(1)》

奈米物質非常的微小，或許大家認為奈米物質並不容易取得，其實在我們生活周遭也有許多奈米物質。試著說出你已經知道的奈米物質吧！



我知道的奈米物質有…



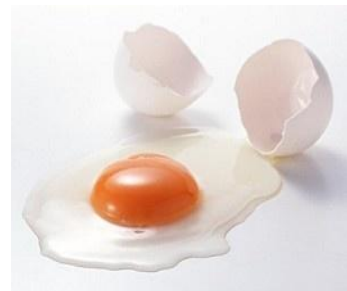
老師介紹的奈米物質，感覺上都需要藉由電子顯微鏡，才能看得到。有其它的方式可以「看到」或「證明」日常生活裡的奈米物質的存在嗎？

雞蛋的蛋白，有著許多老師說的奈米分子—蛋白質，可是蛋白透明無色，要怎麼證明裡面有蛋白質呢？




我的想法

結果：






為什麼會這樣子呢？試著解釋一下吧！

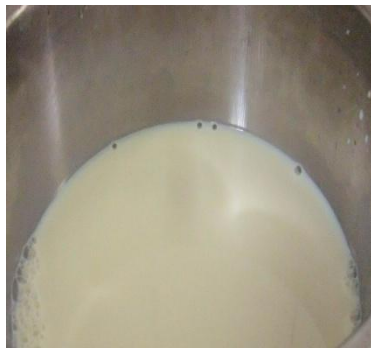
<p>我的想法</p>	<p>其他同學的想法</p>	<p>老師講解 </p>
-------------	----------------	---

除了雞蛋裡的蛋白質，還有那些容易取得的蛋白質，可以用來作實驗呢？

 我的想法：

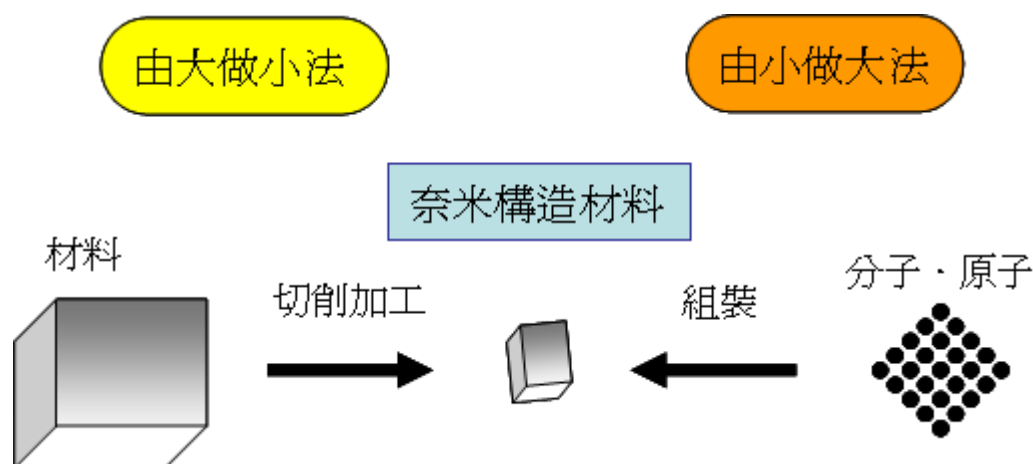
# 那就來做做看 #

結果：



## 2-2 人工製備

除了上一節所介紹到自然界的奈米物質外，人類也可以在實驗室內做出奈米等級的物質，有些合成的奈米物質也已經成為商品在市面上販售。製作奈米產品的方法有兩種，一種是由大做小（Top-down），另一種是由小做大（Bottom-up）。



由大做小的製程中，最具代表性的是半導體元件的超細微加工技術。利用光罩蝕刻技術

（photolithography）將材料表面去除一部分分子，刻劃出奈米寬度的電路（圖 2-8）。或將一些分子加到材料表面上。此外也可利用電火花爆炸法，將肉眼可見材料分解成奈米尺度大小

的微粒。機械粉碎或研磨，也能將材料分解成奈米等級微粒（圖 2-9）。氣相冷凝法

（physical vapor deposition）是藉由高溫加熱使固體物質氣化，昇華成氣體分子，在經由冷凝形成奈米微粒（圖 2-11）。



圖 2-8

利用 250 nm 波長的汞燈（Hg）雷射作為光源，可以製作大小為 300nm 以下的電路。



圖 2-9

利用機械球磨法( ball milling method ) 製備奈米等級微粒

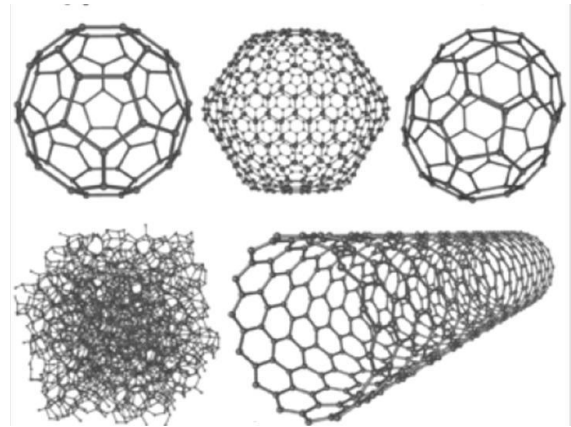


圖 2-10

富勒烯與奈米碳管

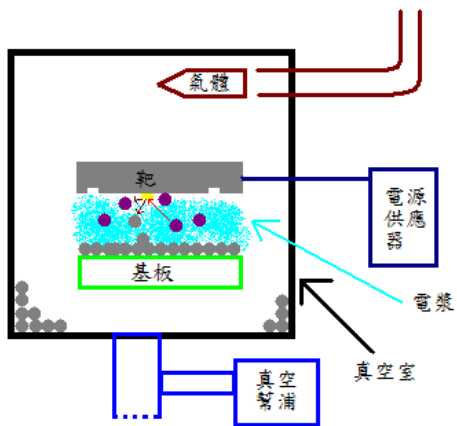


圖 2-11

利用氣相冷凝法製備奈米等級微粒

由小做大法是藉由控制原子或分子的排列方式，組合成奈米尺度的結構。在自然界中，植物可將單醣聚合成纖維素或澱粉，而動物也能將單醣聚合成肝醣，作為儲存能量的一種形式（圖 2-12）。在實驗室內，可利用電弧放電法

（Electrodeposition）製備碳簇（圖 2-13）。做法如下：在裝有惰性氣體的容器內，放置一組相距僅 1-2 mm 的碳棒電極，接著以高壓電將陽極的碳棒蒸發成碳原子，這些碳原子會在陽極聚集形成富勒烯

（Fullerene），也就是 C60 或 C70，在陰極聚合形成捲筒狀的奈米碳管（Carbon Nano Tube）。富勒烯的名字由來是因為二十世紀有位建築家，名為富勒（Richard Buckminster Fuller），因為富勒所設計出巨蛋型的室內運動場，與 C60 的外型很像，因而取名為富勒烯。在陰極聚集形成的奈米碳管，卻是意外的發現，當時使用電弧放電法的多數研究員都注意陽極形成的富勒烯，但有位日本 NEC 公司的飯島澄男先生，他原本打算研究富勒烯的成長機制，但他將陰極取樣發現了與足球狀的富勒烯不一樣，而是碳原子組成六角環蜂巢狀的捲筒管的奈米碳管。

植物細胞壁上的微纖維結構。

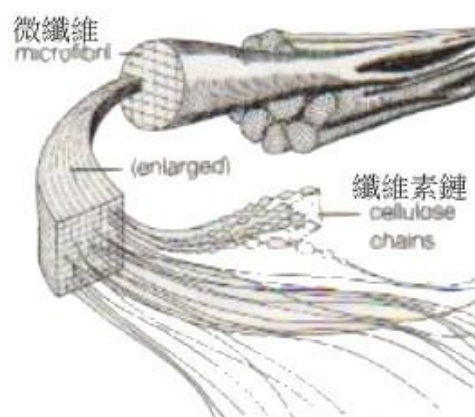


圖 2-12 微纖維構造  
利用 193 nm 波長的氟化氫（ArF）雷射作為光源，可以製

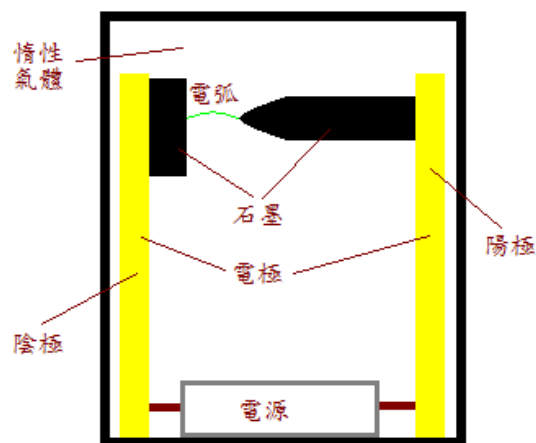


圖 2-13  
電弧放電法

## 《活動二、奈米，你從哪裡來》

在下過雨後的隔天，是否發現玻璃窗戶上有著滿滿的水痕？這時候，擦窗戶的同學就必須辛苦地用報紙來擦拭窗戶上的水痕。

你知道玻璃窗戶上的水痕是怎麼產生的嗎？利用上一節所學到的蓮葉表面的功能性奈米構造的概念，想想看，我們要怎麼做才能讓玻璃表面不要有水痕呢？

我的想法：



1. 教師提供每組教師提供每組兩個紙杯、一根蠟燭和一根吸管。
2. 請各組拿取其中一個紙杯去裝水。
3. 把有裝水的紙杯放到點燃的蠟燭上燒烤其底部，將紙杯底部一半燻黑成黑色。
4. 接著把燒烤過紙杯中的水倒到另一個紙杯中，把燒烤過的紙杯翻面，利用吸管把水滴到黑色的紙杯底部，將水滴在紙杯上，觀察水珠在紙杯底部，燻黑與未燻黑的部分的差異，並將實驗結果記錄下來。

我觀察到：



為什麼小水珠滴在燒烤過的紙杯底部上，看起來像一顆顆的小珍珠呢？

友達下午茶



小組討論

我的想法

老師講解

利用蠟燭燃燒時產生的奈米碳粉顆粒，可將紙杯底部做成防水的奈米結構，可是碳粉顆粒是黑色的，鍍在玻璃表面上，會讓玻璃變成不能透光，那要如何做才能達到防水又透光的效果呢？

友達下午茶



小組討論

我的想法

老師講解

想想看，老師上課講解的奈米物質製作方法：「由大做小」和「由小做大」之間有什麼共通性呢？

由小做大

由大做小

## 2-3 結語

無論是自然生成的，還是人工合成的奈米物質，對自然生態以及人類的生活都有著重大的影響。在接下來的章節裡，將進一步探索這些奈米物質的特性、製造方法，以及對人類與生態環境的衝擊。

## 2-4 觀念一把抓

奈米物質的產生方式可分類為自然生成與人工製備。

### 自然生成

1. 自然生成的奈米物質可分為在生物體外自然形成或由生物體內合成。
2. 在生物體外自然形成的奈米物質例如碳簇、石墨片、蛋白石等。
3. 由生物體內合成的奈米物質包含分子、胞器、奈米級生物體、功能性結構等。
4. 生物體內奈米尺度的分子，例如蛋白質、核酸、脂質等。
5. 蛋白質依其功能可分為酵素、抗體、組織蛋白等。
6. 核酸依其化學結構可分為 DNA 與 RNA。
7. 染色體是由組織蛋白與 DNA 所組成的。
8. 脂質依其化學結構可分為脂肪、磷脂質、類固醇等。
9. 磷脂質是構成細胞膜的主要成份。
10. 生物細胞內奈米尺度的胞器，例如粒線體、葉綠體等。
11. 有些生物體本身的尺寸即是奈米等級，例如病毒等。
12. 有些生物體內具有一些功能性結構，例如生物磁性奈米粒子、蓮葉表面的奈米結構、彩蝶翅膀表面的光子晶體、壁虎腳上的剛毛等。

### 人工製備

1. 人工製備大致上可分為由小做大和由大做小兩種方式。
2. 由大做小方式是將一羣分子由材料表面挖出，或加到材料表面上。例如利用半導體製程技術製作奈米元件。
3. 由小做大方式是將原子或分子組合成奈米結構，例如以化學合成方法製造金奈米微粒或碳簇。



## 第三單元 奈米特性

### 前言

現今我們所提到的「奈米科技」，主要是根據一奈米至一百奈米尺寸大小之物質的特性所衍生的創新科技。奈米科技為何會如此令人著迷呢？主要是因為當物質縮小到奈米的尺度時，會產生許多不同的特性。這些特性所衍生的特殊現象，有些原本就存在於大自然之中，只是人類在早期受到觀測技術或知識的限制，而無法發現或理解罷了。但隨著科技與知識的進步，人類對奈米物質的特性已有深入的理解，甚至可以應用這些特性在日常生活之中。在接下來幾節裡，我們將簡單介紹奈米物質的一些特性。

### 3-1 光學特性

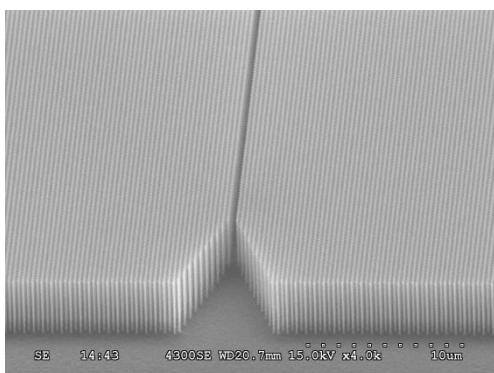
材料奈米化之後，有可能造成原本顏色的改變。以金為例，我們在平常看到的是閃亮耀眼的金黃色，但是當金被細分到奈米尺寸時，會失去原有的金黃色光澤而變成紫色、深紅色，甚至黑色。金的顆粒越小，顏色越深。

事實上，大多數的金屬奈米顆粒都有類似的特質，例如鉑原本是銀白色，奈米化之後變成鉑黑，而銀白色的鉻奈米化之後也會變成鉻黑。這是因為極微小的金屬奈米顆粒對可見光有很強的吸收，使反射率變得很低，所以顏色就變深了。

光子晶體 (Photonic Crystal) 是一種由不同折射率介質規則排列而成的週期性結構(如圖 3-1 所示)，其週期約在數十到數百奈米之間，所以也是一種奈米材料。這種結構能夠阻礙特定波長的光子傳播，類似晶體對於電子行為的影響，因此稱為光子晶體。

光子晶體引人興趣的原因之一在於，人們可按照自己的需求，設計製造出光子晶體進而操控光子。這種特性在光電領域有很大的應用潛力，例如可利用光子晶體增加發光二極體的發光效率或提升光纖的傳輸能力。

光子晶體不全然是人工製造的，自然界中早已存在類似的結構。例如天然蛋白石(Opal)和某些彩蝶翅膀，在受到陽光照射時，會呈現出漂亮的色彩。若以電子觀察其表面，可發現一些細微的週期性結構，恰與光子晶體相似。



### 你知道嗎？

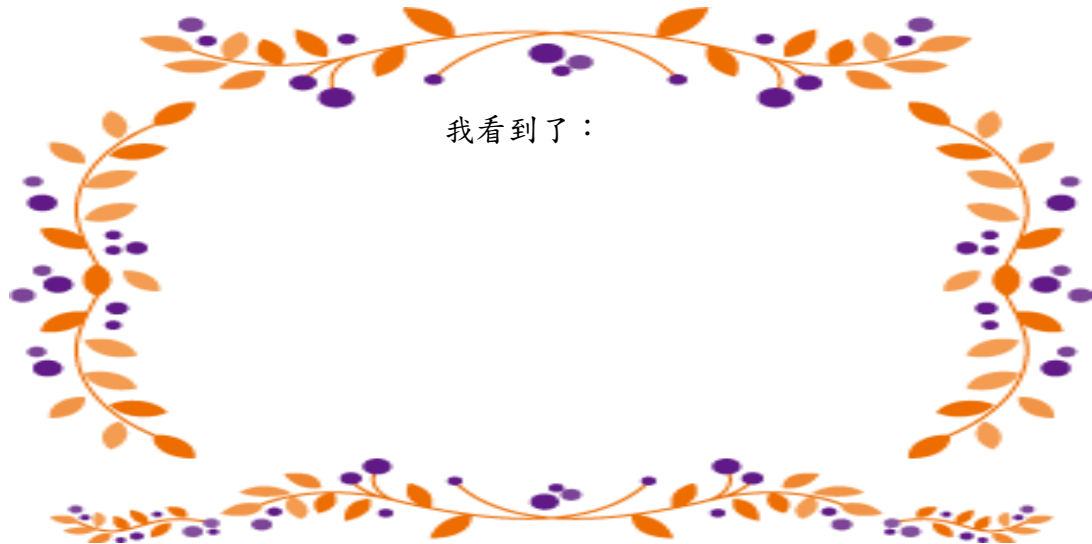
中古時代歐洲工匠所製做的教堂彩繪玻璃也都發現含有奈米金屬的成分。工匠們將金粉加入玻璃中，當金形成奈米粒子凝固析出之後，就會產生紅寶石的颜色，加入銀則可以產生黃色和金色，加入銅

圖 3-1

二維矽柱光子晶體結構

## 《活動一、奈米易容術》

請各位觀察一下各組桌上的彩蝶標本，看看這些蝴蝶的翅膀顏色和常見的小白蝶的翅膀顏色有何不同？你看到了什麼呢？



### 動手做做看

1. 分給每組一瓶太空泡泡與一支小吸管。
2. 請各組找一位組員用小吸管吹出數個泡泡。
3. 每個人從多個角度觀察泡泡膜的色彩變化。

從上面的泡泡中，你觀察到什麼呢？

試著思考並且和同組同學互相討論一下所看到的現象，這是否能用之前學過的概念來解釋呢？

我觀察到：



我的想法	小組討論的想法	老師講解
------	---------	------

那到底彩蝶的翅膀有什麼獨特之處呢？現在讓我們來觀察一下吧！

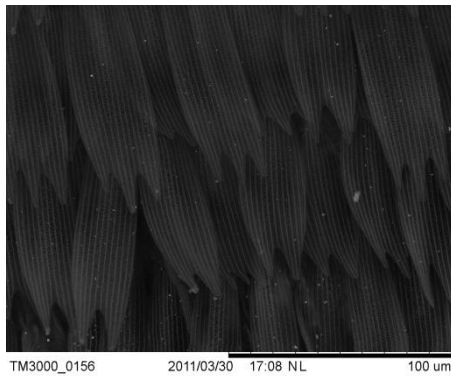


圖 3-2

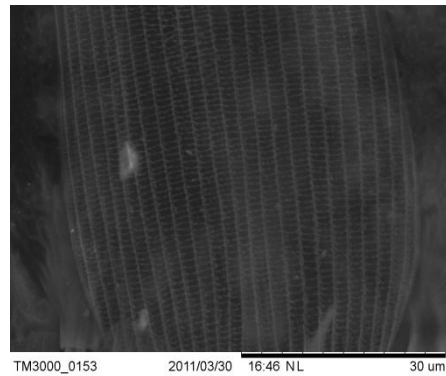


圖 3-3

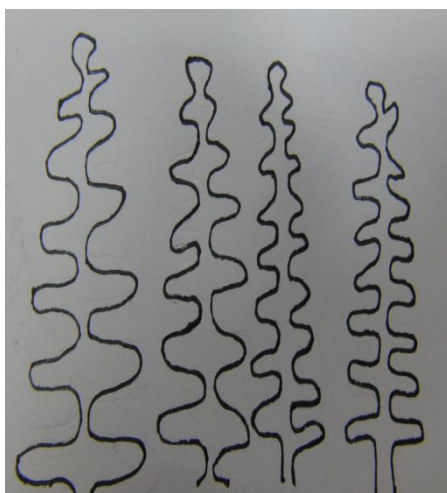


圖 3-4

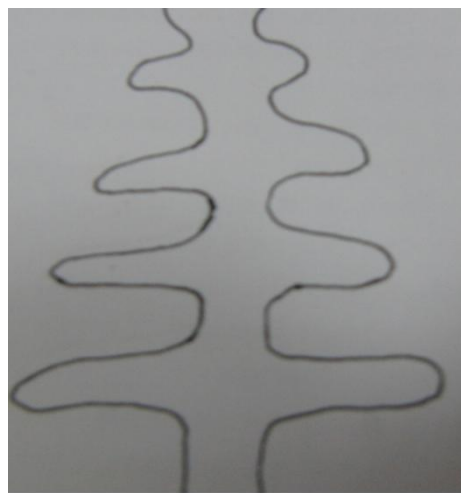



圖 3-5

上面依序為「蝴蝶翅膀的放大圖」，從上面這幾張圖中，你可以看見什麼樣的結構？



上面你所見到的結構是否和彩蝶翅膀色彩多變有關係呢？假設光線垂直入射時，運用入射與反射的觀念畫出可能發生的圖形（請畫在圖 3-5 上面）。

思考並且和同組同學互相討論一下，為什麼我們能從蝴蝶翅膀上看到那麼多不同的顏色呢？

 <p>我的想法</p>	<p>小組討論的想法</p>	<p>老師講解</p>
---	----------------	-------------

主要是由於蝴蝶翅膀上的結構和光子晶體很類似，當受到光線照射時，會將不同顏色的光線以不同的方向射出，所以當我們從不同角度觀察時，便會有不同的顏色。

光子晶體模擬圖如下：



圖 3-6 光子晶體模擬圖

上面圖 3-6 中的 a 在結構上是不是跟蝴蝶翅膀的圖 3-5 有點相似呢？

先前介紹的是蝴蝶的翅膀，現在我們來看看蛋白石，想想看，它的結構是否也跟蝴蝶翅膀上的結構一樣呢？

我的想法



小組討論的想法

老師講解

光子晶體除了自然界可以見到之外，在生活上我們還能應用在哪裡？

我的想法

小組討論的想法

老師講解



## 3-2 力學特性

陶瓷材料通常容易脆裂，但是由奈米微顆粒壓製而成的奈米陶瓷材料卻具有良好的韌性。這主要是因為奈米材料具有較大的界面，界面的原子排列是相當混亂的，當這些原子受到外力時很容易就會遷移，因此表現出甚佳的韌性與一定的延展性，使陶瓷材料具有獨特的力學特性。

研究中指出，人的牙齒之所以具有很高的強硬度，就是因為它是由磷酸鈣等奈米材料所構成的。

此外，奈米尺度的金屬晶粒要比傳統的粗晶粒金屬硬 3~5 倍。至於金屬—陶瓷等複合奈米材料則可在更大的範圍內改變材料的力學特性。

由此可見，奈米材料的力學特性在奈米科技中的發展也是非常重要的。



圖 3-7

奈米磁碗和普通磁碗有什麼不同呢？

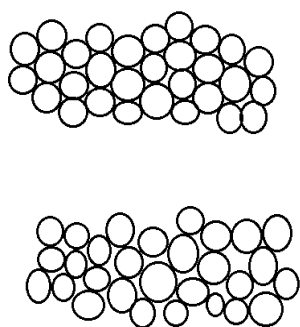


圖 3-8

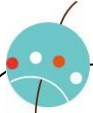
原子排列整齊(上)與原子排裂混亂(下)的結構圖

### 你知道嗎？

德國薩爾蘭大學的H. Gleiter 教授等人採用電漿熱蒸發凝聚法製備出奈米尺度的金屬材料，並提出奈米材料界面結構模型。隨後發現 $\text{CaF}_2$  奈米離子晶體和 $\text{TiO}_2$  奈米陶瓷在室溫下出現良好韌性。

## 《活動二、見證奇蹟的時刻》

你們以前曾經打過羽毛球或是網球嗎?有想過為什麼羽毛球或是網球的球拍上的線並非用橡皮筋來編織的呢?



我的想法是：

### 活動 2-1

1. 請各組把細棉繩的一端綁在桌子上，另一端則綁上一個鐵盤。
2. 把磚頭一個一個放上鐵盤直到繩子斷裂。
3. 紀錄繩子所能承受的磚頭數量。
4. 拿取尼龍繩並且重複 1~3 的步驟。

是什麼樣的原因造成兩種繩子所能承受的力量不同?

友達了才。



小組討論

我的想法

老師講解




## 活動 2-2

1. 請學生把碳纖維球拍上的線的一端綁在桌子上，另一端則綁上一個鐵盤。
2. 把磚頭一個一個放上鐵盤直到線斷裂。
3. 記錄碳纖維球拍上的線所能承受的磚頭數量。
4. 拿取奈米碳纖維球拍上的線並且重複 1~3 的步驟。


兩種線的線材同樣都是碳纖維，哪種所能承受的磚頭數目最多？哪種繩子的強度最大？為什麼呢？

友達了。

我的想法	 小組討論	老師講解
------	---	------

如果我們把奈米碳纖維混入衣服的纖維中，想想看，衣服會有什麼樣的變化呢？

友達了。

我的想法	 小組討論	老師講解
------	---	------

很多人都說爬樹其實是一件很危險的事，但是爬樹為什麼會造成危險呢？為什麼人站到樹枝上時樹枝會斷，而松鼠在上面爬來爬去卻都沒事呢？

我的想法是：



1. 把竹筷的一端固定在桌子上，筷子一半露在桌子外面，另外一端則綁上釣魚線，釣魚線底部再綁上一個鐵盤。
2. 慢慢的增加鐵盤上的法碼直到竹筷斷裂。
3. 紀錄竹筷折斷需要多少克的法碼。
4. 拿取樹枝重複上面 1~3 的步驟。

想想看，是什麼樣的原因造成兩種不同的東西折斷時需要不同大小的力？

我的想法



小組討論

老師講解

1. 現在老師手上有一個完好的普通瓷碗，現在用布包起來之後讓它掉到地上，猜猜看，這個瓷碗會發生什麼事呢？

普通瓷碗撞到地面會：

2. 現在老師手上有一個完好的奈米瓷碗，現在用布包起來之後讓它掉到地上，猜猜看，這個瓷碗會發生什麼事呢？

奈米瓷碗撞到地面會：

兩種都是瓷碗，但是掉到地上卻會有不同的情況發生，思考並和同學討論一下為什麼會這樣子呢？




我的想法

小組討論

老師講解

在 21 世紀，汽車已經普遍到幾乎每一個家庭都會擁有一臺汽車，而汽車的汽缸就如同它的心臟。車子啟動後，汽油會被噴入汽缸，接著在混入空氣之後點火爆炸，藉著爆炸帶動引擎上活塞的運動，所以汽缸必需要能承受瞬間巨大的力量。請問各位同學，你認為汽車的汽缸要用什麼材質來做最好呢？為什麼要使用這種材料？



我的想法	小組討論	老師講解

其實奈米材料的機械特性其實不止有韌性而已喔！像我們在電視上看到的網球選手手上拿的球拍，其實大部分也都是由奈米碳纖維製造的，而我們之所以會利用它來做球拍，主要是因為奈米碳纖維具有高強度的力學特性，所以當球拍在受到強大的力量時，並不會因此而斷裂。

請將下面的奈米物質根據其高強度或高韌性的力學特性做個分類吧！

碳纖維球拍：打網球或是羽毛球所需的用品。

碳纖維汽車零件：此物品應用在汽車的組裝上。

奈米紙片：如果要撕開必須要使用很大的力量。

奈米陶瓷：應用於滾動軸承、陶瓷刀具、人工關節。

奈米塑膠：應用於航太、交通工具的製作，或是建築、機械工業甚至作為微電子元件的封裝材料。

高強度

高韌性

### 3-3 表面特性

我們可以發現材料在奈米化之後，其表面原子數相對於總原子數之比例大幅提高，而整體比表面積也有明顯增大。

每一個表面原子都具有表面位能，而表面原子總數的增加會使總體表面位能也隨之提高。

由於奈米粒子的比表面積大、表面位能高，而且表面原子會因配位數不足而比內層原子更活潑，所以奈米粒子具有高化學活性，易與其他物質起反應。例如，金屬奈米粒子在空氣中易燃燒，無機奈米粒子容易吸附氣體進行反應。

日常生活常見的鵝絨、汽車塗蠟、鐵氟龍鍋等，皆具有疏水特性，這些疏水物質具有一定的疏水程度（接觸角接近 100 度），但是卻與蓮葉『出淤泥而不染』的物理機制不同。

以高解析電子顯微鏡觀察蓮葉表面，可以看到蓮葉的表面具有大小約 5~15 微米的乳突狀結構，這些結構的表面還覆蓋著類似纖毛的奈米級結構，此奈米級表面結構即是造成蓮葉表面具有疏水特性的原因。

蓮葉的奈米表面結構造成疏水性質與油或蠟等物質造成疏水性的機制不同，前者為物理性表面結構效應而造成葉面具有超低表面能特性，使水珠不易附著於葉面，而具有超疏水特性（接觸角接近 160 度），所以灰塵不易附著在葉面，當雨水沖洗時，灰塵就會隨著水珠滾落而達到淨潔作用。

蓮葉表面的這種自我淨潔(self-cleaning)現象，又稱為「蓮葉效應」(Lotus effect)。蓮葉效應是因表面奈米級的脂質結構使其疏水性大幅提升。反之，若在物體表面塗布奈米級的親水性物質，則其吸水性將顯著提高。將奈米物質的親、疏水性應用於布料，將可依需求發展出高吸水性或高撥水性的機能布。

肉眼看起來光滑的表面，若置於高倍顯微鏡下，亦可能顯現出坑坑洞洞，而這些坑洞是藏污納垢的最佳空間。若在表面蒸鍍或塗佈一層奈米級的顆粒，將其坑洞填平，以達到奈米級的平整效果，則可防髒污並抑制細菌繁殖。目前標榜防污抑



圖 3-9

為什麼水珠落在手機上會像一顆顆的珍珠呢？



圖 3-10

蓮葉可以藉由蓮葉效應來保持葉面的潔淨。

菌的奈米衛浴設備即是利用了這樣的表面特性。

將材料奈米化可大幅提高其表面積，依照簡單的計算，同樣質量的固體，將其顆粒由微米級尺寸透過研磨技術降低至奈米級尺寸，則其表面積將增加數百萬倍。因此，若我們將金屬催化劑研磨成奈米級顆粒，將可大幅提升其催化效率，降低金屬的用量。奈米光觸媒亦是利用顆粒微小化的原理。光觸媒顆粒奈米化之後，可提高透光性。將其塗佈在磁磚或玻璃表面不會影響表面原來的質感，又可有效進行光催化反應，使表面達到自潔效果。

燃料電池大多使用氫氣為燃料。但氫氣單位質量的體積非常大，目前都是利用高壓鋼瓶儲存，若能再搭配奈米級的儲氫材料，以提供更多的儲氫空間，將有利於燃料電池的商業推廣。



圖 3-11

奈米衛浴是利用奈米級的釉料塗在衛浴表面，填補肉眼無法看見的坑洞，使其不易附著髒污。

### 《活動三、水滴 水滴 溜呀溜》

宋朝周敦頤曾在他的作品「愛蓮說」中提到，他喜愛蓮的出淤泥而不染，在佛教中更是以蓮為聖潔的象徵。那蓮葉是如何做到出淤泥而不染的呢？

我認為：



#### 活動 3-1

1. 請各組同學將三種溶液（水、油和油水混合）滴到玻璃上，觀察溶液在玻璃上的形狀，並試著在下面空格中畫出液體在玻璃上的側視圖。


水	油	油水混合

2. 請各組將玻璃清洗乾淨之後，將蠟均勻的塗抹到玻璃上，接著再次滴三種溶液（水、油和油水混合）到含蠟的玻璃上，觀察溶液在玻璃上的形狀，並試著在下面空格中畫出液體在玻璃上的側視圖。

水	油	油水混合



請各組思考並且討論一下你們所觀察到的現象，試著解釋在上面活動中，產生各種不同現象的原因。


 <p>我的想法</p>	<p>小組討論</p>	<p>老師講解</p>
---	-------------	-------------

### 活動 3-2

1. 現在請各組從十種不同葉片中任選三片，並用滴管滴一滴水在各個葉片上（水滴越小越好），利用數位照相機拍攝水滴在葉面上的側面圖片，並且把拍到的照片用印表機列印出來。
2. 利用量角器量出圖片上水滴和葉子之間的接觸角，並且記錄在下面。

葉片名稱			
接觸角角度（度）			

3. 跟同組同學討論一下三種葉子上的水珠和葉面的接觸角為什麼會不一樣？把你們所討論出來的原因分享給大家吧！

<p>我的想法</p>	<p>長遠了。</p>  <p>小組討論</p>	<p>老師講解</p>
-------------	---	-------------

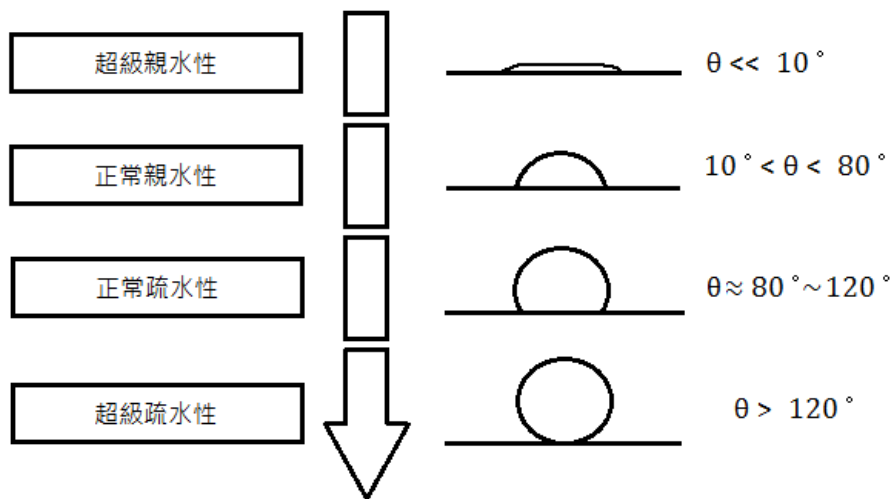




圖 3-12  
不同親水性和疏水性所產生  
的接觸角都不一樣

### 活動 3-3

請大家再次利用滴管把水滴一滴在蓮葉上，然後試著快速搖動葉片，紀錄一下你所觀察到葉片上水滴的情況吧！（不要讓水灑出來）

我的觀察 	小組討論	班上最好的答案
---	------	---------

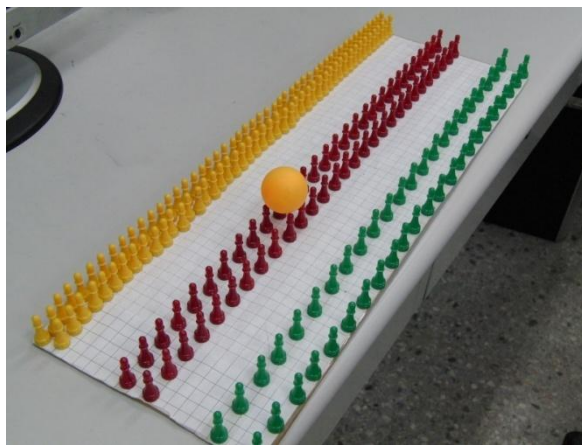
接著請大家拿起樹葉，同樣滴一滴水在葉片上，重複上面的動作，紀錄一下葉片上水滴的情況。

我的觀察 	小組討論	班上最好的答案
---	------	---------

蓮葉上的水滴是不是跟你平時在桌上或是地上看到的水滴不同呢?為何會這樣呢?不急，先想一下下面的活動。

1. 請將乒乓球放置在板子上跳棋的一端，接著搖動板子，試著讓球跑到終點！（注意板子要一直保持平行，而且請勿上下晃動來移動乒乓球）
2. 請紀錄乒乓球到達終點時所花的時間。
3. 接著換一條跑道並重複上述的動作，並且紀錄之。

	跑道 A	跑道 B	跑道 C
乒乓球到達終點所花的時間(s)			



板子突起物間距如下圖所示

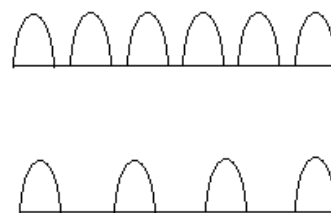


圖 3-13 將乒乓球放置在板子上的跳棋上

為什麼每條跑道造成乒乓球的移動時間會不一樣呢?快跟身旁的同學討論一下吧!

友誼小站



小組討論

我的想法

老師講解

現在讓各位同學看的是蓮葉表面的放大圖，從圖中我們可以看出蓮葉表面的構造排列很細緻，突起的部分為纖毛，每根纖毛間的距離都很靠近，想想看這跟上面幾個實驗有什麼關係呢？

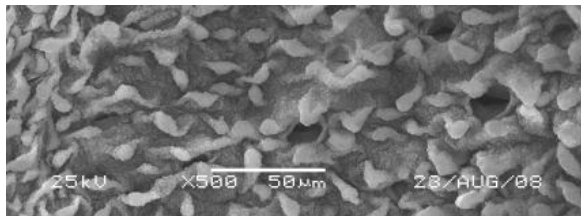
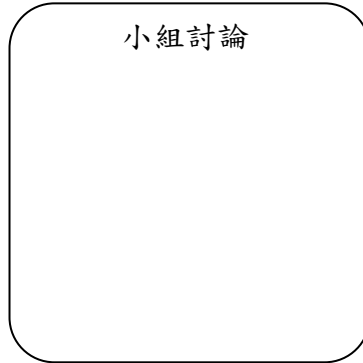


圖 3-14

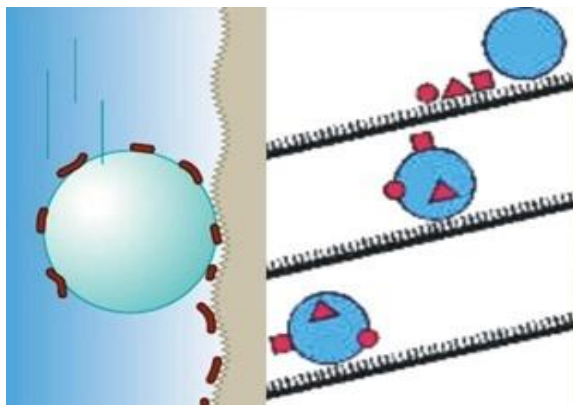


圖 3-15

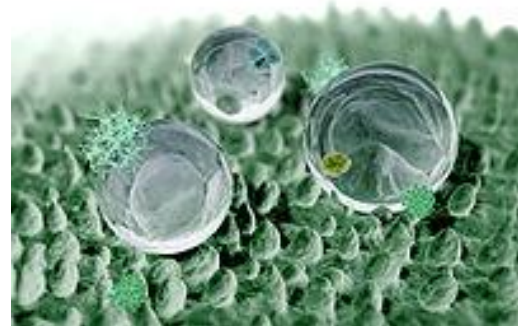


圖 3-16

上方的圖(圖 3-14)為「蓮葉表面的放大圖」，左下方(圖 3-15)的則是「水珠流經蓮葉表面會因為蓮葉效應而帶走髒污」，右下方的圖(圖 3-16)則是「小水珠落在蓮葉表面的放大圖」。

對於一開始水珠不會附著在蓮葉上的現象，你能提出一些合理的解釋嗎？

友達討論



我的想法

小組討論

老師講解

下雨的時候大家都會撐傘，但是回到家要把傘收起來時，常常會發現傘的上面殘留著好多雨水，想拿到室內又怕會弄濕地板，如果想要讓雨傘上不殘留任何雨水的話，聰明的你，能試著用今天教的東西來解決這個問題嗎？

我的想法



小組討論

班上最好的答案

想想看，蓮葉效應的現象還能應用在生活中的哪些地方？跟同組同學討論一下吧！



還能應用在：

### 3-4 結語

奈米物質有許多有趣的特性，應用這些特性可為人類帶來生活的便利與技術的進步。應用某些奈米物質的光學特性可以大幅增進太陽能電池的能量轉換效率；運用應用某些奈米物質的電磁特性，可以製作高容量的磁記錄媒體；運用某些奈米物質的力學、表面特性可以讓生活多了些防護與便利。在接下來的章節會介紹一些奈米物質的實際運用方式。

### 3-5 觀念一把抓

#### 光學特性

1. 奈米材料具有特殊的光學、電磁、力學、熱學、表面等特性。
2. 有些奈米材料具有特殊的光學特性，例如低反射率、光子能隙等。
3. 低反射率可應用於太陽能電池。
4. 光子能隙存在於光子晶體。
5. 光子晶體結構可應用於光纖、光濾波器。
6. 彩蝶翅膀上有類似光子晶體的結構。

#### 力學特性

1. 有些奈米材料具有特殊的力學特性，例如高強度、高韌性等。
2. 高強度可應用於碳纖維球拍
3. 高韌性可應用於奈米陶瓷碗盤

#### 表面特性

1. 有些奈米材料具有特殊的表面特性，例如高吸附性、高催化性、高親水性、高疏水性等。
2. 高吸附性可應用於燃料電池的儲氫材料。
3. 高催化性可應用於奈米光觸媒殺菌。
4. 高親水性可應用於建材防污與防霧。
5. 高疏水性源自於蓮葉效應，可應用於建材防污與防霧、奈米布料、奈米馬桶等。

## 第四單元 奈米科技的應用

### 前言

隨著對各式產品微小化的需求，人類的科技文明即將由微米時代逐步進入所謂的奈米時代。奈米科技日益發展，應用的範圍涵蓋食、衣、住、行、育、樂和醫藥等。奈米科技產品已深入人類的日常生活中。



圖 4-1

由左到右為「奈米馬桶」、在壓克力中加入奈米顆粒的「奈米浴缸」、「奈米臉盆」。

### 4-1 民生用品

奈米科技可以應用在民生用品上。

例如：家電：「奈米冰箱」，添加此類奈米陶瓷複

合材料於冰箱內，用以增加保鮮效能，並能降低冰箱所製造之熱效應，減少電力浪費。

衛浴設備：馬桶、洗臉盆、浴盆等之表面鍍有奈米級的塗料顆粒時，可填平傳統釉料的粗糙坑洞，使衛浴設備表面細緻光滑，除了可防髒污外，更能抑制雜菌繁殖（圖 4-1）。

食品：奈米化食物由於表面積大增，可提昇養分吸收效率，強化營養物質之效用（圖 4-2）。



圖 4-2  
奈米鈣牛乳

奈米建材：奈米化建材或塗料可具有防水、防火、自潔、質輕、環保、耐震及高強度等特性（圖 4-3）。



圖 4-3  
圖的「右側塗有奈米無膜撥水防護劑」；圖的「左側無塗抹」。

奈米化妝品：奈米化妝品或藥物其細微之顆粒較傳統大顆粒塗覆吸收方式更易滲透皮膚，而順利到達欲作用之部位，此可加速療效及降低藥物劑量（圖 4-4）。



圖 4-4

成分奈米化後能使保養品更容易滲透進入皮膚內層

奈米布料：奈米化纖維可使紡織品光澤變得更加優雅，增加其柔軟度以及保暖性。此外奈米結構具有自潔之功能，衣服若被油污沾染時，使用一般清水即可洗滌乾淨（圖 4-5）。

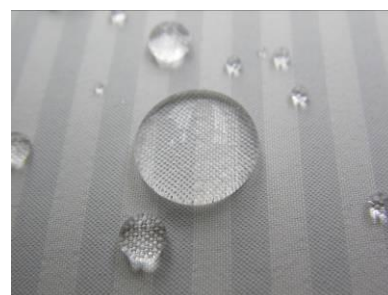


圖 4-5

已塗上奈米塗料的布



## 《活動一、未來世界一》

物理學家費曼，在一場演講之中，預測人類的科技發展，即將邁向前所未聞的微小尺寸。而二十一世紀的今日，奈米科技產物已成為生活的一部分，奈米產品已融入我們日常生活的食衣住行育樂之中。

這裡有一件奈米衣服與一件普通的衣服，老師在這兩件衣服上潑水，你們比較看看，這兩件衣服沾到水之後有什麼不一樣的地方？

比較這兩件衣服有什麼不一樣的地方：



現在我們來介紹奈米科技的相關應用，並記錄下所介紹的奈米科技所應用的地方有哪些，一一的把它寫出來吧！並與小組討論。

奈米科技所應用到的東西有：

我的想法：



小組討論：

從你們所學知識裡面去思考，奈米科技融入了哪些技術應用在這件衣服上的呢？把你們的想法寫下來吧！

奈米科技融入了哪些技術應用在這件衣服上：

小組討論：

全班想法：



你們知道奈米科技還可以應用在「民生用品」上的哪些地方呢？

A large, empty, rounded rectangular box with a dashed border, intended for students to write their answers to the question above.

那請寫下奈米科技是怎樣的應用在「民生用品」上的呢？

A large, empty, rounded rectangular box with a dashed border, intended for students to write their answers to the question above.

## 4-2 軍事

奈米科技除了可以應用在民生用品上之外，奈米科技還可以應用在軍事以及環保工業上。

例如：奈米隱形塗料：奈米材料對電磁波的透射率及吸收率都非常大，不僅能吸收雷達波，也能吸收可見光和紅外線，奈米材料製成的塗層可以逃避雷達的偵察，此外具有相容性好、品質小和厚度薄等優點（圖 4-6）。



圖 4-6  
美國空軍基地的 F-22「猛禽」  
隱形戰機

## 4-3 環保

在環保工業上，奈米科技可應用於水質淨化。奈米級淨水劑具有高表面積，可有效吸附污水中之污染物。奈米微氣泡技術可提升污水處理速率及效能。

奈米科技也可應用在分解有害物質：例如奈米鐵顆粒可將污水中之三氯乙烯分子進行脫氯反應，而轉變成生物易分解及低毒性之乙烯分子，且可將  $\text{Cr}^{6+}$  或  $\text{Cr}^{3+}$  離子還原成無毒性的 Cr 金屬。

奈米光觸媒：在光的照射下，奈米尺寸大小的光觸媒材料，可以將空氣中的異味或水中的雜質分解，進而達到除臭、去污、淨水等功效，是一種具有發展潛力的綠色環保材料（圖 4-7）。

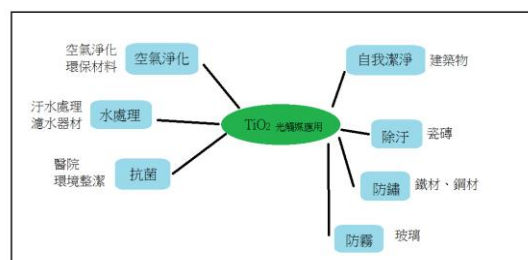



圖 4-7  
光觸媒在環境上的多功能應用

## 《活動二、科技時代》

現在我們來看一段「科幻赤壁」影片，並記錄下影片中所看到的奈米科技產品




影片中所看到的奈米科技產品：


現在我們來介紹目前奈米科技在國防軍事上的應用，記錄下所提到奈米科技應用在國防軍事上的地方，一一的把它寫出來吧！並與小組討論。

奈米科技應用在國防軍事上的地方有：


我的想法：	小組討論：
-------	-------



現在我們來介紹目前奈米科技在環保上的應用，記錄下所提到奈米科技應用在環保上的地方，一一的把它寫出來吧！並與小組討論。

奈米科技應用在環保上的地方有：	
我的想法：	小組討論：
	

從你們所學知識裡面去思考，奈米科技融入了哪些技術應用在軍事、環保上的呢？把你們的想法寫下來吧！

奈米科技融入了哪些技術應用在軍事、環保：	
小組討論：	全班想法：
	

提出奈米材料在軍事和環保上的應用？至少各舉兩個例子



根據你所學的奈米知識，請發揮想像力，提出一種奈米科技在軍事上的應用，並嘗試畫出設計圖，小組分組上台分享報告。



## 4-4 生物醫學

奈米科技在生物醫學上應用有奈米生醫晶片、藥劑載體、組織修復等。奈米生醫晶片可大量、快速地進行檢驗，並可使檢驗平台微小化。可用於藥物成癮、肝炎、愛滋病毒及梅毒等篩檢。此外奈米金粒子可利用其特殊的顏色變化做為驗孕檢測試劑，

### 《活動三、小小世界》

現在老師手上拿得是一個什麼東西？\_\_\_\_\_

你們覺得這驗孕棒跟奈米科技的關係是什麼？

驗孕棒與奈米科技的關係是：

--

現在我們要來介紹奈米科技在生物醫學上的應用，我們來看幾段小影片：『奈米膠囊』、『碳分子球膠囊』、『標示病變細胞』，同學要記錄下剛所提到奈米科技應用在生物醫學上的地方，一一的寫出來！並與小組討論。


奈米科技應用在生物醫學上面有哪些：

我的想法：


小組討論：



我們剛剛提許多奈米科技應用在生物醫學上的地方，哪麼，還可以將奈米科技應用在生物醫學上的哪些地方呢？

還可以將奈米科技應用在生物醫學上的哪些地方：	
小組討論：	全班想法：
	

從你們所學知識裡面去思考，奈米科技融入了哪些技術應用在生物醫學上的呢？把你們的想法寫下來吧！

奈米科技融入了哪些技術應用在生物醫學上：	
我的想法：	小組討論：
	

現在請你們寫下奈米科技可以應用在「生物醫學」上的哪些地方呢？





## 4-5 結語

全世界都在投入奈米科技時，我們也應致力發展奈米科技，並且利用我們原有產業的優勢，創造出全方位的奈米科技產品。

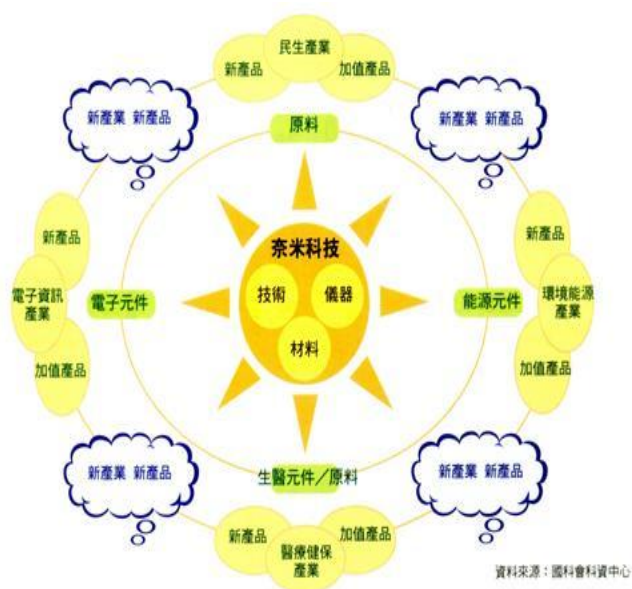


圖 4-8

奈米科技對產業的全方位影響

## 4-6 觀念一把抓

奈米科技可應用在：

1. 民生用品：例如家電、衛浴設備、化妝品、食品、奈米建材、奈米布料等。
2. 軍事：例如奈米隱形塗料、生物戰劑及檢測等。
3. 環保：例如水質淨化、分解有害有機物等。
4. 生物醫學：例如檢驗試劑（例如生物晶片、量子點螢光標籤、奈米金驗孕試片、奈米探針等）、疾病治療（例如藥劑載體、組織修復等）、仿生系統（例如人造紅血球）等。
5. 工業：例如光電工業、機械工業、石化工業、半導體工業等。

# 第五單元 奈米科技的衝擊

## 前言

奈米科技是目前科技界的顯學，許多科學家積極投入進行各式各樣奈米材料的研發與應用，目的是希望能造福人群。然而，大量應用這種新穎微小的材料，對人類健康與環境所帶來的影響，但奈米科技真的無所不能嗎？奈米真的安全且不會產生後遺症嗎？似乎有正面的利益也有負面的危害。

過去的產業革命改變了世界，但也帶來了一些災害，當科學家投身奈米世界，致力開發更多奈米產品時，是否可以停下來思考「奈米科技」會不會帶來災害呢？從西元 2000 年以來，陸續有科學家針對奈米粒子對人體健康及安全是否有危害發出警言。有科學家指出，奈米材料會隨著使用時間脫落，但是現有的廢水處理以及過濾系統，都無法處理這些脫落的奈米粒子，脫落的奈米粒子，會不會對人體與環境造成傷害？如果細菌吞食了這些奈米粒子，使它們進入了食物鏈，會有什麼結果？另外，食品、醫藥與化妝品奈米化後，是否會對人體產生危害？政府及業者，必須重視這些可能的危害，才能讓人們享受奈米科技帶來便利的同時，又能避免災害。

## 5-1 健康與生態所造成的衝擊

奈米科技發展可能帶來人體或環境的衝擊或影響，目前仍然未知，目前仍處於研究階段。應用奈米科技可能製造出傷害人體的物質，對人類健康造成衝擊。奈米粉末由於粒子小，會飛揚在空氣中成為塵埃的一部分，可能對呼吸系統產生潛在性的危害。以懸浮微粒的影響為例，空氣中的懸浮微粒會經由鼻咽喉進入人體，10 微米以上的微粒可由鼻腔過濾，但較小

### 奈米科技的歷史：

人類歷史上，經歷三次產業革命。十八世紀時發明蒸汽機，開啟第一次產業革命；第二次產業革命帶動了電氣化；在第三次產業革命，電子計算機改變人們的生活世界。而奈米科技，則帶人類進入第四次的產業革命。

奈米科技的發展可溯源於諾貝爾物理獎得主理查·費曼 (Richard Feynman)，在 1959 年美國物理年會的一場演講，提出「未來有一天，人類可能隨心所欲地利用小尺寸材料並呈現出嶄新的應用」；「未來可能將大英百科全書的內容記錄在像大頭針這麼小的容積裡」揭開奈米科技。

一開始是日本物理學家發現金屬超微粒具有能量不連續的特殊物理性質。1990 年，在美國巴爾的摩舉辦了第一屆國際奈米科學技術會議，會議中正式提出奈米材料學、奈米生物學、奈米電子學以及奈米機械學的概念。美國在 2000 年 1 月 20 日由克林頓總統在加州理工學院宣布了「國家奈米技術計畫 (National Nanotechnology Initiative, NNI)」，展開奈米技術於民生與產業領域的應用發展。

的微粒則會經由氣管、支氣管進入人體內部（圖 5-1）。

關於奈米微粒對人體的影響，目前尚在研究，「沒人敢保證一定無害」。尤其是化妝品，「皮膚毛孔大於奈米」，奈米進入人體，即使只塞在毛孔，對身體的排汗功能也不好。而殘留在生物體內的奈米粒子，有些會造成組織壞死、發炎及纖維化，有些會造成粒線體的變形或細胞死亡。換言之，並非所有的奈米粒子對細胞或組織都會產生害處，也不是一種奈米粒子對所有的組織或細胞都會產生毒性，毒性取決於奈米粒子本身材料的特性，包括化學特質、物理特質、生物相容性、粒徑的大小與形狀等。

奈米材料與基因突變的關係，例如許多碳原子改造形成的分子進入人體，並且導致無法預測的傷害。奈米微粒從鼻孔吸入，可能損害腦細胞；奈米端管接觸到皮膚，則可能傷害 DNA。

總而言之，環境中奈米微粒所牽涉的健康風險，其問題可能相當複雜。通常除了奈米微粒的大小、形狀以及成份外，人體或生物體的接觸途徑及長時間的累積等，都會造成不同程度的影響。

奈米粒子對環境的影響，目前都是還在實驗研究，奈米產品在製作時，可能造成空氣污染、水源污染及土壤污染。奈米粒子存在於液體中成為懸浮液，比較不會造成危險性，但仍須了解奈米生物材料的安全性與可利用性。但奈米粒子會跟水中雜質、有機物及污泥結合，沈降到水底，一些魚類或螺貝類會吃水底的泥土，透過食物鏈進入人體，累積在體內而危害人體。另外，奈米粒子或許具有一些尚未了解的生理活性，在應用時，應有待進一步深入探討。

應用奈米科技也可能製造出污染環境的物質，對生態造成衝擊，也恐威脅生態環境。

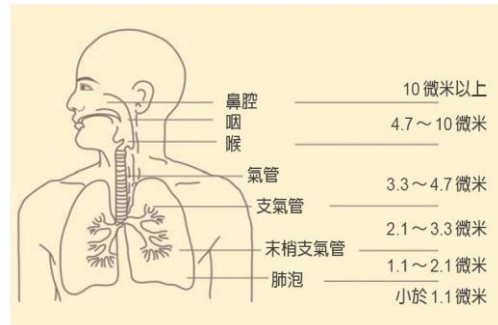


圖 5-1

不同大小懸浮微粒進入人體的管道

### 台灣奈米發展(一)：

由於奈米科技的發展對國家競爭力影響甚鉅，台灣也非常重視奈米科技的發展，鑒於先進科技國家皆投入大量經費發展奈米科技的研發與教育，台灣政府也有計劃地推動奈米科技發展，以提升國家全球競爭力。於是於 2002 年由國科會、中研院、工研院、經濟部、教育部等機構共同推動之跨部會的奈米國家型科技計畫大型計畫，目標要達到『學術卓越研究』和『奈米科技產業化』。且這個計畫在 2003 到 2008 年間已投入 200 億元，在成果方面，包含學術卓越研究：奈米碳管、奈米磁性生醫檢測、奈米導線、光子晶體、太陽能電池、顯示器等都有重大的研究成果。在奈米科技產業化方面，目前已經影響產業領域至少包括民生化工、IC 電子與構裝、儲存、能源、生技、顯示器、通訊、資訊等，並成功發開出許多奈米科技產品。


例如，奈米科技被廣泛應用在防曬油等化妝品，但也可能透過下水道進入河川，影響生態環境。二氧化鈦奈米顆粒的毒性可能會改變魚的游泳速度與活動力。

## 《活動一、驚異大奇航》


回顧奈米科技相關應用，剛剛所提到的奈米科技，應用到哪些物品，一一的寫出來吧！分別寫出這些奈米產品的功能有哪些？

奈米科技可應用到哪些物品？這些奈米產品通常具有什麼功能？

我們介紹了那麼多的奈米相關的應用，那你們覺得應用這些奈米科技會如何影響我們生活、我們的健康、我們的生態？寫下自己的想法，並與小組討論。

奈米科技對我們的影響	
我的想法：	小組討論：
	

先看一段『驚異大奇航』影片，裡面有用到的是微型技術，人類已經發展出來了，想想看電影裡面這樣的東西的應用對我們的幫助為何？對我們的影響又會是什麼？同時寫下正面與反面的看法與小組討論

 的應用對我們的幫助為何？對我們的影響又會是什麼？	
:	小組討論：

奈米科技的應用會對我們有所幫助，也帶來了便利性，但是相對的也會帶來了某些的影響與副作用。從剛剛我們所討論的『驚異大奇航』微型技術的應用就可以知道，我們要知道奈米科技可能對社會、健康、生態等方面造成衝擊。

就從『驚異大奇航』的微型技術的應用這個例子去想，它會對


社會造成的衝擊是：\_\_\_\_\_

健康造成的衝擊是：\_\_\_\_\_

生態造成的衝擊是：\_\_\_\_\_

分別寫下你的看法吧！

假設你是一位奈米科技製造商，你會把奈米科技應用在哪些地方呢？



應用奈米科技可能會造成社會上的衝擊，舉出一個應用奈米科技的例子，並寫下你的理由：





## 《活動二、奈米！什麼！》

在上節課我們已經看過一小段的『驚異大奇航』的影片，裡面是奈米微型技術的應用，那你們還有看到什麼電影是有關於這種奈米科技的應用的呢？試著說明一下這項奈米科技應用的好處與壞處吧！

奈米科技的應用；好處與壞處：



老師手邊有一些關於奈米科技應用的相關文章報導，現在我們分兩大組，一組找奈米科技應用的好處；另一組找奈米科技應用的衝擊。每組各找兩篇文章，看完後，分別寫下你看完這篇文章的重點，並寫下這篇文章所寫到的奈米科技應用的好處，並說明奈米科技應用的衝擊在哪裡？寫下自己的想法，並與小組討論

你所找的文章是說明哪一種奈米科技應用\_\_\_\_\_。

你看完這篇文章的重點：



報章雜誌所寫的奈米科技應用的好處有哪些？奈米科技應用的衝擊有哪些？



現在大家把上面的討論結果與全班分享，先說明你所找的文章是什麼(好處或衝擊)，文章內容大綱，跟奈米科技應用的好處或衝擊有哪些。

綜合同學們的報告，你們覺得

奈米科技所帶來的好處是：\_\_\_\_\_

奈米科技所帶來的衝擊是：\_\_\_\_\_

奈米科技的應用，可能會造成我們健康與生態上的影響有哪些？舉出一個奈米科技應用的例子，並寫下為什麼。



想想看，從之前的所學的單元裡面(例如：物質、特性、製程、檢測…等)，你們覺得哪些奈米科技的應用會造成我們的衝擊呢？為什麼？舉出兩個例子。





## 5-2 針對奈米科技所造成的衝擊，必須在法規、教育與倫理等方面設法因應

因應奈米科技的衝擊，須修改法規，建立新標章。須改革教育，訂定新教材。須提升倫理，建立新道德規範。

在民生面上，由於國內市場標榜著奈米的產品日漸充斥，為保護消費者權益，避免對消費者造成混淆，希望對於真正奈米產品且具一定水準者，授予奈米標章以資識別；在經濟面上，奈米產品良莠不齊，為避免劣幣驅逐良幣，對優良奈米產品授予奈米標章，可以鼓勵優良廠商永續經營，並藉奈米標章之國內外廣宣，使取得奈米標章之產品，提升其品質形象及國內外市場競爭力。

如果有一個明確的規範或標章，我們是不是就可以一目了然，知道他就是真正的奈米產品，像現有的環保標章，農委會的CAS標章…等，這些標章的目的就是讓我們知道，這是經過一個認定標準的程序，只要看到標章我們就可以安心的知道。由經濟部工業局所制定的奈米標章標準圖形有兩種，圖5-2之奈米標章標準圖形，限由奈米產品驗證體系使用於廣宣、文件資料等，一般廠商禁止使用。圖5-3之奈米標章標準圖形，限由經奈米標章推行委員會核可之奈米產品廠商使用。

### 臺灣奈米發展(二)：

人才培育對奈米科技的發展非常重要，因此推動了「奈米國家型科技人才培育計劃」，培育包含工程、基礎科學、經營管理、智財權法律、人文社會、生技醫藥等領域之跨領域整合人才。除此之外，配合網際網路發展，以及知識經濟之迅速成型，從小學、中學(K-12)、大學、研究所、在職訓練(On Job Training, OJT)、甚至與終身學習(Life Long Learning)之教育施政目標相結合。希望能夠從由下而上的紮根，將奈米知識推廣從國小、國中、高中等基礎教育，到大學、研究所與全體社會人



圖 5-2  
奈米標章標準圖形一



圖 5-3  
奈米標章標準圖形二

#### 奈米標章的涵義：

奈米標章以無限「∞」符號，

象徵奈米之無限微小化及奈米技術應用的無限大。

狀似「8」的飛躍造型，象徵蓬勃發展。

輔以英文奈米「nano」，以達國際認知。

#### 奈米標章使用注意事項：

奈米標章之使用，有下列情事之一者，報請「技術委員會」審查，審查結果送請「推行委員會」處理。對情節嚴重者，除取消其認可資格並將追究法律責任：

一、 仿冒使用奈米標章者。

二、 欺詐混淆消費者行為者：如認可廠商將奈米標章轉交其他未經認可之廠商使用者，未經認可之產品使用奈米標章者，或其他欺詐行為者。

修改法規，建立新標章，可以因應奈米科技的衝擊，這樣我們就能知道哪些是真正符合奈米科技的產品，對我們也才会有保障。所以為了因應奈米科技的衝擊，我們必須改革教育、訂定新教材、提升倫理並建立新道德規範。科學如水，能載舟也能覆舟，如果沒有「科學倫理」的規範，任其恣意發展，科幻電影及小說中的科學災難情節，將可能在現實生活中上演。

#### 奈米標章的緣由：

由於奈米科技與產業的結合，國內外專家一致認為，將造成二十一世紀新一波的產業革命。以美國為例，在 2003 年提出美金六億七千九百萬元之「國家奈米技術創新計畫」，全球先進國家亦紛紛跟進，加入這場預計將改變產業生態結構的競賽，我國也由國科會主導，提出了國家型奈米發展六年計畫，自 2003 年至 2008 年，而奈米標章的建立與推動就是其中的一項計畫：「奈米產品驗證體系計畫」，由經濟部工業局主辦，委託工業技術研究院量測技術發展中心執行。推動此項工作的主要考量，乃是希望從不同的面向切入奈米技術與產業，以促進奈米相關產業的正常且蓬勃發展，其考量點為：在政策面上，配合國家型奈米計畫之發展，促進奈米技術之產業化，並符合經濟部之政策；在民生面上，由於國內市場標榜著奈米的產品日漸充斥，為保護消費者權益，避免對消費者造成混淆，希望對於真正奈米產品且具一定水準者，授予奈米標章以資識別；在經濟面上，奈米產品良莠不齊，為避免劣幣驅逐良幣，對優良奈米產品授予奈米標章，可以鼓勵優良廠商永續經營，並藉奈米標章之國內外廣宣，使取得奈米標章之產品，提升其品質形象及國內外市場競爭力。(資料來源：經濟部工業局 <http://proj3.moeaidb.gov.tw/nanomark/About/>)

「奈米」一詞儼然已成為當今高科技的代名詞，在奈米風潮的帶領下，也正給予人們許多無所不能或是出奇制勝的機會，由於處處皆有產品應用奈米科技之新機會，以致許多生活應用都直接聯想到利用奈米科技來解決，許多商品或技術更喜歡以奈米為名來吸引消費者或媒體，甚至許多科學研究都喜歡加掛『奈米』兩字來爭取經費或引人注目，如此下去難免擔心奈米兩字被廣告過於渲染，造成另一種不信奈米之災難。此種問題無法單靠公權力介入來解決，唯有從加強教育並提升消費者的知識來著手。


### **各國奈米發展：**

在 70 年代起，歐、美、日等先進科技研究國家即有科學家投入奈米科技的研究，但奈米科技的快速發展，則是在 1990 年末。在 1991 年，美國政府正式宣告投注五年五百億美元，以求整合產業、政府以及學術研究單位，全力投入奈米科技的研究發展，在 2000 年 1 月 20 日由克林頓總統宣布了「國家奈米技術計畫，並在 2001 年陸續投入 4 億 2 千萬美元預算。除了政府強烈支持外，德州產學界也成立了德州奈米科技計畫 (Texas Nanotechnology Initiative; TNI)，期望能將傳統產油產業轉變成奈米高科技產業。德國也在 1998 年成立奈米科技開發中心 (Nanotechnology Competence Center)，英國則是在 2000 年成立 EPSRC 5 個奈米科技網路 (Nanotech Network)。其它國家日本、韓國等也陸續加入競爭行列，日本除了在 1991 年投入奈米技術研究，在美國影響下在 2001 年推動奈米技術研究預算高達 512 億日元。而瑞士也在 2001 開始執行『TOP NANO 21』國家推動戰略，發展精密機械、醫藥品等領域優勢。南韓 2001、2002 年也分別投入 7 仟萬與 1 億 5 仟萬美元，藉以促進技術研發、設施建構與人才培育。

### 《活動三、規則的世界》


現在老師手中拿得這罐是什麼東西？這罐標示著「奈米」的保養品，擦了這個標示這「奈米」的保養品，你們覺得會怎樣？這裡也有許多標榜這奈米的產品，但，他真的是奈米嗎？

我們的生活周遭是不是很多的東西處處都充滿這「奈米」，那我們要怎樣的知道這樣東西是『真的』「奈米」產品？有沒有什麼方法讓我們知道，寫下自己的想法，並與小組討論。

怎樣我們才會知道這樣東西是『真的』「奈米」產品	
我的想法：	小組討論：
	

#### 問題與討論：

奈米產品為何必須制定相關法規及建立標章？
「奈米標章」的制定是哪一個單位負責？
因應奈米科技的衝擊，我們可以做哪些事呢？



### 5-3 結語

奈米科技發展迅速，對人類的影響甚遠。奈米科技對科學、經濟、產業、社會、健康、生態、文化等帶來前所未有的衝擊。

奈米科技引發第四次工業額革命，充滿了挑戰與機會。這波奈米科技浪潮中，我們也不落人後，產業界，學術界同心協力的合作，為下一個經濟奇蹟齊心奮鬥。

### 5-4 觀念一把抓

#### 影響

1. 奈米科技可能對社會、健康、生態等方面造成衝擊。
2. 應用奈米科技於基因改造可能對社會倫理造成衝擊。
3. 應用奈米科技可能製造出傷害人體的物質，對人類健康造成衝擊。
4. 應用奈米科技可能製造出污染環境的物質，對生態造成衝擊。

#### 需要

1. 針對奈米科技所造成的衝擊，必須在法規、教育與倫理等方面設法因應。
2. 因應奈米科技的衝擊，須修改法規，建立新標章。
3. 因應奈米科技的衝擊，須改革教育，訂定新教材。
4. 因應奈米科技的衝擊，須提升倫理，建立新道德規範。

## 5.2 教學設計

單元 標題	活動名稱	教學活動說明
奈米 尺度	活動一：小人國的尺	介紹各種不同尺度，利用切割橡皮擦的活動，讓學生學會奈米尺度的比表面積增加，教師需要準備美工刀、橡皮擦，另外，用黏土也可以達成一樣的效果。
	活動二：近看！遠看！相同？不同？	老師發給各組兩張黑色的紙，先問同學這兩張不同的黑色的紙有哪邊不一樣？然後使用手持式實物顯微鏡，連接至筆記型/桌上型電腦來觀察，才發現，原來其中有一張黑紙，裡面居然有紅、藍、紫、綠、黃等各種顏色，由此可知，眼睛所看到的相同是黑色，但實際上卻不是黑色的。教師需準備手持式實物顯微鏡，另外需準備兩張黑紙，其中一張由印表機直接輸出黑色的，另一張則是將紅、藍、黃、紫等顏色圖檔疊在同一個檔案，一起輸出的紙，也是黑色的。
奈米 物質	活動一：奈米，原來就在我身邊	老師每一組準備一顆雞蛋，然後準備硝酸、鹽酸、氫氧化鈉、酒精等化學藥劑，讓學生試著去加入蛋中，並觀察蛋白、蛋黃的變化。在生物課程中有提到，蛋白質是奈米尺度的大小，藉由蛋白質遇到化學藥劑會變性的原理，可以讓學生知道，奈米物質不是多麼遙不可及的事物，奈米其實就在我們身邊。
	活動二：奈米，你從哪裡來	老師需準備每組一根蠟燭、數個紙杯，指示學生紙杯裝水，然後放在蠟燭上燻黑，學生用滴管將水滴上燻黑的表面，將發現燻黑的表面具有如蓮葉般的疏水性。這個活動除了模擬了蓮葉效應，同時也讓學生知道，奈米物質除了自然生成的，也可由人為來製備。
奈米 特性	活動一：奈米易容術	老師使用大美藍蝶(藍默蝶)的標本，先展示給學生看，然後可以給學生看關於藍默蝶的影片(大自然的科技靈感)，並提問學生為什麼藍默蝶的翅膀沒有色素，卻是漂亮的藍色呢？其實是因為藍默蝶的翅膀上的鱗片，是與藍色波長一樣，所以可以使藍光產生繞射，讓翅膀的顏色更顯得亮麗。這個活動是讓學生知道，進入到奈米的尺度，會對物

		質的光學性質產生改變。
	活動二：見證奇蹟的時刻	老師可以先準備康寧的防摔的奈米碗盤，先示範摔給學生看，經過奈米表面處理過的碗盤，不會因為一般的撞擊，就摔破，這個示範實驗告訴同學，經過奈米表面處理過的碗盤，具有不同的力學性質。老師再準備一般的尼龍線，以及奈米表面處理過的尼龍線，讓學生使用砝碼增重，紀錄增重到多少克，尼龍線會斷掉，本活動讓學生知道，經過奈米處理過的尼龍線，也改變了尼龍線的力學性質。
	活動三：水滴 水滴溜呀溜	老師先發給每一組蓮葉與滴管、砂子，指示學生將砂子放到蓮葉的表面，並用滴管吸水，滴到蓮葉上，學生將會觀察到蓮葉的疏水性，並且觀察到蓮葉具有自潔的效果。接著使用跳棋所自製的教具，其中三組跳旗的密度不同，乒乓球的滾動速率也不一樣，愈密集，滾動速率愈快，藉此說明蓮葉的結構，並說明蓮葉所帶來的表面特性。
奈米應用	活動一：未來世界	老師手拿兩件外套，一件是一般普通外套，一件為防水外套(如 go-tex 材質)，然後在兩件衣服上面灑水，學生可以清楚看到外套表面經過不同的航理方法
	活動二：科技時代	藉由觀看「科幻赤壁」的動畫，了解奈米科技在軍事方面的應用，以及討論奈米科技在環保的層面能夠提供什麼的應用方式。
	活動三：小小世界	藉由驗孕棒的實際例子，舉出奈米科技在生物、醫學方面的應用。包含「奈米膠囊」、「碳分子球膠囊」、「標示病變細胞」的影片，讓學生可以討論奈米科技運用在生醫方面的相關應用。
奈米科技的衝擊	活動一：驚異大奇航	藉由觀看「驚異大奇航」的影片，讓學生可以討論裡面關於奈米應用在哪些物品，並分別寫出產品的功能。在小組討論裡，讓學生討論奈米如何影響我們的生活、健康、以及生態。
	活動二：奈米！什麼！	老師提供與奈米相關的文章、報導，讓同學全班分為兩大組，進行奈米應用在生活的好處以及帶來的衝擊，藉由正反雙方面的辯證，讓學生可由奈米帶來生活的便利性，以及對環境、社會帶來的衝擊進行討論。

	活動三：規則的世界	介紹關於奈米在法規、教育、倫理的因應措施。由於奈米科技是新興的領域，歐美日各先進國家已經投入大量的資金與人材進行相關的研究、發展，我國也在科技部的指導下，在教育領域提出奈米 k-12 的計畫。本小節是藉由討論，讓學生了解奈米標章，了解相關的法規、教育、倫理方面的議題。
--	-----------	--



## 六、教學資源

### 6.1 教師專業發展

參考書目	作者	出版社
奈米科技交響曲-物理篇	李世光、吳政忠主編	黃金博物園區
奈米科技交響曲-化學篇	何鎮揚、陳雅玲、廖家榮主編	黃金博物園區
奈米科技交響曲-生物篇	廖達珊 主編	黃金博物園區
奈米超人	阿雅	台灣大學

參考影片	影片出版商	對應教學內容
大自然的科技靈感 I~III	BBC 拍攝，於公視播映	3.1 光學特性(彩蝶效應) 3.5 表面特性(蓮葉效應)
科幻赤壁—決戰奈米	國立中興大學	
大自然中神奇的奈米現象	北區奈米科技K-12教育發展中心	
改變世界的奈米小碳球	北區奈米科技K-12教育發展中心	