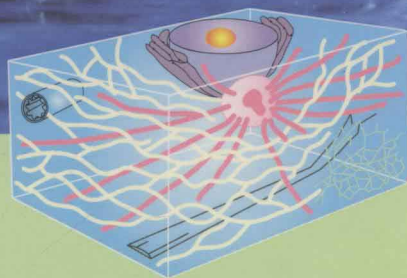


奈米科技交響曲

生物篇



潘彥宏 孫蘭芳 合著



奈米科技
K-12
教育發展系列叢書

奈米科技交響曲

— 生物篇

廖達珊、胡苓芝、潘彥宏、孫蘭芳合著

臺大出版中心 出版

國家圖書館出版品預行編目資料

奈米科技 K-12 教育發展系列叢書

奈米科技交響曲—生物篇/ 廖達珊、胡苓芝、
潘彥宏、孫蘭芳合著. --初版.-- 台北市：臺大
出版中心, 2004[民 93]

192 面；21*15 公分

ISBN 957-01-6882-X (平裝)

440.7

93004272

統一編號 1009300731

奈米科技 K-12 教育發展系列叢書

奈米科技交響曲—生物篇

作 者	廖達珊、胡苓芝、潘彥宏、孫蘭芳
主 編	李世光、吳政忠
總 執 編	柯慶明
執行編輯	藍素華、施智綱、林宜靜、黃圓婷、何淑真
圖文編輯	黃喬妤、陳黎玲、謝育倫、劉琬琳、吳淑慧、吳文慧、曹琬琳、許孟霖、陳思辰、方國華
出 版 者	國立臺灣大學出版中心
發 行 人	陳維昭
發 行 所	國立臺灣大學出版中心 台北市 10617 羅斯福路四段一號 電話：(02)2363-0231 轉 3914 傳真：(02)2363-6905 E-mail: ntuprs@ntu.edu.tw

2004 年 3 月初版

ISBN 957-01-6882-X

定價：新台幣 180 元

總 編 審

物理	鄭天佐	中央研究院院士（物理研究所）
化學	彭旭明	中央研究院院士（化學研究所）
生物	鄭天佑	國立臺灣大學物理系教授

編審委員

物理	張所鉉	國立臺灣大學機械系教授
	張慶瑞	國立臺灣大學物理系教授
化學	陳錦地	中央研究院化學研究所研究員
	陳竹亭	國立臺灣大學化學系教授
生物	張家靖	東華大學物理系助理教授
	林榮信	國立臺灣大學藥學系助理教授

奈米國家型科技人才培育計劃出版委員會

總召集人

楊泮池 教育部顧問室主任/台大醫院附設醫院內科部主任

執行祕書

李世光 教育部顧問室顧問/國立臺灣大學應力所、工程科學暨海洋工程所教授

徐佳銘 教育部顧問室諮議委員/建國技術學院機電光系統研究所教授

孟繼洛 教育部顧問室諮議委員/國立臺北科技大學技術及職業教育研究所教授/亞東技術學院校長

李羅權 教育部顧問室顧問/財團法人國家太空計畫室主任

林振東 教育部顧問室顧問/東海大學教務長

陳金蓮 教育部顧問室顧問/國立臺灣科技大學電子系教授

馬振基 教育部顧問室顧問/國立清華大學化工系教授

吳亞君	教育部顧問室研究員
吳茂昆	奈米國家型計畫辦公室計畫召集人/中研院物理所所長
楊日昌	奈米國家型計畫辦公室計畫召集人/工研院副院長
劉仲明	工研院材料所所長
鄭天佐	中研院物理所院士
張學斌	經濟部技術處顧問
林治華	經濟部技術處顧問
俞貴馨	經濟部技術處顧問
柯正峯	科教館館長
顏鴻森	工博館館長
李家維	科博館館長
吳政忠	K-12奈米人才培育計畫主持人/國立臺灣大學應力所教授
張所鉉	北區奈米人才培育中心計畫主持人/國立臺灣大學機械系教授
柯慶明	奈米人才培育出版計畫主持人/國立臺灣大學出版中心主任/國立臺灣大學中文系教授
吳文中	電子知識交換平台計畫主持人/國立臺灣大學工科所助理教授
吳武雄	K-12人才培育計畫標竿學校校長/建國中學校長
陳富貴	K-12人才培育計畫標竿學校校長/北一女中校長
戴禮明	K-12人才培育計畫標竿學校校長/新竹實驗中學校長
蕭智烈	K-12人才培育計畫標竿學校校長/敦化國中校長
何碧燕	K-12人才培育計畫標竿學校校長/仁愛國中校長
蔡秀媛	K-12人才培育計畫標竿學校校長/敦化國小校長
溫明正	K-12人才培育計畫標竿學校校長/東門國小校長

推薦序

鄭天佐

中央研究院物理研究所奈米科學實驗室

1959年美國著名物理學家費曼提出以人為方法，重新安排原子成為具有新物理性質的奈米尺寸結構以供我們製作超微小新器件的概念。

隨著尖端科學儀器的發展，製造、操縱和檢測奈米結構，甚至於單原子和分子，用來組合成為奈米元件已經不再是科幻。近幾年來奈米科學和技術進步神速，觸及領域也非常廣泛，諸如化學及材料、電子及通訊、和生物及醫學產業都將受益於奈米科技的研究。

有鑑於奈米科技將廣泛影響新世紀科技發展和人類生活，教育部積極推動奈米科技教育。非常難得的是在教育部顧問室奈米科技人才培育K-12計畫主持人和參與老師的熱忱和努力下，在短短的一年多已經完成奈米科技高中科普書籍。

書籍內容新穎豐富且深入淺出，不管是老師或學生只要花點時間讀它都將獲益不淺。奈米科技日新月異，在此我還是要鼓勵大家養成自我學習、終生學習和獨立思考的好習慣，這些書籍的確是非常好的參考書，可幫助大家踏進奈米科技的大門，但是奈米科技的將來發展恐怕還是得靠國家將來主人翁的努力。

鄭天佐

李序

李世光

教育部顧問室科技顧問

教育部顧問室推動奈米國家型科技人才培育分項計畫以來，持續以教育部黃榮村部長之「終身學習」施政方針為目標，其主軸秉持顧問室楊泮池主任之科技教育規劃理念，希望培育跨領域訓練之奈米人才，進而充分運用奈米科技所帶來之各種可能性。事實上，顧問室此次於推動科技教育與人才培育計劃時，規劃與推動相當綿密之組織體系，其基本原因乃是由於奈米科技之廣泛性與通用性。

奈米科技，即指應用介於1nm至100 nm間物質的特性所衍生的創新科技。美國IBM公司首席科學家John Armstrong曾表示：「正像七〇年代微電子技術對二十世紀產生的資訊革命一樣，奈米科學技術將成為下一世紀IT (Information Technology) 時代之核心」。自美國科林頓總統於卸任前簽署奈米科技為美國國家型計劃後，奈米科技早已成為全球各國科技團隊所戮力以共之研究領域。

在我國基礎與優勢產業盡皆進入成熟期之際，我國產業之基本模式也已逐漸由過去之「快老二(Second but better!)」典範轉變為「領導創新」，此一趨勢使得我國之國家級研究單位將研究主力轉移到學界與業界的合作研究，期能藉由雙方的密切結合來加速技術移轉及產業發展躍升，使我國之微笑曲線隨之上移。基於此種推動

典範，我們可以清楚瞭解奈米科技將是未來產業發展的重要基石。

由於人才為產業及科技發展之根本，因此如何在我國各級教育的課程中融入奈米知識的必要性乃成為當務之急。不論由科技領域、製造方法、產業推動來看，我們都可以得知奈米科技之推動均需以人才為本；這同時亦闡明奈米科技之人才培育將必須兼顧科普與菁英教育，易言之，一國的科技水準實可類比於金字塔，當其科技、科普基礎越寬廣，則其頂尖就越高，奈米人才培育為跨領域之整合與訓練，我國希望能於此一領域培育出兩類人才：一類乃是要可領導奈米科技研發、或從事奈米科技之研究工作，另外一類人才則是可認知這個產業的基本潛能同時把它商業化之人。因此此處所言的跨領域整合，絕不只是理工學院，而是需要同時包含醫學院、商學院、法學院、管理學院等等更寬廣之領域知識。

隨著此書出版，期能使國人對科技基礎知識的認知能愈見寬廣，更期許我國能在未來擁有相較他國量多且質優之奈米相關科技開發與應用人才，如此不但我國產業之全球競爭力將可提高，我國科技與產業之優勢地位也有可能更行鞏固甚至擴充。

李世光

吳序

吳政忠

臺灣大學應用力學研究所教授
奈米科技人才培育計畫推動辦公室主持人

九十一年八月，由行政院國家科學委員會所主導的奈米國家型科技計畫開始啟動，教育部顧問室李世光顧問負責「奈米科技人才培育」分項計畫之推動，希望能迅速提供我國發展奈米國家科技計畫所需之各種跨領域人才，並往下紮根至中、小學，培育下世代奈米尖兵。

此計畫在中、小學部分藉由編撰一系列奈米相關教材及舉辦教師研習營，透過國小、國中和高中教師將奈米相關知識轉化成淺顯易懂的知識以激發學生的學習興趣，進而將奈米科技人才培育向下延伸至K-12教育階段。目前參與計畫的台北市六所召集學校：臺北市立建國高級中學、臺北市立第一女子高級中學、臺北市立敦化國民中學、臺北市立仁愛國民中學、臺北市立東門國民小學、臺北市立敦化國民小學，近30位的高中、國中、國小種籽教師，經過一年多來奈米科技的培訓與自我學習，也已扮演奈米教學的先鋒部隊，到其他學校傳授他們的經驗，協助訓練更多的K-12種籽教師。

半年前，建國中學與北一女種子教師們開始將各自的收集的教材進行有系統的整理，期望能將尖端的奈米科技轉化為國高中老師及高中學生可接受的教材。教材

編撰過程中，每位參與計畫的老師皆依憑著對教育的熱情，除了自己上網尋找資料，發揮教學創意外，更挪出許多時間來產出如此豐碩的成果：“奈米科技交響曲—物理、化學、生物”。此套書，由建國中學、北一女中參與本計畫的教師執筆，範圍涵括三大領域，並深入淺出地介紹奈米尺寸、奈米材料、奈米催化劑、光子晶體、顯微技術對奈米科技的影響、奈米生物科技簡介及其應用……等科技新知，更利用實際操作以及與學校師生的互動而發展出簡易的奈米科技實驗，兼具趣味與奈米科技的相關新知識。

透過此套書付梓出版，期能引領一般社會大眾及學生一探奈米科技奧秘之究竟，更希望進一步能夠拋磚引玉，對於日後吸收相關新興領域之科學知識，可以更快獲得知識的傳遞，並激盪出更多的創意與構想。感謝各位參與計畫成員戮力執行與付出外，對於教育部顧問室、工業技術研究院、中央研究院各部會首長及承辦人員之支持與幫忙，與台灣大學出版中心承接後續出版等事宜，皆使此書得以順利產出，呈現在大眾眼前。藉由此書之出版，期盼能激發更多人投入耕耘，獲得更多的想像與啟發。是為序。

吳政忠

前言

以長期的眼光來看，K-12之學生將會是未來十至二十年台灣於各國奈米領域發展的競爭主力，基於這樣的理念，相信向下紮根為人才培育工作首要之任務。「奈米科技(K-12)人才培育計畫」為去年推動執行之先導型計畫(pilot program)，計畫起跑之初，邀集了七所召集學校：臺北市建中、北一女、敦化國中、仁愛國中、敦化國小、東門國小及新竹實驗中學（國小、國中、高中部）共近四十名規劃委員，經過多次規劃會議及自我之修習，冀將奈米知識轉化為深入淺出之科普常識。開發出首批可以引起高、國中、國小學生興趣並適合吸收的奈米教案及教材，「奈米科技交響曲—物理、化學、生物」套書的產出，正是奈米科技人才培育計畫成果的展示，也是多位高中種籽教師一年來的心血結晶，希望能以深入淺出的方式吸引國高中生的興趣，並提供中學教師了解奈米科技之參考。

本書之能順利付梓出版，實蒙教育部科技顧問室楊泮池主任、林振東顧問、陳金蓮顧問、吳亞君博士、國家型計劃主持人中央研究院物理所吳茂昆所長、中央研究院物理所鄭天佐院士及工業技術研究院楊日昌副院長之指導與支持；台灣大學出版中心柯慶明主任、藍素華組長以及出版中心所有成員不辭辛勞的校對與協助處理相關智慧財產權及書籍發行等事宜；北區奈米科技前瞻性人才培育中心張所鉉主任、施智綱博士負責本書編

審；奈米科技K-12計畫共同主持人臺灣大學工程科學暨海洋工程學系林輝政教授、教授顧問團臺灣大學應用力學研究所劉佩玲所長、臺灣大學教育學程中心沈弘俊主任、徐式寬博士、臺灣大學工程科學暨海洋工程學系宋家驥教授；奈米科技人才培育計畫推動辦公室黃圓婷小姐、林宜靜小姐、何淑真小姐對計畫戮力執行費心盡力，併此謝忱與敬意。

未來科技將不斷進步與更新，透過科普書籍的出版，期能為K-12學生與社會大眾帶來最新知識，此書內容若有遺漏或不盡周延之處，敬所諸先進賜予匡正與指導。

李世光、吳政忠謹識
於臺灣大學應用力學研究所
民國九十三年三月十六日

奈米科技交響曲

——生物篇

目次

第一章 奈米生物科技簡介1

建國中學 生物科 廖達珊 教師

第二章 奈米科技在生物醫學上的應用47

北一女中 生物科 胡苓芝 教師

第三章 奈米馬達.....83

北一女中 生物科 潘彥宏 教師

第四章 生物晶片與奈米科技123

建國中學 生物科 孫蘭芳 教師

圖表目錄

圖 1-1	由小到大的尺度比較	2
圖 1-2	大英百科全書與大頭針	3
圖 1-3	奈米科技概念的先驅－理察・費曼(Richard P. Feynman)	3
圖 1-4	利用掃描穿隧顯微鏡排列出的IBM字樣	5
圖 1-5	中研院物理所利用金原子團排列出的金色寶島輪廓	6
圖 1-6	去氧核糖核酸DNA分子的構造，由兩股核苷酸鏈以反向平行的螺旋梯形構成	9
圖 1-7	由DNA到蛋白質之路	11
圖 1-8	胺基酸聚合分子的多肽鏈為蛋白質的初級構造	12
圖 1-9	磷脂分子模式構造和磷脂質分子在水溶液中自行組合形成的兩種結構	13
圖 1-9(a)	為雙層分子形成的膜	13
圖 1-9(b)	為單層分子圍成一個球狀囊	13
圖 1-10	動物細胞的模式構造	14
圖 1-11	植物細胞的模式構造	15
圖 1-12	核糖體模型	16
圖 1-12(a)	大次單元和小次單元組合成核糖體的模型	16
圖 1-12(b)	核糖體製造蛋白質的簡單模式，大次單元上有攜帶胺基酸的tRNA的結合位置，小次單元上則有mRNA的結合位置	16
圖 1-13	兩種形式內質網的模式構造	16
圖 1-14	細胞中的三種細胞骨架	
圖 1-14(a)	最粗的微管	17

- 圖 1-14(b) 為粗細介於兩者之間中間絲
- 圖 1-14(c) 最細的微絲
- 圖 1-15 細胞膜的組成模式構造 18
- 圖 1-16 粒線體的模式構造 19
- 圖 1-17 葉綠體的模式構造 20
- 圖 1-18 腺病毒及流感病毒結構 21
- 圖 1-18(a) 腺病毒的典型構造，具有 DNA 的核心及包裹在外的蛋白質外殼 21
- 圖 1-18(b) 流感病毒的典型構造，具有 RNA 的核心，在蛋白質外殼之外尚有膜套 21
- 圖 1-19 台大校園蓮花 22
- 圖 1-20 藍色為水滴，綠色表示水滴接觸的表面，角 α 即是接觸角 24
- 圖 1-21 ATP 合成酶的構造模式 27
- 圖 1-22 由兩條 α 鏈及兩條 β 鏈等四個次單元組成的血紅素，每個次單元的中心為具有一個鐵原子的血質 (heme)，可與一個氧氣分子結合 28
- 圖 1-23 抗體的構造模型 28
- 圖 1-24 一片基因晶片的大小 31
- 圖 1-25 分子馬達 34
- 圖 1-25(a) 分子馬達的基本構造：在 ATP 合成酶上連接一根鎳棒 34
- 圖 1-25(b) 將 ATP 合成酶安裝於鍍鎳的基座上 34
- 圖 1-26 載有雷射光束的奈米探針穿過活細胞，以檢測其是否有曾暴露於致癌物質，圖中的藍色雷射光束的奈米探針 36
- 圖 1-27 2001 年 2 月 26 日在中國北京科技成果展上一隻長「人耳」的裸鼠正與公眾見面 39
- 圖 2-1 在奈米尺寸下金屬顆粒的種類、直徑和形狀會影響其光學性質 49
- 圖 2-2 奈米金粒在 DNA 檢測上的應用 51

- 圖 2-2(a) 顏色變化 51
- 圖 2-2(b) 導電度變化，DNA 晶片藉著金顆粒連接兩根電源來偵測病原體的 DNA。金顆粒的連接會形成通路，因而引發警報 51
- 圖 2-3 不同大小的量子點在紫外光下可發出不同顏色 52
- 圖 2-4 使用量子點可將細胞內多種胞器同時進行多種色彩標識 53
- 圖 2-5 不同量子點可發出不同顏色。由左至右依次：管 1 為膠體金；管 2-3 為製作過程中的奈米殼層；管 4-7 為核心相同外殼厚度不同的奈米殼層。 54
- 圖 2-6 感磁細菌 55
- 圖 2-6(a) 一種感磁螺旋菌 55
- 圖 2-6(b) 數種不同感磁細菌體內的奈米磁性晶體型態 55
- 圖 2-7 高分子樹狀聚合物的數種用途 57
- 圖 2-8 一種由 C60 衍生可抑制 HIV 蛋白酶的藥物 60
- 圖 2-8(a) 藥物的構造圖 60
- 圖 2-8(b) 電腦模擬和 HIV 蛋白酶結合的狀況 60
- 圖 2-9 在移植物表面作奈米尺度的修正，將可增進其組織相容性 61
- 圖 2-10 人工胰島膠囊的原理 63
- 圖 2-11 人工肝臟 64
- 圖 2-12 神經晶片；生長在 SiO₂ 玻片上的大白鼠神經元 66
- 圖 2-13 金黃色葡萄球菌的 α hemolysin 68
- 圖 2-13(a) 側面觀 68
- 圖 2-13(b) 頂面觀 68
- 圖 2-14 奈米孔道有助於核酸的快速定序 69
- 圖 2-15 數種用於基因治療的基因載體 70
- 圖 2-16 以單股 DNA 解決 Traveling Salesman Problem 76
- 圖 2-17 DNA 電腦 78
- 圖 3-1 人體肌肉圖 85

- 圖 3-2 肌小節 86
- 圖 3-3 三磷酸腺苷(ATP) 87
- 圖 3-4 ATP 循環 88
- 圖 3-5 肌凝蛋白與粗肌絲 89
- 圖 3-5(a) 肌凝蛋白，頭部為造成肌肉收縮的奈米馬達 89
- 圖 3-5(b) 粗肌絲，約由 300 至 400 個肌凝蛋白所構成，位於肌小節中的暗帶 89
- 圖 3-6 運動終板、細肌絲的超微結構與肌肉收縮時鈣離子扮演的角色 91
- 圖 3-6(a) 細肌絲主要由肌動蛋白所構成，其上有原肌球蛋白與肌鈣蛋白。當鈣離子出現並與肌鈣蛋白結合，會造成原肌球蛋白移位，並露出肌凝蛋白結合位 91
- 圖 3-6(b) 肌鈣蛋白的細部構造，顯示與鈣離子結合前、後的位置差異 91
- 圖 3-6(c) 運動終板，圖示神經纖維以及肌細胞內的T管、肌漿網、肌原纖維等相對位置 91
- 圖 3-7 肌肉收縮的滑動學說 93
- 圖 3-7(a) 肌肉舒張時 93
- 圖 3-7(b) 肌肉收縮時，因為粗、細肌絲的相互滑動，使得明帶縮短、Z線靠近，但粗、細肌絲的長度其實仍維持不變 93
- 圖 3-8 動力蛋白 96
- 圖 3-8(a) 動力蛋白由兩條雙鏈以及兩條輕鏈所構成 96
- 圖 3-8(b) 動力蛋白可帶著囊泡，由微管的負端往正端運送 96
- 圖 3-9 動力蛋白與運動蛋白 97
- 圖 3-10 真核細胞纖毛的橫切面，顯示9+2的排列，也可看出每個外圍的雙聯微管，都藉由運動蛋白臂搭上前一個雙聯微管 99
- 圖 3-11 革蘭氏陰性菌的鞭毛圖 100