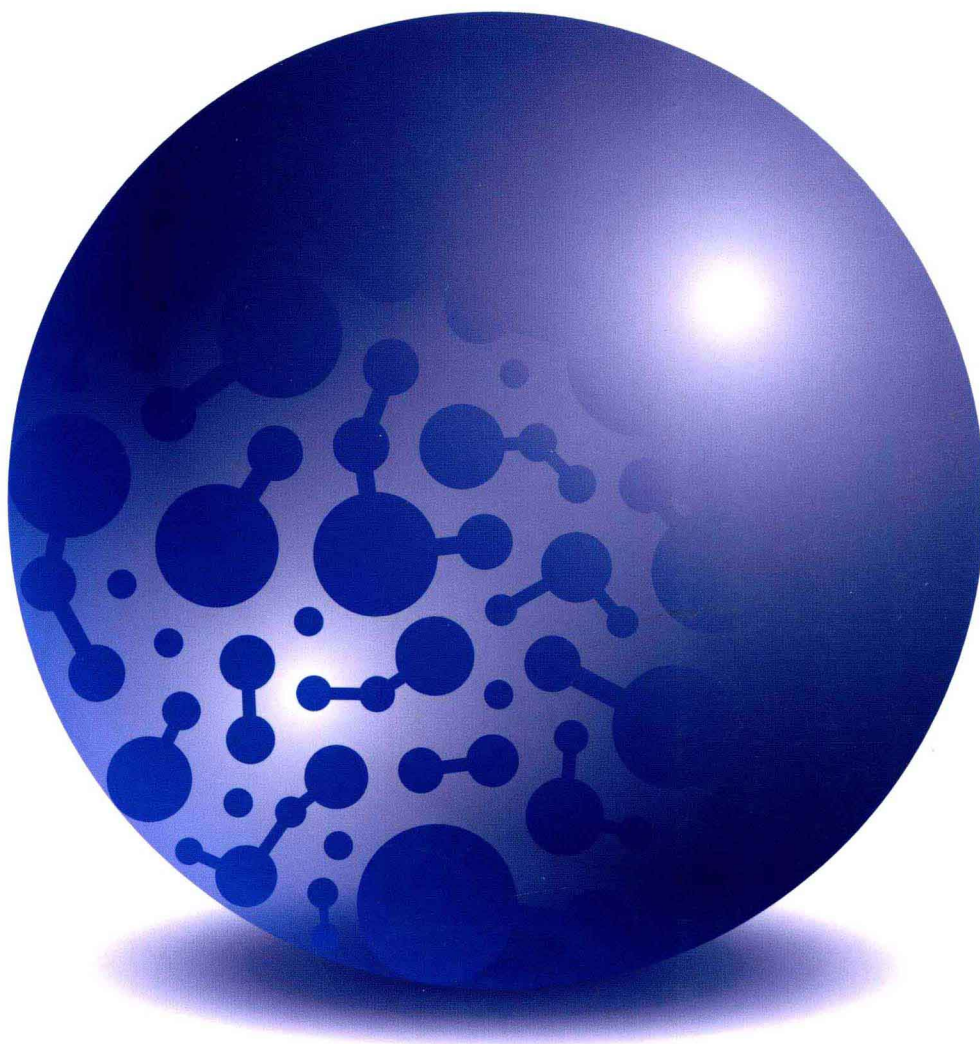


奈米科技

課程設計與概念理解教學手冊

A teaching handbook for Nano-technology curriculum design
and concept comprehension



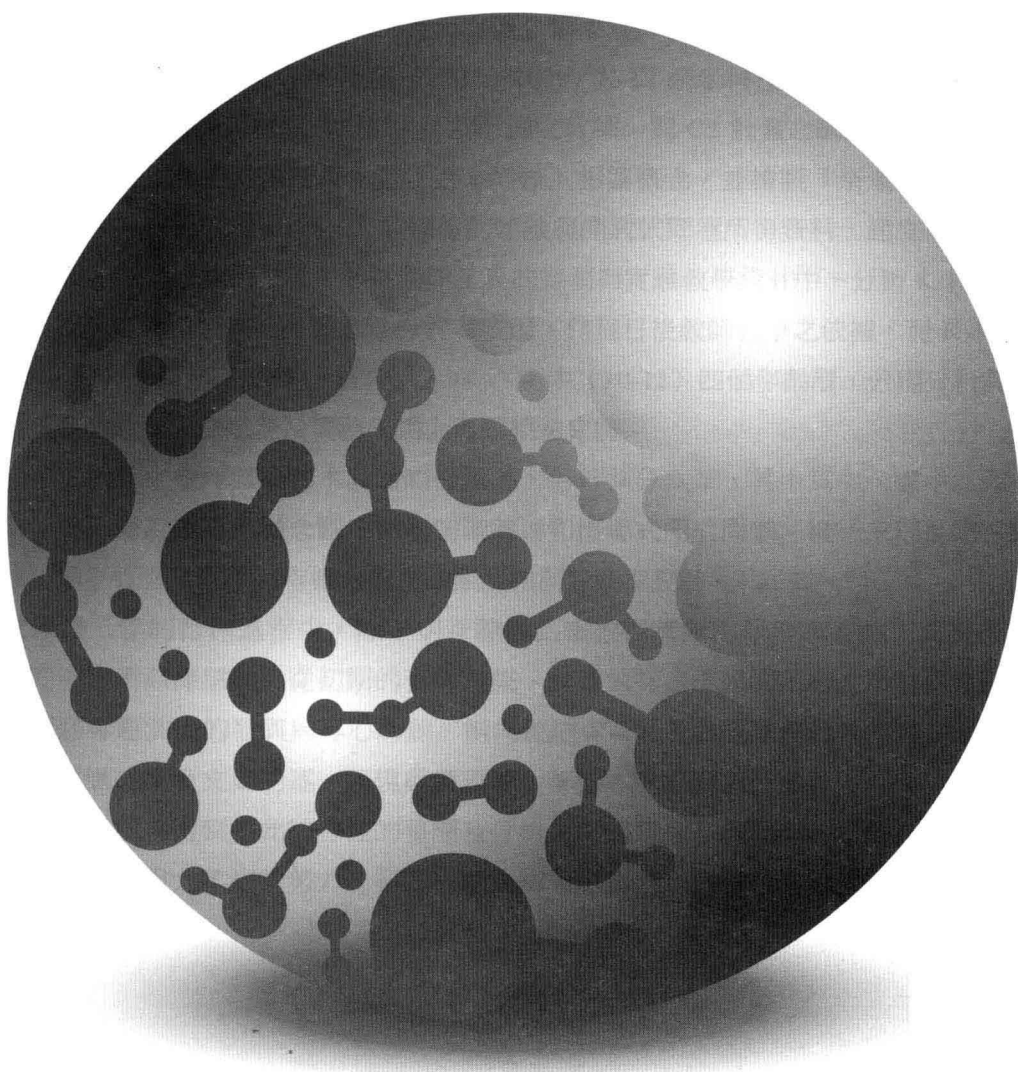
盧秀琴 / 宋家驥 / 張慧珍 / 陳月雲 / 陳桂貞
共同編著

指導單位
行政院國家科學委員會
北區奈米科技 K-12 教育發展中心

奈米科技

課程設計與概念理解教學手冊

A teaching handbook for Nano-technology curriculum design
and concept comprehension



盧秀琴 / 宋家驥 / 張慧珍 / 陳月雲 / 陳桂貞
共同編著

指導單位
行政院國家科學委員會
北區奈米科技 K-12 教育發展中心

國家圖書館出版品預行編目資料

「奈米科技」課程設計與概念理解教學手冊／
盧秀琴等著．——初版．

——臺北市：五南，2012.06

面；公分

ISBN 978-957-11-6695-7 (平裝)

1. 奈米技術 2. 課程規劃設計 3. 教學設計

4. 中小學教育

523.36

101009185



5A82

「奈米科技」課程設計與概念理解 教學手冊

作 著 — 盧秀琴 宋家驥 張慧珍 陳月雲 陳桂貞

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 王翠華

主 編 — 王正華

責任編輯 — 楊景涵

封面設計 — 郭佳慈

出版者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市中區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2012年6月初版一刷

定 價 新臺幣280元



宋序

「北區奈米科技 K-12 教育發展中心」自 2003 年教育部於「奈米國家型計畫」之「人才培育分項計畫」下成立後至今，已邁入第十年。2009 年此分項計畫由教育部轉移至國科會承接並繼續推動後，「奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育」之整合型計畫便由臺灣大學負責執行。此整合型計畫以原有「北區奈米科技 K-12 教育發展中心」之聯盟學校及種子教師成員為基礎，加入多位科學教育之專家學者及顧問群，涵蓋 A、B、C 三類型計畫的總共九項子計畫，希望能更積極的促進奈米科技教育普及，並培育更多的奈米科技人才。盧秀琴教授的 A2 計畫「K-12 學生奈米科技概念理解以及相關影響因素之研究」便是在此階段加入這個團隊，橫向結合 B 及 C 類計畫之 K-12 各年級層，進行學生之奈米科技概念及另有概念類型分析，並探究其形成原因。

盧教授的 A2 計畫執行上是以第一期（2003～2008）K-12 奈米科技課程研發成果為基礎，配合 A1 計劃編擬的奈米科技課程能力指標，B 群計畫之教師，與 C2 計畫之網路平台，測試 C1 計畫聯盟學校的學生，以獲得各階層學生之「奈米科技」相關概念，並繪製「奈米科技」專家概念圖與命題知識陳述。在經由 B 群與 C1 群學生的晤談與開放式問卷所得資料，建立具備信效度之 K-12「奈米科技」二階層診斷工具，並從診斷工具的普測與實驗教學設計中，分析 K-12 學生所理解的「奈米科技」正確概念與另有概念並探討其成因，作為日後教師教學之依據。而 K-12 學生又分為幼稚園（K-2）、國小（3-6）、國中（7-9）、高中（10-12）四個年齡層，分別分析其奈米科技素養及另有概念類型，在學理及實務架構上可謂相當完整。

本書除了於總論中做總計畫和本計畫的介紹外，另外共分八章，其中高中、國中、國小、幼稚園各兩章。前一章說明專家概念圖、命題知識陳述和情境式開放問卷。後一章則是描述奈米科技課程設計、學生概念發展、另有概念產生的類型和創意課程設計。

在與盧教授三年的合作過程中，除了切身瞭解到盧教授深厚的學理素養外，更是被其認真用心的做學問態度所深深感動。從初期的資料蒐集、計畫執行三年來的所有大小討論會議的規劃與參與、各相關專題演講的參與與專心聆聽、橫向連結 K-12 各聯盟學校的教師們、以至計畫進度的循序安排直到成果及文章的逐一展現與發表等，都讓本人感到萬分敬佩。如今看到本書完成付梓，三年的成果能夠得到如此綜合性的整理及分析，真的是一步一腳印，點滴在心頭。期待本書的出版可以為本團隊九年來的努力，留下一個註腳，也為奈米科學教育提供一個值得參考的範例。

宋家驥

台大工程科學及海洋工程系教授兼系主任

北區奈米科技 K-12 教育發展中心主任

奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育總計畫主持人

盧序

本書內容是根據 A2 子計畫（K-12 學生奈米科技概念理解以及相關影響因素之研究，主持人：盧秀琴）三年的成果報告編製而成；A2 子計畫屬於國家型奈米科技教育整合型計畫之一個子計畫，以 A1 子計畫（課程能力指標）為依據，結合 B 群子計畫（課程研發）與 C 群子計畫（聯盟學校與網路平台）的人力，去探測臺灣北區 K-12 學生所理解的「奈米科技」正確概念與另有概念類型。

第一年在建立高中（10-12）、國中（7-9）、國小三年級到六年級（3-6）、幼稚園到國小二年級（K-2）等四個階段的「奈米科技」專家概念圖、命題知識陳述、晤談工具與情境式測驗；本研究邀請奈米科技專家、科學教育專家和各階段奈米科技教學的教師，組成研究團隊，使用焦點團體法共同發展之，並外聘專家群完成四個階段的內容效度檢覈。

第二年則委任台灣北區的所有聯盟學校進行「奈米科技」K-12 四個階段的教學，研究群觀摩各個階段的「奈米科技」課程如何研發，討論「奈米科技」如何教學，和本研究發展的情境式問卷、晤談工具有何關聯性。然後使用第一年發展的情境式測驗與晤談工具來施測，探討 K-12 四個階段的學生獲得那些「奈米科技」的科學概念，產生哪些「奈米科技」的另有概念。

第三年分析 K-12 四個階段的「奈米科技」另有概念類型，主要包含「認知錯誤」、「認知不完整」、「猜測模式」等類型。利用這些另有概念類型當作選擇題的選項去編製 K-12 四個階段的「奈米科技」概念診斷式測驗，然後在臺灣北區的聯盟學校進行普測，利用統計軟體進行描述性統計和難易度、鑑別度分析，準備建立 K-12 四個階段的「奈米科技素養」診斷工具與因素分析。

本書主要的特色是循序漸進的建立高中（10-12）、國中（7-9）、國小三年級到六年級（3-6）、幼稚園到國小二年級（K-2）等四個階段的「奈米科技」專家概念圖、命題知識陳述、晤談工具、情境式測驗和概念診斷式測驗等研究工具，提供給教學者使用。其次，本書放置了聯盟學校非常有特色的「奈米科技」之創意教學設計，高中為蓮葉效應的科學原理探討，國中為物質奈米化後對反應速率的影響、奈米二氧化矽處理布與毛筆書寫的九宮格紙，國小三年級到六年級為表面積效應教學，幼稚園到國小二年級為「奈米科技故事型動畫教學」，包含：1.量量是啥米、2.塗塗放大鏡、3.爬爬超人功、4.壯壯黑六礦、5.亮亮花仙子、6.小小領航員、7.滾滾溜冰隊、8.清清妙博士。

盧秀琴

國立台北教育大學自然科學教育系所教授

奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育 A2 子計畫主持人

目錄

宋序

盧序

總論	「奈米科技」課程設計與概念理解教學手冊	
總論		1
第一節	本計畫發展緣起	2
第二節	本計畫的內容與重要性	4
1	高中奈米科技課程的科學概念	9
第一節	高中奈米科技課程概念發展緣起	11
第二節	高中奈米科技概念發展文獻探討	12
第三節	概念發展的研究方法與流程	14
第四節	高中奈米科技課程的科學概念	15
第五節	結論與建議	26
2	北台灣地區高中「奈米科技」教學與學生的概念學習分析	31
第一節	高中奈米科技課程的教學和學生概念發展緣起	33
第二節	高中奈米科技課程發展和另有概念的文獻探討	34
第三節	概念發展的研究方法與流程	36
第四節	高中奈米科技課程的教學與學生奈米科技概念的發展	39
第五節	高中奈米科技情境式診斷測驗的編製	47
第六節	結論與建議	61

附 錄 高中奈米科技創意課程設計示例說明	65
3 國中奈米科技課程的概念建構與概念測驗	67
第一節 國中奈米科技課程概念發展緣起	69
第二節 國中奈米科技概念議題文獻探討	70
第三節 概念發展的研究方法與流程	72
第四節 國中奈米科技課程的科學概念	74
4 國中「奈米科技」課程的概念發展與創意課程分享	89
第一節 研究背景與動機	90
第二節 課程發展和另有概念的文獻探討	91
第三節 國中奈米科技課程情境式問卷	93
第二節 國中奈米科技課程的另有概念類型	96
第三節 國中奈米科技創意課程	99
5 國小奈米科技開放式情境問卷編製	105
第一節 國小奈米科技測驗編製源起與目的	107
第二節 國小奈米科技概念發展文獻探討	108
第三節 國小奈米科技開放式情境問卷編製	109
第四節 國小奈米科技課程概念分析	110
第五節 結果與討論	118
附 錄 設計國小奈米科技課程示例說明	119
6 北台灣地區國小「奈米科技」教學與學生的概念學習分析	121
第一節 探討國小奈米課程與學生學習概念之研究緣起與目的	123
第二節 國小奈米科技課程發展與學生概念診斷文獻探討	124
第三節 概念發展的研究方法與流程	125
第四節 國小奈米科技課程的教學與學生奈米科技概念的發展	129
第五節 結論與建議	136

7 K-2（幼稚園—國小二年級）奈米科技課程的科學概念	141
第一節 K-2 奈米科技課程科學概念發展緣起	143
第二節 K-2 奈米科技概念發展文獻探討	144
第三節 K-2 奈米科技概念發展的研究方法與流程	146
第四節 K-2 奈米科技課程的科學概念	147
8 北台灣地區 K-2「奈米科技」教學與學生的概念學習分析	157
第一節 K-2 奈米科技課程的教學與學生概念發展緣起	158
第二節 K-2 奈米科技課程發展和另有概念的文獻探討	159
第三節 研究方法與流程	161
第四節 K-2 學生奈米科技課程的進行	163
第五節 K-2 學生奈米科技概念的發展	165
第六節 K-2 奈米科技創意課程設計	172
第七節 各種研究工具	174

總論

「奈米科技」課程設計與概念理解教學手冊總論

盧秀琴

國立臺北教育大學自然科學教育系所教授

luchowch@tea.ntue.edu.tw

第一節 本計畫發展緣起

一、我國奈米科技計畫的緣起與發展

二十一世紀為高科技主導人類需求的時代，人類對能源及資源的消耗將加劇成長，而由於奈米級儲能材料的高活性、大表面積、自我組裝、超晶格特性及特殊光電效應等功能，先進國家皆積極投入能源奈米材料的開發，希望能透過奈米的特性，帶來新的突破，為新世代儲能產品開創新契機，以提升能源的使用效率、減少資源與能源的消耗、加速低污染、高效能電池的開發腳步，達到有效應用地球有限資源的願景（吳茂昆，2002）。因此，「奈米科技」是二十一世紀的新產業革命動力，在全球知識經濟發展的脈絡中，奈米科技的推動對各國產業及競爭力影響既深且廣（工研院，2005）。

為積極掌握奈米科技蓬勃發展的趨勢，開創台灣整體產業的新契機，2002年我國國科會通過六年期（2003-2008）奈米國家型科技計畫（即第一期計畫），成立奈米國家型科技計畫辦公室，冀盼藉由計畫辦公室整合產學研究力量，建立我國發展學術卓越和相關應用產業所需要之奈米平台技術，並以建立完善之奈米科技人才培育機制為首要目標（奈米科技人才培育網，2012）。為延續第一期研究成果，開創台灣以奈米技術智慧財產創造為核心之高附加價值知識型產業，2008年通過第二期奈米國家型科技計畫總體規劃報告（2009-2014），強化資源集中在台灣生根發展之產業應用領域，以達成「奈米科技產業化」為目標（奈米國家型科技計畫，2012）。

二、總計畫「奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育計畫」

台灣北區奈米科技 K-12 教育發展中心負責推動臺灣北區的「奈米科技 K-12 人才培育計畫」，總計畫主持人為宋家驥教授。自 2003 年起推動「奈米國家型科技計畫」，期透過 K-12 種子教師的培訓，與各層級學校奈米教育的推廣，帶領教師們認識奈米科技，以達成奈米科技科人才培育及知識推廣普及的目標（北區奈米科技 K-12 人才培育中心介紹，2008）。此外，並與國立科學教育館合作，進行區域至全國性的奈米科技教育推廣工作，成功地將「奈米科技」新興領域的知識與基本應用，擴展至北區所屬縣市之外、離島及偏遠地區，以拉近城鄉差距，達成推廣奈米科普教育之目的（北區奈米科技 K-12 人才培育中心介紹，2008；李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷，2003）。

2009年起投入的第二期台灣「奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育」整合型計畫，以原有「北區奈米科技 K-12 教育發展中心」之聯盟學校及種子教師成員為基礎，加入多位科學教育之專家學者及顧問群，提出以「更精緻、更嚴謹、傳統與創新兼具」為主軸的整合型計畫，其計畫涵蓋 A、B、C 三群子計畫，更積極促進奈米科技教育的普及，目的在培育更多的奈米科技人才（北區

奈米科技 K-12 人才培育計畫，2009），其計畫架構如圖 1 所示。

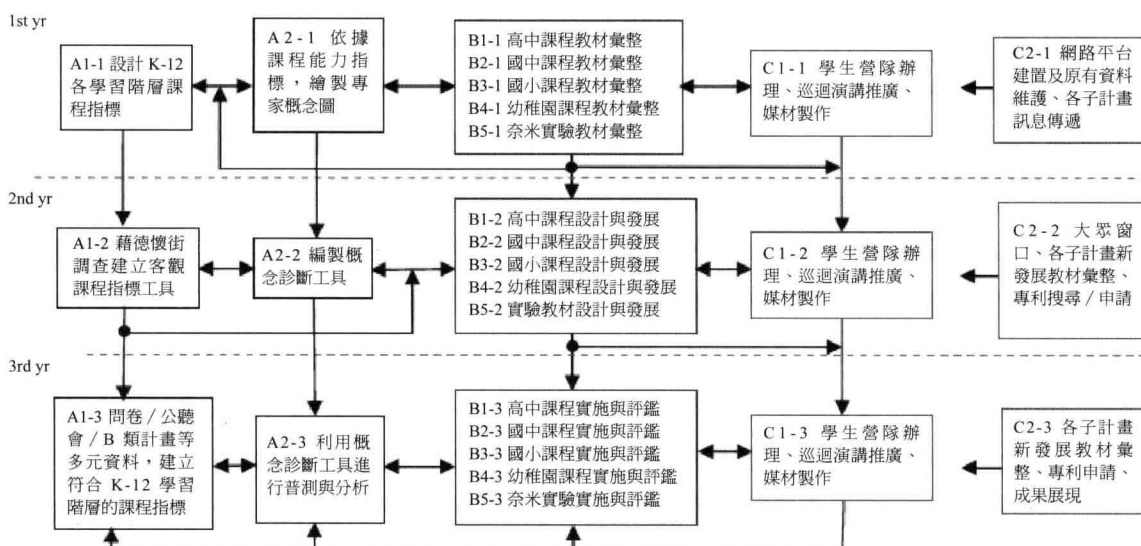


圖1 「奈米科技K-12課程研發及北區人才培育」計畫總架構

三、子計畫（A2）「K-12 學生奈米科技概念理解及相關影響因素研究計畫」

A2 子計畫名為「K-12 學生奈米科技概念理解以及相關影響因素之研究」計畫，為期三年，主持人為盧秀琴教授，屬於「國家型奈米科技教育整合型計畫：奈米科技 K-12 課程研發及北區人才培育」之一個子計畫。計畫之執行以過去六年實施的第一期 K-12 奈米科技課程研發成果為主，透過與各子計畫間的協調與合作，以子計劃 A1 編擬的奈米科技課程能力指標為依據，結合「奈米科技」相關文獻資料與研究，藉由子計畫 B 群教師與子計畫 C2 網路平台，探測 C1 子計畫聯盟學校學生，以獲得各階層學生之「奈米科技」相關概念，繪製「奈米科技」專家概念圖與命題知識陳述，經由 B 群與 C1 群學生的晤談與開放式問卷所得資料，編擬並建立信效度完備之國小、國中、高中及幼稚園「奈米科技」二階層診斷工具，並從「奈米科技」二階層診斷工具的普測與實驗教學設計中，分析 K-12 學生所理解的「奈米科技」正確概念與另有概念，從而探討其成因，作為日後教師教學之依據，其評估基準包含：K-12「奈米科技」專家概念圖、命題知識陳述、半結構晤談題綱、開放式紙筆測驗、「奈米科技」概念二階診斷工具、另有概念類型分析與形成原因之探究。

第二節 本計畫的內容與重要性

一、本計畫簡介

本計畫（A2）分三年進行，第一年為文獻探討「奈米科技」相關研究，參考 A1 計畫「奈米科技」課程能力指標，繪製「奈米科技」專家概念圖與命題知識陳述，設計診斷「奈米科技」之晤談工具與開放性紙筆測驗，利用 B 群子計畫和 C1 子計畫學生進行施測。第二年根據施測資料整理 K-12 學生的科學概念和另有概念，編製「奈米科技」二階層診斷測驗，進行表面效度、專家效度後，進行 K-12 學生的施測以建立內部一致性信度和因素分析。第三年以北區 K-12 學生為母群體，採分層隨機取樣與群集取樣進行抽樣，分實驗組〈有教學〉和對照組〈無教學〉學生的施測，進行 K-12 學生「奈米科技素養」與另有概念分析，並探討另有概念形成原因。其評估項目為：(1)K-12「奈米科技」專家概念圖、命題知識陳述、晤談工具與開放性紙筆測驗的建立；(2)幼稚園（K-2）、國小（3-6）、國中（7-9）、高中（10-12）「奈米科技素養」診斷工具的建立與因素分析；(3)幼稚園（K-2）、國小（3-6）、國中（7-9）、高中（10-12）學生的奈米科技素養分析和另有概念類型分析。

二、本計畫的目的與重要性

（一）本計畫之研究目的

第一年，蒐集「奈米科技」之文獻資料，依據子計畫 A1「奈米科技」課程能力指標，結合第一期之教學教材設計奈米科技課程，與子計畫 B 群教師共同繪製「奈米科技」專家概念圖，編寫知識命題陳述，設計相關概念之開放式紙筆測驗，篩選子計畫 B 群與子計畫 C1 學生，透過子計畫 C2 網路平臺，進行開放式紙筆測驗和晤談，作為編製二階層診斷題目之依據。

第二年，根據第一年所得之資料，設計 K-12 四個學習階層（幼稚園到國小二年級、國小三到六年級、國中、高中）的「奈米科技二階層診斷測驗試題」，進行表面效度、專家效度後，實施小規模（400 份以上試卷）測試，與信效度考驗，建立完整之內部一致性信度和因素分析，再根據回收的資料持續作修正和精緻化，直到試題適合為止。

第三年，利用「奈米科技二階層診斷測驗試題」，分別以北區 K-12 學生為母群體，採分層隨機抽樣與群集抽樣方式，透過網路平台進行施測，之後分析 K-12 學生所理解的「奈米科技」概念及另有概念，分析另有概念的類型，推測產生另有概念的因素。

（二）本計畫之重要性

概念是人類思考和瞭解的工具，學童所具有的先前概念會影響科學的學習。因此了解學童的

奈米科技素養，能幫助教師設計教材和課程時，理解學童的認知程度，進而設計適合學生程度的課程。

民國 92 年，行政院國家科學委員會主導推動的六年「奈米國家型科技計畫」，希望藉「人才培育」計畫實施，將奈米科技教育往下紮根，推廣 K-12（幼稚園、國小、國中、高中教育）及一般民眾對奈米科技之認識，使奈米科技議題融入課程學習，為首當要務。

因此，透過本計畫之研究成果，除可理解學生的奈米科技素養，作為未來國家擬訂課程架構與學術研究單位研究之依據外，更可提供教師教學活動設計與教學參考之用。

三、本計畫的研究架構

本研究繪製的「奈米科技」專家概念圖與命題知識陳述，乃透過 B 群與 C1 學生的晤談與開放式問卷所得資料進行編擬，並建立信效度完備之國小、國中、高中及幼稚園之「奈米科技」二階層診斷工具。透過「奈米科技」二階層診斷工具的普測與實驗教學設計，分析 K-12 學生所理解的「奈米科技」正確概念與另有概念，其評估基準包含：K-12「奈米科技」專家概念圖、命題知識陳述、半結構晤談題綱、開放式紙筆測驗、「奈米科技」概念二階診斷工具、另有概念類型分析與形成原因之探究，其研究架構如圖 2 所示。

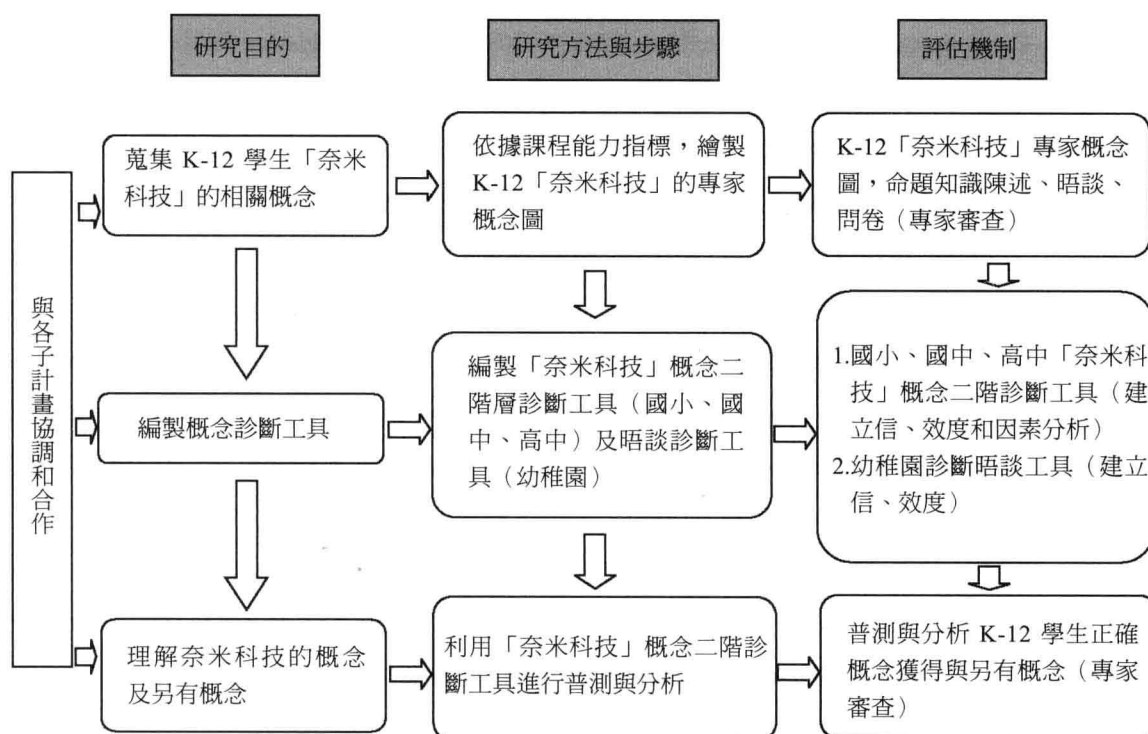


圖 2 本計畫之研究架構圖

四、本計畫的期刊論文研討會論文發表

(一) 本計畫之期刊論文發表

- 1.盧秀琴、宋家驥（2010）。高中奈米科技課程的專家概念與情境式問卷之建構。教育實踐與研究，23(1)，85-114。（TSSCI）
- 2.盧秀琴、宋家驥（2010）。北台灣地區 K-12 學生的「奈米科技」概念發展。台灣奈米會刊，23，81-88。
- 3.盧秀琴、宋家驥（2012）。北台灣地區高中「奈米科技」教學與學生的概念學習分析。教育實踐與研究，審查中。（TSSCI）
- 4.Lu, C. C., & Sung, C. C. (2011). Effect of nanotechnology instructions on senior high school students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(2), Article 12. http://www.ied.edu.hk/apfslt/v12_issue2/lucc/

(二) 本計畫之研討會論文發表

- 1.盧秀琴、宋家驥（2010，12 月 10-12 日）。北台灣地區高中生的「奈米科技」概念研究。發表於中華民國第二十六屆科學教育學術研討會。國立東華大學，花蓮。
- 2.陳月雲、盧秀琴、宋家驥（2010，12 月 10-12 日）。香港國小學童「奈米科技」教學成效之探析。發表於中華民國第二十六屆科學教育學術研討會。國立東華大學，花蓮。
- 3.Lu, C. C., & Sung, C. C. (2011, October, 26-28). *Effect of nanotechnology instructions on senior high school students*. Paper presented at EASE 2011 international conference: Lighting the world with science, Chosun University, Gwangju, Korea.
- 4.Chen, Y. Y., Lu, C. C., & Sung, C. C. (2011, October, 26-28). *Inquire learning effects to elementary school students' nanotechnology instructions*. Paper presented at EASE 2011 international conference: Lighting the world with science, Chosun University, Gwangju, Korea.
- 5.Chang, H. C., Lu, C. C., & Sung, C. C. (2011, October, 26-28). *Analysis and development of expert conception in junior high school nanotechnology curriculum in Taiwan*. Paper presented at EASE 2011 international conference: Lighting the world with science, Chosun University, Gwangju, Korea.
- 6.Chiu, H. M., Lu, C. C., & Sung, C. C. (2010, December, 20-21). *The use of CD-ROM to explore second-grade students' conceptions about nanotechnology in Taiwan*. Paper presented at Global Chinese Conference on Science Education 2010 (GCCSE2010), The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong.
- 7.Chang, H. C., Lu, C. C., & Sung, C. C. (2010, December, 20-21). *Development of expert's conception and open-ended questionnaire in junior high school nanotechnology curriculum in*

- Taiwan*. Paper presented at Global Chinese Conference on Science Education 2010 (GCCSE2010), The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong.
- 8.Lu, C. C., Chang, H. C., & Sung, C. C. (2010, June, 28-July, 2). *Development of Expert conception in high school nanotechnology curriculum in Taiwan*. Paper presented at Scientific Committee of World Conference STE 2010, Tartu, Estonia.
- 9.Lu, C. C., Chen, U.Y., & Sung, C. C. (2010, June, 28-July, 2). *Elementary student understanding of nanotechnology conception in Taiwan*. Paper presented at Scientific Committee of World Conference STE 2010, Tartu, Estonia.
- 10.Chiu, H. M., Lu, C. C., & Sung, C. C. (2010, June, 28-July, 2). *A study of conceptual understanding about nanotechnology in K-2 graders in Taiwan*. Paper presented at Scientific Committee of World Conference STE 2010, Tartu, Estonia.

參考文獻

- 北區奈米科技 K-12 人才培育中心介紹（2008）。北區奈米科技 K-12 人才培育中心介紹。取自 http://www.esoe.ntu.edu.tw/files/news/106_603dc5a3.doc。
- 吳茂昆（2002）。美好的未來不是夢—簡介奈米國家行科技計畫。科技發展政策報導，SR9109。
- 奈米科技人才培育網（2012）。計畫介紹 / 計畫簡介。取自：http://nano-1.colife.org.tw/zh_tw/entry/content!contentView.htm?id=11248
- 李世光、吳政忠、蔡雅雯、林宜靜、黃圓婷（2003）。奈米科技人才培育計畫之推動規劃與展望：從 K-12 奈米人才培育試行計劃談起。取自<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/download.php?d=1&cpid=131&did=9>。

1 高中奈米科技課程的科學概念

盧秀琴

國立臺北教育大學自然科學教育系所教授

luchowch@tea.ntue.edu.tw

宋家驥

國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系教授