

科技議題融入國小自然生活科技領域教學模式之研究

—以奈米應用為例

中文摘要

本研究旨在探究國小自然生活科技教學，以現有的課程為主軸，應用資訊融入奈米議題教學，找出一套較適當的科技議題教學模式。在研究過程中探討：(1) 科技議題融入國小自然生活科技教學的歷程為何？(2) 困難與解決之道(3) 影響因素為何？(4) 可行的教學模式為何？

本研究採質性研究方法，研究對象為五年級一個班。歷經四個月的時間，透過網路工作室、觀察、訪談、教師日誌、錄影、錄音、學習興趣調查問卷，不斷地修正科技議題教學模式，並期望能增進教師專業成長，提昇學童對於科技新知的關注。

歸納研究結果得到以下的結論：

- 一、科技議題融入國小自然生活科技教學的歷程，需要慎密規劃實施，運用各項教學策略，包含學習環、知識管理及資訊科技的應用。
- 二、掌握教學的相關因素，可降低科技議題教學活動實施的困難，包含教師的能力、學生的能力及教學現場配合的條件。
- 三、本研究教學過程成功的主要因素，可以歸納為先行分析可行之道、評估可能面臨的困難、尋求解決之道並發展出因地制宜的教學模式。
- 四、綜合應用學習環、知識管理和資訊融入教學的技巧引導教學，形成科技議題教學的可行模式。

【關鍵字】知識管理、奈米科技、資訊融入教學

Development a teaching model for integrating nano-technology into science and technology instruction at elementary school

Abstract

The purpose of this research is to develop a teaching model for nano-technology instruction at the elementary school. The issues of this study would liked to investigate are:

- 1. What is the process during the instruction?**
- 2. What are the difficulties and their solutions?**
- 3. What are the main factors that affected the instruction?**
- 4. What is the model applied effectively into the instruction?**

Action research was mainly adopted in this research. The subjects participated in the study were fifth graders in four months. The information analyzed was collected through teaching websites, the recording of half-structured interviews, questionnaires, teaching diaries, observations in class and teacher's recording lists, and so on. In a four-month semester, the teacher's professional development and student's participating in the study are also discussed. The major findings and conclusions are summarized as follows:

- 1. The process of integrating nano- technology into elementary school teaching needs to be elaborately planned. The teaching methods include learning cycle, knowledge management and use of information technology.**
- 2. To analyze the factors of success do much help to the instruction. The affective factors included the teacher's ability, student's abilities and environmental context.**
- 3. The main reasons why the research can keep going are to analyze the feasibility, evaluate the forthcoming problems, and make out the adaptive instruction model.**
- 4. Adopting the Hackett's learning cycle, knowledge management and appropriate use of information technology can develop effective teaching models for integrated nano-technology into elementary school teaching.**

**The keywords: knowledge management, nano-technology,
information integrated instruction.**

第一章 緒論

本章共分五節，第一節說明本研究之背景與動機，第二節針對本研究之研究目的與待答問題做一簡要的說明，第三節說明本研究之名詞釋義，將本研究的重要名詞，做一範圍與內容上的界定。第四節則說明研究的範圍與限制，茲將各節內容詳述如下：

第一節 研究背景與研究動機

物理學上半衰期的現象，普遍存在每一個行業，而且期間愈來愈短，教育工作者自不例外；過去企業成功的模式，目前很可能不再適用，同樣地，過去可行的教學模式，面對科技發展日行千里，很可能必須開發、更新教學模式，才能因應外在環境的變化，確保學童未來的競爭優勢。誠如英國哲學家培根（Francis Bacon）說「知識就是力量」，這句古老的諺語恆古不變地傳達知識的重要性；而知識必須靠終身不斷的學習，才能持續擁有（李弘輝，民 92）。

世界各國已經將奈米科技列為發展重點，我國奈米國家型計劃也已於民國 91 年九月正式啟動，其中的四項子計劃首重人才培育，為配合該項計劃向下紮根至國小階段，在研究過程中，以提昇國小學童對科技新知的學習興趣為目標，使國小學童有機會及早體會科技新知發展對於日常生活的影響。

資訊科技不僅是時代的產物，更是促使時代變革的主要原因；國小無單獨設立「科技」這一門學科，可依融入的方式實施。科技議題的面向既深且廣，其中，奈米科技具有跨學科的特性，可做為統整課程題材。奈米科技非新的知識，而是新的強調，有人認為新科技知識不易接觸，障礙因素很多，但是，真的如此嗎？在本研究當中，以康軒版 93 年元月出版的國小五年級下學期自然生活科技課程單元內容進行分析，文中雖未提到「奈米」這個字眼，但實有「奈米」的意涵存乎其中。

研究者自任教十年以來，體會到自然科技教學應該要做到符合時代的趨

勢，鼓勵學生多多關心科技議題，培養追求新知的態度及興趣。

未來競爭優勢的主要來源是擁有的知識，以及比對手擁有更快速的學習能力（Senge, 1994），知識將取代土地、勞動、資本、機器設備等成為最重要的生產因素。而科學教育的本身要能跟隨科技發展趨勢，提昇學童對科技議題的關注，啟發學童應用所學於日常生活問題的解決思考。學習環策略經多年來的修改與發展，經多項研究顯示，有助於學生高層認知能力的發展，並且提高學生的學習成效。

思科總裁 John Chambers 認為網路改變教育方式，教育不再受時空限制，吳瓊治、李弘暉（民 90）認為目前教育的變革與遠距教學法在教育界非常盛行有關。資訊融入自然生活科技教學已是既定的教育政策，教師必須嘗試新的教學架構，採用新的教學方法，才能在未來的教室中得心應手（詹慧齡，民 91）。

科技發展日新月異，奈米科技也許是世上最小的科學之一，但卻有最大的潛能（Eib, 2002）。在教育方面，有關科技議題教學的訓練與教育工作的推動，需要更多人的加入。我們今日所處的社會日益複雜，隨時都在改變，且隨時都面臨不同的問題或困難。因此，任何人都需要彈性、批判性、創造性的思考技能以適應環境（李弘暉，民 92）。Hamel（2000）於啟動革命一書中，亦提及在經濟時代，啟動未來革命的策略因子，將會是以「創新」為主軸的時代。

基於上述理由，本研究旨在以現有的課程為出發點，透過知識管理、Hackett 學習環理論以及資訊科技，試圖找出一套進行科技議題融入國小自然生活科技教學模式。對於國內外科技議題有關奈米應用教學方面的研究報告仍嫌缺乏，因此引發研究者進行本研究的興趣。

第二節 研究目的與待答問題

壹、研究目的

本研究旨在透過資訊融入科技議題的模式與 Hackeet 學習環理論，於現有的國小自然生活科技課程當中，尋求引入奈米應用教學的空間，找出比較適合科技議題的教學模式，同時關心教師專業成長與學童的反應。

貳、待答問題

本研究將聚焦於探討以下四個問題：

- 一、科技議題融入國小自然生活科技教學，教師教學準備實施的歷程？
- 二、科技議題融入國小自然生活科技教學，教師在教學準備實施的過程中面臨的困難及解決之道？
- 三、科技議題融入國小自然生活科技教學，影響成功的主要因素為何？
- 四、科技議題融入國小自然生活科技教學，可行的教學模式為何？

第三節 名詞解釋

一、知識管理與創新

黃廷合、吳思達（民 92）認為知識的定義並不是大量知識的單調性、彼此間的接近程度和重要性，而是指知識在組織內部、與知識創新、知識管理目的的情境所產生的關聯性。

自彼得聖吉提出學習型組織之後，團隊合作學習的概念和行為在產業組織中已逐漸受到重視。周談輝、張吉成（民 93）認為知識管理可視為系統化的統整，是輸入（知識的擷取）、過程（知識擴散）、結果（知慧財產權）到回饋（知識創造）的系統。

知識創新是知識經濟時代企業經營的成功關鍵，也是科技議題的一環。近

代對管理思想產生最大的衝擊，其關鍵因素在於建立在知識基礎的創作能力上（許士軍，民 89）。知識創新的意義即等於發明（invention）+利用（exploitation）。吳瓊治，李弘暉（民 90）認為：只要能夠同時解釋兩個原本無關的東西、觀念，進而產生新的關聯及意義就是創造。周談輝，張吉成（90）認為：知識創新的意涵可歸納出知識創造的意涵應包括：（一）知識的本質具有系統特性，涵蓋了一系列有系統的資訊，知識創造過程組成人員的溝通與交流，具有多重的分享性。（二）外顯性知識的可轉換性，高於內隱性知識。因之，知識創造活動中的組織成員，需要具備必要的背景知識。（三）知識的來源途徑無方向性。知識的來源可以萃取自常識，也可以是經由邏輯的推理方法或程序，得到有序化的知識。因此就知識創造的途徑而言並無方向性。（四）知識要能利用才能創造價值。「靈感」只是觸發成為「知識」媒介的開端而已，仍需要進一步化為合理化，邏輯化與系統化的知識，才能形成價值。

二、Hackett 學習環

有關學習環的理論很多，但是本研究所採用的是 Hackett（1991）學習環（Learning Cycle）理論，主要是以導入（Initiate Engage）、探索（Explore Question）、發展（Clarify Explain）、應用（Extend Apply）四階段為主要架構，去建構一套引導、發現式的學習活動，在國小自然與生活科技領域中，引導學生進行科技議題奈米應用的探究活動。

三、奈米科技

奈米是一種長度單位，也就是 10^{-9} 米，奈米科技尚無定論：非新的領域，而是一種新的強調。它指的是在奈米尺度（1nm~100nm）上研究物質（包括原子、分子的操縱）的特性和相互作用，以及利用這些特性的多學科交叉性的科技。主要重點包含奈米元件、奈米材料、奈米檢測等。

在本研究當中，主要是以奈米產品來介紹科技新知對日常生活的貢獻，接著探討奈米科技應用於產品的意涵及其發展，並期望學童能對此新奇特性能有所體會，對於解決日常生活問題產生「新」的想法。

四、資訊融入教學

不同的階段有不同的資訊科技融入教學理念（詹慧齡，民 91）。本研究所指的學習環境結合資訊科技融入於奈米議題的教學方式，是指教師將資訊科技作為學習材料的媒介、網路工作室是學生學習的伙伴，協助教師教學和學生學習。考慮在適當的時機，包含適切性、需求性、可行性，再進行資訊科技融入教學，並不是所有的教學活動，都要使用資訊科技融入教學。

五、教師專業發展

王宗蕙（民 91）認為國小教師之電腦融入教學素養，其內容應包括一般軟體應用於教學、教學軟體的評估與使用、網路在教學上運用、電腦融入教學策略的發展以及運用電腦促進教師之專業成長等五向度。吳莉欽（民 91）經由得懷術研究來蒐集國內研究對象，對教師資訊素養能力指標項目進行彙整，歸納為兩個層面來探討：（1）教師資訊專業認知層面；（2）教師利用資訊解決問題技巧層面。

在研究的過程中，有關教師專業發展的層面則是依循認知、情意、技能、態度、價值等五方面，做為研究者專業成長的五個指標。

第四節 研究的範圍與限制

本研究基於人力、時間及研究者的背景等因素考量，可能存在以下幾點的限制：

一、研究場所及時間的安排

研究場所主要為研究者服務學校，校內的自然科教室及電腦教室，時間由民國九十三年二月三日開始至民國九十三年六月止，約四個月的時間，共二十一節課。

二、研究對象

包含研究者本身，以及位於東部地區某所鄉村型小學，五年級的一個班級，共 20 位小朋友，該班學童於一至五年級，每週都有一節電腦課，學生的應用資訊科技學習的能力包含文書處理、資料搜尋以及網路工作室的使用等等，在引用本項研究時，請勿過度推論。

三、研究工具

研究工具包含運用知識管理、學習環策略、資訊科技融入教學、單元教學設計、實驗教學設計、網路學習單等等。由於「質的研究」中研究者本身就是工具，對於科技議題在奈米課程設計方面有實際的經驗與體會，參加東區奈米科技 k-12 人才培育計劃為奈米科技種子教師，與奈米科技種子教師互相分享課程設計心得。對於 ASP 程式設計僅有半年的學習時間，遇到網站設計有困難時，則向本校同儕教師請教，或靠閱讀書籍來因應。對於研究者本身所持有的信念與觀點，不易於情境中完全去除，仍可能造成偏差。

因礙於科技議題的層面浩瀚無涯，在本研究當中僅就奈米議題，進行初探教學研究，期能增進教師專業成長，培養關心科學新知的國小學童，分析影響因素及解決之道，目的在尋找一套實施科技議題可行的教學模式。又因為個人的學養有限，所以想到運用學習環策略、科技議題的流程以及資訊融入教學的方式，以巨觀漸向微觀的教學模式實施。

資源有限的情況之下，依然希望能夠對奈米議題教學有所進展，於是想到運用資訊科技融入教學的方式實施，希望能藉重資訊科技之便降低困難。

第二章 文獻探討

本章第一節先就創新知識的理論實務與教學進行探討，第二節探討在國民小學自然生活科技教學當中，從事科技議題奈米教學的可行之道。第三節就資訊融入教學與教師專業成長進行探討，第四節就目前奈米科技發展與教育的關係，做一簡單描述。第五節則對 Hackett 學習環理論進行簡單探討。

第一節 知識管理的理論與教學實務

英國哲學家培根 (Francis Bacon) 說「知識就是力量」(knowledge is power) 這句古老諺語恆古不變地傳達知識的重要性。梭羅 (Thurow, 1999) 認為我們正經歷第三次工業革命，知識已成為個人和組織可擁有的之最珍貴資源，彼得聖吉 (Senge, 1994) 指出，未來競爭優勢的唯一來源是組織所擁有的知識，以及較競爭對手擁有更快速的學習能力。1956 年管理大師彼得-杜拉克 (Drucker) 提出了「知識」將取代土地、勞動、資本、機器設備等成為最重要的生產因素。Hamel (2000) 於啓動革命一書中，更進一步提到，矽谷精神不是「e」，而是「i」；不是電子商務 (electronic commerce)，而是創新 (innovation) 與想像力 (imagination)。那些新創的網路公司能夠在市場上呼風喚雨，不是因為它們開發出特別優越的技術，而是它們具備了超人一等的想像力。這些公司都很年輕，充滿渴望，而且沒有傳統的包袱。決定二十一世紀新經濟優勝劣敗的關鍵因素，是「i」的力量，而不是「e」。綜合上述，身為知識工作者當竭盡在教育工作職場當中，扮演稱職的角色，除了做好個人的知識管理以外，更需要發揮教師團隊的精神，創新開發新的教學模式，以培育具有競爭力的下一代為職志。以下僅就知識管理與創新、實務與教學、創新判定的標準、相關的教學研究成效以及本研究結合知識管理於教學模式研究等，做一整理分析。

壹、知識管理與創新

一、知識管理的定義

周談輝、張吉成（民 93）從知識管理的目的、功能、內涵、過程到結果，以及從輸入、運作、產出到回饋影響的系統性觀點，定義知識管理為「在組織內導引涵括人機、人際、人與機構的知識性活動，以資訊管理為輔助工具，以促進組織內知識累積、擴散、分享、創造與加值效果為目的之知識性活動。」

二、知識管理的意涵

周談輝、張吉成（民 90）認為知識管理的意涵可歸納如下：

- （一）呈現知識管理平台為個人工作與學習的輔助工具。
- （二）強調人機、人際、人與機構間不同層次的知識性活動。
- （三）目的在提升知識累積、擴散、分享、創造、加值效果或效率。

綜合上述觀點，教師在奈米議題教學過程中建立網路工作室、增進人際互動、運用適當的教學策略並進行教學研討分享，應可循序做到更新個人及組織的知識。

三、知識的來源

黃廷合、吳思達（民 93）認為知識的發展過程包含個人建構和組織建構，而個人的知識建構大略依循知事、知技、知因、探因、探理等五個層面；組織知識的建構除了包含組織內個人的知識外，也包含人際間的知識。在組織中，個人建構的知識的過程需要有組織的協助，亦即藉由組織的分享機制而建構，所以，分享是組織知識的建構要件。組織知識與個人知識不同的是，組織會運用其現有的資源，組織知識的創造可藉由知識螺旋分享與建構過程，透過人際間的互動，進行共同化、外化、結合以及內化等進行知識整合的活動。就知識容易接近與否而言，通常在經過整理或來自單一知識來源之下，會增強知識的可接近性。而在

多重來源間散播的知識，尤其是不同類型的來源，較單一、集中來源的知識不易接近與利用。

在本研究當中，研究者在面臨科技議題的教學與學童學習的困難方面，運用個人知識與組織知識建構的方式尋求解決之道。

四、知識管理的模式與流程

運用知識管理模式可以協助教師將教學活動從分析、設計、實施及反思的過程，進行有系統的教學規劃。關於知識管理的方法及系統眾多，以下僅就 Earl 等五個知識管理模式進行描述，以供知識工作者參考。

（一）Earl（1997）的知識管理模式

Earl 認為一個有效的知識管理模式至少要有下列四個要素：知識系統（knowledge Systems）、網路（Networks）、知識工作者（knowledge Workers）以及學習型組織（learning Organizaton），如圖 2-1 所示。

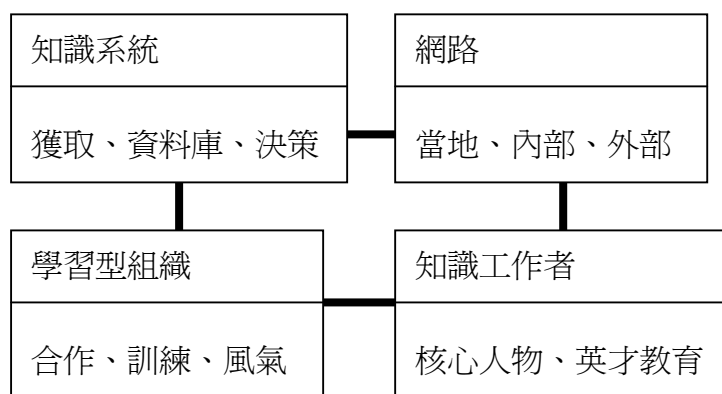


圖 2-1 Earl 的知識管理模式

1. 知識系統

要有一個分散式的程序控制系統來捕捉經驗，而組織機關的檔案儲存資料庫、決策支援工具要能夠讓組織成員容易從中取得經驗。每個人都要去使用這系統以確保相關的資料能夠被取得，這種資料庫應是屬於集中管理的形式，而非分散式管理，以確保其有效性與廣度。

2. 網路

網路對於知識的獲取、知識建立以及知識的散播非常重要。例如：知識的建立可以利用網路交換文件、資料或訊息以提高企業內部運作的效率。

3. 知識工作者

以資訊科技的投資取代人員，知識工作者是組織內部的核心資產，因為他們的經驗、持續不斷取得知識、以及技能的可辯論性（Arguably）都使得他們比以往更有價值。

4. 學習型組織

綜合 Earl 的知識管理模式之精華，一個管理良善的組織，其組織內需要有一個控制過程的系統來吸取經驗，將之儲存於資料庫中，並且有一個支持工具來幫助決策過程之執行，及重視科技網路來交換訊息和處理文書、資料。Earl 認為「知識工作者」是組織的核心資產，重視組織中的知識創新與運用，鼓勵組織成員學習，而組織得以發揮最大的功效在於整個組織都能學習。

（二）Demerest 的知識管理模式

Demerest (1997) 所提出的知識管理模式，強調組織中知識的建構除了科學知識的輸入外，也應包括社會知識的建構，如圖 2-2。這個模式也假定了建構後的知識，會具體化於組織之中，此一具體化的過程不僅是經由明顯的計畫來完成，也包括社會的交替過程。緊接者知識具體化之後乃是知識傳播的過程，且此一傳播過程發生於組織內外環境之中。最後此一知識的產出在組織使用效益上，具有經濟上的使用價值。此一模式的精神，不在於對知識管理下一明確的定義，而是在於給予知識管理建構一個全觀的描述。

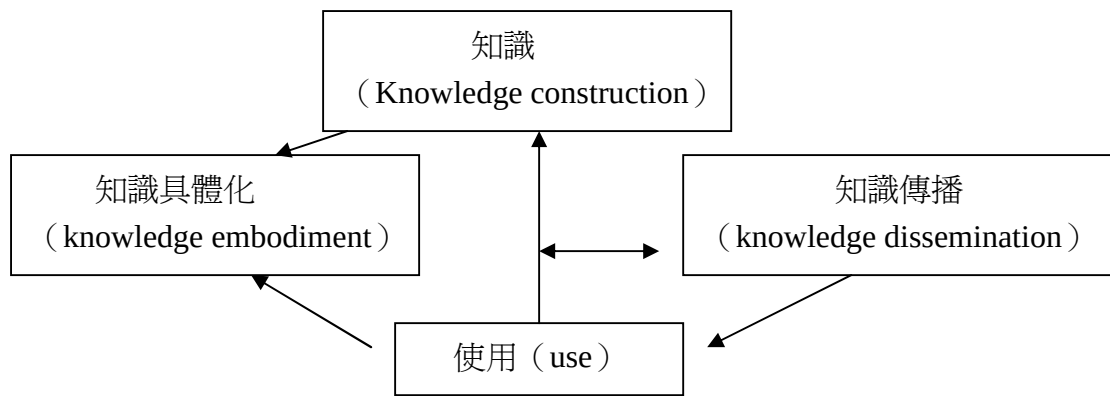


圖 2-2 Demerest 的知識管理模式

(三) McAdam 與 McCreedy 的知識管理模式

McAdam 與 McCreedy (1999) 兩位學者認為在知識的建構上，應明確地將科學典範和社會典範兩個不同的知識建構來源加以明示，並加許多知識流動的回饋流程，使得知識管理模式更趨複雜與嚴謹。因此，McAdam 與 McCreedy 針對 Demerest (1997) 的知識管理模式加以修正，其知識管理架構圖如圖 2-3 所示。

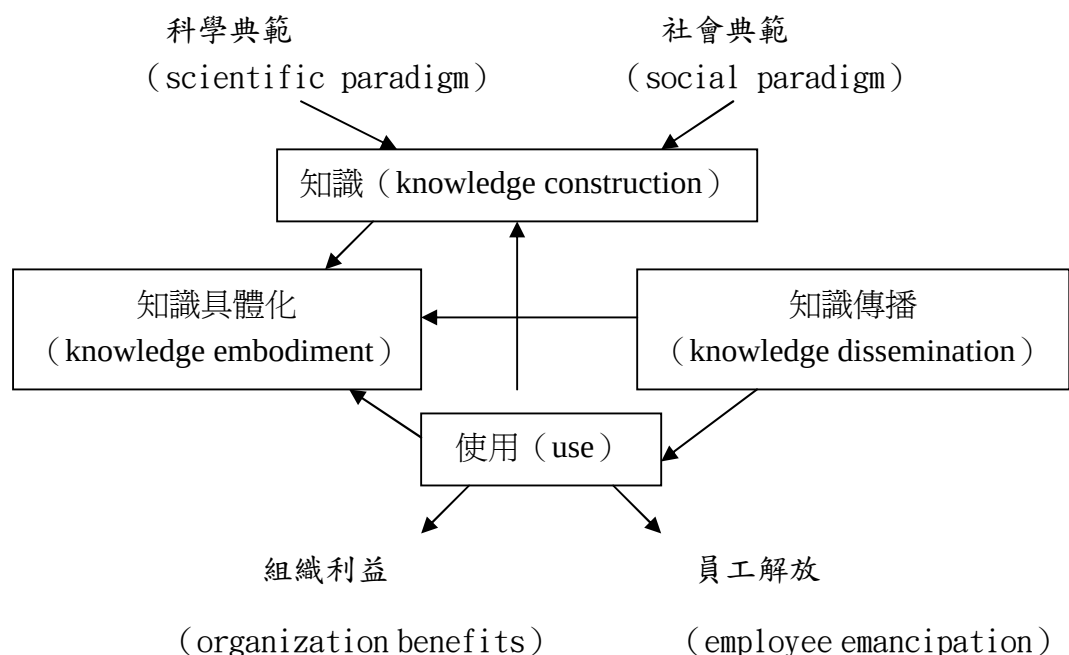


圖 2-3 McAdam 與 McCreedy 的知識管理模式

McAdam 與 McCreedy 認為知識具體化與知識傳播，是知識管理程序中的重要部分。知識具體化將組織中的知識加以闡釋與合併；知識的傳播則是將此具體化後的知識傳播至組織內，而知識管理的最終目的則是在於知識的使用。

(四) Leavitt (1964) 的知識管理模式

根據 Leavitt (1964) 的鑽石模式 (Diamond Model) 指出，知識管理成功關鍵因素有任務、人力、組織文化及科技，如圖 2-4。就任務方面而言，能否建立正確策略、流程與績效管理也是重要的促成因素。在人力方面，組織人員的激勵、教育訓練、以及其認知能力與思考方式，以及高階主管的領導能力，在知識管理中扮演重要角色等等，以組織文化來說，組織文化與知識管理兩者息息相關，塑造友善的知識文化環境，促使專業知識符合組織願景。

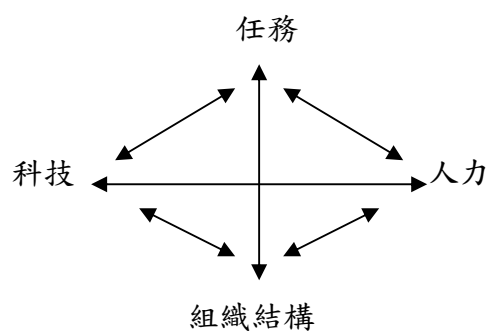


圖 2-4 Leavitt 的鑽石模式 (Diamond Model)

(五) Arthur Andersen 的知識管理模式

根據 Andersen (1999) 之觀點，其認為知識管理包含知識管理程序 (Knowledge management process) 及知識管理促動因素 (Knowledge management enablers)，其關係如圖 2-5 所示。同時也提出一個包含七項知識管理的流程，這些流程分別是知識創造或建立 (create)、確認或辨識 (identify)、蒐集 (collect)、組織 (organize)、分享 (share)、調適或採用 (adapt) 或運用 (use)。其意義分別為：知識建立，能產生新的知識的行為；知識辨識，辨識對組織或個人有用的知識；蒐集，將確認有用的知識加以蒐集與儲存；組織，能將知識有效的分類以便存取；分享，能將知識傳播給使用者，或因應使用者之需要而提供；採用，去尋找採用所分享的知識；運用，應用知識到工作、決策與有力的時機上。

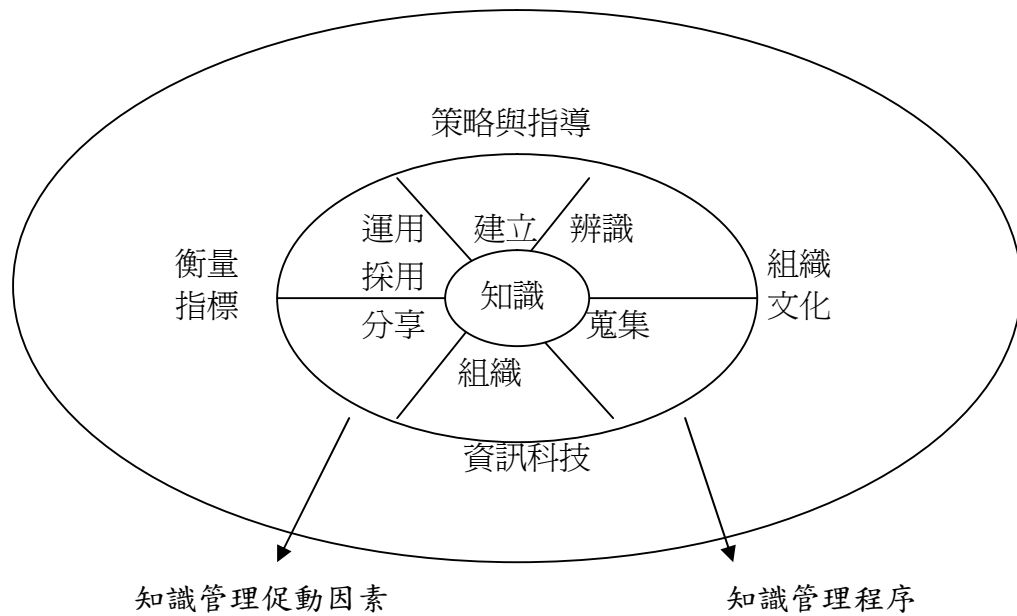


圖 2-5 Arthur Andersen 的知識管理模式

Gupta & Govindarajan (2000) 認為要建構良好的知識管理機制，不僅是依靠資訊科技平台的建構，更需要仰賴組織社會學 (Social Ecology)，其中包括：文化 (culture)、結構 (structure)、資訊系統 (information)、報償系統 (reward system)、過程 (processes)、人員 (people) 以及領導 (leadership) 等，在這樣的組合應該是一種完整而非隨機的組合，其中每個要素都會相互作用。

貳、知識管理的實務與教學

黃廷合，吳思達 (民 93) 認為「知識」已成為土地、勞力、資本之外，另外一項重要的生產要素。從國家的角度來看，未來的國際競爭不再只是土地的大小、武力的強弱或是外匯存底的多寡，而是一個國家的知識涵量，如何持續地創造、累積、運用一國的知識涵量，是各國必須審慎思考的課題。在知識經濟的時代裡，知識獨領風騷、管理推動變革、科技主導創新、創造推向無限可能、速度決定成敗、競爭力決定長期興衰；因此身為教育工作者的我們，理應積極吸取新知，並培育具有競爭力的下一代。以下僅就以學校扮演的角色與教師扮演的角色做一簡單描述。

一、學校所扮演的角色

陳書梅（民 91）於「從知識創新談教育效能之提昇」一文當中亦提到：學校的功能不再侷限於知識的傳播與維持，未來將轉型為知識創新的開發中心，負起培育新時代所需知識創意人才的任務。自 1990 年由聯合國提出「知識」經濟一詞，為知識經濟帶來劃時代的變革。知識對國家競爭力又擁有關鍵性的影響，知識經濟風潮，也以主流文化的姿態席捲全球。有鑑於此，行政院經建會也宣布以知識經濟作我國今後發展的目標；同時也規劃知識經濟發展的整體方向時，揭櫫整體方案的推行重點在於教育改革，期能培養、激勵學生的創造力，俾適知識經濟時代對創新能力人才的大量需求，進而提昇國家整體的競爭力。

二、教師所扮演的角色

陳書梅（民 91）談到「知識創新此一觀念係由美國戰略專家於 1993 年提出，是指知識的產生、創造與應用的過程；知識的創新的來源即在於優異的創造力。」許多知識創新係於個人經驗與直覺，無法完全仰賴文字語言的傳遞，在經濟時代中，知識創新乃是競爭力的關鍵所在，因此，內隱知識之掌握與應用，便成為培育創新能力的決定性因素。根據 Davenport 跟 Prusak(1998)「知識是一種流動性質的綜合體。其中包括結構化的經驗、價值、以及平面化之後的資訊。此外，也包含專家獨特的見解，以及為新經驗的整體評估與資訊統合所提供的架構。」陳書梅（民 91）指出：一般而言，知識可區分為外顯（explicit）知識及內隱（tacit）知識兩種。外顯知識是一種客觀知識，由於未涉及個人經驗，通常可藉由閱讀或學習相關資訊獲得；而內隱知識則是屬於個人主觀認知的知識，係融合個人經歷與思考而獲得，強調創意與思考，較不易以言語或是文字的方式傳達予他人：誠如張忠謀所說：「知識必需靠閱讀和思考才能獲得。」

研究者則認為教師需要先了解教學的重點不在於知識的累積，學生所需學習的是一套可讓學生去探索知識的方法，亦即培養與加強學生應用知識的能力，使其成為具備獨立思考能力的創意人才。

參、知識創新的判定的標準

唯有了解知識創新判斷的標準，才能時時檢視。黃淑滿（民 90）認為創新的標準包含實用、新奇與貼心等三個標準。實用是表示創新後的產品必須兼顧實用性質，否則不能被接受其創新就無意義；而新奇指的是要讓別人產生特別、強烈的感受，因為與一般無異，很難讓大眾接受的；而貼心指的就是和顧客接近，要貼近顧客的想法，創新脫離民意就不容易被接受。

周談輝、張吉成（民 93）將創新、創造與發明做一釐清，指出「創造」與「發明」具有「無中生有」的開創特性，「創新」則具有在原知識技術延伸擴大應用深度的「有中延伸」或自原知識技術發展出新知識技術應用廣度的「有中衍生」的特性。創新的概念和時空背景具有高度的相依特性，可以從既有的基礎的點開始繼續創新，創新的本身不但可以被期望，並且可以被先行有效的分析，而其影響因素則受到人、環境、過程、情境等各種因素的影響。在本研究當中，研究者希望能增進學童對科技新知的學習興趣，並思考其特性尚可應用的層面。綜歸納上述「創新」的意義，可以簡單的說，創新即等於發明（Ivention）+利用（exploitation）。

就教師方面來說，教師將學習環做適度調整，結合知識管理和資訊融入於奈米議題教學，找出一套科技議題教學模式，應該也可算是一點小小的創新。就學生而言，在體會奈米科技的新奇性之後，引發應用於其他層面的創意思考，也就是構思新的利用方式，亦可屬於創新的另類風貌。

肆、有關知識管理的教學研究及成效

有關知識管理應用於教學在國內各領域的研究頗多。就以實踐知識管理之歷程研究方面來說，如蔡華齡（民 93）曾進行實踐知識管理歷程研究，旨在了解個案教師以虛擬社群實踐知識管理的運作機制、心路歷程，並探析其實踐知識取得、知識分享、知識應用與知識創新之間的關係。研究發現，就知識取得而言，

個案教師實踐初始信心與使用能力不足，經由虛擬社群在平台網站上運作後，逐漸累積其資訊能量，提升其資訊取得的能力；就知識分享而言，由發表個人心得、分享個人隱性知識等逐漸活絡社群互動，進而擴散共享社群的專業知能；就知識應用而言，平台網路知識的運用，由單純的自己使用與介紹平台給他人使用，並進而將資訊融入教學，應用例子也由少增多，由教室教學擴展至田野教學。就知識創新而言，個案教師對知識的創新，逐漸透過內化而增加，漸漸受其專業知能的精進與教學經驗的共享等刺激，並建構成知識取得、知識分享、知識應用及對知識創新的路徑模式。呂淑萍（民 92）認為運用知識管理的技巧可以活絡教師創新教學，協助教學知識的分享與催化。

次之，就運用知識管理策略促進教師專業成長而言，劉慧梅（民 93）在其數位學習融入創新教學之設計與應用當中，應用知識管理策略，與參與研究之教師們共同進行教學會議，透過同儕對話分享，可以激發教學創意，完成創新教學的教材設計，肯定知識管理可促進教師專業成長。

再者，就運用知識管理促進組織更新而言，黃財源（民 91）探討知識管理與組織再造的理論與實務，並提出如何應用於國小組織再造的具體作法。包含擴大圖書館為功能為知識中心、建立完善的進修制度、建立知識庫與訂定獎勵制度、成立知識社群、組織型態網路化、組織能專門化、

另外就分析教師應用知識管理的可行策略分障礙的因素而言，陳榮宗（民 92）認為取得知識的可行策略為參加研會等活動、校外人力資源的協助、教學協同成長團體的資料、參與教學觀摩、閱讀、電腦網路的運用等 而障礙因素為研習課程不符所需、各種進修的障礙、部分校外人力資源有干涉教學的隱憂、學習動機低落、選擇知識能力不足、知識落差、資訊過量、電腦硬體的設備不合時宜、資訊素養不足、時間不夠等。進行知識分享的可行策略為參與教學協同團體、教學觀摩、交換教學檔案、進行協同教學、擔任研習會講師、知識社群、應用資訊科、討論、聊天等；而障礙因素為部分教師不願擔任教學觀摩示範教學等工作、教學協同團體流於形式化、協同教學實施困難、聚會時間與場合不足、知識背景

差異、自我防衛心態、資訊素養不足等。就應用知識管理的可行策略而言，可進行教學活動、人際間的互動、參與知識社群、問題解決等；而障礙因素為訊息接受者知識吸收能力欠佳、部分教師表達能力欠佳、部分知識難以形式化、知識社群運作流於空轉等。進行知識創新的可行策略為充實新知、標竿學習、討論、腦力激盪、教學研究與實驗教學、培養靈活運用變通的能力、學校提供足夠的誘因等；而障礙因素為學習機會不夠、不願進行創新、學習動機不足、隨機應變能力不足、知識間的差異等。

綜合以上可知，運用知識管理策略於教學研究，在研究前可先依研究場域的特性進行可行性策略分析，努力排除各項障礙因素，將有助於個人和組織知識的更新與創造。

伍、本研究結合知識管理於教學之應用

本研究綜合以上文獻的研究者的做法，以行動研究的精神，將知識管理的策略結合學習環與資訊科技，應用於科技議題教學活動，包含教師吸取新知與解決學童的學習困難。

文獻第一節當中多項知識管理模式，分別因其場域而發展形成，Earl 的知識管理模式強調的是知識工作者的經驗、持續不斷地取得知識，以及技能的可辯論性。Demerest 的知識管理模式，則是強調知識的建構除了科學知識的輸入外，也應包含社會知識的建構。McAdam 與 McCreedy 的知識管理模式則是強調除了商業目標以外，還應包含員工的解放。Leavitt 的知識管理模式則是強調任務、人力、組織文化及科技之間的關係。Arthur Andersen 的知識管理模式則重視財務績效。

有關知識管理的模式眾多，而本研究採用的是如圖 2-6 所示，係由日本管理先驅野中郁次郎（1997）教授所提出的「知識管理流程」與科技議題奈米應用教學做一結合，因為研究者幾經比較之後，認為其內涵與教學現場較為契合之故。

研究過程中，運用知識管理策略各階段主要的做法大致如下：

一、獲取：

知識的取得係指獲取知識的過程。學習是經由知識的獲取、處理、儲存，最後再加以運用的機制，而其中最重要部分是知識的取得。在研究過程當中，採取多元管道吸取新知的方式，包含加入奈米科技種子教師的行列、網路搜尋、廣告宣傳等方式進行。

二、整合

分析國小現有的教材，尋找引入科技議題的空間。將獲取的知識吸收轉化之後，以現有教材為主軸，整合校內外資源，以融入式課程設計為國小學童比較能夠學習的程度。

三、累積

參考奈米科技種子教師的課程設計，修改奈米論壇簡報，並參加奈米科技種子教師的培育課程，隨時隨地注意相關訊息，累積奈米應用的相關知識。

四、分享

將教學研究的結果與校內教師分享，校內教師們提供寶貴的意見，以做為研究改進的參考。

五、流通

透過與同儕教師的意見交換、相關研習課程中的問題與討論、網路搜尋、研討會、與專家的對話等方式，進行個人與教學團隊知識的流通。

六、更新

藉由科技議題教學的過程，改變教學者在教學之前的看法，包含認知、態度、技能、信念、價值等等。

七、創造

對於自行編寫教學設計、需要有某種程度的理解與轉化。藉由不斷地吸取新知之後，設計出帶有個人風格的科技議題教學教材。

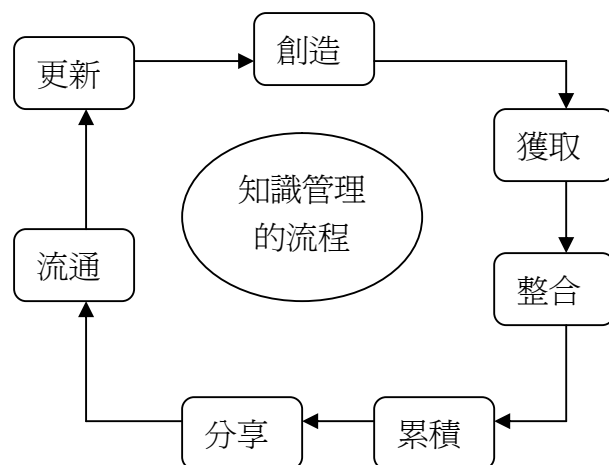


圖 2-6 知識管理教學流程圖

第二節 引入科技議題應用於國小自然生活科技的可行之道

其實奈米科技產品早已進入我們的日常生活，學生們對於奈米科技產品的使用應該早已熟悉，例如多媒體的使用、電腦遊戲、video 影片和 DVD 等等。高科技產品造成的影響，包含資訊快速的傳遞，以影像、聲音、動畫，在課程中應用它們來達成知識的傳遞是很重要的。研究者針對現有教材進行縱的分析如表 3-1、橫的分析如表 3-2 尋找引入奈米議題的時機，將科技議題奈米教學與國小學童的學習做一連結。

有關國小學童學習科技議題方面，或許有人會問：「對於國小老師及小學生而言，討論科技新知奈米議題會有什麼用處？」其實，在本研究只是就科技議題當中的奈米應用，進行研究，欲探討其對教師與國小五年級一個班的學童，教師在教學、學童的反應、面臨的困難及因應之道，試圖建構出一套科技議題教學模式。

根據周談輝、張吉成（民 90）在企業知識創新管理——以知識創新理論的啟示一文當中指出，當組織成員學習知識愈多，越能發現知識之無涯，自己所知的有限。知識創新可以進一步引發技術之創新，所以，在小學階段的老師和小學生

引入奈米議題，應該有其意義與價值。

在本研究當中，依照每一單元內容特性，適時引入科技議題奈米應用的相關教學，並且依研究者教學約九年的經驗，盡量依照小學五年級學生可理解的難易程度做教學設計，分析每個奈米應用的內涵，融入式教材設計為出發點，強調奈米科技的新奇性，以一位老師的角度尋找如何在現有的課程單元內找到具有「科技議題-奈米應用」可以引入的空間。因考慮要在小學階段執行，若以專題探究的模式進行，恐怕會過於艱深，缺乏廣度，學生會無法構思焦點興趣；若偏重教師教學的角度實施，容易偏向教師中心，忽視學生主動學習；如果以大班進行教學，更害怕學生不知老師所云。所以，最後研究者採用網路工作室進行互動。教學策略則是應用知識管理流程及 Hackett (1991) 學習環理論為架構，找出一套科技議題的教學模式，探討國小學童的學習情形。

奈米科技已經成為現今全球的議題，即將造成全球經濟的變革。具有創造性已經比有效率顯得更重要。未來不可知，但是有一種趨勢是工程教育將與各種層面的教育合作 (Kuo, 2003)。

為配合奈米科技國家型計畫之執行，奈米科技人才培育向下延伸至國中小學之機制必須儘速配合建立，特別是九年一貫課程當中「自然與生活科技」之學習領域課程教學模組的設計，教案規劃及教育活動的實施方式，身為教師的我們應該引導小朋友們從生活中習得知識、技能及科學素養，成為急迫需要解決的教育問題，如果及時訓練得當，將可避免不適應課程及不適當教學的產生。

奈米科技是一項跨領域的研究，包括數學、生物、材料科學、物理、化學、工程，在奈米科技的發展過程當中都用得到，未來的科學家和工程師都需要再教育，這種帶有複合材料誕生、共同研究的多元的科學課程。如果有一天，奈米科技成為我們日常生活的一部分的時候，那麼，我們需要的就是奈米科學家和奈米工程師，這一代的高中生需要有組織的教材，以迎接未來的挑戰。工程和技術導向的課程將修正為大學生的必修課程。澳大利亞有好幾個大學，如 Flinders, Queensland, Sydney 都設有奈米科技學程。但是，中學的科學教師應該要有所

體認，那就是奈米科技在未來將會對我們的社會造成巨大衝擊—更甚於矽晶原，並且應該在課堂上談論到這類的話題。

第三節 資訊融入教學

吳瓊治、李弘暉（民 90）提到教育的變革，很多人都會想到網路的功能，尤其是現在遠距教學教在育界的非常盛行。思科總裁 John Chambers，來台參加二千年世界科技大會，於一場「寬頻網路教育世紀高峰會」中指出，網路改變教育方式，教育不再受時空限制。但中央研究院院長李遠哲卻認為教育和網路是平行的，網路雖然可讓學生學習到知識，但教育還應包括人格的培養。研究者則是認為，學生的學習如何學習與學習如何成為一位堂堂正正的公民是同等的重要。

壹、資訊融入教學

詹慧齡（民 91）指出：資訊融入自然生活科技教學已是既定的教育政策，教師必須於嘗試新的教學架構，採用新的教學方法，才能在未來的教室中得心應手。教師實施 Web-Based 資訊融入教學，應注意課程的設計、目標的導入及教材的選擇，並以學習者為中心，重視學習者參與的學習歷程。Web-Based 資訊融入國小自然科學學習，能支援建構式學習、提昇學生的學習興趣與資訊素養（黃義峰，民 92）。從學生對資訊科技融入教學問卷分析得知，多數學生都喜歡資訊科技融入教學、認為資訊科技有助於自然科學的學習。從自然科教學感受問卷得知，學生認為研究者和以前的老師最大的不同是研究者會使用資訊科技來幫助教學，而且在上課中也會讓學生討論，做很多的實驗（詹慧齡，民 91）。推行資訊科技融入教學仍有賴學校行政層級積極性介入宣導；教師實施資訊科技融入教學應運用相關學習理論為基礎；教師應善用資訊科技工具特性實施融入教學以達成事半功倍之成效；學生資訊能力的培育有助於教師實施資訊科技融入教學之應用（黃珮斐，民 92）。在學校能提供充足的資訊融入教學設備下，學生對新的學習方法表

示強烈意願，非同步學習系統討論區的使用，學生皆能感受「小組合作學習」可讓學習事半功倍（羅毅峰，民 91）。教師最為熟悉與具經驗的應用資訊科技於教學的實施方式是「課前教學準備」；其學習目標需求主要是希望學生達到「增進學生的學習興趣」、「支援學生的學習探索」與「培養學生主動搜尋資源的能力」（林燕珍，民 92）。Thomas(2003)認為使用科技融入，發現主要有三種科技工具：試探、電腦模擬、線上溝通，面臨的困難及挑戰則有：教師團隊要不間斷地發展教學法內容，以支持科學探究進行。部分學生過分強調科技，造成有些學生會有抗拒的想法。不過，林育沖（民 91）在國小自然科利用資訊融入 STS 專題式教學之行動研究中，認為在學習資源的使用上，學生以容易取得的平面報章書籍及電腦網路資源為主，尤其電腦網路資源搜尋的快捷便利性，使學生對電腦網路資源的依賴漸深。學生在資訊課程所培養的電腦基本操作能力應整合實際應用到其它學習領域，以增進學生的資訊核心能力，達成資訊融入各學習領域的目標。對研究者服務的學校而言，為資訊種子教師中心學校之一，設兩間電腦教室，每班每週有一節電腦課，使用資訊融入教學的教師比率為百分分百，平日下課時間電腦教室亦為開放狀態，學生只要自行填寫使用登記簿即可進入使用，可以說是相當方便。

貳、應用資訊融入教學

曹雅方（民 90）國民小學教育學程資訊教育相關課程設計之需求評估當中認為：制定國民小學教育學程資訊教育相關課程設計之內容指標應包含的項目共計十三項：使用網際網路的能力，評鑑資訊教材內容優劣的能力，蒐集資訊解決問的能力，收發寄電子郵件的能力，文書處理、資料管理的能力，合作與溝通的能力，資訊科技的認知，運用資訊科技於教學的能力，對電腦軟、硬體設備的瞭解與操作的能力，資訊科技的使用與概念，未來科技的應用，使用多媒體科技的能力，網頁設計的能力。很多教師需要有關資訊融入的教學分享及建議，當教育

與資訊互相整合的時候，可以加速資源分享、課程計畫及教學策略快速地傳播。以下就如何促進教師的資訊融入教學的能力方面來進行探討。

一、增加專業成長的機會

提昇國小教師之電腦融入教學素養的專業成長活動，近程須提供訓練型態的專業成長活動，而長期的做法，則是以需求發展或合作型態的活動進行為主（王宗蕙，民 91）。研究者為了提昇自己的電腦融入教學的能力與機會，在教學的時候隨時注意是否有電腦融入教學的機會或必要，並與學生共同參加專題探究活動—為期八個月，以增進個人的資訊教學素養。

由上述的觀點可知一個經常充實自己、參與研習的教師能在個人專業領域中獲得較長足的進步，所以，身為教師的我們應該隨時為自己充電，把握每一個能增進專業發展的機會。湯昶洪（民 91）對教學現場教師的建議：資訊科技不斷地更新，資訊的新知是需要不斷的進修與吸收，身為教師應不斷思慮如何運用現代科技，有效推展資訊教育，輔導學生不斷朝向未來認知成長，如此才能培養具有競爭力的學生。

研究過程中，教師專業發展的方向包含知識管理的實施、應用學習環於教學，以及應用資訊科技於科技議題方面做努力。

二、設備

對教育主管機關的建議：提撥經費充實各校資訊設備，提供教師資訊新知分享研習，建置教學資源資料庫，將資訊融入教與學和行政運用列入校務評鑑重要項目，以大力推展資訊教育（湯昶洪，民 91）。給學校行政主管的建議：學校教師已具備上網之資訊能力，學校可建置一個數位資訊平台，透過知識交流、各項教學活動，提供網路即時性、高互動的溝通，激發教師資源共享之觀念，推動資訊教育，發揮親、師、生教與學功能。行動研究的過程中提昇研究者在資訊融入教學、教學網站開發、單元課程設計、協同教師師合作等方面的專業成長（黃義峰，民 92）。

近年來資訊科技日漸發達，因應九年一貫課程改革的提倡希冀教師能將資訊科技融入教學活動中（黃珮斐，民 92）。學校是知識傳遞、創新、發展的重要場所，在校務推動與教學經營中，建構校園知識資訊平台的環境，全面推動資訊教育，激勵行政、教師、學生、家長的互動成長，增進學校效能是當今學校努力的方向（湯祖洪，民 91）。LaMont（1997）認為資訊融入教學的時代已經來臨，其做法主要有三種趨勢，包含增加電腦教室的數量、以學習者為中心的課程設計與增加教師的專業發展，資訊科技的使用可以加速教師之間的課程計劃與教學策略的分享。

原本研究者家中是沒有寬頻設備，為了要方便研究的執行，於是在研究初期向華電信申請 ADSL。另外，研究者認為教室內的電腦及單槍相關硬體設備是否充足，會直接影響到教師資訊融入教學的意願。在研究者服務的學校當中，全校共有十二個班，每個班級都有電視、DVD、網路線、電腦等設備，隨時可借用單槍、相機、錄音筆、DV，可以說是相當方便。Davis（2002）認為資訊科技可以幫助老師與學生有效與創新的溝通，資訊融入可說是教師教學的有利工具之一。不斷地改變與實務上的改革，才能獲得教師專業發展的成長與支持。

三、學生中心的教學設計

Grant（1996）指出：單是訓練教師有關科技方面的能力，對於提昇教師專業發展未能達到預期的效果。資訊融入教學的全新面貌，須要融入教育、課程目標，還要獲得財政與同事的支持。Beavers（2001）強烈推薦標竿發展的典範，主要有三個想法：1、由教育的結果來檢核，讓學生知道他能夠知道什麼？可以做些什麼？2、系統性思考，強調組織結構並與教育系統動態互動。3、建構式的教學，認為每一位學習者藉由動態探究、詢問、討論、反省及應用，來建構自己的知識。如果科技是影響學生學習的重要因素，我們在教育的思考就要有所改變。

四、同儕合作

Beavers (2001) 指出專業發展的文化風氣，包含教師同儕之間的合作參與更新自己和學校，一起不斷地努力，這樣的情形同時會影響學生，使得學生充分地投入學習的過程。以下是三種有效的資訊融入教學的模式，透過全體的努力—同儕訓練、小組學習、專題課程。這些模式支持與強調搜尋、解釋和資訊的綜合能力。劉麗蓉（民 91）認為：國民小學教師具有高度的專業角色知覺，協助成立教師成長團體，強化教師支援網路，輔助建立親師夥伴關係，確切提高學生學習成效。同儕教師之間的資訊技術實務傳遞，可以採種子教師的模式進行。Caverly, Perterson, Mandeville (1997) 亦認為運用科技不僅可以傳遞知識，亦可幫助師生的學習，如運用網路學習單、教學遊戲，有關教師學習資訊科技的部分，可以採種子教師的模式，讓具有此項專長的教師進行同儕訓練。

本研究實施資訊融入教學的方式，則是不斷地增進應用資訊科技於教學的能力，建置網路工作室、長期預約電腦教室，適時機融入以克服教學現場限制；遇有問題則以行動研究的精神，極力排除障礙。

第四節 奈米科技與教育

本節先就各國的奈米科技發展現況進行概觀，再對我國的奈米科技推動現況進行簡單描述。

一、國際奈米科技發展現況

奈米科技是未來科技和產業發展最主要的驅動力，隨著新特性的發現，新應用的產生，世界各國皆不敢掉以輕心，均將其列為最優先研發領域，不僅規劃國家資源投入，同時將全國或領域內相關研究單位和民間企業組織起來，成立各式研發網，或研發社群，例如歐盟成立 54 個合作研究網(29 個國家網，25 個國際網)，促進單位間之交流。

在這個領域當中需要有更多的人接受教育，對於課程方面的挑戰，就相當於工業界發現目前的大學生並沒有具備這方面的技術一樣。缺乏訓練的結果將限制高科技產業的成長。Gettys (1998) 認為化學將是未來科技發展的核心，我們生活在一個物質的世界，產品的研究和新物質的產生是非常重要的。研究化學的人不一定要是化學家，也不一定要是化學系畢業的。根據他的觀點，化學將會是成為一種傳統學科中的一種語言，透過這種語言來進行一些教學，最有趣的是它還具有跨學科的性質。

奈米科技已是全球研發焦點，美國把奈米技術揭示為科學技術領域的最重要項目，自 2001 年度簽署為國家戰略，由聯邦政府作政策及經費主導，大學、研究機構、企業界全力投入，已居全球領先地位。Augstums (2002) 認為業界與學界可以成立奈米科技研究策略聯盟，形成共同合作夥伴關係，尋覓財政資源，來發展這一項新領域。

Davis (2002) 認為：「奈米科技也許是世上最小的科學之一，但卻有最大的潛能。」發現 quantum 的 Stanley Williams 說：「美國在奈米科技發展的投資比其他的國家還要少，仍需要更多的投資來進行。」。

2002 年美國 NNI 經費(National Nanotechnology Initiative)，國家奈米科學、工程與技術(簡稱奈米技術)之研究發展，是由十個聯邦部會編列 6.044 億美元經費來支持推動。其中國家科學基金會預算需求為 1.99 億美元，比 2001 年經費增加 4,900 萬美元，2003 年將持續增加奈米科技的投資，預計投入 6.79 億美元。

歐盟已決定在 2002-2006 年五年內投入 13 億歐元，以歐洲研究區方式，支持歐盟各國在奈米技術，智慧型材料和新製程方面的研究，期望在十年內，以奈米科技帶動歐洲科技的起飛。其研究重點包括長期跨學科綜合研究、奈米生物技術、合成奈米結構材料和組件之工程技術，開發研究設備和控制儀器，以及衛生健康、化學、能源、光學和環境等領域之應用技術。

歐盟根據奈米技術研究的特點，建立合作研究網，促進各個研究單位之間的交流，目前已有 54 個有關奈米技術研究和應用的合作研究網。

日本長期以來自認是一個資源不豐富的國家，所以特別重視材料研究和應用，因此在奈米科技研究這一環尤其重視奈米材料研究，日本政府的大型材料奈米技術研究專案計畫內容包括(1)精密高分子技術(2)奈米玻璃技術 (3)奈米金屬技術 (4)奈米粒子的合成與機能化技術 (5)奈米塗覆技術 (6)奈米機能合成技術 (7)奈米量測平台技術(8)奈米技術知識的架構化等八個計畫。計畫規模龐大，不僅是開發優異材料，更重要是建構材料開發平台。

中國大陸對奈米科技之重視可由其相關論文居全球第三位略見究竟，在奈米科技產業化部分則略遜一籌。目前大陸仍缺乏對奈米科技之統籌規劃，奈米科技之研發大都借由「國家公開計畫」、「863 計畫」、「973 計畫」等科研計畫實施，有鑑於此，大陸除於 2000 年成立中國科學院奈米技術中心外，更積極研擬「中國國家奈米科技發展綱要」五年發展戰略。其「十五」計畫中，更將奈米計畫視為其全國經濟結構調整的核心主體。單就中國科學院就將以 2,500 萬人民幣分 3 年投入奈米相關計畫中，期望在五年後中國之奈米科技可居國際重要地位。

韓國科技部於 2001 年 5 月宣佈成立十年奈米技術研發計畫，將以五年時間建置研究基礎設施，包括 165,000 平方公尺的奈米技術城市(Nanotown)，每年訓練一萬三千名專才，將以政府和企業界力量投入 1.3 兆韓圓(約 1.3 億美元)於奈米科技研發，目標為在 2010 年前成為世界十大奈米技術先進國之一；2001 年起以半導體研究為基礎的奈米科技培育計畫，該年預算為 1,502 億韓元，其 2002 年的預算編列為 2,031 億韓元，較前一年的 1,502 億韓元增加了 93.1%。在產業應用上主要著重在平面顯示器之應用。

奈米科技的發展將導致勞動者的就業機會產生劇變，尤其是對於科學家和工程師而言。新一代的畢業生可能在中學階段就須要接用新的教育方法—異於現在

的教育方式，才能在未來具有競爭能力。在奈米科技的衝擊之下，美國 National Science and Technology Council 有這樣的預言：教育要早一點起步，最起碼在高中階段就要開始，在未來的 10 年到 15 年之間將有許多的產業界使用奈米科技，連勞動者都要知道並使用奈米科技。

二、我國奈米推行計畫現況

由行政院國家科學委員會所主導的奈米國家型科技計畫已於九十一年九月開始啟動，其計畫內容架構分為四大分項計畫，並且在推動上亦成立計畫審議小組、產業推動小組、國際合作推動小組和行政支援小組，不但兼顧研究機構與產業界的各項奈米相關技的研發與活動，同時考量奈米技術所具跨領域之特徵亦配合技術面及計畫面的組織運作，以期能有效率地將奈米技術聚焦於促使國家快速發展之根基上。奈米人才培育為奈米國家科技計畫之分計畫之一，由教育部推動執行，該分項計畫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。首要任務為建立奈米科技人才之培育機制，建構跨領域、創造力、國際觀、智財權觀之學習主體，串聯至國小、國中、高中職（K-12）、大學、研究所、在職訓練甚至是終身學習（Life Long Learning），同時希望結合學界與產業界來形成一知識供應鏈。另一方面，將奈米科技人才培育自向下延伸到高中、國中與小學之機制也必須儘速配合建立，特別是自然科與生活科技學習領域中之教案規劃及教育活動的實施方式設計，與研擬如何引導中小學學生從生活經驗當中習得知識，並且從中獲得生活技能及科學素養，已經成為急迫需要解決的教育問題。因此，教育部顧問室已於九十一年八月委託台灣大學應力所辦理奈米科技 K-12 人才培育計畫，該計畫透過教師研習營籌備會與 K-12 奈米通識教材編撰之過程來培育種籽教師，再舉辦大型教師營，以擴大具奈米科技知識教師之人數，執行成效良好。本文研究者亦期許自己能在參與民國 92 年、93 年東區奈米 K-12 種籽教師研習之後，從中得到一些啟示，將如此新奇的思考轉化為淺顯易懂的知識，結合資訊融入的教學方式，以激發學生的學習興趣，進而將奈米科技人才向

下延伸至 K-12 階段。另外，由國立東華大學所建立的奈米科技人才培育東區網站，將奈米教材於業界試教，藉由在職訓練循序漸進以達到終身學習的教育施政方針，更進一步提昇國家未來競爭力及促進國家發展之最終目的。該項計畫本年度重點舉辦種籽教師研習營與培養花蓮、台東地區之種籽教師。

為配合奈米科技國家型計畫之執行，奈米科技人才培育向下延伸至國中小學之機制須儘速配合建立，特別是九年一貫課程當中「自然與生活科技」之學習領域課程教學模組的設計，教案規劃及教育活動的實施方式，身為教師的我們應該引導小朋友們從生活中習得知識並且從中獲得生活技能及科學素養已經成為急迫需要解決的教育問題，因應及訓練得當，將可避免不適應課程及不適當教學的產生（東區奈米科技 K-12 人才培育中心計畫，民 92）。

環顧世界各國奈米科技相關之推動方案，都將奈米科技人才的培育視為奈米科技發展中最關鍵且最重要的工作，因為奈米科技發展的優劣，代表國家競爭力強弱，所以身為教師的我們亦應朝此一方向奮勇精進，以國小學生能接受的方式來實施融入式教學，希望他們將來有興趣投入二十一世紀奈米科技新興產業。

第五節 Hackett 四階段學習環

本節分為四個部分，第一小節介紹學習環的涵意，第二小節談學習環的起源與沿革，第三小節探討學習環的教學策略與內容，第四小節介紹有關應用學習環在教學的研究及成效，第五節是有關本研究結合學習環之應用。

壹、學習環的涵意

學習環教學源自於皮亞傑的認知發展理論，其三階段教學步驟依序為探索（Exploration）、發明（Invention）、發現（Discovery）到後來的探索（Exploration）、名詞引介（Term introduction）、概念應用（Concept application），其三階段教學步驟可被用於科學課程題材與教學策略。其中名稱

逐漸在修定，而其所涵蓋的教學模式也具有彈性，可以在不同的階段使用不同的學習形式，在發展概念的理解上，每一階段有一定的結構或形式。運學學習環教學策略可以幫助學童在科學概念和思考技巧方面的學習（Lawson, 1989）。

貳、學習環的沿革

許順欽（民 92）指出學習環的教學模式，原為加州大學柏克萊分校的理論物理學家 Karplus 所提倡，因 1957 年其子女進入小學讀書，開始關心小學科學課程。他在美國國家科學基金會（National Science Foundation，簡稱 NSF）支持下，與一群志同道合的小學教師，以布魯納的發現教學理論為基礎，發展出一套命名為「學習環」（learning cycle）的三階段教學步驟，這套模式後來被廣泛引用，也被不同專家略作修改或更名，但基本觀念不變（鍾聖校，民 88），而學習環教學模式在美國科課程改革計劃（Science Curriculum & Improvement Study，簡稱 SCIS）中扮演相當重要的角色（Karplus & Their, 1967）。

Karplus 起初是由教學中學生學習遇到的困難，修改學習環教學模式的雛形，試圖創造一個學習經驗，使學生直觀的想法能與現代科學的觀點相聯結。並且更進一步發展和修正後，最後才提出探索、發明、發現、三階段的學習環教學法。後來，被多位知名的的科教學者修正內容及更名，這些學者包含熊召弟（民 84）、Fraser & Tobin,（1998）及 Hackett,（1991）等多位學者。

參、學習環教學策略與內容

一、學習環教學策略

學習環分為三階段，可運用於科學題材與教學策略（Purser & Renner , 1983）。運用時應注意的是，不能任意改變三階段的順序或是刪除任一階段，否則即不再是學習環教學策略，以下是學習環教學策略三階段的描述。

（一）探索

學習環的第一個階段，每一個學習環教學模式皆以活動開始，藉由活動提供學生一些對於現象直接的經驗，亦即物體的操作，在此階段，教師介紹學生一個任務或問題，此種挑戰是開放性的，足夠讓學生在多種策略中選擇。此階段讓學生參與一個有趣的活動，該活動作為學習一特定概念與相關字彙的基礎，也給予學生機會去發表對該學科主題的先前知識，且使教師有機會去解釋並改正學生對自然界不正確的觀點，發展正確的知識。並促使學生獲得觀察、測量、實驗解釋、預測和建立模式等經驗，使學習者擴展其心智結構。因此探索階段需要大量的學生與教師、學生與學生間的交互作用。

（二）概念發展

在學習環的第二階段，學生由探索階段所獲得的資料，在教師引導之下，由學生討論並比較預期結果與實際發觀察發現不符的原因而達到理解。當教師發現，概念由學生的討論中浮現的時候，教師才進行敘述之（Unruh, Countryman & Cooney, 1992）。並進而介紹與概念相關的專有名詞，利用各項器材與資源，釐清思考和澄清概念（Barman, Cohen & Schedd, 1993）。

（三）概念應用

在概念應用階段，學生對該課或單元形成概念並能推論他情境，學生藉著第一、第二階段所學的概念，去解決新的問題（Unruh, Countryman & Cooney, 1992）。在此階段，教師提供一個新的、學生不熟悉的活動來強化生在第二階段所發明的概念，運用於新的情境的可能性，並增加對理論與模型進一步的了解（Scharmann, 1991）。在此活動中，教師引導學生比較、觀察、測量、解釋，也鼓勵學生建立模型（Purser & Renner, 1983）。

若無各式各樣的應用，這些概念仍可能留或被限制在當初所定義或討論的例子，多數的學生因此無法將概念從具體的例子加以抽象化，並推廣至其餘狀況。應用的活動可協助那些概念組織能力較慢、未能將教師最初解釋與他們自己的經驗做適當和充分銜接的學生（姚珩，民83）。在概念應用階段，學生可發覺對概念不清楚的地方，而此階段動亦可作為另一個學習環開始的探索活動

(Dykstra, 1982)。

因此在學習環教學中，教師所扮演的角色不再是一個知識的傳輸者，而是一方面傾聽和注意學童再探索時進展情形的觀察者，一方面也是引導學生注意他們的摸索與首要的科學概念間相互關係的引導者（姚珩，民 83）。學習環的三階段教學模式圖如下圖 2-8 所示。

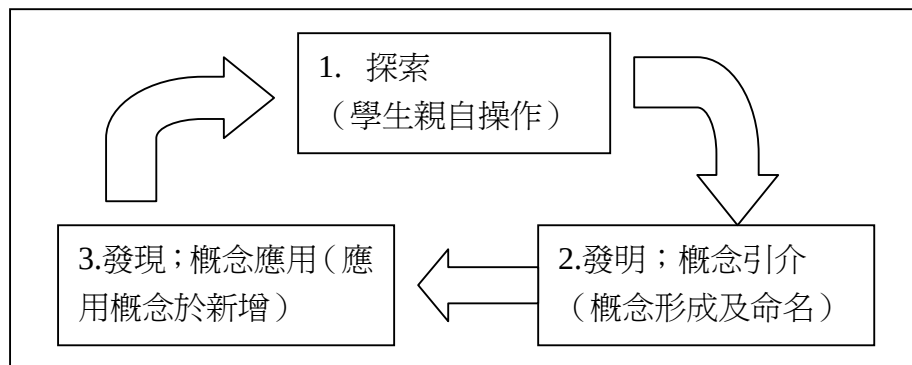


圖 2-8 學習環的三階段教學模式圖（姚珩，民 83）

二、學習環教學內容

學習環三階段教學過程的內容為：「探索、發明」；「概念引介、發現」及「概念應用」（鍾聖校，民 88）。在三階段的過程中，教師和學生分別要做的事情如表 2-3 所述。

表 2-1 學習環三階段教學過程內容說明。(許順欽，民 92)

階段名稱		概念探索階段
教師與學生的角色	教師	針對想要教導的概念及培養的科學方法，安排教學情境，提供令學生感到興趣的觀察事件，引發學生去探索。
	學生	積極探索現象，採用有關的科學方法研究問題，並在整個學習過程中和同學合作、討論、交換意見。
階段名稱		概念引介階段
教師與學生的角色	教師	蒐集學生探究的經驗加以整合，當學生嘗試用自己的話述說某概念時，師科學界習實使用的術語或名詞介紹給學生，協助他們形成更完整的科學概念。
	學生	將探索的結果發表出來，並與同學及老師討論，歸納結果，從而形成較成熟的科學概念。
階段名稱		概念應用階段
教師與學生的角色	教師	陳述一個或多個新情境或提出新問題，要學生應用上述發展出來的概念去推認或解答。
	學生	將發展出來的概念活用於新情境，能解答相關問題。

三、Hackett 的四階段學習環

由 Karplus 在 1967 年提出的學習環三階段內容及名稱：探索、發明、發現，因為有許多教師並無法完全掌握「發明」、「發現」在教育情境中的涵義，Karplus (1997) 乃將學習環的三階段更名為「探索」、「概念引介」、「概念應用」。而 Hackett (1991) 對國小自然科教學提出導入、探索、發展、應用的四階段學習環。

陳惠芬 (民 89) 認為有關學習環定位可以是大型的，提供其他延伸學習章節的發展性課程；也可以是小型的，並構築一種引導發現式探究或其他小學生的課程。也就是說，在較大的循環內，會有一種自然的循環，學生在導入探索應用中，所發現的新問題又將形成下一次學習循環的契機，而環環相扣，接著產生更新一波的學習循環。Hackett 的四階段學習環如圖 2-9 所示。

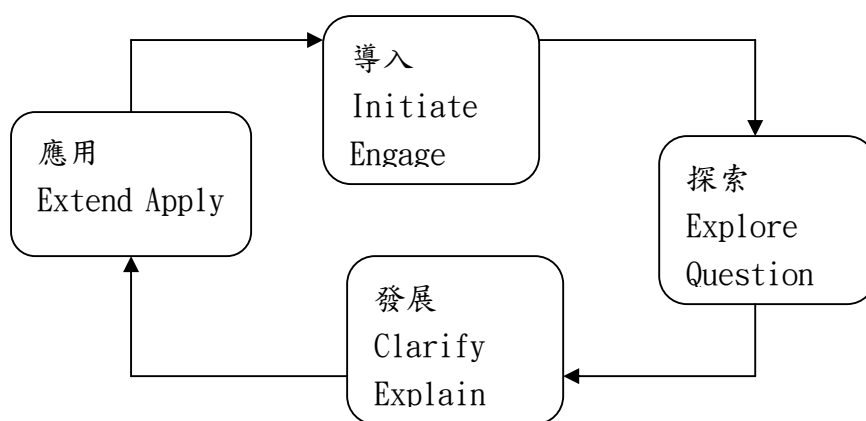


圖 2-9 Hackett 四階段學習環理論 (Hackett, 1991)

肆、有關學習環的教學成效

黃慧琳（民 83）採準實驗研究設計，讓五年級學生分別接受學習環教學法與教師慣用教學法。結果發現：學習環教學策略有助於學生高層認知能力的發展，並且提高學生的學習成就。

吳坤璋（民 88）透過行動研究方法，結合學習環策略與電腦網路，在國小自然科教學過程中進行研究，探討學生對自然科教學的感受及成效。該項研究結果顯示，以學習環策略來形成教學活動主軸，結合網頁教材畫面呈現探究問題情境、概念應用問題，學生表示喜歡自己動手做實驗、自己想答案。

綜合黃慧琳（民 83）、吳坤璋（民 88）的看法，研究過程中以學習環教學策略，克服國小學童奈米科技的學習過程，含有高科技名詞不易理解的困難。

陳惠芬（民 89）以學習環進行教學研究，結果顯示，以學習環教學模組進行教學的實驗組，統整科學過程技能的表現，較未進行學習環模組的對照組好。

許順欽（民 92）以學習環為架構，設計喝水鳥的教學活動，目的在探討國小四年年學童提昇創造性問題解決的能力的改變。研究結果發現：可提高學童的學習興趣及自信心，增加科學知識，促進創造性問題解決思考的能力，教師對學習環教學策略也持肯定的態度。

綜合陳惠芬（民 89）、許順欽（民 92）的看法，研究過程中，面臨學童探

索科技議題的興趣及技能方面的經驗不足，以及引發創造性思考的困境；研究過程中，採用學習環教學策略提昇學童過程技能的表現，提高學童的學習興趣及創造性問題解決思考能力。

由於學習環定位可以是大型的，並提供其他延伸學習章節的發展結構；也可以是小型的，並構築一種引導發現式探究或其他小學生的課程。換言之，在較大的循環之內，會有一種自然的循環。學生在導入探究應用中，所發現的新問題又將形成下一次學習環的契機，而環環相扣，產生更新一波的學習循環（陳蕙芬）。

詹慧齡（民 91）以學習環為基礎，進行資訊科技融入教學，試圖建構出一套最適合研究者在現有環境下的教學模式與策略。指出淵源於皮亞傑認知發展理論的「學習環（learning cycle）」教學模式，是少數符合建構主義的教學理念的教學模式之一，其在教學成效上一直有不錯的表現。隨著「主動建構知識」的理念逐漸為教育界人士接受的今日，如何將主動建構的理念落實到實際的教學，「學習環」實為極佳的媒介之一（林曉雯，民 84）。更重要的是「學習環」教學模式有一定的教學活動階段可以依循，每一個教學階段也都可以融入適當的資訊科技，以提升學生的學習效果，對強調「資訊科技」融入「自然與生活科技」學習領域教學的九年一貫課程而言，「學習環」也是一個值得推廣的教學模式。

綜合上述，國內外有關學習環的論述頗多，多半肯定可以應用於科學題材與教學策略；又綜合吳坤璋（民 88）、詹慧齡（民 91）及林曉雯（民 84）三位的看法，認為以學習環結合資訊科技，有助學童在自然生活科技方面的學習與探索。基於上述多位學者對學習環於教學的肯定，過程中，研究者運用學習環結合資訊科技，來教導兒童利用前三段所學習到的科技議題概念，在體會奈米議題的新奇性之後，將它應用在日常生活問題解決。

第三章 研究過程及方法

第一節 研究設計理念

不論是企業或教育都要能突破、創新才能享受競爭優勢，研究者以資訊融入奈米議題教學，方法為學科內主題統整，並以應用知識管理及 Hackeet 學習環理論介紹以奈米議題，進行融入式教學。期望研究者能於過程中，尋找一套科技議題教學的模式；並討論資訊融入在研究過程當中所扮演的角色；評量學生的學習成效及教師的專業成長。配合奈米科技國家型計畫之執行，奈米科技人才培育向下延伸至國中小學之機制應儘速配合建立，特別是九年一貫課程當中「自然與生活科技」之學習領域課程教學模組的設計，教案規劃及教育活動的實施方式，身為教育工作者，應該引導小朋友們從生活中習得知識，獲得生活技能及科學素養，養成關心科學新知的態度。

第二節 研究方法的選取

科技議題奈米應用教學的課程設計與實施是一種複雜的歷程，其間的關係若以量化的研究方法進行，可能僅止於表層的探討。尤其是科技議題奈米應用的課程設計與實施背後深層的意涵，諸如教師的運作課程、學生的經驗及影響因素等複雜的性質研究，並非以量化研究能夠完全詮釋清楚的。所以，本研究在研究計劃、研究資料的蒐集、整理分析與詮釋均採取質性研究的觀點為主，輔以量化數據，期盼能描繪出最貼近真實情境的面貌，行動研究示意圖如圖 3-1。

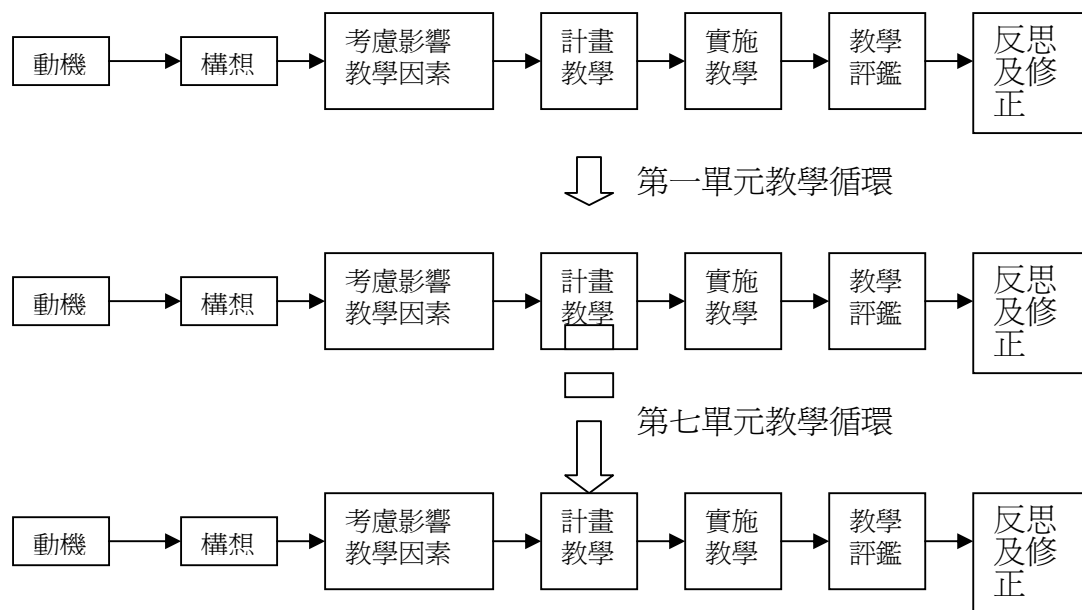


圖 3-1 行動研究循環圖

第三節 研究架構

根據上述研究設理念，歸納研究設計，整理出研究架構如圖 3-2，探討教師如何運用知識管理策略、學習環與資訊工具，以奈米議題為例來進行科技議題融入國小自然生活科技教學，期待學童能將習得的知識應用於日常生活問題的解決。找出科技議題奈米應用的教學模式，關心教師的專業成長、學童的學習興趣與反應。

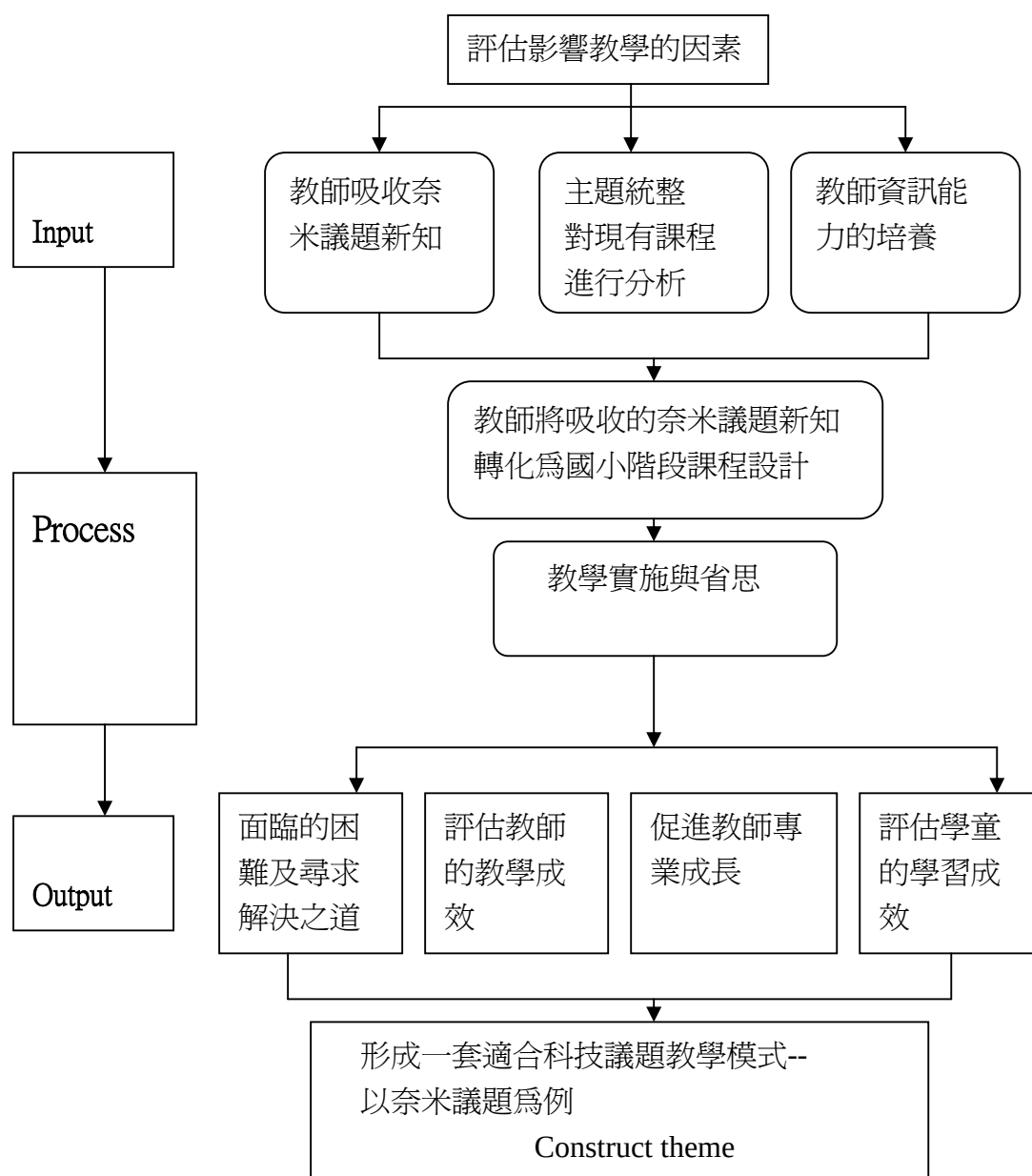


圖 3-2 研究架構圖

就應用學習環於研究架構而言，包含圖 3-2 當中的教師吸收奈米議題新知的方式、課程設計的過程、巨觀漸向微觀的理念、謀求困難與問題解決之道、評估學童的學習成效的方式等等。

就應用知識管理於研究架構而言，包含圖 3-2，包含教師吸收奈米議題新知的方式、對現有的課程進行分析、教師資訊能力的培養、教學內容以巨觀漸向微觀的方式進行、評估教師的教學成效、面臨的困難與尋求解決之道、促進教師的

專業成長與評估學童的學習成效等。

就資訊科技在研究架構當中所扮演的角色，如圖 3-1 當中的教師資訊能力的培養、課程設計、面臨的困難與解決之道以及評估學童的學習成效等等。

第四節 研究情境

一、研究者

民國八十三年畢業於花蓮師院數理系自然組，目前任教於某所國小，教學年資九年，參與 92、93 年東區奈米科技 K-12 人才培育計畫(East Taiwan' s K-12 Promotion and Training Program for Nano-Science and Technology)，為奈米科技種子教師。民國九十一年九月進入國立花蓮師範學院國小科學教育研究所就讀。

二、研究者的角色

在本研究當中，研究者的角色是「教師即研究者」，平日除了蒐集教學資料、設計、建置維護網路工作室與安排教學活動、進行教學之外；並且蒐集教學錄影及學生學習等相關資料，再由蒐集到的資料進行反思及記錄，作為改進教學的參考。

三、研究對象

行動研究的對象包含研究者本身，以及東部地區鄉村型國小五年級的一個班級，共 20 位學童，具有基本的文書處理、簡報製作與網路資料搜尋能力。

四、學生的基本能力

基本的文書處理 word、影像編輯軟體小畫家及 photoimpact、網路蒐尋、奇摩家族收發電子郵件、使用數位相機等等。

五、研究場地

主要為研究者所服務學校裡的電腦教室和自然科教室，次之則為校園水生生態池及參觀高等學府實驗室。

第五節 研究規劃與流程

本節先將述研究者在進行本研究之前，針對科技議題奈米應用教學活動影響因素進行評估，其次以圖 3-2 來說明本研究的完整流程。

壹、研究的實施

研究者以康軒版民國九十三年元月出版五年級下學期四個單元為例進行研究。研究者目前只有任教五年級某一班的自然生活科技，於是出現了一種想法，就是依照表 2-2，適時引入科技議題奈米應用教學。在教學的過程中包括分析每個奈米題議的意涵。並以融入式教材設計為出發點，強調奈米科技的新奇性，試圖以一位老師的角度，尋找現有的課程單元內，具有奈米議題可引入的空間。有關引入奈米科技議題的教學活動部分，由研究者來執行，預計在四個月內完成。每一單元有關奈米議題引入的部分佔 3 小時，共計 21 小時。應用知識管理策略及 Hackett (1991) 學習環理論的導入、探究、發展、應用為架構，藉重資訊科技之便，探討科技議題奈米應用教學的歷程，過程中所面臨的困難及解決之道，分析其主要影響因素，並以科技議題奈米應用教學學生學習興趣問卷、訪談、主題式評量、期末評量試卷及網路學習單來檢測學生的學習成效。

一、教學前準備

(一) 研究者課程設計能力的培養

1. 研究者本身能力的培養

民國九十二年、九十三年月研究者服務的學校有幸被國立東華大學東區奈米人才培育中心選為合作學校之一，而研究者則為本校五位奈米科技種子教師之一，此項合作學校在東區部分，國小二所，國中二所，高中二所。研究者運用知識管理策略將獲得的經驗與知識，儘可能轉化為國小學童可接受的課程設計。並於民國九十二年的十月開始接觸 ASP 程式設計，培養建置網路工作室的根基。

2. 同儕教師互助

與同為奈米科技種子教師交換科技議題奈米應用課程設計意見，分享心得，並討論學生的反應。

3. 尋找奈米議題的嵌入點

於現有的教材當中尋找科技議題奈米應用教學可引入的空間，在本研究當中，研究者發現，其實在康軒版 93 年元月出版的國小自然生活科技當中，可以找到共有 8 次可以引入知識創新奈米議題的時機，屬於融入式課程設計。雖然在課本當中未提及「奈米」兩個字，但實際上卻有「奈米」的概念存乎其中。

(1) 縱的分析-本研究的前置作業

以下就康軒版國小自然與生活科技課程為例，嘗試舉出研究者認為可實施奈米科技教學的單元。表 3-1 為康軒版 1-12 冊可引入科技議題奈米應用教學的空間—縱的分析。

表 3-1 康軒版國小自然生活科技 1-12 冊奈米議題引入課程（縱的分析）

項次	單元名稱	單元目標（現有課程內容）	引入奈米議題時機（研究者設計）
一	校園裡的花木	（一）透過觀察和分類科學方法，獲得以下概念： 1、花兒有不同的顏色狀、大小和氣味等特性。 2、樹幹、樹葉有不同的顏色、形狀、大小、氣味和質地等特性。 （二）培養愛護花木、尊重自然的習慣。	議題（一）： 那一天我們去蓮城 蓮花效應，在荷葉上的露珠為什麼是一粒一粒的？ 設計者：志學團隊鄭榮祺老師
二	熱的傳導和保溫	（一）透過觀察、測量及操作等科學方法，獲得以下的概念： 1、熱是由高溫處傳到低溫處。 2、熱有各種傳播方式。 3、不同材料的導熱性質不同，可用來隔熱或散熱。 （二）培養細心觀察的態度。	議題（二）： 保溫大師 奈米黏土製品的保溫效果與一般的保溫容器效果會一樣嗎？
三	微粒的運動	（一）透過觀察、測量及操作等科學方法，獲得以下的概念： 1、空中有微粒灰塵，可用強光看出其運動情形。 2、水中有微粒，可用強光看出其運動情形。 3、顯微鏡下的粒子是怎麼運動的？ （二）培養好奇、細心觀察及客觀的態度。	議題（三）： 奇特的運動 奈米級的顆粒長什麼樣子？怎樣運動？
四	無孔不入的水	（一）透過觀察、推理等科學方法，獲得以下概念： 1、水在孔隙中有毛細現象。 2、地面上的水滲透到地下，形成地下水。 3、汙染物會隨著水滲透到地下水裡。 （二）培養保護水資源，避免地下水汙染的習慣及態度。	議題（四）： 無孔不入的水 比較奈米水與蒸餾水的毛細現象有何異同？
五	顯微鏡下的生物	（一）透過正確操作顯微鏡的過程，獲得以下概念： 1、顯微鏡可以幫助我觀察微小的物體。 2、植物胞和動物細胞構造不同。 3、細菌的外形有其特殊的構成。 4、細菌生長受水和溫度影響。 （二）培養仔細操作及愛護顯微鏡的習慣。	議題（五）： 超級放大鏡 驚異大奇航 STM 顯微鏡下的生物長什麼樣子？
六	五彩繽紛	（一）透過測量、操作、試驗等科學方法，以下概念： 1、顏料能調配不同的顏色。 2、生活中環境中特定的顏色代表不同的意義。 3、了解皮膚美白的方法。 （二）培養應用色彩、美化環境的能力。	議題（六）： 讓自己漂亮一下 奈米級的化粧品防曬實驗效果會比非奈米等級防曬產品更好嗎？
七	植物的水份蒸散	（一）透過觀察和推理等科學方法，獲得以下概念： 1、植物的根可以吸收水分。 2、植物的莖可以輸送水分。 3、植物的葉可以蒸散水分。 （二）培養好奇進取、積極探究的精神。	議題（七）： 誰跑得快？ 比較不同水分子的大小，會不會影響植物水份蒸散的快慢？
八	生活中的工具	（一）透過操作、形成假設及驗證等科學方法，獲得以下概念： 1、槓桿裝置中，施力臂比抗力臂長則省力；反之則費力。 2、輪軸可以改變用力的大小。 3、利用斜面做可以節省力氣。 4、不費吹灰之力-利用自潔效應清洗牆壁。 （二）養解決日常生活問題的能力，及好奇進取的態度。	議題（八）： 清潔溜溜—自潔效應 奈米塗料與一般塗料的功用有什麼不同？（奈米塗料的自潔效應）
九	玩磁鐵	（一）透過觀察和傳達等科學方法，獲得以下概念： 1、磁鐵能吸引鐵製品。 2、磁鐵隔著紙、玻璃等還能吸引鐵做的東西。 3、磁鐵有兩極，同極相斥，異極相吸。 （二）培養共同合作、解決問題的能力。	議題（九）： 誰的身上有磁鐵？ 生物磁性的實驗（海龜、龍蝦、蜜蜂）
十	溶液	（一）透過觀察和簡易的實驗設計等科學方法，獲得以下概念： 1、物質的溶解量有限，且受濃度的影響。 2、等量的液，濃度不同，則重量不同。 3、根據液體其他液體交互作用的結果，了解不同的液體有不同的性質。 4、膠帶為什麼可以黏住東西？ （二）培養細心觀察現象變化的能力。	議題（十）： 我貼我貼我貼貼 奈米膠帶的黏貼實驗
十一	可愛的動物	（一）透過觀察和傳達等科學方法，獲得以下概念： 1、陸上小動物各有不同的外形。 2、上小動物各有不同的運動方式。 （二）培養細心觀察的態度和愛護小動物的情操。	議題（十一）： 貝殼小勇士 摔不破的陶瓷和摔不破的玻璃杯、貝殼有奈米的構造嗎？用多大的力氣才能將它打碎（殼的部分）？

（2）橫的分析—本研究進行的脈絡

以研究者檢視康軒版五年級下學期的現有課程內容，其中雖未出現「奈米」這個名詞，但是確實有引入「奈米」議題的空間，部分內容與「奈米應用」著實

有相關之處。

表 3-2 康軒版國小自然生活科技第 10 冊奈米議題引入課程（橫的分析）

週次	教學日期	教學單元	教材內容	教學時數	基本能力暨能力指標	引入奈米議題的時機
五	02 29 ~ 03 06	一、製作玩具樂器	認識自製樂器的流程 活動 4-1 • 了解製作玩具樂器的過程。 • 了解工廠大量製作樂器的過程。	3	8-3-0-3 認識並設計基本的造形。 8-3-0-4 了解製作原型的流程。	秘密小針探 光碟機讀寫頭-介紹雷射光的意涵及應用 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
六	03 07 ~ 03 13	二、動物的生存能力	動物如何求生存 活動 1-1 觀察動物的覓食行為，了解動物的構造和覓食有關。 活動 1-2 • 了解動物維持體溫的各種方式。	3	1-3-1-2 察覺一個問題或事件常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。 1-3-3-3 由系列的相關活動，綜合說出活動的主要特徵。 1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。	我貼我貼我貼貼貼 壁虎--奈米膠帶 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
七	03 14 ~ 03 20	二、動物的生存能力	動物如何求生存 活動 1-3 • 透過保護色遊戲，察覺動物的體色和外形和環境相似時，不容易被發現。 • 了解動物隨著環境變色的意義。 認識動物保護自己、禦敵或避敵的方法。 活動 1-4 • 知道動物可以傳遞各種訊息。 • 認識社會性動物的徵。	3	1-3-1-2 察覺一個問題或事件常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。 1-3-3-3 由系列的相關活動，綜合說出活動的主要特徵。 1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。	下雨不愁--蜻蜓先生與蝴蝶小姐 奈米級表面構造 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
八	03 21 ~ 03 27	二、動物的生存能力	動物如何延續生命 活動 2-1 • 知道動物靠生殖延續後代。 • 認識不同的繁殖方式。	3	2-3-2-2 觀察動物形態及運動方式之特殊性及其共通性。觀察動物如何保持體溫、覓食、生殖、傳遞訊息、從事社會性的行為及在棲息地調適生活等生態。 2-3-2-3 知道動物卵生、胎生、育幼等繁殖行為，發現動物、植物它們的子代與親代之間有相似性，但也有些不同。	24 小時導航系統 蜜蜂、海龜--生物磁性 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
九	03 28 ~ 04 03	二、動物的生存能力	動物如何延續生命 活動 2-1 • 知道動物靠生殖延續後代。 • 認識不同的繁殖方式。	3	3-3-0-1 能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的。 5-3-1-2 知道細心、切實的探討，獲得的資料才可信。	貝殼小勇士--奈米等級構造的硬度 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
十一	04 11 ~ 04 17	三、熱的傳播與保溫	熱與溫度	3	2-3-6-1 認識日常用品的製造材料(如木材、金屬、塑膠)。 2-3-6-2 認識房屋的結構與材料。 8-3-0-1 能運用聯想、腦力激盪、概念圖等程序發展創意及表現自己對產品改變的想法。	驚異大奇航--微觀世界之旅 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
十二	04 18 ~ 04 24	三、熱的傳播與保溫	熱是怎樣傳播的	3	2-3-5-1 知道熱由高溫往低溫傳播，傳播的方式有傳導、對流、輻射。傳播時會因材料、空間形狀而不同。此一知識可應用於保溫或散熱上。	保溫大師 奈米衣服--阻氣性高 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師
十七	05 23 ~ 05 29	四、氣的變化	大氣中的水	3	4-3-2-3 認識資訊時代的科技。 4-3-2-4 認識國內、外的科技發明與創新。 6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。 6-3-2-3 面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。 7-3-0-2 把學習到的科學知識和技能應用於生活中。	清潔溜溜 奈米塗料--自潔效應 課程設計者：志學團隊林桂櫻老師 鄭榮祺老師

依據五年級自然生活科技領域，下學期學科內的主題統整活動為主軸—橫的分析如表 3-3 所示。在本研究當中，研究者擬採用表 3-2 橫的分析進行研究。共計有七次引入奈米議題教學，單元內容各自獨立。

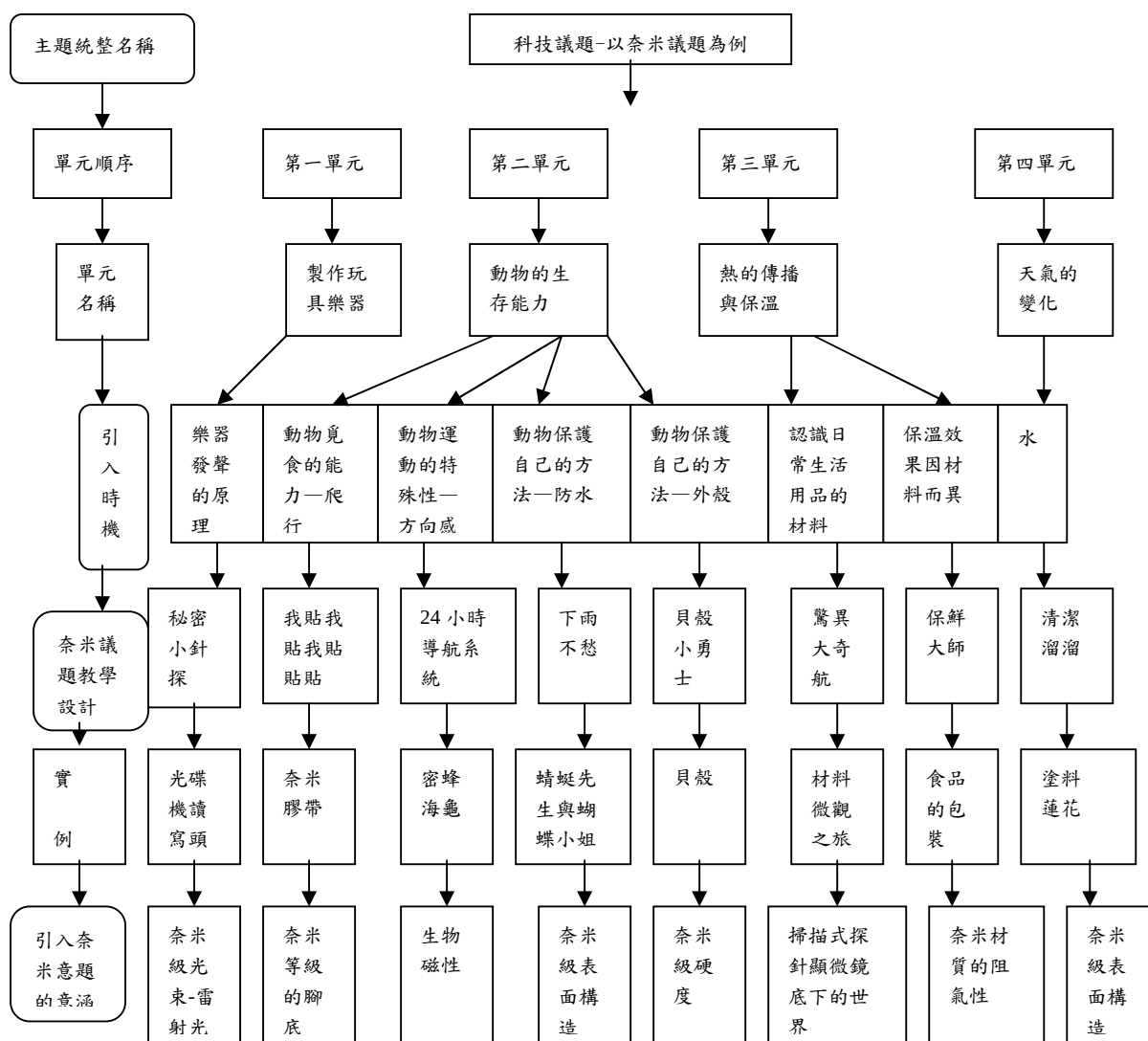


圖 3-3 奈米應用引入的時機

如圖 3-3 所示，研究者於 93 年康軒版尋找引入科技議題奈米應用的時機之後，一共設計了七個單元教學活動，共計 21 節課。

(二) 教學時間

本項教學實驗時間為民國 93 年二月 23 日到 93 年 5 月 27 日，實施教學的時間預計 8 週 24 堂自然課。

學內容

(三) 融入式課程設計

教學研究採用康軒版九十三元月出版國小五年級下學期自然生活科技為課程為主軸，奈米議題部分則屬於融入式課程設計，奈米應用融入的時機如表 3-1。

表 3-3 融入式奈米議題課程表

週次	實施日期	奈米議題課程設計	現有課程單元名稱	嵌入點
五	0229~0306	秘密小針探--光碟機讀寫頭	第一單元 製作玩具樂器	了解樂器發聲的原理
六	0307~0313	我貼我貼我貼貼貼-壁虎膠帶	第二單元 動物的生存能力	覓食的能力-爬行
七	0314~0320	下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐	第二單元 動物的生存能力	保護自己的能力-防水
八	0321~0327	24 小時導航系統-蜜蜂和海龜	第二單元 動物的生存能力	保護自己的能力-不迷路
九	028~0403	貝殼小勇士-奈米等級硬度的構造	第二單元 動物的生存能力	保護自己的能力-外殼
十一	0418~0424	驚異大奇航-材料微觀之旅	第三單元 熱的傳導與保溫	認識日常生活中的材料
十七	0523~0529	清潔溜溜-自潔效應	第四單元 大氣中的水	水與清潔

二、教學流程

研究者的課程設計理念主要為將以下三個部分，融合應用於試探性研究當中，希望藉此調整研究者的教學方式，做為改進教學模式的參考；包含知識管理的策略、學習環與資訊科技的運用等等，分述如下：

(一) 應用知識管理流程

根據圖 2-6，由研究者本身開始進行獲取新知，再進行整合、組織，成為有系統的知識，經由知識不斷地累積，與同儕教師互相分有關奈米議題的新奇性，促成知識及獲取經驗的流通，進而更新自我的認知和思考，就能漸漸達到知識創新的目標。在知識獲取的過程當中，學會蒐集資料固然很重要，但是更要的是學會如何判斷資料的品質，及如何應用以發揮最大的效果。如果習得的知識，僅止於認知而無法轉換應用或產生一些新的想法的話，正符合孔子的一句話「學而不思則罔，思而不學則殆」。由於知識的創新來自於不斷地創造，不論是教師的教學法或學生的求學的方法，唯有不斷地創新，迅速累積智慧資本，方能迎合知識經濟時代的發展潮流。

（二）應用 Hackett 學習環理論

至於研究者將如何應用 Hackett 學習環理論介紹奈米科技議題呢？Hackett 學習環理論的四階段為導入(Initiate Engage)、探索(Explore Question)、發展(Clarify Explain)、應用(Extend Apply)四階段，如圖 2-9，研究者希望藉由運用學習環來增進學童的學習成效。

（三）適時機應用資訊融入教學

在教學研究的過程當中，遇到教學場地、設備、實物缺乏及屬於比較抽象觀念的時候，則以資訊融入實施教學；整體來說是以巨觀漸向微觀、由具體到抽象的方式進行教學。

貳、研究流程圖

研究流程如圖 3-4，包含尋找研究主題、文獻探討、檢視研究者的知識背景與能力，可能面臨的限制與困難、尋求支援與協助、可行方式為何、確定研究主題、發展網路工作室、教學設計、實施奈米科技結合資訊融入教學、資料的蒐集與分析、研究結果與討論等等。

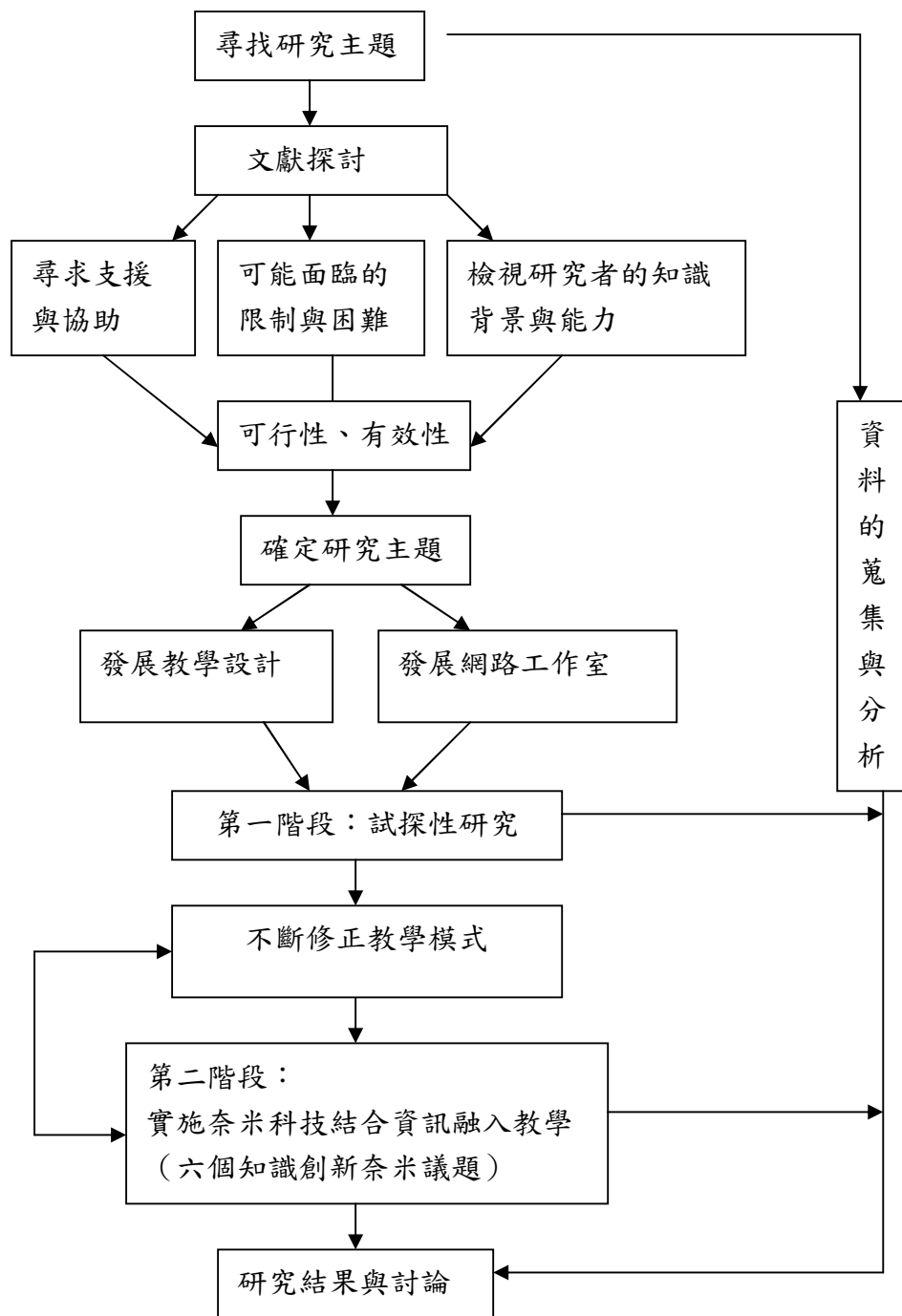


圖 3-4 研究流程圖

第六節 研究者的成長與訓練

一、課程設計能力

研究者服務的學校為東區 k-12 奈米科技人才培育中心的合作學校之一，而

研究者為該服務學校中五位奈米科技種子教師當中的其中之一。與同儕教師交換有關科技議題奈米應用的課程設計的意見，增進設計課程的能力，試圖將看似很難理解的議題儘可能轉化為國小學童可接受的教材。

二、程式設計的能力

學習 ASP 約半年的時間，能夠設計一個簡易的互動式網站，請參考研究者的網路工作室 (<http://www.jsps.hlc.edu.tw/classhome/林桂櫻/default.htm>)，多半以修改他人免費程式為主。雖然，研究者的程式設計功力尚淺，但因隨時主動閱讀書籍，請教校內對於程式設計有專長的教師，相關的問題大致上可獲得解決。

第七節 資料的蒐集、整理與分析

壹、資料蒐集的方式

主要有教師日誌、錄影、錄音、訪談、網路學習單、主題式評量、文件蒐集等，進行時效性的資料蒐集，並提供適時的回饋，以促成實際問題解決為導向。

一、教師日誌

研究過程中的教師日誌書寫於網路工作室當中的「教師日誌」，會自動出現研究書寫的日期和時間，期能真實達到「日誌」的功能。研究者於教學後寫教學省思日誌，以便記錄遭遇的困難和日後進行修改的參考。

二、錄影

研究者在學期一開始即放一部攝影機在教室內，讓學童比較習慣在有攝影機的環境下進行教學活動。為瞭解教學實況、學習者的學習過程，以及教學者所營造的教學氣氛，研究者於研究過程中架設攝影機於教室內進行錄影，在教學後研

究者就影片內容及錄音記錄，進行紀錄並轉成文字稿，來作為分析資料時參考的依據。並使用在課後，進行教學歷程的回顧與檢討。

三、錄音

研究者在學期一開始即放一部攝影機在教室內，讓學童比較習慣在有錄音筆的環境下上課。主要用途針對某部分學童進行錄音的資料蒐集，並轉錄成文字稿，以便瞭解其學習情形，做為研究者教學研究之參考。

四、訪談

本研究的主要訪談方法有二：

（一）非正式的會話訪談（informal conversational interview）

資料來源取決於互動過程中的自發性顯現，訪談過程相當具有彈性，此為與觀察參與者結合的主要工具。

（二）半結構式訪談

研究過程中，訪談的對象主要有：三位本校奈米科技種子教師、研究對象當中的八位學童、該班導師及另外一位試用網路工作室的老師（同為五年級任教自然科的老師）。

五、網路學習單

主要為應用科技之便，兼顧資料蒐集的時效性及節省用紙，希望從中獲知學生的學習成效。

六、主題式評量

題目的編排依單元均分，出題方式為亂數出題，題目內容兼顧原有課程及知識創新奈米議題內涵。並可以進行重覆性的考試，以滿足學童「再試一次」的需要。

七、學生的文件資料

研究期間，研究者持續蒐集學生的資料，其內容包括：學習單、教學現場錄影紀錄、訪談轉錄稿、學生自然生活科技的平時成績等書面資料，做為本研究的參考。

以下僅就資料蒐集明細表說明：蒐集的內容及對象、蒐集工具、資料型態、數量等等做一簡要說明：

表 3-4 資料蒐集明細表

種類	蒐集內容及對象	蒐集工具	資料型態	數量
訪談	本校三位奈米科技種子教師	錄音筆	數位檔	2
	八位學童	錄音筆	數位檔	6
	一位試用網路工作室的教師	錄音筆	數位檔	1
網路工作室	最新消息、留言板、線上討論、線上投票、網路學習單、主題式評量、行事曆編排、學習興趣問卷調查	網路工作室	資料庫	8
觀察	7 次引入奈米議題教學全程錄音	錄音筆	數位檔	8
	7 次引入奈米議題教學全程錄影	DV	數位檔	8
教師日誌	研究者以事件、省思、設計構想、遭遇困難、因應之道、學童的學習成效等六方面紀錄的教師日誌	網路工作室	資料庫	1
文件資料	學習單、小組報告、教學現場錄影紀錄、訪談轉錄稿、學生自然生活科技的平時成績	研究者、學童、導師	書面轉成數位影像	2

貳、資料的整理與分析

研究資料分析係採取質的研究 (Qualitative method) 所主張：在研究過程中不斷蒐集資料、進行分析，形成初步的結論，再進一步蒐集更多的資料、進行分析、形成進一步的結論過程 (Guba & Lincoln, 1989; Miles & Huberman, 1994)，並透過持續比較、多重來源三角較正等方式來分析資料。

一、資料的整理

本研究的整理可以分為訪問的資料、網路工作室的資料、觀察、教師日誌、文件資料五個部分來說明。

二、資料的分析

在質的資料分析方面，採用持續比較和多重來源比較的方法來確保分析的品質。研究者將教學的構想，經由七次循環的經驗相互比較，並藉由多重的資料來源對照，驗證研究者建構過程的成效及完整性。資料分析的方法如下：

（一）持續比較

資料單位是指呈現某個編碼類屬（category）的最小件資料，一個資料單位是指錄音、錄影、觀察記錄、文件資料蒐集、訪談、教師日誌、學習興趣調查問卷、網路學習單、線上投票、留言板、主題式評量等資料上的某一個句子、一段話、一段敘述、兩三段對話、或連續三、四段的描述。依照主題及時間流程，不斷的進行各編碼間的屬性作持續性比較分析，以便歸納並分類整理屬性相近的編碼，發展到較高層次的類屬，一直到確立主要架構為止（Strauss, 1987）。

（二）三角校正（triangulation）

在本研究中，研究者採用避免偏見的三角校正分析策略包括：

1、學習者效化（learner validation）

在研究過程中研究者除了記錄學生的反應，並且多方收集資料的來源，以支持研究者的想法。在本研究當中，研究者在有關學習者效化方面蒐集資料的來源包括：錄音、錄影、觀察記錄、文件資料、網路學習單、留言板、線上投票、學習興趣調查問卷、訪談、教師日誌等。

2、同儕效化

所謂同儕效化是指研究者將自己的想法公開，並請同儕與外來的指導者（external consultants）作為批評朋友（critique friend），透過討論、批

判來進一步澄清研究者的主觀想法，因此同儕與外來指導者的回饋是不可缺的。在本研究過程當中，研究者所建構的觀點、資料分析的結果與指導教授晤談，與三位同為奈米科技種子教師交換心得、意見，與該班導師及一位試用網路工作室的同儕教師討論，並聽取他們的意見、分析，以幫助研究者澄清觀念和想法，以便更進一步採取有效的教學策略。

3、自我效化 (self validation)

在研究的過程中，研究者必須誠實的將整個研究過程詳細的敘述出來，尤其是自我反省的部分；為達此目標的方式有包含長期觀察、三角校正、不同資料來源、不同的資料蒐集與分析資料，期望能反應出研究情境的真實性。

(三) 資料分析架構

研究者在質的分析資料上，採用持續比較和多重來源比較的方法來確保分析的品質，藉由多重的資料對照，以驗證研究者建構過程的成效及完整性，因此使用持續蒐集資料，以及不同資料來源進行三角校正。資料分析架構圖如圖 3-5

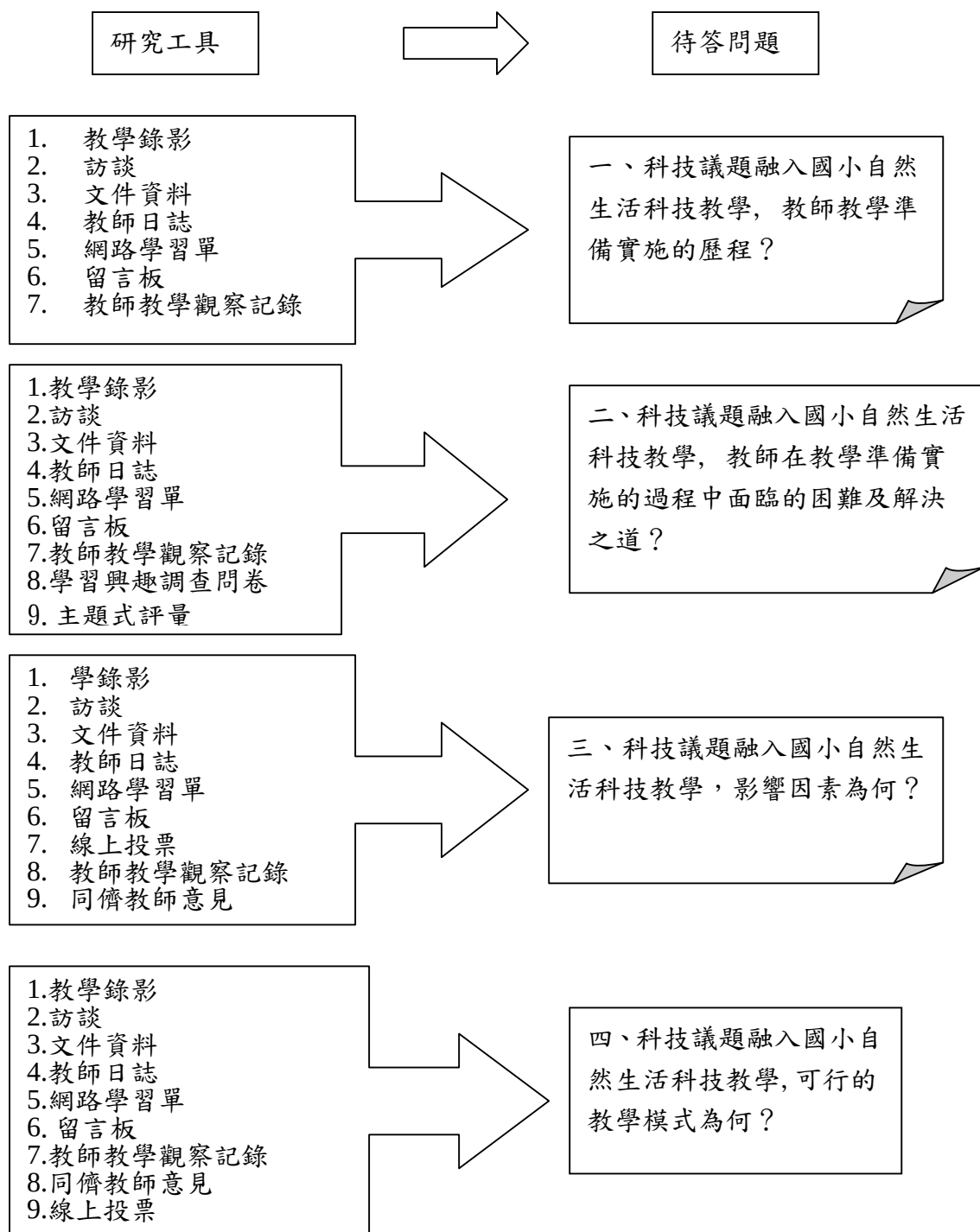


圖 3-5 資料分析架構圖

(四) 資料的種類與格式

本研究之各項資料與格式如下：

1. 教師日誌（誌-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之教師日誌

2. 教學現場錄影（錄-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之教學現場錄影
3. 教學現場錄音（音-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之教學現場錄音
4. 學生訪談資料（S 訪-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之學生訪談資料
5. 教師訪談資料（T 訪-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之教師訪談資料
6. 最新消息（消息-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之最新消息資料
7. 我要留言（留-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之我要留言資料
8. 線上投票（投-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之線上投票資料
9. 教學研討（研討-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之教學研討資料
10. 網路學習單（網單-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之網路學習單資料
11. 書面學習單（書單-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之書面學習單資料
12. 專家協助（專-20040309）：該份資料為 93 年 3 月 9 日之專家協助資料
13. 校內教師（T1）：表示編號 1 之校內教師
14. 專家（P1）：表示編號 1 之專家
15. 學生（S1）：表示編號為 1 之學生

參、研究信度、效度

為提升研究品質，本研究採多元檢証方式，邀請該班級導師一位、奈米科技種子教師三位、一位試用網路工作室教師及學童八位，對課程設計與實施成效，進行理解、詮釋與批判，並給予研究者意見，並填寫意見調查問卷（網路版），以便與研究者個人的詮釋反覆比對、修正，期能獲取較為明確且較一致的觀點。佐以訪談資料、文件蒐集、觀察、教師日誌、網路學習單、主題式評量、學習興趣問卷等資料進行多元檢証。具體做法是將上述資料依待答問題進行資料核對，發現有出入時，再請該班導師、學童、奈米科技種子教師、試用網路工作室教師

等進行檢核與修正。至於研究者個人偏見，則藉由上述四類人員及資料的檢核來降低研究者的詮釋訛誤，使資料更接近真實情形，以增加本研究信、效度，並作為整理研究發現與結論的依據。

肆、研究倫理

有關研究倫理方面，在研究的過程中，研究者係採取以下的做法：

一、資料蒐集

研究者在蒐集、使用研究資料、進行觀察與訪談之錄音、錄影工作，都能事先徵求當事者的同意。

二、尊重學童的意願

在研究的過程中採取鼓勵主動參與學習活動。

三、成果共享

除了與本校五位奈米科技種子教師及一位網路工作室試用教師，共同分享研究成果及回饋以外，並於 93 年十月，于校內舉辦科技議題奈米應用教學研討分享研習。

四、化名與代碼

寫報告時校名及姓名一律改換成化名或代碼，避免研究學校、班級、學童、該班導師、奈米科技種子教師、試用網路工作室教師及被訪談者帶來一些困擾。

第四章 研究結果與討論

本研究旨在探討科技議題融入國小自然生活科技領域當中的奈米應用教學，找出一套可行的教學模式，第一節針對「科技議題融入國小自然生活科技教學，教師教學準備實施的歷程」進行探討；第二節針對「科技議題融入國小自然生活科技教學，教師在教學實施的過程中面臨的困難及解決之道」進行分析；第三節對「科技議題融入國小自然生活科技教學的影響因素進行分析」；第四節則是希望能進一步建構出適合而可行的科技議題教學模式。

第一節 科技議題融入國小自然生活科技教學，教師教學準備、實施的歷程

如同文獻第四節 Davis (2002) 指出：「奈米科技也許是世上最小的科學之一，但卻有最大的潛能。」，研究者亦認為奈米科技是未來科技和產業最主要的驅動力。本小節詳述研究者四個月內，以五年級一個班實施奈米議題教學的歷程，在七個教學循環的過程當中，本著行動研究的精神從動機、構想、考慮教學因素、擬定教學計劃、實施教學、教學評鑑，不斷地進行反思及修正。企圖配合奈米科技國家型計劃之執行，奈米科技人才陪育向下延伸至 k-12 階段；在教學歷程當中應用知識管理的策略、Hackett 的學習環策略及運用資訊科技進行教學，教師不斷地多管道吸收奈米議題新知，增進應用資訊科技融入教學的能力及尋求各項資源與行動研究做一結合。

壹、教學準備的過程

以下僅就教學準備過程中，教師運用知識管理、學習環策略與資訊科技的情形做一探討。

一、知識管理

（一）獲取

如文獻第四節所述，由行政院國家科學委員會所主導的國家奈米型科技計畫已於九十一年九月開始啟動，首要任務為建立奈米人才之培育機制，建構跨領域、創造力、國際觀、智財觀之學習主體，串聯至國小、國中、高中職(k-12)、大學、在職訓練甚至是終身學習(Life Long Learning)。根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表複選第2題，得知校內教師認為增進奈米議題教學能力的主要途徑，依序為奈米科技種子教師之間的意見交流、參加奈米研討會、網路搜尋、參加奈米論壇。研究者將各種吸取奈米議題新知管道的特色分析如表4-1-1。

表 4-1-1 各種吸取奈米議題新知管道的特色

項次	吸收新知管道	特色
一	相關研習課程（短期）	推廣性質，花費時間較短
二	奈米科技種子教師培育課程（長期）	一系列有規劃的課程，要花較長的時間
三	網路搜尋	便捷性，但較無學習規劃
四	宣傳、廣告、商品	難以辨識真偽
六	簡易奈米實驗	利用簡單的實驗設計來檢測其新奇的特性
七	參觀實驗室	實地參觀奈米等級的實驗設備
八	研討會	跨校研討會、校內奈米科技教學分享研討會
九	與專家對話	奈米論壇

（二）整合

奈米科技已成為全球的議題，研究者自加入東區奈米科技 k-12 種子教師的行列之後，即不斷思索如何將奈米科技人才向下紮根至國小階段，評估於國小自然生活科技進行奈米議題教學的可行性，分析現有教材之後，發現有引入奈米議題的空間，並嘗試排除重重障礙。評估研究者的課程設計能力、應用資訊科技教學的能力、場地、設備、行政支持、人際互動等等，發現困難重重，主要影響因素如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2 科技議題教學可行性與影響因素分析

		影響因素			
知識管理策略	教師的能力	教師的資訊科技能力	套裝軟體	Office 2000	
				Porwerdirector	
				Ezvedio	
				ezedit	
		網站設計 (可自行設計或使用現成的工具)	Html		
			記事本		
			改寫免費的 ASP		
			IIS 伺服器端與客戶端的概念		
		Acess 資料庫的使用			
		教師的課程設計能力	參考他人	需要改寫成適合自己班級實施的課程	
	自行設計		吸收與轉化之後，再自行編寫		
	教師的背景知識	科系背景	相關科系	較容易理會、吸收及轉化相關知識	
			非相關科系	需要充實跨學科的知識	
		研習	短期研習	屬於推廣性質居多	
長期進修			一系列規劃的課程		
學習環境教學策略	學生的能力	前置經驗	現行自然課本裡面並沒有提到「奈米」字眼		
			日常生活當中對於奈米產品的認識		
		資訊能力	資料搜尋的能力		
			整理與消化資料的能力		
教學現場配合的條件	現有課程的進度	四個月			
		20 週			
		四個單元			
	教學研究時程的規劃	七次循環			
		共 21 節課			
	校內支援	場地、設備借用	長期借用電腦教室		
		行政支援	配課任教自然生活科技		
	校外資源	校外組織	國立東華大學研發處 東區奈米科技 k-12 人才培育中心		
		校外專家	東華大學奈米科技 k-12 人才培育中心教授群		

整合校內外的資源。研究前，研究者所使用的教學資源大都屬於校內，大多數教師比較常用到的部分；研究過程中，為了要使得學童達到預期的學習興趣，

不得不向校外尋求資源，並獲得鄰校國立東華大學研發處、奈米科技 K-12 人才培育中心的協助，包含師資培育、奈米材料的提供、為學童舉辦奈米專家演講、帶領學童參觀實驗室並進行解說等等。校內提供的資源則包含免費的網頁空間、導師的同意、行政的支持、20 位學童為期四個月的共同參與；如文獻第三節 Grant (1996) 指出「資訊融入教與學的全新面貌，須要融入課程目標、融入教育，還要獲得財政與同事的支持。」的看法不謀而合。

(三) 累積

奈米議題教學是一種追求科技新知的做法，但是因為目前鮮少有前人足跡可尋，教學對象又是屬於年紀比較小的國小學童，在研究的過程中，研究者致力於本身有關奈米議題教學的專業知識成長，不斷地增進個人的課程設計的能力，以提昇教師的教學成效為目標。

研究者最初聽取奈米論壇的課程，對奈米材料所產生的新奇性印象非常深刻。但是，畢竟偏向學術性的理論對於國小學童的學習來說，恐怕還要由教師吸收轉化之後，才能成為比較適合國小學童的教材。如同奈米科技教學研討會教師意見回饋表第二題，校內教師認為自己能將吸收到的奈米相關知識，適度地轉化成為教學內容，非常同意的有 5.9%，同意的有 35.3%，沒意見的有 17.6%，不同意的有 41.2，顯示轉化為課程設計對教師而言，尚有某種程度的困難。

研究者以現有課程為架構，尋找可引入奈米應用的空間，以康軒版 93 年元月出版五年級下學期的自然生活科技課程為主軸，一共找到了七次機會。在課程設計能力方面，則是以參考奈米科技同儕教師的教學設計、修改奈米論壇簡報、評估各項可用的支援與資源、學習多媒體製作、轉檔、剪輯等方式來進行。

研究者一開始由參考奈米科技同儕教師的教學簡報設計「那一天我們去蓮城」著手，接著改編奈米論壇的教學簡報設計，進而自行設計相關課程。所以，以研究者的經驗歸納來說，教學設計的難易順序由簡入難依序為參考同儕教師的教學設計、改寫他人的教學設計、自行設計教學教材、整合教材及各項資源。

（四）分享

集眾人的智慧，廣納同儕教師的意見。光是單靠自己的力量與智慧，想要設計出非常好的奈米議題教學設計，對研究者來說，是非常不易的一件事。有時候，可以由別人的教學設計看到自己看不到的部分，試著摒除一己的偏見，視野就變得無限寬廣。

就課程設計來說，T5 教師認為奈米議題課程設計是給學生對議題學習的一個協助，假如課程設計不當，就可能會降低學生的興趣。我們的課程設計目的應該是在於啟發學童對於新知的接受、興趣和創造力；所以，若是以這個角度來看，課程設計能力可能是要激發他們的學習機會和潛能，而不是要給他立即性的答案。

T7 教師認為在國小的課程裡面不太容易進行太高深的奈米真實實驗，所以對於國小學生來說比較不具體，但是我們嘗試讓他們認識奈米科技之後，對他們來說是一種啟發，所以，學生能夠學習奈米議題內容的難度的深淺，就要看教師的信念。

T2：就是例如說奈米鑽石啊！什麼、、、之類的。對他們的啟發。但是，那個無法在一般小學的現場進行這樣的實驗。（訪-20040629）

建議議從實物著手；從實物去體會奈米產品的新奇性，對學童的學習來說會比較清楚一點。

T2：例如說，你做這樣的實驗，那學生的反應是怎樣？會不會覺得說搞不清楚老師在做什麼？或者是說，他也能夠認識到奈米的用途在哪裡？

T1：他可以體會到奈米的新奇性，不過也是從實物去發現的。

T2：這樣很好。（訪-20040629）

（五）流通

研究者藉由相關研習課程、奈米科技種子教師培育課程、網路搜尋、廣告宣傳、研討會與專家對話等方式，進行個人與組織間的知識流通。

（六）更新

教師奈米議題教學觀念的改變如表 4-1-3。研究前，研究者認為在國小進行奈米議題教學是一件非常困難的事；研究後，因為已有某種程度的體會，認為如果可以克服重重障礙，在國小進行奈米議題教學尚可行之。

表 4-1-3 教師奈米議題教學觀念的改變情形

類別	研究前	研究後
認知	奈米議題課程屬於創新的科技知識，無法與國小學童談論相關議題	可適度於國小自然生活科技領域或其他領域，引入奈米議題教學
態度	困難重重，包含教師本身的背景知識、課程設計、奈米材料的取得、設備不足等等。	見招折招，克服重重障礙。
技能	會使用簡易的套裝軟體 參考奈米論壇的教學簡報設計課程	學會改寫 ASP 程式，設計互動式教學網站 編寫奈米議題課程與簡易實驗設計
信念	寸步難行，包含師資、學生的能力、設備和場地、行政支持及資源等等。	分析困難，研究解決之道，可以降低挫折
價值	懷疑國小學童學習奈米議題的學習成效及反應。 希望能藉由校際合作進行教學	肯定奈米議題的新奇性提昇國小學童的學習興趣。 達成校際合作，使奈米議題向下紮根至國小學童

在奈米議題教學課程設計能力方面的改變，就引起動機方式多元方面來說，以現有的課程引入相關奈米應用，所以多半從現有課程出發，尋求引入奈米應用的切入點，此切入點正是導入奈米議題應用的動機。本研究所採用的引起動機的方式包含教學簡報、連想、小組討論、生態池蓮花效應觀察活動、奈米產品的新奇性介紹、網路資料搜尋等等。

國小學童也可以進行奈米材料的檢測實驗。研究前，研究者認為以國小學童的基本能力要進行所謂的奈米實驗檢測，困難度很高；研究後，則是認為教學者可以設計適合不同程度學童的教材，以簡易奈米材料檢測克服不具體的困難。

多種教學策略的應用。研究前，研究者比較沒有仔細端倪教學策略，但是面

對科技議題奈米教學，屬於比較符合時代趨勢的科學知識教學時，就不得不重新思考要採取適當的教學策略，來提昇學童的學習興趣如表 4-1-11。

（七）創造

對於自行編寫教學設計，需有某種程度的理解與轉化。當教師對奈米議題有某程度的體會之後，就是有能力自編教材的時候。研究者由各方面不斷地吸收新知，從奈米科技同儕教師的教學設計獲得啟發，改寫奈米論壇教學設計以適合國小學童學習，最後，整合校內的水生生態池、各種動植物及場地、設備來進行奈米議題教學課程設計，整體來說，教學設計到後來，已經愈來愈帶有研究者個人的設計風格。

二、資訊融入

研究前，以研究者目前任教的一個班級而言，一共有 20 名學童，他們對於老師是否會利用電腦來進行教學，以及自己如果可以透過電腦來學習，抱持著高度的興趣，因為研究者平日在學校大多數任教的科目是藝術人文。

根據研究者在研究前和研究後，針對應用資訊科技教學的能力改變情形做一比較，如表 4-1-4：

表 4-1-4 應用資訊科技教學的能力改變情形

	研究前	研究後
簡報設計	基本操作	加入多媒體影片
IIS 的概念	不了解	了解伺服器端與客戶端的概念
ASP 程式設計	有聽過，但不知詳情	著手改寫免費程式
使用資訊融入教學的頻率	頻率低	盡可能發揮資訊融入教學的最大優勢
多媒體教學影片製作	不會	學會以 DV 攝影、擷取、轉檔、燒成光碟、以 powerdirector 進行影片剪輯
網路工作室的建置	有聽過，但沒有嘗試	著手建置網路工作室協助教學

教學簡報設計方面，圖片的像素大小會影響下載的速度。研究前，研究者只

會使用基本的 Powerpoint 來設計簡報；研究後，加入一些修改過的圖片和研究者剪輯的影片，目的是希望改善圖片、影片下載的速度。

研究者在製作簡報檔的時候，並未考慮到放在 ftp 站上之後，下載時的速度考慮進去。因為像素太高所以當然很慢。

提供再次學習的機會，小朋友可以從動態報導裡面的教學活動設計裡，查尋研究者的教學簡報檔，目的在於如果研究者在上課的時候如果有講不清楚的時候，可隨時上網自行參考，也是提供再次學習的機會。

在 IIS 的概念方面，研究前，研究者對於所謂的「互動式」網站感覺很好奇，但是，並不知道其互動的機制；研究後，發現原來 ASP 是在伺服器端處理程式之後，才把結果傳送到客服端；也就是說，如果要單機作業的話，必須要安裝 International Information Service 的元件才可測試 ASP。

在 ASP 程式設計方面，研究前，研究者曾經耳聞校內資訊專長教師談到關於 ASP 程式設計的皮毛，但是，當時並未特別留意其功能；研究後，發現以 ASP 來設計網路工作室實施教學，可以達到事半功倍的效果，尤其是對老師的資料收集和留下學生學習的歷程而言。在資料庫方面，評估使用者的人數之後，發現以 Access 設計即可。研究者經歷了如文獻第三節 Caverly, Person, Mandeville (1997) 認為同儕教師之間的資訊技術實務傳遞，可以採種子教師的模式進行。

網路工作室的設計能力：因研究者接獨 ASP 的時間至研究開始進行，不過二個月，想要設計一個較符合個人需求的網路工作，對於研究者來說，一直都是一項沈重的負荷，要花很多時間、體力、腦力和智慧，而時間總是有限，要做的事情卻又太多。

在多媒體教學影片製作方面，研究前，研究者並未學習使用 DV；研究後，發現可以利用 DV 來做一些視訊短片協助教學，於是在研究的過程中學會以 DV 攝影、拍照、擷取、轉檔、燒成光碟和影片剪輯等資訊技術；如文獻第三節黃珮斐（民 92）亦認為「近年來資訊科技日漸發達，因應九年一貫課程改革提倡，希冀教師能將資訊科技融入教學活動中。」

貳、教學實施的歷程

研究者服務十年來首次進行奈米議題教學，學童也是頭一回遇到，研究初期，教學設計尚未完全定案，網站設計也是處於起步階段，資源與教學相關實物還沒有著落，可謂只有一股熱勁，萬事未俱備，但憑藉著行動研究的精神，努力前進。研究者所進行的奈米課程包含七個單元，雖然每個單元的名稱都不相同，但是，都以奈米議題為核心進行探討，以下僅就教學準備過程中，運用學習環策略結知識管理與資訊融入的情形做一探討。

一、運用學習環策略

在導入階段，教師分別使用不同的方式引起學童的學習動機，進而指導學童探索科技議題所隱含奈米應用的涵意。在探索階段，教師指導學童利用各種資源蒐集資料，在班上進行討論後，教師以補充資料的方式，進一步促進學童對奈米現象的新奇性的原理了解。在發展階段，則以奈米產品的應用方式進行介紹，在應用階段，則是以討論的方式，激發學童的思考，將奈米的新奇性應用於日常生活問題解決。

（一）試探性研究的初步結論

根據試探性研究「秘密小針探—光碟機讀寫頭」的研究結果，調整自己的教學模式，作為改進第二階段的教學模式參考。為協助解決研究進行當中所遇到的困難，以康軒版五年級下學期「製作玩具樂器」單元，引入補充教材—科技議題奈米應用「秘密小『針』探—光碟機讀寫頭」之試探性研究，獲至以下初步的結論：

1. 導入階段

應用校內資訊科技設備，使學童對有雷射光有初步具體的概念，嘗試使用研究者所架設的網路工作室。研究發現，部分小朋友會遺忘自己的帳號和密碼，機器的好或壞會影響小朋友學習時的心情，有一位學童對於圖片的精緻度觀察敏

銳。

2. 探索階段

藉重資訊科技之便，教師應用教學簡報，展示光碟機內部細微構造，並探討雷射光產生的原理。研究發現，S5 一個人檢查了兩台電腦。這個孩子在做事的時候，會比別人多考慮一些？S7 學童想試試自己的想法是否為真，他是不是有點想試試看？教師倒數計時鎖螢幕對部分學童產生焦慮的影響。藉由小朋友之間的對話，可以獲得解答。

3. 發展階段

在了解雷射光產生的原理之後，進一步了解雷射光的應用方式，及相關產品。S5 學童是一位具有行動力的孩子，當他發現使用第一台電腦無法使用時，馬上就會自動尋找另外一台電腦。教學簡報檔的圖片像素太大，造成圖片下載的速度很慢，影響教學的流暢性。初步使用網路學習單的情形尚可，小朋友對網路學習單的難度反應普遍良好，在進行網路學習單分享活動時，小朋友們大多有正面的反應。

4. 應用階段

此階段主要是希望學童將前三階段所學的部分，應用於解決日常生活問題解決，包含思考雷射光應用於其他層面的可能性，並將想法書寫於網路學習單上。

以下是部分學童填寫學習單的內容：

問題 1：什麼是光碟機？

S2：就是讀取光碟的一台機器

問題 2：光碟機裡面有哪些東東？

S2：齒輪 盤子

S8：很細的針/放光碟的東西

S16：放光碟的盤子.輪子.橡皮筋.針

問題 3：你覺得雷射光可以應用在哪些方面？

S2：做一台雷射戰車 雷射戰機

S3：美容.毀滅性武器.整容

S1：攻擊武器

S5：保護自己、美容皮膚

S15：車子。

S12：做生意（觀察 20040223）

5.修正

同儕教師修正建議如下：

- (1) 線上投票最好不要有必須需輸入電子郵件的設計，會比較方便。
- (2) 有關主題式評量的試用，發現有些題目設計很有趣，題目數量適中，應該設計成為可自以行更換進入主題式評量的密碼更佳。

學童的反應如下：

- (1) 如果自己忘了密碼，請老師可以提示。
- (2) 簡訊設計有問題，請修改。
- (3) 網路學習單希望可以同儕互評的機會。
- (4) 主題式評量的題目希望可以多一點。

6.研究者的教學省思

- (1) 簡報頁數不應太多：在試探性研究的時候發現，因簡報設計的頁數高達 25 頁，所以時間上不免稍嫌過長，讓小朋友討論、分享的時間就比較短，研究者覺得有一點可惜。
- (2) 主題式評量的題目數量可以再多一點：研究者不知學童的學習成效如何，所以採用了線上測驗—主題式評量的方式來測試。原來以為網路上的測驗只不過是取代紙筆測驗而已，反正都只是評量。沒想到，我看見學童竟然出現了很「high」的景像，好像變成了一件很有趣的事情。但是，研究者覺得數目的數量好像少了一點，因為每次只有出現五題，每題 20 分，似乎太貴了一點。

此次教學過程中，教學現場的樓上正進行磨石子工程，噪音太大，嚴重影響教學，應選用適當場地實施教學，並隨時機動性調整。

(二) 七個教學循環

1. 循環一之計劃

因為缺乏教學實物，於是運用資訊科技之便，進行有關奈米等級的光束-雷

射光的應用做介紹。

2. 循環一之行動

上一次在進行試探性研究的時候，真的很吵樓上的磨石子工程，使得研究者高度懷疑自己的教學效果與學生的學習成效，所以，才決定在電腦教室再進行一次補強的動作；如文獻第三節詹慧齡（民 91）指出「資訊融入自然教學已是既定的教育政策，教師必須嘗試新的架構，採用新的教學方法，才能在未來的教室中得心應手。」。

3. 循環一之發現

機器的好壞、場地是否恰當，會影響老師和小朋友上課的心情。學童觀察光碟機讀寫頭，發現電腦教室的桌上型電腦的光碟機打開以後，只有看到一個光碟盤而已；研究者只好採用孫建文老師的簡報教學設計加以修改之後，使用於國小學童的教學活動，內容包含詳細的光碟機的構造及功能說明。結果，研究者發現用簡報進行教學，反而全班都可以很清楚地看到，而且才能跟上老師的進度。

4. 循環一之省思及修正

研究者覺得自己在這堂課當中已經說太多話，給予小朋友太多的提示，而教學簡報檔更是高達二十五頁，需要說明的部分頗多，將時間拖得太長。而教學應該是以啟發小朋友的創意思考為主，下次在教學簡報設計的時候，張數不要太多，話也不要說的太多，以便讓小朋友有更多可以討論的時間。

5. 循環二之計劃

研究者從動物的覓食行為出發，做為引起學生的學習動機，再將焦點轉移到壁虎為什麼可以在牆上行走自如的原因進行探討。

6. 循環二之行動

小朋友看見一位蜘蛛人，用一隻手掌就能將自己吸附在天花板上，不禁感到十分的懷疑，並且開始議論紛紛。經過一翻熱烈的討論，有些小朋友甚至談論到其他會爬牆的動物，如蜘蛛、彈塗魚、馬路爬蟲和蝸牛等等。最後，研究者利用教學簡報，帶領小朋友一窺壁虎腳底的秘密。

7. 循環二之發現

當小朋友對壁虎腳的秘密稍為比較了解的時候，他們也會產生一些連想及應用，例如：可以利用這種特性幫助人們爬牆。

8. 循環二之省思及修正

比起上一個單元，簡報的張數已經少了許多，研究者的工作主要是以引發學生的學習動機為主，並且讓小朋友擁有更多的探索時間和討論空間。但是，尚有一個缺點，就是因為課程在進行的時候，手邊並無壁虎膠帶可以當場一試，感覺上難免有一些遺珠之憾。

9. 循環三之計劃

從日常生活經驗出發，先讓學童發表平日觀察到不怕淋濕的小動物有哪些。

再進行引導探究

T1：下雨的時候，這些蝴蝶是通通躲起來？還是繼續飛？（08：03）

S1：躲在樹下。

S3：我記得我看到下雨的時候，那個蝴蝶還在飛。

S1：我看到它累的時候、

T1：下雨的時候還在飛？

S3：對啊！

S8：蜻蜓不是都下雨完以後才出來。

S3：蜻蜓下雨的時候，我也看過它在飛啊！（觀察 20040315）

10. 循環三之行動

各種小動物保護自己的方法，經由同儕之間的對話，答案已經呼之欲出。觀察校園中的蝴蝶的生活環境，並且，要提醒小朋友要愛護小動物。研究者拿小朋友上自然課用數位相機拍的影片做為教材，對小朋友來說，體會特別深刻。研究者以卡通漫畫的教學簡報設計方式，請小朋友進行角色扮演，學童感覺很有趣。利用逐步推理的方式，慢慢找到比較適切的答案。最後再使用教學簡報設計帶領小朋友們探討哪些動物或產品的表面具有防水功能。

11. 循環三之發現

原來小朋友們在日常生活當中已有觀察到這些現象。這或許是因為研究者服

務的學校為生態種子學校，下課時間也會跑到水生生態池去玩。而且，這個的班級上四年級的時候，有進行水生家族主題探索的主題統整課程，所以已經具有某種程度的先備知識。

雖然目前國小學童尚且無法將自己新的點子付諸實踐，但是對於思考力方面的表現卻顯得很有趣，並且樂於與同學分享新奇的想法。部分學童對於這種防水的特性已經能有所體會，教師心裡覺得非常歡喜，鼓勵學童盡量思考、發表相關應用的想法，以培養學童的思考力為主。

T1：那你覺得不怕水的特性可以應用在什麼地方？目前有哪些方面？

S5：我知道。衣服。

S18：雨鞋啊！

T1：如果說一雙鞋子可當雨鞋用又可以當布鞋用、

S18：多好啊！

T1：那我是不是不用換了。

S5：換鞋子就好了。

S18：百變雨鞋。（觀察 20040315）

12. 循環三之省思及修正

這個單元的內容與小朋友的日常生活比較接近，研究者發現他們在討論的時候，顯得比較熱烈又帶有幾分的自信。另外，學生拍的影片、角色扮演和逐步推理的方式，也是可以考慮的教學策略之一。研究者本來想要進行網路學習單同儕互評，可是，小朋友們認為目前的情況不宜，於是告吹。

13. 循環四之計劃

在本單元當中，研究者先不進行簡報教學，而是先拋幾個問題給小朋友去思考和討論，並且，進行網路搜尋的動作。

14. 循環四之行動

先拋幾個問題給小朋友，並請他們藉由電腦進行網路資料搜尋。再請小朋友自行上網看老師的教學簡報設計，相互討論，目的是將教學目標做一個聚焦的動作。請學童猜一猜，哪些動物不容易迷路，再看北美海龜的大遷移、那蜜蜂的飛行方向判定，是因為它們的身上有奈米等級的小磁鐵，磁性特強之故。

15. 循環四之發現

請學童發表有關磁性的尚可應用的層面。

S19：「要喝水的時候，就用磁鐵吸過來。」

S8：「還可以用磁鐵去美國，咻一下，就過去了。」

S7：「這是一定的」（觀察-20040405）

16. 循環四之省思及修正

事先請小朋友們自行上網搜尋資料、同儕討論和流覽教學簡報的目的，就是在於研究者擔心這個單元對小朋友來說可能會比較難理解，結果，研究者發現，或許小朋友們不是真的很清楚這種奈米生物磁性的原理，但是，他們的應用能力還蠻豐富的。研究的過程中，發現電腦教室約有一半的電腦無法使用，甚至出現了有一台電腦兩人共同使用的情形，多少會影響到學生的學習。

17. 循環五之計劃

在本單元的教學當中以教學活動來帶領小朋友認識小動物如何保護自己的方法-外殼。這些教學活動包含請小朋友自備有殼的動物、動物外殼的素描、比比看誰的殼最硬、小組討論、習寫網路學習單等。

18. 循環五之行動

以動物外殼的素描來集中小朋友對動物外殼的觀察，再比比看誰的殼比較硬。有人帶貝殼、獨角仙、螳螂、烏龜等，來一較高下。同時進行書面學習單的填寫。

T1：「以前，我想知道貝殼有多硬，就想到用東西來刮刮看？」

S8：「不行用圖釘刮刮看！」

T1：「刮得下去嗎？有沒有刻痕？」

小朋友們在拿圖釘試一試。

T1：「有的有刻痕，有的卻刮不下去」（觀察-20040329）

19. 循環四之發現

舉出生活中可見的高硬度產品與小朋友分享。例如：刀子、馬克杯、高爾夫球桿、車子的防撞鋼樑等，並請學童更進一步思考如何應用高硬度的特性。以下是部分學童的想法：

S7：「安全帽」

S5：「我發現一個很重要的，就是人的身體這邊。」（手指頭部）「很硬，可以拿鐵鎚敲敲看。」

S10：「杯子啊！」

S17：「眼鏡」

S7：「衣服」

S19：「防彈衣」

S5：「電視螢幕」

S10：「窗戶」

20. 循環四之省思及修正

比起上一個單元，本單元花了較少的時間在資訊融入的時間上，反倒是用了很多的實物來比一比，在檢測動物硬度的同時進行習寫書面學習單的動作；因座位是以小組為單位，有利於小組討論。在使用圖釘刻畫貝殼的時候，貝殼的主人很心痛，大家也看見了他的面有難色，但是，因為是要進行檢測，也不敢當場拒絕。所以，我想，如果以後遇到這樣的情形，最好的辦法就是，老師來準備數個用來檢測用的貝殼，而且還要是硬度較高的寶螺。

21. 循環六之計劃

本單元的教學目標，主要是想一窺材料的微觀世界，研究者服務的學校用來觀察放大物體的設備有放大鏡、複式顯微鏡而已，對於想要了解材料的微觀世界，一般的課程是沒有問題的，但是，如果要達到奈米等級的話，確實有明顯不足之處。同時，為了讓研究者更清楚自己的教學情形，特別請到兩位同儕教師做為觀察員，一位是網路工作室同儕教師，另外一位則是實習老師。

22. 循環六之行動

學習複式顯微鏡的操作。適逢學童第一次學習操作顯微鏡，所以，研究者花了將近一節課的時間，努力地告訴他們顯微鏡的使用方法，並介紹顯微鏡各部位的名稱和功用。雖然，複式顯微鏡的放大比率，比不上 TEM 或是 SEM，但是，小朋友們還是很興奮。

介紹 SEM 底下的微觀世界，欣賞掃描式電子顯微拍攝的影片及奈米潛水艇的應用。SEM 的放大的鏡片，其實它有很多層，但與複式顯鏡亦也類似之處。最後，

引導學童思考顯微鏡尚可應用的層面，例如 TEM 及微小體積的顯微鏡攝影機等等。

23. 循環六之發現

連小朋友都有一種想要到東華大學參觀的感覺，畢竟實際走訪一趟，會比較真實一點。接著，小朋友們開始討論起參觀東華學的規劃。當他們愈討論愈具體的時候，研究者則是開始憂慮交通的問題要如何解決，還有要透過什麼管道與東華大學的奈米專家接洽的事宜。

過程中，研究者希望小朋友能夠漸漸地參與教學設計，以充實教學內容。也許小朋友以為老師的教學簡報設計已經設計的很好，其實不然，如果小朋友願意把他們的想法告訴老師的話，會讓老師的教學設計更加充實，更有小朋友們的味道。

24. 循環六之省思及修正

這次的教學過程，研究者個人認為遇到的問題比以前還要多，包含約有十台電腦故障，教學簡報 SEM 的內容對小朋友來說很生疏也很抽象。而且，可能還要安排到東大參觀實驗室、專家演講的事情，否則光靠以資訊融入、複式顯微鏡，與研究者想要的教學效果著實有一段差距，學童亦難有深刻的體會。

T1：訪問奈米專家的共識，例如說：你贊不贊成訪問奈米專家，在東華大學有很多對奈米有研究的學者，旋的爸爸也是其中之一，我們是不是請旋回去問看看，爸爸有沒有意願接受我們的訪問。」

S8：「師，你說全班哦？」

T1：「我是想要全班一起去啦！」

T1：「時間可能是星期一或星期三的早上。」

S8：「星期三沒辦法。」

S7：「跟我們老師調課。」（觀察-20040405）

25. 循環七之計劃

當研究者要進行本單元之前，承蒙東華大學研發處的教授群們提供一盒奈米材料，以利在課堂上做實驗。研究者用這一些奈米材料，進行了一連串的簡易奈米材料檢測實驗。

26. 循環七之行動

進行蓮花效應-校園植物篇相關教學活動，這部分的教學設計主要是請小朋友到校園內找一找，有哪些植物的葉面會形成小水珠？最後，再以小組報告的方式呈現。學童如果對小組報告有任何疑問，則隨時可以提出討論。

蓮花效應-奈米布料防水篇。這部分用來實驗的奈米布料是以撥水技術製成的防水布料，它的製程是將布料通過高溫的撥水劑而製成。在本實驗當中的教學策略，教師會先說一些小朋友認為不可能會發生的事，等實驗過後，再由小朋友來說出答案，主要目的在顛覆學童的預設想法。

就奈米布料防污檢測實驗來說。本次實驗使用的是屬於撥水技術的奈米布料、彩色筆、蠟筆、奶茶等。想要試試看，是不是不用清潔劑和洗衣粉，光用水就能將這些髒污洗掉。

就奈米多孔隙布料的防水透氣實驗活動而言，撥水技術的奈米布料可防水，但不透氣。而奈米多孔隙布料理論上是可以防水又透氣，這是真的嗎？光靠老師的嘴巴說，小朋友是不會相信的，而且，還會覺得很好笑。有鑑於此，研究者在本單元的教學方式，主要是以討論式教學法，輔以實驗活動與小朋友共同研究。

光觸媒自潔效應實驗活動方面，實驗的目的是想要了解光觸媒粉末噴劑，塗布在磁磚上的自潔效應情形。撿磁磚→清洗→乾燥，噴上光觸媒粉末→靜置待其乾燥→日光燈照射。

27. 循環七之發現

有一個問題在研究者的心中一直打轉，是不是所有植物的葉子能在表面形成水珠，皆屬於蓮花效應呢？尚待進一步證實。

因為材料有限，五組合成四組。將實驗器材都發到各組的桌上，請小朋友們動動腦，想一想，如何進行奈米布料防水的檢測。有時候，小朋友們無法立刻回答老師的問題，因為，目前這個問題非常需要思考，而思考就要花時間，還需要老師從旁加以引導。

學童在實驗過程中，看見奈米布料上面滾動的水珠，連墨汁都是一粒一粒

的，嘖嘖連連。以下是部分學童上課時的對話：

T1：好，先滴幾水在這一塊布上面，隨便你滴哪一面，好，開始！

S18：耶！有水珠耶！老師！（大聲地叫出來）

小朋友們看見滾在布上面的水珠，不禁發出嘖嘖聲。

S7：老師！有蓮花效應！

T1：有蓮花效應？哪裡？哪裡？我看！

S5 拿著有水珠的布料在手上。

T1：滾一滾。

S3：這不是雨傘上面的那個嗎？

T1：耶！好好笑哦！

關於奈米布料的防水和防污功能的比較，感覺上，撥水技術的奈米布料的防污能力，不如防水能力理想。而防污方面，防水性的能力又比防油性的能力更佳。另一方面，或許跟奈米布料本身的品質有關係。

奈米多孔隙布料的透氣檢測方式，以錐形瓶裝熱水，將多孔洞奈米布料覆蓋於瓶口，用橡皮筋將瓶口綁緊，將載玻片置於奈米布料之上，觀察水氣在載玻片上凝結的情形。

有關奈米噴印布防水、撕不破、耐溫檢測方面，奈米噴印布的應用很廣，有人拿來做宣傳海報、畢業證書或其他，具有防水、撕不破、耐溫等特性。因為研究者的手邊只有一張奈米噴印布，所以，全班一起來看，不過研究者發現，這次實驗的材料很有限，造成全班必須全體一致來關心共同的焦點，連平常學習意願比較低落的學童，也感染到其他同學的學習氣氛，反而較往常更易集中精神投入學習。

奈米石材防護劑護色、超親水性檢測活動，本單元的實驗目的，主要是想了解奈米石材防護劑的應用，是否可將天然的石材孔隙縮小，克服石材長久以來難以改善的缺點。結果學童發現，使用的石頭以孔隙較大、未加工處理過的實驗效果較佳，水珠與石頭表面的接觸角也愈大。撿石頭，洗乾淨，乾燥，避免石頭裡面的水氣過多，影響實驗結果。石頭的一半塗上奈米石材防護劑，另外一半則是不塗，並觀察石頭顏色的變化。兩邊各滴一滴水彩，觀察水彩與石頭的接觸情形。比較接觸角的大小，有塗的部分，水珠會比較圓，也比較容易流走。

T1：如果你整個石頭都塗護色劑，這顆石頭和那一顆石頭不一樣，你這顆塗護色劑，那一顆沒有塗護色劑，各滴水彩在上面，一顆有塗護色劑，一顆沒有塗，那你怎樣比較，同一種護色劑對水彩有什麼影響？對石頭有什麼保護作用，兩塊不一樣的石頭，你怎麼比呢？

S5：用超級放大鏡，一半有塗，一半沒塗。（4 分 18 秒）

T1：應該是怎樣？

S1：一半這樣，一半那樣！

T1：一半塗護色劑，那另外一半咧？

S1：水彩。

T1：一半沒有塗。

小朋友開始塗奈米石材護色劑在石頭上。

T1：塗一半而已哦！

在光觸媒實驗檢測活動時實施 POE 教學法，請小朋友們預測實驗的結果，再請小朋友到太陽底下觀察實驗結果，結果，有噴光觸媒的墨汁的色塊範圍會縮小。有噴光觸媒的墨汁會比較慢乾掉。在太陽底下曬了 30 分鐘，依然看不出墨汁有被色素分解的跡象。於是，決定將磁磚曬太陽的時間延長。到了中午，研究者觀察的結果是，兩邊的墨汁都乾掉，但是，依然看不出有色素有被分解的明顯跡象，也就是其實兩邊還是一樣黑。

T1：再曬久一點。

S18：可是我的兩邊都乾了耶！

T1：再曬久一點。放在這邊，我們到了中午再來看，有噴的那一邊墨汁會不會不見。

T1：曬的時間可能不夠久，所以，讓它曬到中午，你們中午吃飽飯的時候再去看，看看有噴的那一邊墨汁會不會不見？還是顏色會變淡？到底怎樣？（20040609 觀察）

28. 循環七之省思及修正

（1）學童口頭報告需要有較充裕的時間準備，困難度比較高。

為了不讓小朋友們到校園內進行大搜奇的時候在玩，所以，請他們只要找一種植物的葉面防水，就記錄下來，等回到教室的時候，要以小組為單位上台口頭報告。可是，沒想到原來上台口頭報告對小朋友們來說，是一項非常艱鉅的任務。這其中包含了很多項的工作分配，包含觀察、記錄、資料彙整、口頭報告的代表準備，在報告的時候，還要面對同學的質疑加以回覆。或許是因為準備的時間太

短，所以，信心不足所致。

（2）運用學習環策略進行教學，促進師生共同成長。

身為知識工作者不一定要什麼都懂，但是要有研究的精神，甚至，可以和小朋友共同研究。不需要清潔劑就可以把墨汁洗掉的布料，有人懷疑它是雨傘布。連在水龍頭底下沖，也有蓮花效應。您有看到倒立的蓮花效應嗎？奈米布料會濕掉嗎？撥水技術奈米布料濕掉以後還會有蓮花效應嗎？濕掉的奈米布料乾掉以後，還會有蓮花效應嗎？冷水滴在奈米布料上面會有蓮花效應，那用熱水呢？或許，因為立刻可以看見猜測的結果，小朋友持比較保守的態度，不願意亂猜；根據研究者的觀察，學童大約可感覺出來教師的教學模式所致。

（3）以實物進行教學，對國小階段的學童而言，仍佔有一席之地。

當學童第一次進行奈米產品進行檢測實驗的時候，顯得很興奮，因為他們發現用實物可以親眼看到，手也可以摸得到，還可以拿來跟雨傘比一比，屬於小朋友的能力可以探索的範圍；研究者再一次證明實物對國小學童來說，有時候是資訊融入所無法取代的。研究者在做實驗的時候，與小朋友們邊做邊研究，小朋友們的觀察敏感度有漸提昇的趨勢。

（4）融合 POE 教學法與學習環策略，以適應教學現場及學童的反應。

實驗結果發現，原來奈米多孔隙布料的正面和反面都防水。至於，透氣的實驗則是最好選用比較熱的水來進行，比較容易觀察到水氣凝結的情形。本次實驗以 POE 教學法實施如圖 4-8，在奈米布料實驗結束的時候，老師才進行原理的講解，所以是先實驗，再補充理論，也就是說這一次的實驗教學不再以學習環理論原來的面目實施，而是稍加修正調整以適應教學現場及學童的反應。

（5）奈米噴印布雖然有其特性，但亦有其限制。

在進行奈米噴印布實驗的時候，因材料少，所以只好大家一起看。可是，或許正因為是大家一起看，所以感覺上反而是大家目光的焦點。有關奈米噴印布可防水，是因為其表面有加上一層含二氧化矽的塗布。其中，撕不破並非真的撕不破，只是以小朋友的力氣來說，比較困難而已。耐溫也有其限度，並非真的燒不

起來，只是比一般的紙更慢燒起來而已。

(6) 進行奈米石材護色劑檢測時，應選用孔隙較大、未加工處理過的石頭，實驗效果較佳。

有關奈米石材護色劑的檢測應注意事項，以未加工處理過的為原則，這是因為未加工過的石頭表面孔隙比較大，容易做比較的原故。有塗奈米石材護色劑的部分，顏色會變得比較深，水彩滴在上面，形成的水珠與石頭的接觸角也會比較大，接觸面比較小，容易滾下來，在清洗的時候也比較容易。

(7) 光觸媒實驗應注意的細節多，稍有不慎易導致實驗失敗。

有關光觸媒的實驗結果，應該是研究者進行奈米材料檢測當中，覺得最挫敗的一次。原本以為可以在光照三十分鐘就可以看到結果，後來，延長到3個小時的強烈日照，依然看不出來，最後，這些磁磚在太陽底下連續曬了三天，而且是很強的陽光。最後，只看到了有噴光觸媒的那一滴墨汁，色塊的大小比旁邊沒有噴光觸媒的要小一點點而已。怎麼會這樣呢？

依據研究者與東華大學某位材料所研究生請教的結果，推測原因可能有二：一個是光觸媒噴劑是屬於粉末的型式，在噴上磁磚的形成薄膜的時候，可能不夠緻密，第二個，薄膜乾燥的時候，要放在強光底下照射，約十~十五分鐘，先啟動其光催化的特性，再滴上水彩，效果可能會好一點。第三個，水彩的顏色可能不要太濃，比較容易觀察到顏色變淡的情形。

二、資訊科技所扮演的角色

應用資訊科技於教學，除了可以幫助老師的教學與學童的學習以外，還可以克服教學場地設備不足、缺乏實物的困難、減輕教師蒐集資料的負擔、進行簡報教學、支援網路搜尋、學童填寫網路學習單、教師記錄省思札記、活動照片的整理等功能。雖然，資訊科技可以協助的部分很多，可以從中獲得很多系統性的概念。但是，根據研究者觀察，小朋友對於教師利用實物進行奈米議題教學，並同

時進行有趣的實驗檢測的反應更加熱烈，以下就學童及教師的正面回饋敘述如下：

1. 學生方面

對網路工作室的使用反應情形，大多持正面的肯定，包含網內容豐富、幫助學習、增進學童以資訊科技學習的機會、主題式評量可以評估個人的學習成效、資料收集與整理、親師溝通、克服場地與設備的限制，如文獻第二節黃珮斐、黃義峰、湯昶洪所述，善用資訊平台可以幫助親師生教與學的功能。

根據平日觀察，學童最喜歡的部分是欣賞活動照片，並就照片當中的教學、實驗觀察情境加以討論，對於教學簡報方面的使用幾乎是微乎其微，根據學童 S8 的說法，認為對於實驗活動的內容如果與自己的生活經驗比較貼近，就會比較有趣。

有關學習單方面，發現網路學習單然可以讓學童上網填寫、教師線上批改分數，但是，對於要用到繪圖的部分，學童的反應則是以書面繪圖較容易發揮與掌控。

2. 教師對網路工作室的使用反應

在教學上能夠協助的部分有克服部分缺乏場地、設備、實物的困難，減輕收集資料的負擔、提供師生交流的機會、學生習寫學習心得、教師可以在網路上批改網路學習單分數、使用教學簡報、編輯行事曆、紀錄教師日誌、流覽會員管理資料等。研究發現，教師使用網路工作室的最大好處是網路硬碟的使用相當方便，但是對於實施奈米議題於國小學童，尚且無法完成克服缺乏實物的困難。

在網路工作室的整合與應用方面，綜觀現今網路工作室的各項功能大致已完成如表 4-1-5，不過尚有部分功能待改進。研究者認為改寫他人的程式，或者是一些免費的程式，其實也是一種成長。因為，如果不能夠了解他人思考的窠臼，又如何能改寫成符合自己需求的介面呢？另外，研究者平日與校內同儕教師討論程式設計的功力有層次之分，第一階段為改寫他人程式，第二階段為自己設計程式，第三階段則是有能力為別人的程式除錯。目前，研究者的功力尚且暫居第一

階段，仍有努力的空間；文獻第三節湯昶洪（民91）亦認為「學校是知識傳遞、創新、發展的重要場所，在校務推動與教學經營中，建構資訊平台的環境，全面推動資訊教育，增進學校效能是當今學校努力的方向。」

表 4-1-5 網路工作室的整合與應用

項目	主要功能	使用方式	程式來源
最新消息	公布最新教學情形 可新增	研究者公布	改寫免費程式
教學簡報設計	提供小朋友再次學習 的機會	簡報檔 會員使用	東大奈米論壇教學 簡報、研究者設計
我要留言	提供學習、交流的機會	會員可自行上網留下 意見和心得	改寫免費程式
活動相片	提供小朋友們欣賞與 討論的素材	研究者公布 會員可瀏覽	研究者設計
活動行事曆	規劃教學計劃與研究 進度	研究者上網編寫	改寫自萬芳國小程 式
教師日誌	記錄教學省思 可新增、可刪除	研究者上網填寫	改寫免費程式
線上投票	了解學生的想法 統計學生意見	會員可建立新的票 選、可上網投票	改寫免費程式
參考資料	提供其他學習的管道	靜態網頁瀏覽	研究者網路搜尋
網路學習單	簡答題-不限題數	小朋友上網填寫 教師評分	改寫免費程式
書面學習單	圖片上傳	研究者上傳小朋友的 書面學習單	改寫免費程式
主題式評量	評量學習成效、每次五 題選擇、亂數出題、可 重覆考試	限班上的小朋友 可自行上網考試	改寫免費程式
加入會員	歡迎有興趣的人加入	在首頁點選左邊選單	改寫免費程式
更改密碼	隨時可以更改密碼	可在首頁和會員頁面 更改	改寫免費程式
系統管理	網路工作室最高權限	研究者可對會員進行 管理 研究者私人資料保密	改寫免費程式

參、教學評鑑

有關教師的奈米議題教學評鑑，將以多元評量教學、學童的反應、同儕教師的意見及專家的意見來進行描述；研究結果發現參與意見回饋的教師、學童、專家們大多數持正面的肯定。

一、多元評量

尊重多元智慧及因應多元的教學策略，本研究以多元評量辦法來實施學童的學習評鑑，各單元的評量辦法如表 4-1-6。平日在紙筆測驗表現不佳的學童，在觀察、討論、思考力的擴散與實驗過程能力方面，亦有可圈可點之處，尤以學童 S5 及 S7 最為明顯。

表 4-1-6 教學單元與多元評量對照表

順序	單元名稱	多元評量方式
1	秘密小針探-光碟機讀寫頭	網路學習單、上課討論
2	我貼我貼我貼貼貼-壁虎膠帶	留言板留言發表、主題式評量
3	下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐	同儕討論、網路學習單、書面學習單
4	24 小時導航系統	線上投票、網路學習單、網路資料搜尋
5	貝殼小勇士	書面學習單、小組討論
6	驚異大奇航	書面學習單、校外參觀、聽演講的表現、上課討論
7	清潔溜溜	小組報告、奈米材料實驗檢測、上課討論

（一）平日觀察

包含小組討論、校外參觀、聽演講的情形。

（二）留言板

請學童在留言板留下個人的學習心得，與實驗觀察記錄情形，以利教師評量。並可透過此一介面與同學互相觀摩學習心得。

（三）網路學習單

有網路學習單的單元設計包含秘密小針探-光碟機讀寫頭、我貼我貼我貼貼貼、貝殼小勇士、24 小時導航系統、下雨不愁及教師可於線上批改成績。

（四）書面學習單

包含貝殼小勇士、清潔溜溜-蓮花效應、奈米專家演講。

（五）小組報告

實地於生態進行蓮花效應的觀察與實驗，並做成記錄與資料整理之後，再進行小組上台報告，同組學童可以在台下扮演智囊團的角色，以增進小組合作學習的機會。

（六）檢測實驗

奈米材料的檢測是否真的會影響學生的學習興趣呢？我們從奈米議題學習興趣調查表前測的第 22 題，依照小朋友的學習需求進行奈米材料檢測，再來觀察後測的第 22 題，可以看到反應良好。

以國小學童奈米學習成效調查表，在奈米材料檢測實驗的前後，分別進行前測和後測，以便了解小朋友對於每一題的作答情形，目的在於了解奈米材料檢測實驗是否有助於提昇國小學童的學習成效。共 24 題，以逐題分析的分式進行統計，非常同意 5 分，同意 4 分，普通 3 分，不同意 2 分，非常不同意則是 1 分，遇到反向題則非常同意為 1 分，同意為 2 分，普通為 3 分，不同意為 4 分，非常不同意為 5 分，結果如表 4-1-7。有關表 4-1-7 國小學童奈米學習成效調查表的設計理念對照研究過程中的三大主軸如表 4-1-7-1。

表 4-1-7 全體學生的學習成效在奈米材料檢測實驗的前測、後測的改變情形

題號	前測	後測
1 我認為老師建置的奈米議題網站，網頁內容很豐富。	4.15	4.55
2 我認為老師建置的奈米議題網站，對我的學習有幫助。	4.3	4.35
3 我對奈米議題的學習，非常有興趣。	3.7	3.9
4 我可以說出日常生活中五種以上的奈米產品。	3.5	3.75
5 我知道蓮花效應的意涵。	3.15	4.05
6 奈米是一種很小的長度單位。	4.7	4.85
7 奈米產品的特性會有一些新奇的特性。	4.1	4.2
8 我了解老師介紹的奈米議題的課程內容。	3.8	4.1
9 經由學習老師設計的奈米課程，使我對奈米有更進一步的了解。	4.2	4.3
10 老師所設計的奈米議題相關課程，我覺得不太容易理解。	3.35	2.95
11 我喜歡老師所設計的奈米相關課程。	3.75	3.95
12 如果可能的話，我願意主動幫助老師充實奈米網路工作室的教學內容。	3.45	3.5
13 網路工作室的使用可以幫助我和同學之間的合作學習。	4.15	4.13
14 我覺得老師的教學策略有不斷地更新。	4.15	4.25
15 老師應用網路工作室的教學方式，可以增進我應用資訊科技的能力。	3.95	4.1
16 我未曾仔細流覽過老師設計的網路工作室。	3.95	3.3
17 我對於學習奈米相關議題有高度的興趣。	3.7	3.95
18 對我來說，學習有關奈米議題的知識是一件非常困難的事情。	3.85	3.65
19 我覺得網路工作室的內容應該經常更新，否則不夠新鮮有趣。	3.8	3.8
20 我覺得網路學習單及主題式評量，可以評估自己的學習成效。	3.75	3.8
21 如果有機會的話，我希望與老師進一步探討有關「奈米」的新奇性。	3.65	4.15
22 我覺得進行奈米議題課程的時候，老師同時有用奈米材料進行實驗，我覺得相當有趣。	4.4	4.45
23 老師曾經帶領我們到東華大學參加奈米專家演講的活動，對我的學習很有幫助。	4.55	4.65
24 老師曾經帶我們到東華大學參觀 B019 實驗室，對於我在材料的微觀世界方面的認識，很有幫助。	4.35	4.4

在實施一學期的奈米議題教學後，實施前測（A 組）、和後測（B），資料如表 4-1-7 所示，進行 T 考驗。

$H_0: \mu_D \leq 0$ ，簡易實驗之後學習成效沒有提昇

$H_1: \mu_D > 0$ ，簡易實驗之後學習成效有提昇

$df=n-1=19$, $\alpha=.05$ 單尾, 關鍵 t 值=1.729,

$\Sigma D=2.68, D_{\text{bar}}=0.116, \Sigma D^2=2.2354, SSD=1.936$

$S_D=0.319, S_{D\text{bar}}=0.0713,$

$t=0.1116/0.0713=16.27$

16.27 落入關鍵區，P 值小於 α 拒絕 H_0

$t(19)=16.27, P<.05$, 單側

t 考驗摘要表

組別	人數	平均數	標準差	t 值
後-前	20	0.136	0.319	16.27*

由 t 考驗的結果 ($t=16.27, P<0.05$) 獲得結論：進行簡易實驗檢測之後，學童的學習成效顯著獲得提昇。

至於表 4-1-7 的第 2 項、第 12 項、第 23 項、第 24 項呈現負面情形，具研究者訪談學童表示，如果以實驗的方式來進行，會比以資訊融入的方式更為有趣，所以，學童知道可以用實驗來進行檢測活動進行探究之後，對老師建置的網路工作室的依賴漸少。事後，對學童訪談的結果發現，學童認為以實物進行教學比資訊融入還要更有趣，至於對資訊科技有利於學習的看法以方便性居多，雖然喜歡，但仍不敵實物實驗檢測及實地參觀訪問；以教學者的眼光來看，實物取得的管道、實物的數量、經費的有無、參觀時間的規劃、交通事宜、聯絡與接洽仍是一項負擔很重的工作。

根據表 4-1-7，在實施一學期的奈米議題教學後，在 24 項指標當中有 20 項後測的平均數高於前測，普遍來說說整體的學生的奈米議題學習成效有增加。至於第 2 項、第 12 項、第 23 項、第 24 項呈現負面情形，具研究者訪談學童表示，如果以實驗的方式來進行會比以資訊融入的方式更為有趣，所以，知道可以用實驗來進行檢測活動進行探究之後，對老師建置的網路工作室的依賴漸少。

表 4-1-7-1 國小學童奈米學習成效調查表的設計理念

題號	知識管理	學習環	資訊科技
1 我認為老師建置的奈米議題網站，網頁內容很豐富。	獲取		
2 我認為老師建置的奈米議題網站，對我的學習有幫助。			網路工作室所扮演的角色
3 我對奈米議題的學習，非常有興趣。		「探索」階段的動機	
4 我可以說出日常生活中五種以上的奈米產品。		「發展」階段的學習成效評估	
5 我知道蓮花效應的意涵。	更新	「導入」階段基礎知識的認知	
6 奈米是一種很小的長度單位。	獲取	導入	
7 奈米產品的特性會有一些新奇的特性。	交流	發展	
8 我了解老師介紹的奈米議題的課程內容。	分享		
9 經由學習老師設計的奈米課程，使我對奈米有更進一步的了解。	整合、累積		
10 老師所設計的奈米議題相關課程，我覺得不太容易理解。	分享、流通		教學簡報設計是否適合國小學童
11 我喜歡老師所設計的奈米相關課程。	獲取	導入	
12 如果可能的話，我願意主動幫助老師充實奈米網路工作室的教學內容。		更新、創造	再度充實網路工作室的教學內容
13 網路工作室的使用可以幫助我和同學之間的合作學習。	整合、累積、分享、流通	探索	非同步學習
14 我覺得老師的教學策略有不斷地更新。	更新、創造	應用	主題式評量
15 老師應用網路工作室的教學方式，可以增進我應用資訊科技的能力。			支援探索教學
16 我未曾仔細流覽過老師設計的網路工作室。		導入、探索	網路工作室的使用次數
17 我對於學習奈米相關議題有高度的興趣。	獲取	探索	
18 對我來說，學習有關奈米議題的知識是一件非常困難的事情。	獲取	探索	對資訊融入教學的接受度
19 我覺得網路工作室的內容應該經常更新，否則不夠新鮮有趣。		探索	網路工作室的內容豐富性
20 我覺得網路學習單及主題式評量，可以評估自己的學習成效。	整合、累積		網路學習單、主題式評量
21 如果有機會的話，我希望與老師進一步探討有關「奈米」的新奇性。	更新	應用	師生共同充實網路工作室的內容
22 我覺得進行奈米議題課程的時候，老師同時有用奈米材料進行實驗，我覺得相當有趣。	分享、流通	發展	
23 老師曾經帶領我們到東華大學參加奈米專家演講的活動，對我的學習很有幫助。	分享、累積、更新	探索、發展	奈米專家演講－資訊融入教學
24 老師曾經帶我們到東華大學參觀B019實驗室，對於我在材料的微觀世界方面的認識，很有幫助。	分享、流通	發展、應用	參觀奈米儀器設備，包含X光繞射儀、SEM顯微鏡。

有關表 4-1-7 的信度與效度方面，並無專家層級，僅止於研究者由課堂教學過程中，由教師與學童之間的對話與觀察編寫而成，目的在於了解科技議題教學

與國小學童的學習成效之間的關係。題目內容編寫則是依據知識管理、學習環與資訊科技融入教學的精神融入其中為主要準則。

(七) 主題式評量

主題式評量是以隨機方式，從題庫中每次取出五題，可以重覆考試、查詢成績。大多數的學童對主題式評量有正面的肯定，但希望題庫當中的題數多一點，以降低重覆的機會。

作 者	學童的反應
S4	老師的題目很有趣
S9	我覺得很好玩,但是題目多一點>_<
S13	老師你出的很好玩,我們都喜歡
S3	我覺得線上測驗真的很有趣唷
S7	線上測驗很好玩又很簡單
S17	老師主題式評量好好好好好玩喔.....
S6	下次出難一點,不要讓那些人太驕傲感想:非常的好玩.可是完久了就膩了
S19	老師作ㄉ主題是評量真是好玩.又可以用電腦ㄉ又可以看一些比較好笑ㄉ.....真是好玩^^

經過了多次的嘗試，研究者能對程式當中某些小錯誤進行偵錯，並進行修改成功，覺得很有成就感。

今天將主題式評量 test.asp 程式再次研究，發現原來之前不論如何測驗的結果，最高都只有 80 分的原因出在於 nans 核對欄位錯誤，目前此項問題已由研究者自行解決，蠻有成就感的！（誌-2004/2/29）

今天進行主題式評量，大多數學童的反應都很正面。不過，程式方面有一點出ㄟㄨ v，就是索引的部分應該要設定不可重覆，就部分在當天的晚上，研究者已自行解決。（誌-2004/3/1）

(八) 期末紙筆測驗

期末的紙筆評量「科技議題融入國小自然生活科技教學模式之研究——以奈米科技議題為例之學童學習評量」試卷，為 A4 的格式，一共三頁，題型有是非 10 題、選擇 14 題、綜合應用 7 題。以下針對各一題答題的情形與教學狀況，個人成績和全班的平均分數為 80.0。

S1、S3、S6、S10、S19 平日在自然生活科技方面為學習主動型，在此項評量當中的得分亦較高；S2、S13 平日呈現比較被動的學習方式，在此項評量得分偏低。根據研究者平日觀察，前者平日比較願意發表自己的看法、學習興趣較高、也比較常和同學討論並交換意見，此結果與周談輝、張吉成（93）認為「科技議題策略當中的獲取、整合、累積、分享、流通、更新再產生創造」的看法頗為一致；因此在教學過程當中，如能鼓勵學童多發表並與他人討論，則有助於科技議題教學的實施。

（九）奈米議題學習興趣調查表

以下是以國小學童奈米學習興趣調查表，在奈米實驗的前後，分別進行前測和後測，以便了解奈米檢測實驗對國小學童的學習興趣的影響如表 4-1-8。總共 24 題，非常同意 5 分，同意 4 分，普通 3 分，不同意 2 分，非常不同意則是 1 分，遇到反向題則非常同意為 1 分，同意為 2 分，普通為 3 分，不同意為 4 分，非常不同意為 5 分。

表 4-1-8 學習興趣提昇情形

學生編號	前測（平均數）	後測（平均數）	學生編號	前測（平均數）	後測（平均數）
S1	3.92	3.79	S11	5.5	5.13
S2	3.83	4.67	S12	3.92	4.25
S3	3.54	3.91	S13	4.96	4.83
S4	4.67	4.96	S14	3.91	4.83
S5	4	3.94	S15	3.38	4.17
S6	4	4.79	S16	3.21	3.75
S7	4.58	4.42	S17	4.58	5.08
S8	3.12	3.96	S18	3.58	4.08
S9	3.83	4.54	S19	3.21	3.92
S10	4.08	4.54	S20	4.08	4.94

表 4-1-8 的資料為學童在實施奈米簡易實驗的個人前測（A 組）、後測（B 組），並進行 T 考驗。

$H_0: \mu_D \leq 0$ ，簡易實驗之後學習興趣沒有提昇

$H_1: \mu_D > 0$ ，簡易實驗之後學習興趣有提昇

$df=n-1=19$, $\alpha=.05$ 單尾, 關鍵 t 值 1.729,

$D_{\text{bar}}=0.4735$, $\Sigma D^2=6.5643$, $SS_D=6.5531$

$S_D=0.5873$

$S_{D\text{bar}}=0.1314$

$t(19)=3.6$ 落入關鍵區，相對應 p 值小於 α 拒絕 H_0

$t(19)=3.6$, $p<.05$ ，單側考驗

t 考驗摘要表

組別	人數	平均數	標準差	t 值
後-前	20	0.435	0.5873	3.6*

由 t 考驗摘要表，可以看出在進行簡易實驗之後，學童的學習興趣有顯著提昇（ $t=3.6$, $P<0.05$ ）。

全班共有 20 位小朋友，其中有 15 位提昇率上昇，5 位下降。提昇率超過 10% 的有 S3、S8、S10、S14、S20 等 5 位小朋友，據研究者平日觀察，這五位是屬於學習主動型的學童，常會有自己的見解出現，並樂於與他人分享自己的學習心得。後測 Z 值大於 1 的有 S4、S10、S11、S17 等四位，根據研究者課堂觀察，這四位學童對於自己動手作實驗與觀察比較有興趣，由個別的 Z 值顯示學童興趣有明顯的提昇。

有關小組是否會影響學習部分，S1、S2、S4、S5、S7、S11、S12、S13，經研究者平日觀察及訪談的結果，其中 S1、S5、S7 同為第一組的小朋友，因上實驗課經常會有意見不合的情形發生，以致影響合作的意願，進而影響學習成效。S2、S7 則分別在第二組和第三組，則是認為在同儕實驗的時候，提出的意見較少有受到同儕的肯定的機會，S11 平日上課時則是經常非常沈靜寡言，S13 則是之前碰到實驗課的時候常容易打破東西，所以，進行奈米實驗的時候，大多數時

間是處於觀察別人操作的狀態。由以上數據看來，小組的成員確實與學童的學習成效有關。

二、學童的反應

茲將學童對科技議題奈米應用的教學有所體會之後，歸納學童的看法如下：

1. 知道原來奈米是一種長度單位，不是一樣物品。
2. 知道奈米科技將為人類未來生活帶來重大的變革。
3. 運用網路工作室可以協助資料整理、輔助學習及師生交流、進行學習評量。
4. 有些奈米產品可以用簡易的方式來檢測。
5. 肯定參訪高等學府、聽取奈米專家演講、參觀實驗室，對於提昇學習興趣有幫助。
6. 奈米材料簡易實驗檢測比起資訊融入教學更為生動有趣。

三、同儕教師的意見

由表 4-1-7 歸納出奈米材料簡易實驗對學童學習的主要正面影響，由高到低依序為知道蓮花效應的意涵、仔細流覽網路工作室的次數、希望能進一步與老師討論有關奈米的新奇性、增進對奈米相關課程的了解、增進網路工作室內容的豐富性、提昇學習興趣、降低學習的困難等等。

茲將奈米科技種子教師、班級導師，以及其餘校內教師對於科技議題奈米應用，關於教學評鑑方面的看法歸納如下：

（一）奈米科技種子教師

- ◎ 能以免費取得奈米材料進行實驗教學是一種很不錯的方式。
- ◎ 適當的譬喻可以幫助學童了解奈米世界的新奇性。
- ◎ 國小學童是不太可能了解高深的科學理論，教學與評鑑的過程中，主要應以提昇學童的學習興趣為主。
- ◎ 多媒體教學影片對學童的學習興趣很有幫助。

◎ 奈米議題教學可以和其他領域結合，成為主題統整教學。

◎ 教學者應適時提出自己的困難和需求，尋求各方支助，校內的行政人員和同儕教師才知道可以提供一些適當的協助。

（二）班級導師

簡易奈米材料檢測可以讓國小學童體會有關奈米科技的新奇性。

T7：對！那就很難，嗯！可是，我是覺得說奈米的話，對我們的生活會有什麼樣子的影響，如果你直接實際給他看到這個東西，然後，實際讓他去做，那他會覺得非常的有趣，那我覺得這個對學習來講是非常重要的動機的來源。（訪-20040624）

T7：之前有陪你去東大聽演講，發現小朋友們至少不會把奈米當成是一項東西，而是一種長度的單位，我覺得這樣已經不錯了。而且他們也知道了有關奈米材料所具的新奇性，我覺得這樣就已經不錯了。（訪-20040621）

（三）其他校內的教師

茲將校內教師於「奈米科技教學研討會教師意見回饋表」歸納如表 4-1-9。

表 4-1-9 奈米科技教學研討會教師意見回饋表

題號	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
1. 我覺得要在國小階段實施奈米議題教學，是一項具有挑戰性的工作。	41.2%	47%	5.9%	5.9%	0
2. 在參與本次的教學分享活動過程當中，使我對奈米科技有更深一層的認識。	23.5%	52.9%	23.5%	0	0
3. 我能將吸收到的奈米相關知識，適度地轉化成為教學內容之一。	5.9%	35.3%	17.6%	41.2%	0
4. 我曾經進行奈米科技教學簡報設計。					
5. 我認為在國小進行奈米議題教學，是一項符合時代趨勢的做法。	29.4%	58.8%	11.8%	0	0
6. 如果有奈米產品實物來協助教學，會有更好教學的成效。	64.7%	29.4%	5.9%	0	0
7. 應用資訊科技的教學方式，可以解決沒有奈米產品實物的問題。	23.5%	58.8%	11.8%	5.9%	0
8. 目前已經有很多奈米科技產品，出現在日常生活當中。	23.5%	64.7%	0	0	0
9. 我覺得一般國小教師對於奈米議題教學的能力與經驗普遍不足。	58.8%	41.2%	0	0	0
10. 我覺得國小高年級的學童，已經有能力學習奈米議題的相關知識。	11.8%	64.7%	23.5%	0	0
11. 我認為在國小進行奈米議題教學，可以提昇國小學童在自然生活科技方面的學習興趣。	23.5%	47%	17.6%	11.8%	0
12. 本校奈米種子教師之間有良好的課程設計互動及分享。	11.8%	52.9%	35.3%	0	0
13. 在現有的自然生活科技課程當中，要找到引入奈米議題的空間，是一件非常容易的事情。	0	52.9%	35.3%	0	5.9%

就教學研究的價值而言，第 5 題顯示 88%校內教師實施奈米議題教學是一項符合時代趨勢的作法。

就課程設計方面而言，根據表 4-1-9 第 1 題，校內有 88.2%的老師認為此項教學是一項具有挑戰性的工作，以及第 3 題，校內有 58.8%教師認為將奈米議題轉化為課程設計有某種程度的困難，以及第 13 題顯示目前於國小課自然生活科技尚有引入的空間，最末加上第 9 題顯示校內教師對於奈米議題教學的能力與經驗普遍不足。綜合上述，科技議題奈米應用教學在教師部分仍有很大的努力空間。

就教學分享而言，第 2 題顯示 76.4%校內教師肯定教學分享，可以對此項議題有更深一層的認識。第 12 題顯示校內有 64.7%的教師認為校內教師之間有良好的課程設計互動及分享。

就幫助學童學習而言，第 10 題顯示校內教師認為大多數高年級學童具有學習奈米議題相關的知識的能力，第 11 題，奈米議題教學可以提昇國小學童在自然生活科技方面的學習興趣。

四、專家們的意見

研究過程中，曾經提供寶貴意見的專家包含東華大學研發處及奈米科技人才培育中心的教授群。綜合歸納意見如附錄二十二。

肆、研究反思

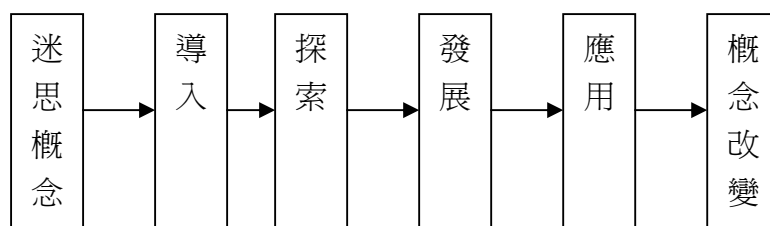
一、應用學習環的教學策略方面

(一) 由具體到抽象，巨觀到微觀，視教學現場的需求，應適度整學習環教學策略。

面對科技議題教學，以 Hackett 學習環的理論模式進行教學，研究者發現教學的過程應由具體到抽象，由學童的生活經驗出發，視不同的教學單元特性及資源靈活運用教學策略並做適度調整，則更能引起學童的學習的興趣。

雖然每單元都是 Hackett 的學習環理論進行教學，而且每一個單元教的內涵都是奈米議題，但是，研究者評估每個單元的教學設計、教學資源、場地、設備的不同，在應用學習環的理論時稍做變化與調整，教學現場如有場地或實物則較

偏向由學童進行探索學習，如果現場較缺乏實物或設備，則較偏向教學者以資訊融入引導學習的方式如下圖，以提昇學童的學習興趣為目標。



依不同的單元教學內容評估，試圖謀求對學生較佳的學習策略，以提高學童的學習興趣為目標；善用資訊科技融入教學，如文獻第三節黃珮斐（民 92）指出學生的資訊能力的培育有助於教師實施資訊科技融入教學之應用。主要的目的如文獻所述，在於引導學童進行發現式的學習活動；就表 4-1-10 各單元中的「探索」階段而言，在第一單元偏向資訊融入，因為缺乏實物；第二單元則為網路資料搜尋與消化，因為借用電腦教室甚為方便；第三單元到生態池實地觀察，因為校內設有生態池；第四單元則以玩磁鐵與教學簡報實施教學，因為校內有各式各樣的磁鐵，但是沒有奈米磁鐵；第五單元則是以實物進行硬度的比較，因為在教學前已提示學童進行收集；第六單元，操作校內的複式顯微鏡，安排參觀高等學府實驗室內的 X 光繞射儀及奈米等級顯微鏡活動，第七單元，則是到生態池進行蓮花效應實驗之後，請學童小組報告具有防水功能的植物名稱。綜合上述，雖然同為學習環的「探索」階段，考慮教學現場配合的條件，呈現出不同的面貌如表 4-1-10 所示。

表 4-1-10 各單元教學策略

單元	導入	探索	發展	應用	教學資源
1.秘密小針探-光碟機讀寫頭	科學史人物照片欣賞、雷射光的發光原理	製造雷射光的地方	雷射光的發展	資料搜尋 網路學習單	自然科教室 電腦教室 教學簡報
2. 我貼我貼我貼貼貼-壁虎膠帶	動物的覓食行為	壁虎腳底的秘密 留言板	市售商品	連想 與日常生活結合	電腦教室 教學簡報
3. 下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐	概念卡通 角色扮演	到生態池觀察 蝴蝶和蜻蜓 書面學習單	簡介市售防水的產品	同儕討論 網路學習單	教學簡報 學生拍攝的影片 觀察蝴蝶翅膀 觀察豆娘翅膀
4.24 小時導航系統	網路搜尋 小朋友預習	以生活經驗討論 玩馬蹄型磁鐵	生物磁性的用途	線上投票 網路學習單	教學簡報 蜜蜂飛行 VCD
5.貝殼小勇士	請學童蒐集動物的殼	有殼動物素描 比比看誰的殼比較硬	高硬度的特性的商品	書面學習單 小組討論	貝殼實物 巴西烏龜 獨角仙
6.驚異大奇航	討論參觀事宜	操作複式顯微鏡	電子顯微鏡的構造	電子顯微鏡的應用 書面學習單	奈米專家演講 參觀實驗室
7.清潔溜溜	蓮花效應 校園植物篇	小組報告 教學簡報	介紹各種具有自潔效應的產品	奈米材料檢測 實驗活動 討論式教學法	奈米材料檢測 教學簡報

以 Hackett 的學習環為教學參考，依循導入、探索、發現及應用的步驟，引導學童的學習，並且在各階段運用不同的教學策略，以期能提高學童的學習成效。雖然每一個單元講的都是奈米議題，但是在每個循環當中的導入、探索、發現及應用的教學設計結構則不盡相同，依各單元的特性、學童的能力及有無實物而有不同的嘗試。以下僅就學童在過程中新奇的發現整理如表 4-1-11

(二) 由學童新自動手進行簡易奈米檢測實驗，學童的新奇發現與體會如表 4-1-11。研究發現，學生對於自己動手做實驗的反應熱烈，肯定自行觀察與探究

的樂趣，此項結果如文獻詹慧齡所述「學生喜歡在課堂中討論，做很多的實驗」的看法一致。

表 4-1-11 實驗中的新奇發現

學童	奈米材料	新奇的發現
S17	撥水技術的奈米布料	發現倒立的蓮花效應
S3	撥水技術的奈米布料	洗一洗會濕掉，但是乾了以後，一樣會有蓮花效應
S1	奈米石材護劑檢測	可以石頭的表面非常光滑，很好摸
S6	撥水技術的奈米布料	防污能力比不上防水能力
S7	撥水技術的奈米布料	用熱水也一樣有蓮花效應
S5	奈米噴印布	撕不破，但剪刀可以把它剪破，耐溫但是還是會燃燒

二、知識管理

教學研究分享與合作的真正價值在於知識的內隱形式，也就是因分享與合作所產生的領悟、經驗及洞察力。如果無法將個人的內隱知識轉換成可以讓大家共享的型態，就無法讓其他教師分享到這些知識，知識的價值當然就會大幅降低。如文獻第一節蔡華齡（民 93）、呂淑萍（民 92）、黃財源（民 92）及陳榮宗（民 92）等人所述，應用知識管理策略，與參與研究之教師們共同進行教學會議，透過同儕對話分享，可以激發教學創意，完成創新教學的教材設計，肯定知識管理可促進教師專業成長。

（一）各校可因地制宜，發展科技議題教學模式。

研究者在教學的過程中，應用知識管理的流程希望經由知識的獲取、整合、累積、分享、流通、更新，進而能找出科技議題教學模式。

研究後發現科技議題的學習對國小學童來說是可行的，問題在於教師如何發展出因地制宜的教學模式。在校內科技議題教學分享研討會中，透過提出問題、相互討論、意見交流，對科技議題作有效的累積、擴散與應用，以發揮科技議題在研究者、奈米科技種子教師、校內的其他教師中在領域教學中的專業成長，並

累積與更新校內教學團隊的科技新知與教學作一結合，如文獻李弘暉（民 92）所述，知識必須靠終身不斷的學習，才能持續擁有。根據科技議題教學研討分享回饋單中的複選第 5 題，校內教師認為教師可以增進科技議題專業成長的方式由高到低依序為課餘經驗分享、參加研習之後互相交換意見、教學簡報設計、不定期聚會，最末是定期聚會。

（二）整合校內外資源的運用，有助於科技議題教學的實施。

就運用知識管理流程當中的「整合」組織內外各項資源方面而言，教學現場配合的條件在本研究過程中，扮演舉足輕重的地位，可以大大地提高學童的學習興趣。研究過程中，尋求協助的支援和資源的部分，包含參與奈米科技種子教師培育課程、長期預約借用電腦教室、參觀東華大學實驗室、教學簡報檔案、網路工作室、東華大學奈米專家演講、校園水生生態池、液晶投影、網路設備、影片編輯專用電腦等等，以達到降低學童學習困難的目標。研究發現如文獻陳榮宗（民 92）所述的看法略同，認為取得知識的可行策略為參加研討會、校外人力資源的協助、電腦網路的運用等等。

（三）教學分享加速個人及教學團隊知識的更新。

研究者於平日與同儕教師進行心得分享，期末舉辦科技議題教學研討分享會，如文獻陳榮宗（民 92）所述，進行知識分享的可行策略為參與教學觀摩、交換教學檔案、擔任研習會講師、討論、聊天等。就知識管理流程中的「流通、分享與更新」而言，綜合校內教師，包含四位奈米科技種子教師、班級導師、及其餘校內 15 位教師的看法歸納如下：

1. 這是一項很棒的教學研究議題，將科技新知融入國小學習領域，相當具有研究價值。

T7：我從他們學習的興趣和反應可以看出他們在科技議題-奈米教學方面有正向的反應，他們同時也體會到科技的發達可能為人類帶來許多的便利。（訪-20040624）

2. 以進行全校性的簡易奈米實驗活動，讓它成為全校性關心的議題。

3. 科技議題教學值得推廣。

4. 覺得研究者很認真，花很多時間在進修，並且能和大家分享與討論，增加有關奈米議題教學方面的概念及教學經驗分享。
5. 奈米技術是未來科技發展的趨勢，有賴研究者在國小階段多多研究課程設計，以發揮 k-12 奈米科技種子教師的特性。
6. 小朋友能夠有機會接觸這樣的課程，能夠比較跟得上科技的進步。並能對奈米議題有基本的認識，知道奈米這樣的長度單位非常非常地唯小，那在奈米的世界裡的話，那在這個尺度下去看的話，會把很多不可能化為可能，T7 教師認為，小朋友應該對奈米議題已有基本的認識，覺得小學生本來他就不太可能了解多高深的科學原理。
7. 能提昇校內教師未來實施奈米應用教學相關課程的信心。
8. 未來在國小自然生活科技課程中，有實施奈米議題教學的可行性。
9. 根據表 4-1-9 第 11 題，校內有 23.5%的教師非常同意、47%教師同意認為在國小進行奈米議題教學，可以提昇國小學童在自然生活科技方面的學習興趣。
10. 校內的教師認為在小進行奈米議題教學，是一項符合時代趨勢的作法，非常同意的有 29.4%，同意的有 58.8%，沒意見的有 11.8%。

就運用知識管理的技巧，使學童對奈米應用的新奇特性能有所體會之後，學童的「創新」思考部分歸納如表 4-1-12。

表 4-1-12 學童的創新思考應用於問題解決

學童	體會奈米現象的新奇特性能	創新思考及應用或發現
S18	蜻蜓和蝴蝶翅膀表面防水的特性	百變雨鞋（雨鞋和透氣布鞋合一）
S19	生物磁性，磁性特強	水杯（一吸就過來）
S8	生物磁性，磁性特強	另類交通工具（一吸就到美國）
S5	雷射光的應用	武器
S2	奈米膠帶	課本與作業簿可以任意重組或分裝
S1	奈米級小磁鐵	防止老人迷路、晶片植入

三、資訊科技所扮演的角色

應用資訊科技於教學，除了可以幫助老師的教學與學童的學習以外，還可以克服教學場地設備不足、缺乏實物的困難、減輕教師蒐集資料的負擔、進行簡報教學、支援網路搜尋、學童填寫網路學習單、教師記錄省思札記、活動照片的整理等功能。此項結果如文獻中林燕珍（民 92）所述，教師最為熟悉與具經驗的應用資訊科技於教學的實施方式是「課前教學準備」；其學習目標需求主要是希望學生達到「增進學生的學習興趣」、「支援學生的學習探索」與「培養學生主動搜尋資源的能力」看法略同。資訊科技可以協助的部分很多，可以從中獲得很多系統性的概念，如文獻中黃義峰（民 92）所述，多數學生都喜歡資訊科技融入教學，認為資訊科技有助於自然科學的學習。但是，根據研究者觀察，小朋友對於教師利用實物進行奈米議題教學，並同時進行有趣的實驗檢測的反應更加熱烈。

四、同儕教師的意見

在同儕教師的意見反應當中，使得研究者深深地體會集眾人的智慧來成就一件事，要比一人孤軍奮鬥容易許多。同時也造成了意想不到的教學團隊內知識累積、交流、更新的效果。

（1）奈米科技種子教師

茲將本校三位奈米種子教師對科技議題教學的意見，包含平日的對話及正式訪談內容要點歸納如下：

- ◎ 應用適當的譬喻，可以使學童更加了解奈米的意涵。
- ◎ 共同研發課程，資源共享，可以達到事半功倍的效果。
- ◎ 目前自然生活科技課本裡面並沒有提到奈米這個名詞。
- ◎ 如能獲得免費取得奈米材料的管道，則對教學更有幫助。
- ◎ 雖然是高科技學問又符合時代趨勢的教學活動，對於國小學童而言實物教學依然是非常重要的。

(2) 班級導師

研究者深深地感覺到，連班級導師也對奈米議題教學很有興趣。在教學研究的過程中協助帶領學童到東華大學參觀實驗室、聽奈米專家演講；在校內與研究者一同討論、實驗奈米布料所表現的蓮花效應以及意見交換，並關心不同素質的學童對此項議題的學習反應。

(3) 教學觀察員

在教學活動的過程中，邀請校內兩位教師擔任教學活動觀察員，並給予教學者建議及回饋。

- ◎ 在教學活動中，教學者已經盡力了，但如果不須 web 互動，在一般教室教學，效果會更好。
- ◎ 可以動畫的方式，輔助教學。
- ◎ 從奈米產品著手，進行相關教學活動。
- ◎ 教學者在教學的過程有適度的應用教學策略來進行教學。
- ◎ 此項教學活動能增進學童的科技議題的認識。
- ◎ 教學議題與學童的生活有一點遠，擔心部分孩童會有學習動機較低或不易了解的情形。
- ◎ 比較抽象的世界和理論的部分，學童比較難以理解。
- ◎ 適度應用資訊科技可以克服某些教學困難。
- ◎ 奈米材料可能在未來大量地應用，並成為生活的一部分。
- ◎ 此項教學議題比較適合國小高年級以上的學童，真的有點難度。
- ◎ 因為教材較新、較難，建議小朋友可以養成記筆記的習慣來幫助學習。
- ◎ 觀察本項教學活動之後，可以提昇觀察教師在科技議題教學方面的信心。

研究後，研究者發現學習環和知識管理流程的步驟及涵意，有諸多相似之處，茲將兩者對照如下表 4-1-13 所示。

表 4-1-13 學習環理論與知識管理流程對照表

學習環理論	導入	探索	發展	應用
知識管理流程	獲取	整合、累積	分享、流通	更新、創造
相似之處	引發學習動機，基礎知識的認知與概略了解	運用各種教學現場配合條件，進行更進一步的了解與探討	察覺自己與他人想法的差異，對目前相關技術產品有初步的體會	藉由對話後，產生新奇的點子與想法，並說出其他層面的應用。

第二節 科技議題融入國小自然生活科技教學的困難與解決之道分析

科技議題教學是一項符合時代趨勢的作法，但是，目前在國內相關的教學並未普及，尚待進一步探究。本小節主要探討的是知識管理、學習環及資訊科技三方面來進行對照分析如表 4-2-1。

表 4-2-1 困難與問題解決對照表

策略	對象	困難	解決之道
知識管理策略	教師	課程設計	參考他人、自行設計
		背景知識	多方面吸收相關知識
		教學現場配合的條件	尋求各項教學支援與資源
學習環教學策略	教師	單元內容不同	適度調整學習環
	學生	高科技名詞難以理解	適當的譬喻、專家演講、資訊融入
		不具體	取得實物
		很陌生	參觀實驗室、進行簡易實驗
資訊科技的運用	教師	網路工作室的建置	學習 asp 的概念、改寫他人程式、使用他人建置的網站或資源
	學生	運用資訊科技學習的能力	平日資訊能力的培養

壹、面臨的困難及解決之道

根據表附件六複選第 6 題，校內教師認為進行奈米議題教學時可能面臨的困

難依序為教師轉化知識為教學設計的能力、有無實物、有無設備、應用資訊科技的能力，最後才是學生的先備知識。研究者以自身的經驗歸納，初步形成結論，進行奈米議題教學的困難面向既廣且深，以下僅就教師的能力、學生的基本能力等兩方面進行探討。

一、知識管理方面

奈米議題教學具有追求科技新知的做法，但是因為目前鮮少有前人足跡可尋，教學對象又是屬於年紀比較小的國小學童，在研究的過程中，研究者致力於本身有關奈米議題教學的專業知識成長，不斷地增進個人的課程設計的能力，運用各項資源，以提昇教師的教學成效為目標。

（一）獲取

研究者認為要能將吸收到的奈米知識，轉化為適合國小學童的教學，應該要對基礎知識有一定程度的認知，會比較容易一點。否則很容易受限於背景知識，很多問題會無法立即性地給予學生滿意的答案；如文獻第二節提到「奈米科技是一項跨領域的研究，包括數學、生物、材料科學、物理、化學、工程，在奈米科技的發展過程當中都用得到，未來的科學家和工程師都需要再教育，這種帶有複合材料誕生、共同研究的多元的科學課程。」研究者在教學實施的過程中也曾經遇到無法立刻給予學童問題回覆的情形。

1. 長期研習或短期研習

經訪談校內的奈米科技種子教師歸納出吸收科技新奈米相關議題知識的最初來源，主要從鄰近高等學府奈米科技 k-12 人才培育中心所規劃的課程而來，比起短期的奈米研習課程，前者為較有系列的課程規劃，但所需花費的時間也較長。

T7：會不會很難？

T31：啥？還要做課程設計？對象是國小學童？有可能嗎？

T8：呵？要利用 11 個星期六去東大上課，那這學期的假日不就泡湯了？（朝會-20040831

2. 網路搜尋的資料搜尋容易，但難以消化與驗證

目前網路上不難搜尋到有關奈米科技知識，但比較偏學術性的部分恐怕較難理解與應用於國小教學現場，難於奈米產品實物的驗證尚有很多待議的空間。

3. 宣傳和廣告

宣傳和廣告難免時有誇大不實之處，教師從中獲得的知識又偏向「知其然，不知所以然」，因其主要目的在於產品的推銷，而不在於科技新知的推廣。

T1：你看！這個光觸媒實驗，曬了一整天的大太陽，有噴和沒噴光觸媒的比較，結果墨汁的顏色竟然看不出有什麼差異！

T2：P2 教授不是有說過，不要太相信廣告上的言詞嗎？

T1：這個產品的品質不好，讓我在今天上課實驗進行之後，感到非常受挫。(研討-20040609)

4. 非相關科系

研究者深深地感覺到學術是有所謂的領域專精，會影響到教師對奈米科技理論方面的理解。以研究者師院數理系畢業的背景，參與東區奈米科技 k-12 種子教師的課程，雖然非常努力學習，卻還是強烈地感覺到學科領域各有專精，有許多課程內容不是單靠聽演講、參觀實驗室或是請教專家就能徹底了解。根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表單選的第一題，校內的教師認為在國小階段實施奈米議題的困難度有 41.2%認為非常困難，47%認為很困難，顯示科技議題教學尚存在許多問題需要克服。

(二) 整合、累積、分享、流通、更新與創造

就知識管理「整合」的部分來說，研究者以自身的經歷，認為用來教大學生的奈米課程不宜直接套用在國小學童的身上；應由教師吸收轉化之後，編寫適合國小學童的教材。現行的國小教材，並無提到有關「奈米」這個字眼，如果想要進行奈米議題教學，又要兼顧原有的課程，研究者建議可於現有的課程當中尋找引入奈米議題機會；如文獻第三節黃義峰所述「實施資訊融入教學應注意課程設計、目標導向及教材的選擇，並以學習者為中心，重視學習者參與的歷程。」教師可以參考他人已設計好的教材，自行調整難度實施，或者自行編寫教材。根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表單選的第 13 題，在現有的自然生活科技課

程當中，要找到引入奈米議題的空間，是一件非常容易的事情，非常同意的有 0，同意的有 47%，沒意見的有 47%，足見科技議題教學融入國小自然仍有其引入的空間。

T1：再來第四題，請問你的奈米議題知識，是從哪裡得知的？

T4：剛開始是從東華所開的一些奈米課程，那從那邊大概可以了解到整個趨勢或是相關的應用，就是要從哪一方面、大概就是概念性的建立，學術性的東西，恐怕是比較難以應用。（訪--20040624）

就知識管理「分享、流通」的部分來說，有關課程設計的部分，一直是研究者認為非常棘手的部分，一方面要先得知學童的先備知識與能力，一方面還要隨時評估難易度；在過程當中藉由多管道吸收新知、資訊融入教學、同儕教師心得交流、參考並改寫轉化他人的教學設計、奈米產品的實驗材料檢測等，以期達到適合共同參與研究學童的課程；對於資訊融入教學部分，則與文獻第三節詹慧齡（民 91）認為「多數的學生都喜歡資訊科技融入教學，認為資訊科技有助於自然科學的學習。」的看法一致。由奈米議題學習成效問卷的第 2 題，學童認為老師所建置的奈米議題網站，能對學童的學習有所幫助，顯示面對科技議題教學網路工作室對學童學習的重要性。

就知識管理「更新、創造」的部分來說，根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表第 4 題，校內曾經進行奈米科技教學簡報設計的老師有 4 人，佔全校教師人數 23.5 %。若是想要直接找到完全適合自己班級的奈米議題教學，只怕是少之又少。多半是要參考他人的教學設計，再進行改寫；自行編寫教材方面，牽涉到教師吸收奈米新知以後，是否能夠適度地「轉化」的問題；關於轉化的問題，根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表第 3 題，校內教師認為能將吸收到的奈米相關知識，適度轉化成為教學內容之一，非常同意的有 5.9%，同意的有 35.3%，同意的有 17.6%，不同意的有 41.2%，足見吸收知識再轉化為教學內容尚有某種程度的困難。同時，回饋表第 9 題，覺得一般國小教師對於奈米議題教學的能力與經驗普遍不足，非常

同意的有 58%，同意的有 41.2%。研究者以自身研究者經歷建議可以先參考他人的教學設計、選用適當的多媒體教學影片引導，再行因地制宜研發課程設計，會是一種不錯的選擇。

T1：其實我的靈感真的是來自於你那個蓮花效應，不然，我也不會做奈米這種東西你知道嗎？

T3：真的！

T1：我看到你那個東西之後，我就發現，嗯！應該也可以轉化，只是怎麼個轉化法而已。
（訪-20040614）

啓發研究者想要進行科技議題教學活動的靈感是來自於同儕教師鄭榮祺老師所設計的蓮花效應課程設計「那一天我師去蓮城」，平日則是常與班級導師以奈米材料進行試驗及心得交流，雖然班級導師邱于芳老師非自然組出身，但是因為有敏銳的觀察力，所以也是一位共同研究的好夥伴；校內奈米科技種子教師則是提供一些有關課程設計的理念與準則。根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表第 12 題，校內有 12%非常同意、52.9%同意 35.3 同意本校奈米種子教師之間有良好的課程設計互動及分享。至於校外的部分，東區奈米 k-12 人才培育中心所開設的課程中包含演講結束之前可以向演講者請教，期末舉辦奈米科技種子教師心得交流研討會；研究者在帶領學童參觀東華大學材料所實驗室的同時，亦把握可以提問的機會。

進行科技議題教學之後，教師觀念產生更新。研究前，研究者認為在國小進行奈米議題教學是一件非常困難的事；研究後，因為已有某種程度的體會，認為如果可以將困難克服重重障礙，在國小進行奈米議題教學尚可行之。綜合上述，解決之道就是要有發覺問題的敏感度，並時掌握可以解決問題的機會。

（三）教學評量

在教學研究的過程中，因為教學活動多元、教學策略多元，不得不採取多元評量的方式，教學者兼研究者的角色，在動態的教學過程中，對於多元評量方面難免有疏漏之處。為解決此一困難，可採用盡量請小朋友們留下學習的歷的方

式，以方便教師在課堂以外的時間進行評量，本研究所採用的方式包含網路學習單、書面學習單、錄影、錄音、主題式評量、小組報告等方式。

（四）同儕教師的意見

綜合校內教師的意見，關於奈米議題教學的困難、解決之道、疑惑與建議歸納整理如下：

- （1）應盡量生活化，由生活經驗導入，結合其他的學習領域教學一同進行。
- （2）研究重點若擺在「奈米議題」，是否會使得學童僅止於「知其然」，若能讓孩子「知其所以然」，恐怕還要加上許多物理、化學方面的知識。
- （3）學童的先備知識是否足夠？這方面的困難要如何克服？
- （4）為什麼奈米結構會產生蓮花效應？這部分是否牽涉力學？
- （5）認識「奈米」和認識「微米」對孩子的意義，有何不同？
- （6）可以多帶給學童有關科技新知在應用方面的了解。
- （7）這是一項很高深的專業技術知識，學生的吸收能力及興趣是主要的目標，可以鼓勵比較有深度興趣的孩子，朝研究的方向努力。
- （1） 找奈米種子教師的協助或網路搜尋，校外資源，例如：東大研發處、東大教授群、k-12奈米科技人才培育中心、參加奈米論壇課程。
- （9）考慮學生的能力，認為比較適合在高年級實施。
- （10）沒辦法轉化的時候，可以退而求其次，以「換句話說」來代替。
- （11）利用教學簡報檔、奈米科技產品實物、進行檢測實驗等方式，可以提昇教學成效。
- （12）建議研究者將科技議題的教學設計分享出來，以利知識的更新與方便同儕教師進行教學。
- （13）奈米材料如何取得？如能免費取得更有利於教學實施。
- （14）請研究者提供教學日誌與教學時的小小的提示、教學簡報以及教學流程等資料，分享給大家。
- （15）科技新知包含的範疇很廣，奈米議題只是其中的一小部分。
- （16）由奈米產品實物所表現的新奇特性著手，會比較容易入門。
- （17）做好人際關係，尋求各項協助，包含人力、物力資源。
- （18）教師需隨時充實奈米相關資訊，增進奈米議題素養，並收集奈米實物及照片。
- （19）資訊能力的培養與增進相當重要，如影片拍攝、擷取、轉檔、剪輯等技術。
- （20）科技議題課程設計，有賴有興趣的老師一同努力。

二、運用學習環策略

（一）教師方面

適度調整學習環於教學活動過程，就引起學童的學習動機方式而言，多半從

現有課程出發，尋求引入奈米議題的切入點，此切入點正是導入奈米議題學習的動機。本研究所採用的引起動機的方式包含教學簡報、連想、小組討論、生態池蓮花效應觀察活動、奈米產品的新奇性介紹、網路資料搜尋等等。

（二）學生方面

研究者發現學生的基本能力與前置經驗會影響其學習奈米議題的興趣，包含高科技名詞難以理解、缺乏可以觀察的實物、缺乏觀察檢測工具、學習資源是否充足等等。

1. 高科技名詞不易理解

國小自然生活科技教學當中，學童常用五官經驗來進行各項學習活動。但是，對於「奈米」這種如此微小的尺度，既看不到也摸不到，要讓他們能有所體會，確實有一點難。根據表 4-1-9 第 10 題，校內教師認為國小高年級學童，已經有能力學習奈米議題的相關知識，非常同意的有 11.8%，同意的有 67%，沒意見的有 23.5%，綜合校內教師的看法，認為學年級學童多半有能力學習奈米議題課程。

如果只是向學童介紹「奈米」而已，對 T3 老師來說尚可，但是，如果是牽涉到比較專業的理論的部分的話，就覺得很吃力，學童就更不用提了。為了解決此項困難，研究者建議可以借重資訊科技的方便性、各種學習理論的應用，搭配適當的譬喻來協助學童的學習。

在本研究過程中，研究者依不同的單元教學內容評估，試圖謀求對學生較佳的學習策略，應用學習環理論及科技議題的策略於教學過程，以提高學童的學習興趣為目標。

如表 4-1-10，以 Hackett 的學習環為教學參考，依循導入、探索、發現及應用的步驟，引導學童的學習，並且在各階段運用不同的教學策略，以期能提高學童的學習成效。雖然每一個單元講的都是奈米議題，但是在每個循環當中的導入、探索、發現及應用的教學設計結構則不盡相同，依各單元而有不同的嘗試。在本研究當中，遇到不同的單元，會斟酌選用比較恰當的教學策略來提昇學童的

學習興趣，包含科學家照片欣賞、教學簡報、網路學習單、網路資料搜尋、留言板、奈米商特性介紹、連想、概念卡通、角色扮演、到生態池做實地觀察、同儕討論、學童事先預習、玩磁鐵、教學 VCD、素描、實物觀察、書面學習單、為學童舉辦奈米專家演講活動、帶領學童參觀東華大學材料所實驗室、簡易奈米材料檢測實驗活動等等。

2. 不具體，缺乏可以觀察的實物

光是靠著資訊融入的教學方式，想要完全取代奈米產品實物教學觀察及檢測活動，對國小學童來說，仍是一件天馬行空的學習，沒有真實感，容易造成學習意願低落的情形。根據表 4-1-9 第 6 題，校內教師認為如果有奈米實物來進行教學，會有更好的教學成效，非常同意的有 64.7%，同意的有 29.4%，同時在回饋表中第 8 題，校內教師認為目前已有有很多的奈米科技產品，出現在日常生活中，非常同意的有 23.5%，同意的有 64.7%。雖然，相關奈米產品目前有愈來愈普及化的趨勢，然而價位仍是居高不下，如果要拿來進行教學活動，需先考慮經費的有無。為了解決此項困難，本研究向鄰校高等學府國立東華大學研發處尋求支持，獲得多項奈米材料進行簡易實驗，並安排學童進行參觀實驗室以及聽取奈米專家演講的活動。

3. 很陌生，缺乏檢測的工具

國小教學環境中，缺乏奈米等級的觀察及檢測工具，縱然有，恐怕國小學童也會因基本能力不足，無法操作。對於，手中的奈米產品，更是不知如何辨識真偽。為克服此項困難，研究過程中採取簡易的奈米材料檢測實驗以及實地參觀實驗室中奈米等級的設備、提供簡易奈米材料檢測活動，認明奈米產品應具有奈米標章。

4. 學習資源

校內外的人力物力支援扮演重要角色。校外專家及組織、校內的場地設備、以奈米材料實物進行實驗檢測等，都會影響學童的學習動力及興趣。建議可尋求校內的行政支持借用各項設備，透過社區或校外組織或專家的協助，並隨時注意

市面上與奈米產品有關的訊息。

研究者在過程中曾經使用電腦教室、參觀東華大學實驗室、教學簡報檔案、網路工作室、東華大學奈米專家演講、校園水生生態池、液晶投影、網路設備、影片編輯專用電腦等等，以達到降低學童學習困難的目標。

三、資訊科技

(一) 教師

1. 應用資訊科技於教學的能力

具有資訊科技的能力不等於應用資訊科技的教學的能力，教師的資訊科技能力要能夠應用於協助教學，才能達到資訊融入教學的成效，此項觀點與表 4-1-10 第 6 題，校內教師認為進行奈米議題教學面臨的困難，在應用資訊科技的能力方面佔 41.2%，顯示在此方面仍有繼續努力的空間。靜態的教學網頁，缺乏互動的空間，而學習以 ASP 程式設計互動網站更不是一蹴可幾的事情，需要有興趣和毅力並持續研究精進；如同文獻第三節黃珮斐（民 92）指出「教師實施資訊軟入教學以應運用相關學習理論為基礎；教師應善用資訊科技工具特性實施資訊融入教學以達成事半功倍之成效。」綜合研者自身的經歷歸納研究者曾經努力的部分如圖 4-16，包含尋找免費網頁空間、學習 ASP 程式設計、IIS 的概念、參考他人的程式來編寫、依學童使用後的反應做調整。

表 4-2-2 應用資訊科技教學能力情形

	研究前	研究後
簡報設計	基本操作	加入多媒體影片
IIS 的概念	不了解	了解伺服器端與客戶端的概念
ASP 程式設計	有聽過，但不知詳情	著手改寫免費程式
使用資訊融入教學的頻率	頻率低	盡可能發揮資訊融入教學的最大優勢
多媒體教學影片製作	不會	學會以 DV 攝影、擷取、轉檔、燒成光碟、以 powerderector 進行影片剪輯
網路工作室的建置	有聽過，但沒有嘗試	著手建置網路工作室協助教學

在本研究進行的過程中，網路工作室的建置大大地減輕了研究者的在資料的整合與收集的負擔，但是，畢竟不是每個人都有能力或時間進行互動式網站的建置工作，考慮使用他人設計的網站也不失為一種對策。學習多媒體教學設計包含影像處理、使用 DV 攝影、擷取影像、轉檔、剪輯等資訊能力，有助於教學內容的豐富性。

2. 場地設備的缺乏限制資訊科技融入教學

可使用電腦教室的機會、可借用設備的良窳及場地都會影響教師實施資訊融入教學。根據奈米科技教學研討會教師意見回饋表第 7 題，校內教師認為應用資訊科技的教學方式，可以解決沒有奈米產品實物的問題，非常同意的有 23.5%，同意的有 58.8%，沒意見的有 11.8%，不同意的有 5.9%；因此綜合校內教師的看法，認為資訊科技可以有某種程度解決沒有奈米產品實物的問題。

T1：請問你們記不記得上次我們在自然科教室上課，樓上磨石子工程太吵，還記得嗎？

小朋友：嗯！

師：那需要重新上一次嗎？

小朋友：不做聲。

T2：再一分鐘，我要補強上一次因為磨石子工程太吵的原因，有些地方我沒有說得很清楚，或者是你們沒有聽得很清楚的地方，我可能要再來一次。

在校內方面，長期預約借用電腦教室、投影設備及借用各種器材，會佔去別班使用相同資源的機會。提供免費的網頁空間，亦因網路安全性的問題，考量網站設計者的資訊科技能力。並且需獲得行政人員、班級導師、奈米科技同儕教師及參與研究的 20 位學童的支持。雖然，到了研究的末期，電腦教室的故障率將近 50%，但是，因為研究末期，大多在進行簡易奈米材料檢測，所以影響並不大。

在校外方面，各種資源需要靠平日的努力去發現及經營。平日繁重工作的教師，自己校內的事都快要忙不完了，更別提校際合作教學的事宜。而在本研究進行的過程中，研究者嘗試謀求與高等學府的校際合作教學，以提昇學童的學習成效；其中包含研究者有機會加入東區 k-12 奈米科技種子教師的行列，東華大學

研發處亦協助學童參觀實驗室、聽取奈米專家演講、取得奈米材料以利進行簡易實驗。

（二）學生

有關學生資訊能力及消化資料的能力方面，網路工作室的使用需要學童具有網路搜尋、打字、消化及整理資料、使用簡報軟體等的能力，而整體來說，對於網路資料的消化與整理對學童來說是比較大的挑戰。在網路工作室裡要學生將所有吸收到的知識都整理出來，可以說是任務艱鉅，打字速度、消化資料的能力、搜尋的能力都極待克服。為克服此項困難，本研究採用小組討論、個人發表、長期借用電腦教室、留言板等工具，給學童較充裕的時間來完成。為確保學童不是僅止於複製再貼上而已，所以搭配個人發言進行確認的動作。

貳、研究省思

一、考慮教學現場配合條件，適度調整學習環以利教學活動實施。

（一）因地制宜的教學設計

各校可因教師的能力、學生的能力、教學現場可配合的狀況及校內、外資源，並善用學習理論各種教學策略，以利進行科技議題教學活動。如 P1 教授所述各校可以照實際情形來做適度的課程修改，以利各校施行。

P2：這個實驗基本上是要講的是蓮花效應，還有水的三態，還有一些布是不是透氣，大家可以給小朋或同學們看。那再來就是說我們教材的編纂，每個老師可以自行斟酌，比如說你覺得這個（音 8 分 38 秒）國小小朋友太難，或者是對高中生太簡單，想要再加深一點，那就可以請老師們自己調整一下，這些內容做一些增減，或者是、可能是我想的事情比較少，可以請各位老師把它編修應用在教材上，那這只是應用而已，對剛才、那個水珠滾來滾去，像咖啡啊、各種不同的水性，不管它是醬油或者是油的東西，其實它都不沾，這個防污的實驗還蠻好玩的。（研討-20040605）

1.簡易奈米實驗

國小學童也可以進行奈米材料的檢測實驗。研究前，研究者認為以國小學童的基本能力要進行所謂的奈米實驗檢測，困難度很高；研究後，則是認為教學者

可以設計適合不同程度學童的教材，以簡易奈米材料檢測克服不具體的困難。研究過程中，應用多種教學策略；研究前，研究者比較沒有仔細端倪教學策略，但是面對科技議題奈米教學，屬於比較符合時代趨勢的科學知識教學時，就不得不重新思考要採取適度調整學習環教學策略來提昇學童的學習興趣如表 4-1-11。

2. 調整學習環

研究者調整運用學習環於教學的方式，以「導入」階段來說，在秘密小針探中是以科學家人物介紹來引起學生對於奈米等級光束「雷射光」的學習動機，因考量具有教學簡報檔而無實物，藉資訊科技之便以克服場地設備的困難。在第二單元則是以學童平日觀察小動物覓食行為做為討論，導入有關動物爬行的方式到奈米等級的「腳底」構造，原因在於學童平日在校內即對動物的爬行觀察有具體的經驗，而校內並無奈米等級放大鏡，所以，在本單元當中主要還是以資訊融入結合學童的生活經驗進行教學為主。在第三單元則是以概念卡通和角色扮演的的方式，透過學童間有趣的對話來導入學童對於動物表面奈米級「防水」特性的觀察，因為校內栽種許多蜜園植物，春暖花開時，蝴蝶及蜻蜓分飛，又適逢本單元教學期間，於是藉地利之便以進行教學。在第四單元則是請學童先對「生物磁性」進行網路相關資料搜尋與消化，來進行導入的動作；在本單元當中，因礙於教學實物的缺乏，所以只能以資訊融入方式行之，而有關生物磁性方面的知識又偏向抽象性知識，整個教學過程中，偏向教師中心以進行學童的導入學習活動。在第五單元，則是請學童自備硬度高的動物外殼，進行「比一比誰的殼最硬」的教學活動，以導入奈米等級「硬度」的學習概念。在第六單元中，則是以資訊融入結合參觀高等學府實驗室奈米級設備，引導學童對於奈米等級「顯微鏡」的學習，以上乃基於地利、及校際合作之便而行之。在第七個單元，則是以蓮花效應實驗觀察-生態池之旅和多項奈米檢測實驗進行導入階段的學習活動，因本校即設有水生生態池，又適時獲得多項免費的奈米材料以利教學，綜合上述各種導入教學方法的結論，均以考慮「方便」為原則。

（二）提昇學習動機的方式應多元化

多元不同素質的學生對奈米議題課程的反應截然不同。誠如同儕教師 T4 認為，在自然科教學裡，一般性的教法跟有特殊需求的學生的教法是有差別的。我們一般在課堂的教學，事實上是不太可能做到特殊需求的那一種，或許有可能會遇到，部分學生一腳踏進去，後續就會有一系列的後續學習動作，必竟，那樣的學生其實不多。所以，研究者在本研究當中，遇到不同的單元，會斟酌選用比較恰當的教學策略來提昇學童的學習興趣，包含科學家照片欣賞、教學簡報、網路學習單、網路資料搜尋、留言板、奈米商特性介紹、連想、概念卡通、角色扮演、到生態池做實地觀察、同儕討論、學童事先預習、玩磁鐵、教學 VCD、素描、實物觀察、書面學習單、為學童舉辦奈米專家演講活動、帶領學童參觀東華大學材料所實驗室、簡易奈米材料檢測實驗活動等等。

二、應用知識管理策略，可達成個人與教學團隊知識的更新，減輕教師負擔。

（一）整個團隊一起成長

實施科技議題教學，可匯集個人知識為組織知識，鼓勵教師共同研發課程，可以減輕教師負擔。自然生活科技領域當中值得研究的議題眾多，考量內部因素與外部因素的限制，集眾人的智慧精神與力量，共同研發課程是比較可行的做法。藉由科技議題的模式，就連學校也需要導入有系統的方法，打破學門之間的壁壘，進而對領域內的專業知識作有效的累積擴散與應用，以發揮知識在研究者、同儕教師、教學團隊中的功效，累積與更新校內教師的科技新知與專業知識；身為教育工作者應扮演的角色是一隻推動經驗抽離、知識累積、知識轉換和啟迪學童邁向知識創造的推手。

（二）教材資源共享

課程設計關係到教師獲取新知之後，如何轉化為或國小學童可以接受的課程，嚴重考驗教師的轉化能力。課程設計的目的是要學生在學習一項議題時的協助，如果設計不當，就可能會降低學生的學習興趣。奈米議題教學課程設計的目的，在於啟發學童的對於新知的接受、興趣和創造力，增加學童的學習機會，激

發學童的學習潛能，而不是對於學生的每一個問題都要有立刻回答的能力。不過，如果因為教師的背景知識過於貧乏，面對學生一問多不知的場景，無法給予學童一些奈米議題上的協助，恐怕也是難以招架。

T2、T3、T4 與 T7 教師均認為目前在國小實施奈米議題教學的情形人數應不多，因為這牽涉到要做課程設計和課程開發，或許有些是屬於短時間的教學，如果是屬於比較精細，針對奈米議題教學進行比較長時間的教學研究的人數恐怕不多。T4 老師認為，在自然生活科技教學範圍很廣泛，需要引進一些新知的部分，但是，並非人人都有時間去開發每一項議題，如果有人已經整理完備以供大家使用搭配的話，也是蠻不錯的一項選擇，並期許研究者如果此項研究做得夠好的話，可以考慮做成套裝教材，別人拿去就可以直接使用。

就營造分享的環境來說，學校行政人員、課程設計者或教材研發者應該做的，是讓教師團隊感覺或需要去分享、合作和專注在共同目標上。如文獻呂淑萍（民 92）所述，運用知識管理的技巧可以活絡教師創新教學，協助教學知識的分享與催化。知識的分享與保密是一體的兩面，如果教師都將自己的創新或體會予以保留，教學團隊的成長速度勢必大受影響。

身為教育工作者，應以終身學習為目標。科技的發展日新月異，教育工作者理應積極做好知識管理，才能符合科技發展的趨勢，培育出具有競爭力的下一代。不論是在學習領域知識、人際關係處理或資訊科技融入教學的能力方面，都應隨時充實，做好個人、組織和團隊的知識更新與交流工作，才能在思考上有所創新，使教師專業能力更上層樓。

三、資訊科技可以克服許多困難，但仍有限制

運用資訊科技可以改善許多教學現場的不利條件，但是，對於提昇國小學童的學習興趣方面，尚不足以完全取代實物教學的地位，根據平日觀察，此乃因為國小學童的認知發展進程，未能達到完全抽象思考層次之故。不過，就研究者教學現場有關奈米等級的設備確實有限，所以，資訊科技仍是協助科技議題奈米應

用教學的一大功臣。上述研究結果，如文獻思科總裁 John Chambers 所述，網路改變教育方式，教育不再受時空限制的觀點一致。

就教學網站的建置方面來說，不見得人人都要有建置互動式網站的能力，如果可以取得他人的協助，亦可達到類似的功效，如奇摩家族、藍色小鋪以及網路上有許多可用的免費程式等等。

第三節 科技議題融入國小自然科技教學的影響因素分析

壹、影響科技議題教學的重要因素分析

影響教學現場的因素頗多，欲從事科技議題教學者，可依各校條件發展出因地置宜的課程設計，茲將研究者歷程四個月的科技議題教學經驗作一歸納，如圖 4-3-1，其中主要的步驟依序為評估影響因素、分析各項困難、謀求解決之道並於整個教學過程中不斷進行反思。除了教學研究之前需要審慎規劃以外，教學者必須要不斷吸取新知、多元管道進修、增進資訊科技融入教學的能力，並與同儕教師交換心得；善用校內、校外各種支援與資源；同時還要與校外的專家、班級導師、共同研究的學童及校內的行政人員保持良好的互動關係。

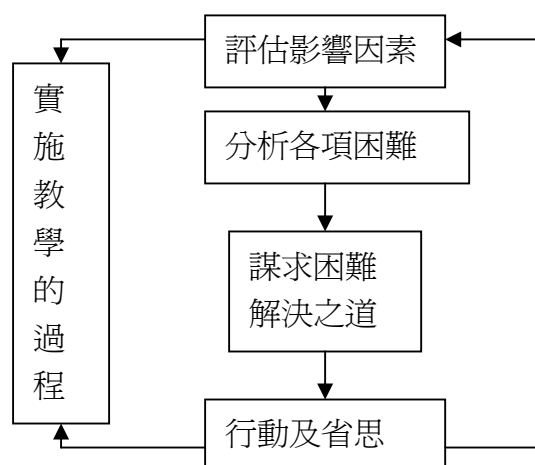


圖 4-3-1 成功路徑參考圖

研究者以自身的歷程歸納科技議題教學的影響因素，主要可分為人力與物力兩個部分。人力部分包含教師的能力、學生的能力、校外的專家演講與參觀實驗室包含實地解說、校內行政人員的支持，物力方面包含電腦設備、場地借用、網頁空間、奈米材料實物、參觀奈米等級設備與儀器等。若能掌握主要影響因素，針對困難尋求解決之道，並於教學研究的過程不斷進行反思，有助於整個研究順利進行。

貳、影響本研究成功的因素分析

研究者僅就科技議題教學的歷程進行歸納整理，分析促成本研究得以進行的主要原因，以下僅就以教學的時機、教學現場配合的條件及人的因素進行描述。

一、教學的時機

（一）國家奈米型計畫

由行政院國家科學委員會所主導的奈米國家型計畫已於九十一年九月開始啟動，其計畫內容架構分為四大分項計畫，奈米人才培育為其中之一，研究者服務的學校為東區六所奈米種子學校之一；研究者在偶然的機會於民國九十二年的十月加入東區奈米科技 k-12 種子教師的行列，適逢國家奈米型計畫推動的初期，共參加一年的奈米科技種子教師培育課程，總計 70 個小時。在東華大學學術研究風氣的薰陶下，產生科技議題融入國小以奈米應用實施教學的興趣。

（二）到研究所進修

在研究所行動研究風氣的薰陶之下，學習科學教育相關理論，讓研究者對科學教育發展有另一種全新的體會，鼓舞者研究者於教學現場進行科技議題教學的勇氣與決心，不斷向前邁進。

（1）及時取得奈米材料

在研究初期，研究者已察覺到對於國小學童來說，學習科技新知的方式，如

果純粹只靠資訊融入的教學，仍覺有所缺憾；更因為經費來源與購買奈米材料的管道困難；於是在研究過程中期向鄰近的高等學府國立東華大學尋求支援，獲得研發處與東區奈米科技 k-12 人才培育中心的支助，提供數種簡易奈米材料實驗試範教學及多樣奈米材料，恰巧於本研究的後期讓學童進行多項奈米檢測實驗，奈米材料的取得方面，可以說是未曾花費研究者一分一毫，取得的時機又如一場及時雨來得剛好，研究者的心中有無限感激。

二、教學現場的配合條件

（一）校內的有利條件

配課任教高年級自然生活科技，長期借用電腦教室、行政的支持使得研究者有機會加入奈米科技種子教師的行列，接受一系列有規劃的課程。研究者為現任自然科教師，先觀察班上的學童一學期之後，邀請學童加入科技議題教學與學習的行列，校內提供免費的網頁空間，以便建置網路工作室。

（二）緊鄰高等學府

緊鄰的高等學府與本校宿有良好的社區內校際合作關係，其中包含奈米科技人才培育、提供多項奈米材料以利實驗、舉辦各校奈米科技種子教師教學心得研討分享討論會；在學童的學習方面則是提供了實驗室參觀活動並由教授實地解說奈米等設備，特別為學童舉辦奈米專家演講活動等等，多方面的協助可謂功不可沒。

三、人的因素

在研究前，研究者自認為是校內的獨行俠，但是，面臨科技議題奈米應用教學，資源與支援扮演著舉足輕重的角色，人際互動與合作尤其顯得格外重要；如文獻第三節 John（1994）所述，專業發展的風氣，包含教師同儕之間的合作參與更新自己和學校，一起不斷地努力。以下就研究者的人際互動關係做歸

納整理如下：

（一）校內

1. 行政的支持

行政人員與校長及整個教學團隊，向來對於教師們的教學研究的協助非常投入，平日的相處氣氛融洽，也常可見到協同教學的情形。不僅研究者本身進行科技議題教學，校內的行政人員亦在 93 年的 10 月舉辦校的奈米週一系列的相關活動，如附錄十四。

2. 同儕教師的協助

研究進行的過程中，承蒙奈米科技同儕教師、班級導師及校內其他老師們提供寶貴的意見，啟發研究者課程設計的靈感、協助填寫奈米科技種子教師問卷調查表、科技議題教學研討分享回饋表、接受訪談等，促成本研究得以順利進行。研究者常與班級導師互動，遇到有需要幫助的時候，導師通常也是非常樂意幫忙，包含奈米議題教學討論及協助校外參觀的交通事宜。試用網路工作室教師也願意在隔壁班試用研究者所架設的網路工作室來評估設計的盲點；研究者深深覺得自己在此項研究過程中並不孤獨。

3. 共同參與研究的學生

共同參與研究的 20 位學生在研究的過程中，在學習興趣方面亦曾經有所起伏，不同的素質的學童對科技議題教學的反應也有很大的不同；但是，整體來說參與學習的意願很高，也是鼓勵與支持研究者持續將個人設計的課程完成的主要動力；教學過程中需要配合全程的參與、錄影、錄音、接受訪談及教師不斷地收集資料，留下學習的歷程等等。

（二）校外的組織和專家

當研究者在科技議題知識教學方面捉襟見肘的時候，校外的組織和專家適時地扮演了支援的角色，進行校際合作教學活動。

曾經協助研究者進行本項研究的校外人士眾多，其中包含國立東華大學東區奈米科技 k-12 人才培育中心和東華大學研發處的老們，協助的項目包含培育國

小奈米科技種子教師、提供簡易奈米檢測實驗的材料、簡易奈米材料檢測試範、帶領學童參觀實驗室設備，為學童舉辦奈米專家演講活動等等。在電子郵件往反的過程當中，研究者深深地感受到東區奈米科技 k-12 人才培育中心，對科技新知向下紮根於國小課程的重視。

根據 T7 教師描述，認為從前 T1 教師是一個蠻自負的老師，平日有很多的東西，都是一個人就能達成，但為了要使研究順利進行，會主動地尋求一些支援，而東華大學的教授群也很樂意伸出援手，提供義務的教學協助。

四、教學省思

（一）知識管理方面

就知識管理而言，可行的策略包含運用組織的力量，各項人力物力的資源，可以將個人知識及組織知識做有效率的累積、分享與提昇，如校內「奈米議題教學分享研討會」。教師亦可以參考知識管理策略，引導解決學童對科技新知-奈米議題學習方面的困難。上述觀點與文獻陳榮宗（民 92）認為知識管理的障礙因素包含研習課程不符所需、各種進修的障礙、選擇知識能力不足時間不足等等看法，大致相同。

（二）學習環策略方面

就運用學習環理論而言，應考慮各校教學現場各項條件、學生的能力、教師的能力、教學實物的有無及妥善運用校內外各項支援與資源，做適度的調整運用，以利教學活動的實施。在教學過程中難免遇到瓶頸，需要摒持著行動研究的精神，奮勇精盡。實施過程中的障礙因素，包含學生的前置經驗、接受新知的能力、學習動機、教學現場配合的條件、人際間的互動、問題解決的技巧等等。

（三）運用資訊科技方面

就資訊科技在研究中所扮演的角色而言，除了可以克服部分教學現場不利條件之外，還包含教學過程中教學資料的整理、主題式評量、網路搜尋、活動照片欣賞、促進教師專業能力的提昇、提昇學童的學習興趣、增進師生溝通及提供非

同步學習的功能。但是，對於國小學童而言，輔以實物進行觀察和實驗的效果更為有趣。障礙因素為消化資訊的能力不足、時間限制、使用各項軟硬體設備的能力，以及學生的先備能力等等。

第四節 科技議題教學的可行教學模式分析

一、應用學習環理論分析

面臨科技議題教學，研究者不得不應用一些學習理論引導教學活動的實施。研究者以 Hackett 學習環的模式進行教學，整體來說是一個利用學習環的特性以達到教師專業成長的過程；同時也以學習環的模式來引導學童進行科技議題課程的學習活動。圖 4-4-1 為研究過程中，師生應用學習環理論於科技議題教學的說明。

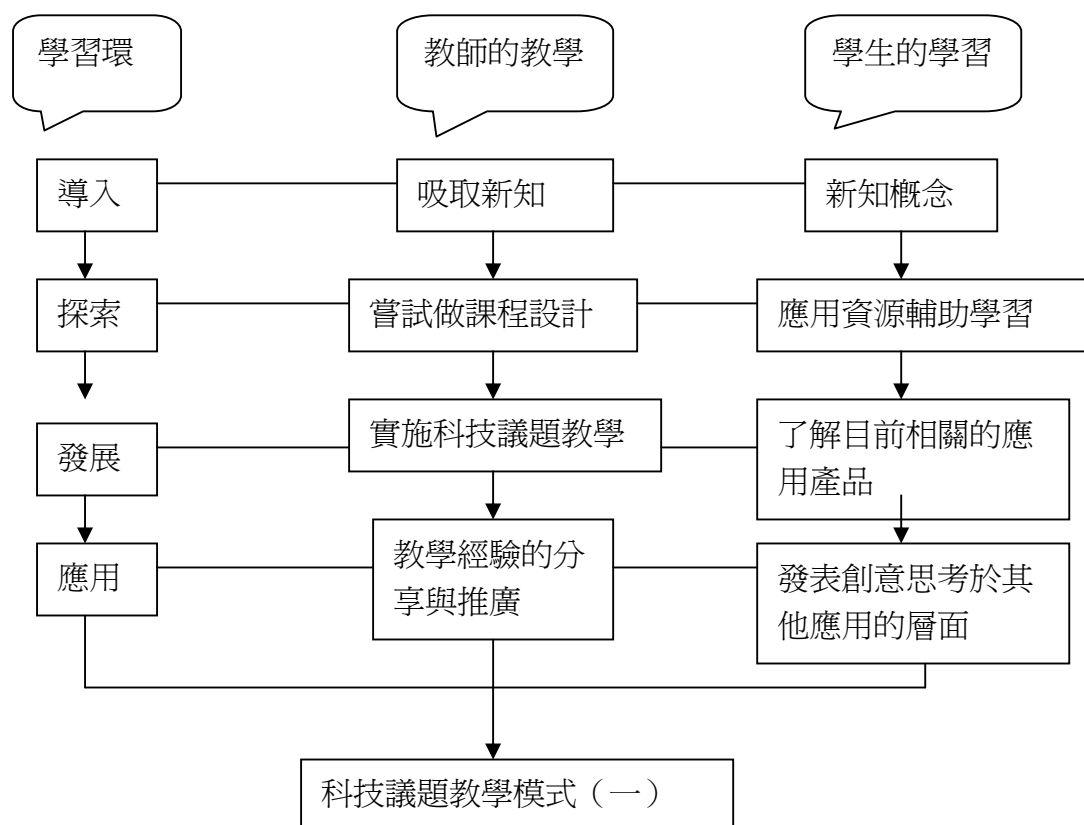


圖 4-4-1 科技議題教學模式（一）

（一）教師應用學習環理論幫助教師專業成長的部分

就運用學習環吸取新知方面而言，教師可以從日常生活中的奈米產品著手，開始領會其新奇的特性（導入階段），其次，參加一些短期的奈米研習課程，對理論部分做初步的概略性了解（探索階段），再評估教學現場配合條件，嘗試做課程設計，並考慮參加長期的奈米種子教師行列、或奈米論壇課程（發展階段），最後，再將設計的課程於教學現場實施，並於實施後進行教學反思，並進行科技議題教學分享與推廣研討會（應用階段）。研究發現，肯定學習環策略於教學方面的幫助，並且可視教學現場條件予以調整使用。如文獻 Karplus 所述，最初可由教學中學生遇到的困難，修改學習環教學模式的雛形，使學生直觀的想法能與現代科學的觀點相聯結。

（二）學童應用學習環於科技議題方面

就運用學習環幫助學生學習科技議題的學習來說，亦如同前一小節，可由日常生活當中，奈米產品所表現的新奇性開始介紹，如果有實物可以觀察更好（導入階段），其次，以簡易奈米實驗進行檢測活動，讓學童實際探索奈米產品的特性（探索階段），再者，以教學簡報做說明，目的在於使得學童不僅「知其然」，還要有一點「知其所以然」（發展階段），最後，再請學童就已經體會奈米新奇的特性之後，思考、討論尚可應用的層面，目的在於將學童的思考力擴散應用於解決日常生活問題的應用。如文獻 Schneider & Renner (1980) 所述，學生可以藉由觀察、測量、實驗解釋、預測和建立模式等經驗，使學習者擴展其心智結構。

應用學習環於科技議題教學的四個月當中，研究者發現，應視實際情形適度調整，視教學資源、教師的能力、學生的先備經驗、材料的有無而定，如果教學現場配合條件可以支援學生進行探索活動，教學活動偏向學生中心，若是比較偏向抽象、資訊融入的部分，則比較偏向教師中心。

二、研究前、中、後的程序性分析

研究者歸納本研究的整個歷程實施程序如圖 4-4-2，說明本研究在規劃實施

的重點，確切掌握研究前、中、後各項影響因素，則有利於科技議題教學活動的實施；希望能對日後有興趣進行科技議題教學的人有所幫助。

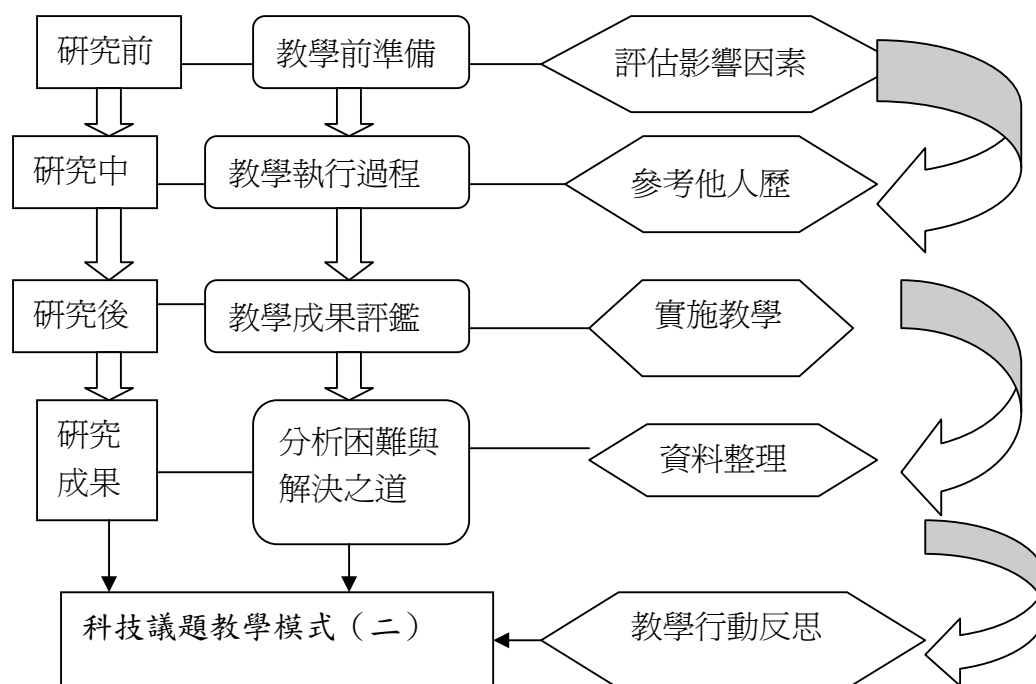


圖 4-4-2 科技議題教學模式 (二)

研究者歸納研究前、中、後的程序性，共有下列幾項重點：

- (一) 研究前評估影響因素，慎密規劃教學設計，如果遇到滯礙難行，則應考慮謀解決之道；如果事先從他人的經驗吸取精華，可提高科技議題教學研究的成功機率。
- (二) 實施科技議題教學的過程中，除了教學者本身要不斷地充實自己以外，如果有同儕教師願意參與研究，做為教學觀察員，適時進行意見交換；尋求校內、外的各項支援與資源，則可以提高學童的學習成效，並且有助於教學活動問題解決。
- (三) 教師的科技議題教學能力固然佔舉足輕重的角色，但是學生的先備能力亦不容忽視，教學過程中教師應調整心態，以提昇學童的學習興趣為主要目的。

三、知識管理的流程

知識管理的流程不僅可以應用教師的專業成長，同時也可以用來指導學童對

於「科技議題」的學習如圖 4-4-3 所示。根據表 4-1-10 第 2 題，認為參與校內奈米科技教學分享過程當中，能對奈米科技有更深一層的認識，非常同意的有 23.5%，同意的有 52.9%，沒意見的有 23.5%，可見知識的交流分享會影響知識的更新。

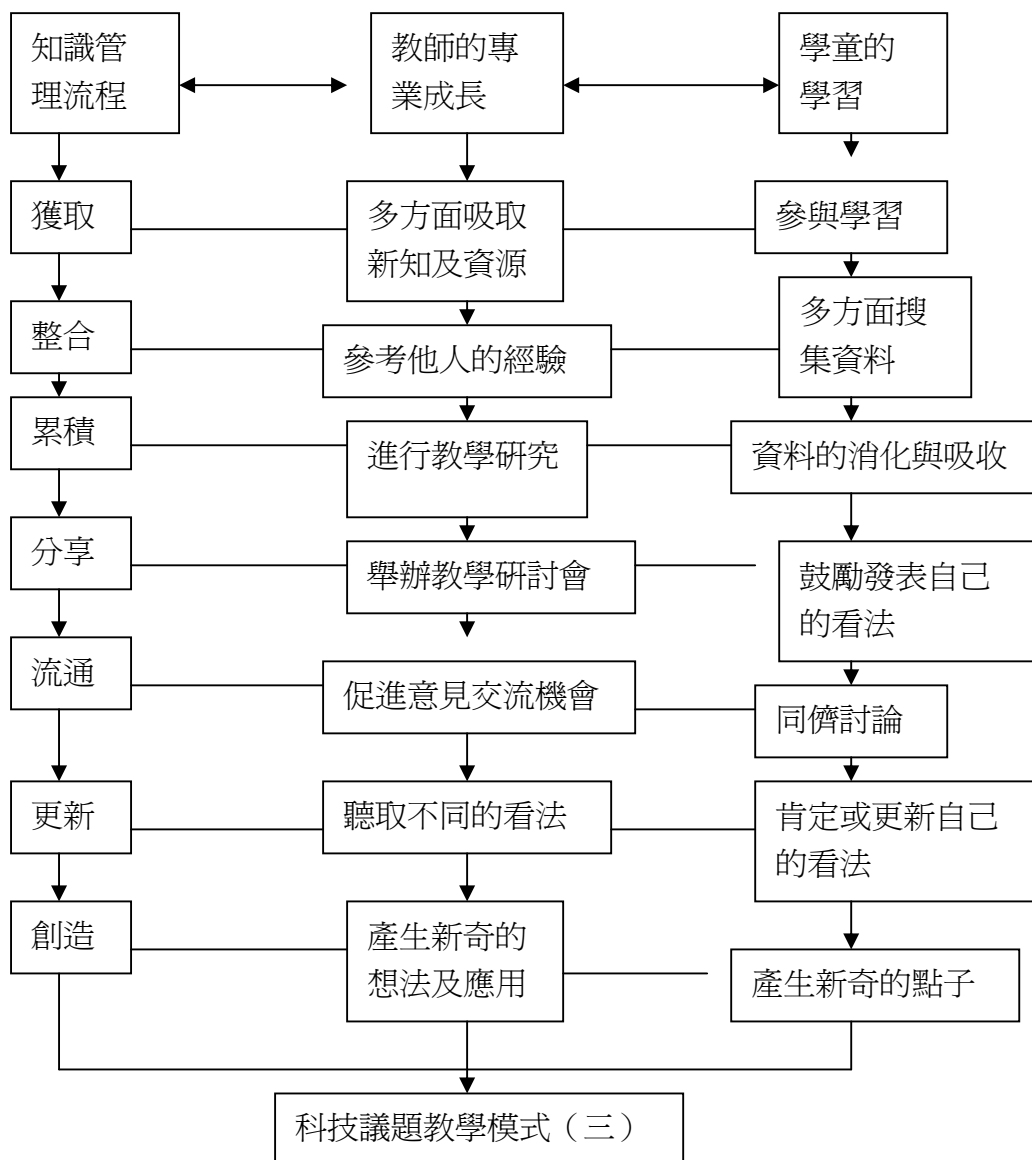


圖 4-4-3 科技議題教學模式（三）

無論是教師或學生運用科技議題的策略學習科技議題，同儕討論佔相當重要的分量，此項結論與至聖先師孔子所云：「獨學而無友，則孤陋而寡聞」看法一致。綜合歸納上述重點有下列幾項：

- 1、應用科技議題策略於科技議題教學模式，是歷經多階段的努力始能完成，最初的動力來自於教師的信念，中期的動力則是來自於不斷地教學省思，最後的成果則是由教學評量與學生的學習成效來檢視。
2. 大多的數的學童對於科技議題奈米應用教學的接受度頗高，乃因接觸其新奇性的初期，但是，接觸久了之後，就會顯得較為平淡，教師可以適度應用學習環的教學策略，引導學生思考如此新奇的特性尚可應用的層面，則有助於學童「思考力」的發展與擴散。
3. 本模式可提供教師、學生、教學團隊的知識更新與應用，成為教學者、學習者、組織知識更新三贏的局面，促進教師專業成長、學生學習符合時代潮流、組織內部的知識精進等，並且尚可應用於其他創新教學模式，具有推廣價值。上述觀點如文獻黃廷合、吳思達（民 93）所述，個人建構的知識的過程要有組織的協助，亦即藉由組織的分享機制而建構，所以，分享是組織知識的建構要件。

本研究歷經四個月的實務性推動科技議題融入國小自然科教學研究，以行動研究的精神修定而成，從中找到一些共通的準則與應用方式，研究者在國小階段實施科技議題教學可應用適當的策略實施，但也還有許多省思及修正的空間，可視教育現場配合的條件做適度的調整，以符合各校各班的實際發展情形。

四、發展科技議題教學模式

研究發現，運用知識管理、學習環於科技議題教學有諸多相似之處，以下是研究者將圖 4-4-1 與圖 4-4-3 兩種教學模式與資訊科技做一結合，成為另類科技議題教學模式，希望能將此兩者的精神與目的合而為一，做為教師和學生進行科技議題教學與學習的依循。以下僅就學習環與知識管理做一比對，如圖 4-4-4 所示。

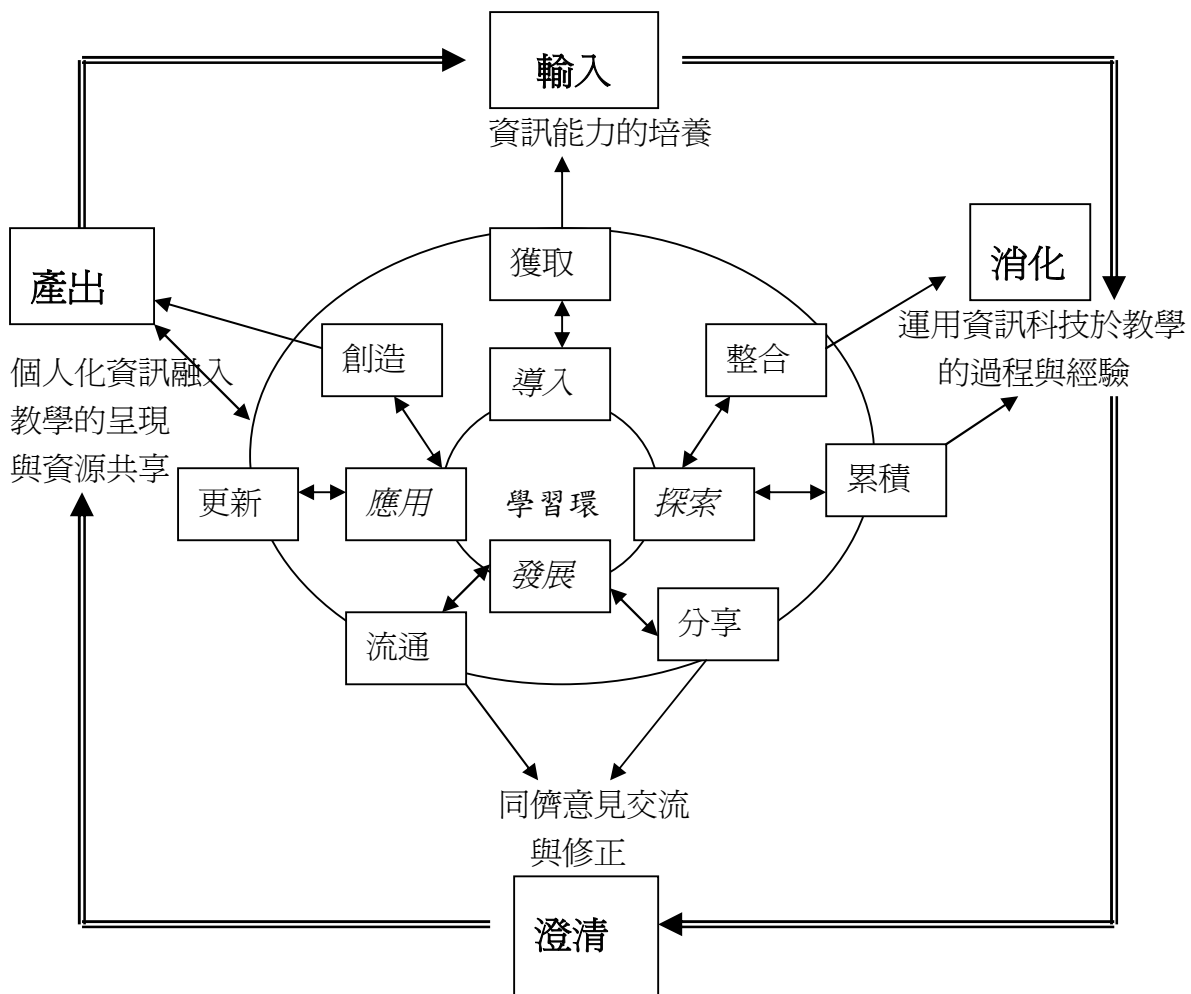


圖 4-4-4 科技議題教學模式

如圖 4-4-4 所示，一共可分為三層，最內層橢圓為學習環理論，次之為知識管理策略，再者，第三層雙線箭頭為資訊科技扮演的角色，最外層為研究者綜合歸納前三者，融合而為一，成為科技議題教學模式。有關知識管理與學習環的相似處說明如表 4-1-13。並將圖 4-4-4 當中三者的精神加以融合，如圖 4-4-5，整個系統化知識的建立過程，整體來說是從外顯知識到內隱知識的過程。換句話說，若循此模式來實施，即可兼具應用學習環、知識管理與資訊科技於科技議題教學的精神與目的。茲將圖 4-4-5 教學模式四階段主要的內容簡要歸納如下：

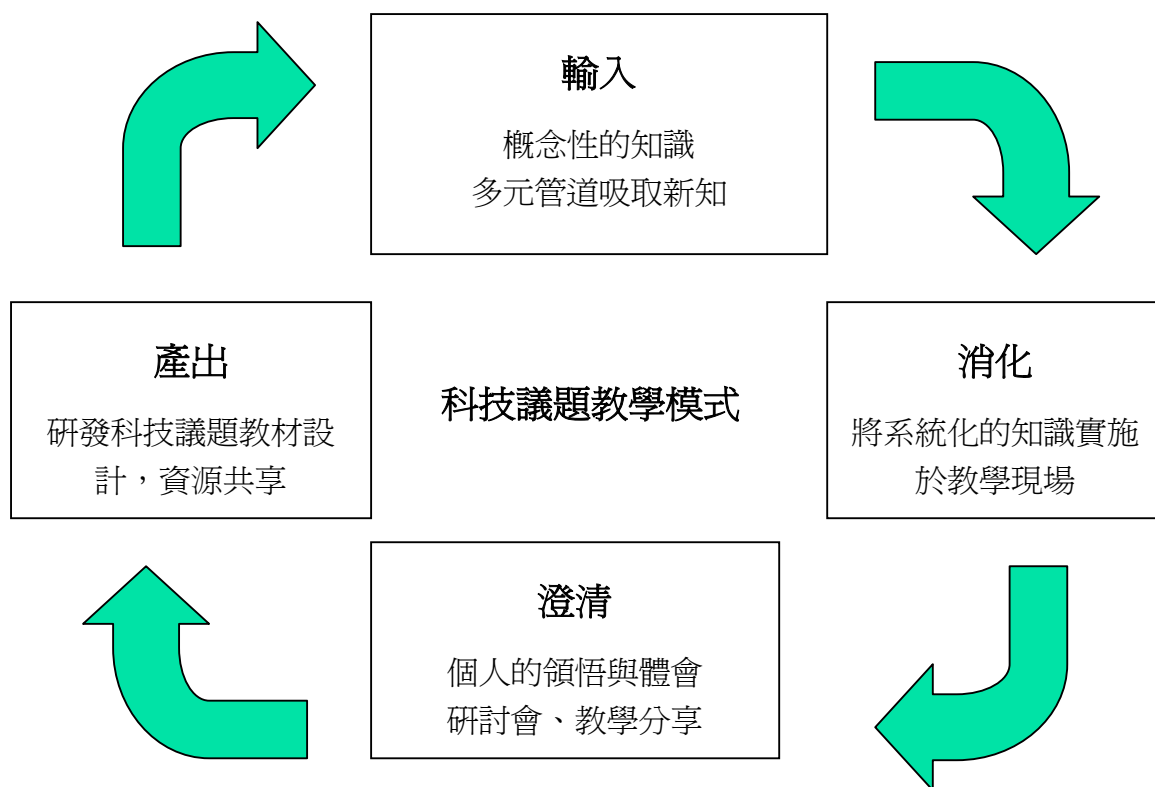


圖 4-4-5 科技議題教學模式

(一) 輸入階段

在此階段主要的重點在於基本能力的培養，包含吸取科技議題新知、對教學策略的認知及思考資訊科技可應用於教學設計的思考等等。

(二) 消化階段

在此階段主要在於將已學到的基礎知識，實施於教學現場的過程。

(三) 澄清階段

在此階段主要是藉由教學研討、分享，各種經驗交流的機會，以便進行各項教學活動結束後的修正工作，使個人及教學團隊有機會更進一步的領悟與體會。

(四) 產出階段

經由吸收新知、實施教學、修正經驗與體會，最末將教學成果做資源分享的動作，成為教學團隊的教學共享資源。

第五章 結論與建議

本研究的主要目的在探究科技議題融入國自然生活科技教學活動的歷程、困難與解決之道，以及影響因素分析，並提供一些可行的教學模式，作為現行國小實施科技議題教學之參考。本章共分兩節，第一節根據研究目的、文獻與第四章之研究發現，提出本研究之結論。第二節提出推行此一類型教學活動，及後續研究之建議。

第一節 結論

綜合研究者四個月來科技議題教學的歷程、資料收集與訪談結果之分析與討論，提出下面四項主要結論：

壹、科技議題融入國小自然生活科技教學歷程，可促進師生共同成長

一、運用學習環促進師生共同成長

1. 就教學的過程來說：

教學過程應由具體到抽象，巨觀到微觀，如果無實物則採用資訊科技予以輔助。

2. 就調整學習環實施教學來說：

應考慮教學現場配合的條件，實物的有無、教師的能力、學生的能力、教學資源等等，適度調整教學策略以支援學生的探索學習。

3. 就教學目標來說：

以提昇學童關注科技議題的學習興趣為目標，對於學童體會新奇的應用方面比較容易實施，至於，如果要達到不僅「知其然，更知其所以然」的境界，尚有很大的研究空間。

4. 就實物教學與資訊科技的比較來說：

學生對於自己動手做實驗的反應熱列程度，更甚於資訊科技，原因在於學童們喜歡自己進行觀察，動手操作並從中獲得新奇的發現。

5. 就教師的收穫而言：

觀念方面的改變又可分為認知、態度、技能、信念、價值等五項。

6. 就學生的收穫而言：

藉由導入、探索、發展、應用等四個主要步驟實施教學，學生的收穫包含學習興趣獲得提昇、知道奈米的意涵及應用，產生應用此種新奇的特性於其他層面的想法等等。

二、運用知識管理流程協助師生更新知識

1. 就協助教師及教學團隊的專業成長

依循知識管理流程發展出因地制宜的教學模式，透過參與奈米科技相關研習提出問題、參與校內教學研討與同儕教師進行心得分享，及運用各項校內外資源，對科技議題作有效的累積、擴散與應用，透過經驗分享加速個人及教學團隊知識的更新，校內教師認為可以增進科技議題教學專業成長的方式，依序為課餘經驗分享、參加研習之後互相交換意見、參考他人的教學簡報設計、不定期聚會，最末則是定期聚會。

2. 提昇學童對科技議題的學習興趣。

知識管理的流程扮演引導學習的主要角色，透過知識的獲取、整合、累積、分享、流通、更新的流程，達到更新學童科技議題的學習興趣。

3. 整合校內外資源的運用，有助於科技議題教學的實施。

就運用知識管理流程當中的「整合」組織內外各項資源方面而言，教學現場配合的條件在本研究當中，佔舉足輕重的地位，不僅可以提昇教師的教學成效，更可以提高學童的學習興趣。

4. 就引發學童的創新思考而言：

學童在對奈米應用的新奇性有一定程度的體會之後，就比較容易產生「新」的應用的「想法」。

5. 學習環與知識管理有諸多相似之處

研究發現，學習環與知識管理的步驟與意涵，有高度重合之處，可將其共同

特性做一結合。

三、資訊工具研究扮演舉足輕重的角色

1. 就教師而言，資訊科技可以克服多項教學場地不足的條件。

協助教學研究資料蒐集減輕教師的負擔、支援網路搜尋資料的便捷性、增加師生互動機會、實施主題式評量、方便填寫教師日誌、編輯教學活動行事曆、運用網路工作室支援學生進行探索活動等等。教師不僅可以藉由資訊科技來學習，亦可以善用它來實施教學。

2. 就學童的學習來說：

資訊科技雖然有其便捷性，但對於輔以實物進行實驗檢測教學的反應更加熱烈。資訊科技協助學童學習的部分，包含可以使用教學簡報設計進行的非同步學習、填寫網路學習單、進行主題式評量、可欣賞活動照片、促進師生溝通的機會、增加同儕互動的空間、參考相關資源等等。

貳、科技議題教學活動實施的困難與解決之道

一、知識管理

在教師方面，困難有課程設計、背景知識及教學現場配合的條件等等，解決的策略則是在課程方面可參考他人或自行設計，多方面吸收相關知識，尋求各項教學支援與資源，包含校內行政的支持與校外專家與組織的協助等等。

二、學習環

1. 就教師方面來說：

教師應考慮教學現場配合的條件，善用各項資源與支援，適度調整學習環於四個階段教學策略，多元方式提昇學童的學習動機及學習興趣，

2. 就學生方面來說：

學生的困難包含高科技名詞難以理解、不具體與很陌生等等，解決的策略則有引用適當的譬喻、邀請專家演講、資訊融入，盡量取得實物進行教學、參觀實

驗室以及進行簡易實驗等等。

三、資訊科技

1. 教師方面

包含運用資訊科技於教學的能力，場地設備的缺乏限制資訊融入教學的機會，建置網路工作室、尋找網頁空間等。解決的策略可依同儕種子教師訓練、預約校內各項軟硬體設備、改寫他人程式等等方式。雖然資訊科技是科技議題教學的一項法寶，但是對國小學童而言，無法完全取代實物教學的地位。

2. 學生方面

包含運用資訊科技學習的能力，包含搜尋資料的能力、整理資料的能力、消化資料及打字的能力等等。解決的策略有平日資訊能力的培養、摘要文章的能力訓練、小組討論及個人口頭發表等等，以避免學童僅止於將網路上的資料複製再貼上而已。

參、影響本研究成功的主要因素

本研究得以順利進行的原因，主要在於研究前先行分析可行之道、評估可能面臨的困難。研究過程中，教師妥善運用知識管理策略，調整運用學習環於學童學習，藉重科技之便解決多方面困難等等。研究後，歸納歷程發展出因地制宜的教學模式。以下僅就知識管理、學習環及資訊科技來做說明。

一、學習環方面

學習環是一種有效的教學策略，但必須視教學實際情形而有所調整，應視教學現場的特性。研究者發現，當教材與學童的生活經驗較遠的時候，可以考慮教師以資訊融入的方式引導教學，也就是說，比較按照學習環策略步驟和知識管理流程的教學模式；但是，如果是比較具體或者是與學童的生活經驗比較相近的教材的時候，則以學生為中心的探索式學習活動較佳，此時，就會產生不完全依照學習環教學策略或知識管理來進行科技議題教學的情形，不過目的都是在幫助老

師的「教」與學生的「學」。

二、知識管理與資訊科技方面

知識管理流程可以扮演教師與學生在科技議題融入教學過程中引導的角色。過程中，幫助教師的專業成長和學生的有效學習，對知識做有效的累積、擴散、更新，甚至使學童產生一些新奇的想法—即「創造」。在教學研究過程中，研究者歷經多重困難，但大半可以依知識管理的策略，獲得某種程度的靈感與問題解決，教師即研究者的身份，使得資訊科技在研究過程中扮演著舉足輕重的角色。最後，研究者仍根據自身的研究經驗，歸納發展出一套科技議題教學模式。

肆、科技議題教學的可行模式

一、發現學習環、知識管理與資訊科技教學應用三者的共同性，可做一結合。

研究後發現，在實施學習環的教學策略、知識管理與資訊科技方面的應用，雖然各有其特性，但仍有高度重合的地方，可將此三者的共通特性做一結合，以利科技議題教學的實施。

二、妥善運用知識管理的策略，可促進教學團隊整體知識內涵的提昇。

教材的開發所包含的層面既深且廣，包含需要長時間的投入、行政資源，各種教學現場的配合與運用，教學研究者的行動力與不斷地修正。如果團隊內能夠進行教材資源分享，不僅可以節省時間、人力和物力，更可以加速團隊內整體知識的有效提昇。

第二節 建議

一、教學者方面

（一）以終身學習為目標。不斷吸取新知，以終身學習為目標，因科技發展日新月異，身為教育工作者肩負培育出具有競爭力的下一代的重責大任，理應隨時充實自己，掌握有效的教學策略，因地制宜實施教學為原則。

（二）在進行教學之前盡量做好教學準備，於教學過程中謹慎實施，進行教學成

效評鑑，不斷反思，同時不定期與同儕教學經驗分享，增加資訊融入多媒體教學教材設計，增加相關實物輔以簡易檢測實驗進行教學，則可提昇科技議題的教學成效。

（三）教師在教師議題方面若能掌握時代的趨勢，甚至在教學策略方面洞察趨勢的轉變，則更能培養學生面對未來巨變的能力；教師甚至可將創新教學策略、更新教學團隊的知識蘊涵等等，做為未來努力的方向。

二、學生方面

（一）運用有效的學習策略，可以幫助學習。過去，產業的發展從勞力、資本迄今，未來最具發展的資產可能是創新的能力；當學童能對知識做有效的累積、更新與思考力的應用與擴散，就比較容易有「創造」的表現。應鼓勵學童隨時做好「創造」的準備，運用有效的學習策略和科技議題的模式來學習，以因應科技新知迅速發展的時代趨勢。

（二）平日即應該要培養的實力，包含學童判斷知識的正確與否、應用資訊科技學習、運用學習資源的等各方面的能力，如能在平日加強指導，則更有助於學生探索活動的實施。

三、教學現場配合條件方面

（一）積極尋求校內支援與校外各項資源，可以降低科技議題教學實施的困難。妥善尋求校內行政的支持、場地設備的借用、人際關係的經營及校外組織與專家的協助，有利於教學研究的實施。古人有云：「三個臭皮匠勝過一個諸葛亮」、「獨學而無友，則孤陋而寡聞」、「巧婦難為無米之炊」，而支援與資源對科技議題融入教學的幫助，可以用「如虎添翼」來比譬。

（二）平日即應思考、學習如何妥善運用校內的各種軟、硬體設施。在教學的過程中有助於問題解決的流暢性。

（三）教學是一項既深且廣的活動歷程，影響因素複雜，在教學中應保持時時省思及修正的彈性空間。

參考文獻

中文部分

- 王宓蕙(民 91):國小教師電腦融入教學素養及其專業成長活動之研究,未出版,國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 吳坤璋(民 88):結合學習環策略與電腦網路於國小自然科教學之行動研究,未出版,國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 吳瓊治,李弘暉(民 90):摩托羅拉的科技議題及傳內化,管理雜誌,卷期 329,民 90,頁 112+114-116
- 吳莉欽(91):中小學教師資訊素養能力指標之探討研究,未出版,國立高雄師範大學資訊教育研究所碩士論文。
- 李弘暉(民 92):知識經濟下領導新思維。臺北市:聯經。
- 呂淑萍(民 92):國民小學運用知識管理推動教學創新之行動研究,國立中山大學教育研究所碩士論文。
- 周談輝,張吉成(90):企業知識創新管理—知識創新理論的啟示,技術及職業教育,卷期 66,頁 2-5
- 周談輝,張吉成(93):科技議題與創新。台北市:全華科技圖書。
- 林燕珍(民 92):中小學教師應用科技於教學之發展研究,未出版,淡江大學教育科技學系碩士論文。
- 林育沖(民 91):在國小自然科利用資訊融入 STS 專題式教學之行動研究,未出版,國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 林曉雯(民 84):國中生物教師教學表徵的詮釋性研究,國立師範大學科學教育研究所博士論文,未出版。
- 姚珩(民 83),實驗教學法淺論,中等教育,45(2),22-35。
- 陳書梅(民 91):從知識創新談教育效能之提昇,教育資料與研究,62-65 頁。
- 陳榮宗(民 92):國民小學教師應用知識管理的可行策略及其障礙素-以臺南縣

- 為例，未出版，國立高雄師範大學碩士論文。
- 陳惠芬（民 89）：「科學趣味競賽」引入國小教學活動成效研究——以水火箭之學習環模組為例，未出版，臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文。
- 曹雅方（民 90）：國民小學教育學程資訊教育相關課程設計之需求評估，未出版，淡江大學教育科技學系碩士論文。
- 許順欽（民 92）：科學玩具融入國小自然科教學以促進學童創造性問題解決能力之行動研究，未出版，國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 湯昶洪（民 91）：臺北市國民小學資訊教育推展與學校效能之相關研究，未出版，國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 黃淑滿整理（民 90）：「前瞻臺灣競爭力」研討會——以創新策略打造優質企業，綜效，153，頁 22-25
- 黃義峰（民 92）：國小自然科教師建置 Web-Based 網站實踐資訊融入教學之行動研究，未出版，國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 黃珮斐（民 92）：由建構主義觀點探討國民小資訊科技融入教學之實施——以一所國小為例，未出版，國立中正大學教育研究所論文。
- 黃廷合，吳思達編著（92）：科技議題論與實務。台北市：全華科技圖書。
- 黃財源（民 91）：知識管理在國民小學組織再造應用之研究，未出版，臺中師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 黃慧琳（民 83）：學習環在國小自然科教學之研究，未出版，國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 野中郁次郎，竹內弘高著（1997）：創新求勝（實戰智慧叢書，203）。（楊子江，王美音譯）。台北市：遠流。
- 許士軍（民 89）：許士軍談管理：洞悉 84 則管理新語。台北市：天下遠見。
- 梭羅（Thurow, L. C.）（民 89）。知識經濟時代（Building Wealth）（齊思賢），台北市：時報文化。（原著 1999 出版）

詹慧齡（民 91）：以學習環為基礎將資訊科技融入國小自然科教學之行動研究，未出版，國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。

羅毅峰（民 91）：STS 理念融入基礎物理網路教學學生學習興趣之探討，未出版，國立台灣師範大學物理研究所碩士論文。

劉慧梅（民 93）：數位學習融入創新教學之設計與應用—以 Hyperbook 系統與國小數學領域為例，國立台北師範學院教育傳播與科技研究所碩士論文。

劉麗蓉（民 91）：國民小學師專業目色知覺與學校組織變革接受度之關係，未出版，臺中師範學院國民教育研究所碩士論文。

蔡華齡（民 93）：國小自然與生活科技教師以虛擬社群實踐知識管理之歷程研究，國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士論文。

王美芬,熊召弟（民 84）：國民小學自然科教材教法，台北市：心理。

鍾聖校（民 88）：自然與科技課程教材教法，台北市：五南。

英文部分

- Andersen. A. (1999/2000) Business Consulting. Knowledge management. 劉京偉 (譯)。知識管理的第一本書。台北：商周。
- Augstums, I. M. (2002). Three Texas Universities Get \$6 Million for a technology Grant. *Knight Ridder Tribune Business News*. Washington: Oct 15, 1
- Barman, C. R., Cohen, M. R., & Shedd, J. D. (1993). The learning cycle: A basic tool for teachers, too. *Perspectives in Education and Deafness*, 11(4), 7-11.
- Beavers, D. (2001). Professional development: Outside the workshop box. *Principal Leadership. (High School ed.)*. 1 (9) , 43
- Bohn, R. E. (1994) . Measuring and Managing Technological Knowledge. *Sloan Management Review, Fall*, . 61-73.
- Caverly, D. C., Peterson, C. L. & Mandeville. T. F. (1997) . A generational model for professional development. *Educational Leadership*. 55 (3) , 56.
- Davenport, T. H. & Prusak, L. (1998), *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*, Boston: Harvard Business School Press
- Davis, K. S., & Christy, F. (2002). . Integrating Technology in Elementary Preservice Teacher Education: Orchestrating Scientific Inquiry in Meaningful Ways. *Journal of Science Teacher Education* , 13 (4) , 303
- Demerest, M. (1997) . "Understanding Knowledge Management" . *Long Range Planning*, 30(3), pp. 374-384
- Drucker, P. F. (1997/2000) . Harvard business review on knowledge management. 張玉文 (譯) (2000)。知識管理。台北：天下遠見。

- Dykstra, D. I. (1982). A learning cycle exponential growth and the energy crises. *The Physics Teacher*, 20(4), 245-246
- Earl, M. J. (1994). Knowledge as strategy: reflections on Skandia International and Shorko Films. In C. Ciborra & T. Jelassi (Eds.), *Strategic Information Systems: A European Perspective*, 53-69. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Eib, B. J. (2002) Online learning and professional development. *Principal Leadership*, 3 (4) , 61
- Fraser, B. J., & Tobin, K. G. (1998) . *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic.
- Gettys, N. S. (1998) . Challenges for chemistry in the 21st century. *Journal of Chemical Education*. Easton, 75 (6) , 665
- Grant, C. A. (1996) . *After the school bell rings*. London Falmer Press.
- Gupta, A. K., & Govindarajan, V. (2000) “Knowledge management’ s social dimension: Lessons from Nucor Steel.” *Sloan Management Review*, 40(Fall): 71-80.
- Hackett, J. (1991). *Constructivism Learning Cycle and Structuring Instruction in Elementary School Science*.
- Hamel, G. (1994). The Concept of Core Competence. *Competence-Based Competition*, 11-33
- Hamel, G. (2000) . *Leading the Revolution*. Boston: Harvard Business School Press.
- Karplus, R., & Thier, H. D. (1967) . *A new look at elementary school science*, Rand McNally.
- Karplus, R. (1997). *Science teaching and the development of reasoning*. Berkeley, University of California.

- Kuo, W. (2003). Redefining our relevance. *Industrial Engineer*, 35 (5), 41
- LaMont, J. (1997). *Integrating technology in the classroom: the time has come. Computers in the Schools*, 14 (1-2), 1
- Lawson, A. E. (1989). *A theory of instruction: using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills*. National Association for Research in Science Teaching.
- Leavitt, H. J. (1964). *Readings in managerial psychology*, Chicag.
- McAdam, R. , & McCreedy, S. (1999). The Process of Management within Organization: a Critical Assessment of Both Theory and Practice. *Knowledge and Process Management* , 6 (2) , 111-113.
- Purser, R. K., & Renner, J. W. (1983). Results of two tenth-grade biology teaching procedures. *Science Education*, 67 (1) , 85-98
- Scharmann, L. C. (1991). Teaching angiosperm reproduction by means of the learning cycle, *School Science and Mathematic*. 91(3), 100-104
- Senge, P. M. (1994)。第五項修練。(The fifth Discipline Fieldbook) (郭進隆譯)。台北市：天下文化。(原著 1990 年出版)
- Thomas, H. D., Laurence, P., & James, W. H. (2003). Reengineering revisited, *Computerworld Framingham*, 37 (25) , 48
- Thurrow, L. C. (1999). *Building Weslth: the new rules for individuals, companies, and nations in a knowledge-based economy*. New York HarperCollins.
- Unruh, R. , Countryman, L. L., & Cooney, T. (1992). The PRISMS approach. *The Science Teacher*. 59(5), 36-41.

附錄一 研究者參與 2003 年奈米科技種籽教師研習營課程內容

日 期	課 程 名 稱	講 師
10/18(六)	由我國之奈米人才培育計劃看奈米科技	李世光
	東部地區奈米科技發展的規劃	翁明壽
10/25(六)	無所不在的奈米科技	蘇宗榮
	奈米光電入門	孫建文
11/1(六)	奈米壓印技術簡介	魏茂國
	奈米材料與化學	羅幼旭
11/8(六)	奈米材料的新世界	陳貴賢
	奈米礦物材料	翁林廷彬
11/15(六)	奈米高熵合金的開發及應用	葉均蔚
	奈米科技的工具—穿透式電子顯微鏡(TEM)	黃士龍
11/22(六)	奈米國家型科技計劃簡介	吳茂昆
	奈米科技的工具—掃描式電子顯微鏡(SEM)	馬遠榮
11/29(六)	高分子奈米材料	林唯芳
	東華奈米科技的製程與分析設備參觀	張文固
12/6(六)	表面電漿子共振與介面特性分析—於生醫晶片之應用	林啟萬
	奈米生物面面觀	李展平
12/13(六)	奈米感測材料之特性與應用	林鴻明
	奈米微機電簡介	謝欣然/魏茂國
12/20(六)	奈米鑽石科技	宋健民
	奈米鑽石的研究	鄭嘉良
12/27(六)	廿一世紀奈米技術發展	張力仁
	東華奈米光觸媒研究	翁明壽

附錄二 研究者參加 2004 年奈米科技論壇課程內容

時間	演講者	題目
3 月 13 日 9 點	陳楚驤顧問（工研院航太中心）	奈米科技與生物科技
3 月 13 日 10 點 30 分	鄭天佐院士（中央研究院物理所）	小而美的奈米科學
3 月 27 日 9 點	呂宗昕教授（台灣大學化工系）	奈米電子與光電材料之發展與應用
3 月 27 日 10 點 30 分	黃惠良教授（清華大學電機系）	下世代奈米電子學的發展
4 月 10 日 9 點	彭旭明院士（台灣大學副校長）	原子、分子與奈米科技
4 月 10 日 10 點 30 分	蔡嬪嬪博士（工研院奈米中心）	工研院奈米科技研究現況
4 月 17 日 9 點	齊中正教授（清華大學物理系）	
4 月 17 日 10 點 30 分	王俊凱博士（台灣大學凝態中心）	奈米尺度下的神奇電漿共振
5 月 29 日 9 點	劉仲明所長（工研院材料所）	奈米材料發展趨勢及對未來的影響
5 月 29 日 10 點 30 分	蔡定平教授（台灣大學物理系）	奈米光學新世界
6 月 5 日 9 點	陳怡嘉教授（東華大學材料系） 羅幼旭教授	奈米科技對生活的影響 商品化的奈米科技-簡易奈米實驗示範

附錄三研究者參與 2003 奈米科技種籽教師多媒體製作研習課程內容

日期	項目	內容
92/09/27	多媒體教材製作研習（上課地點：理工 PC2 電腦教室 B238） 課程一： 教學者：陳偉銘教授-3 小時 多媒體格式之介紹 多媒體格式之轉換 多媒體教材剪輯 軟體教學：TMPGEnc 之使用教學	說明奈米科技 K-12 人才培育計畫與種籽教師研習之內容，教材製作經費之報銷，邀請多媒體專家與會，介紹多媒體教材之製作與討論教材格式
92/10/04	多媒體教材製作研習 課程二： 威力導演 PowerDirector 之使用教學（林技昇技師-2 小時） 輕鬆製作 VCD、DVD 以及家庭影片之影片編輯軟體 影片擷取：可從各式影像裝置來源輕鬆擷取及編輯影片 影片編輯、特效 影片選單製作 製作多媒體輸出格式 燒錄及播放作品於 DVD、VCD、SVCD 光碟	邀請多媒體專家與會，介紹多媒體教材之製作與討論教材格式。

附錄四 同儕教師教學觀察記錄表

編寫人：T1

基本資料

性別：☐男☐女

年齡：☐22~30 歲☐30~40 歲☐41~50 歲☐51~60 歲☐61 歲以上

教學年資：☐1~2 年☐3~5☐6~10 年☐11~20 年☐20 年以上

學歷：☐專科☐大學☐碩士☐博士

現職：☐導師☐科任教師☐實習教師☐代課教師

兼任：☐主任☐組長☐校長

是否曾經實施奈米議題教學活動？☐是（____次）

☐否

非常同意（5分），同意（4分），普通（3分），不同意（2分），非常不同意（1分）

5 4 3 2 1

1. 你認為本次活動當中，教學者已盡力了嗎？

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

建議：_____

2. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，有任何需要改進的地方嗎？

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

優點：_____

缺點：_____

3. 您認為教師者在教學前是否有先將奈米科技議題相關知識轉化之後，再進行教學？

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

有，因為：_____

沒有，因為：_____

建議：_____

4. 您覺得教學者在奈米科技議題為例的教學活動中，有運用適度的教學策來進行教學

... ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

有，因為：_____

沒有，因為：_____

建議：_____

5. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，能增進小朋友對奈米議題的認知嗎？

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

能，因為：_____

不能，因為：_____

建議：_____

6. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，教學者是否面臨很大的困難？

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

是，困難之處有：_____

否，教學者已解決的有：_____

- 建議：_____
7. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，對五年級小朋友在學習國小自然生活科技學習領域是否有幫助？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 是，因為：_____
- 否，因為：_____
- 建議：_____
8. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，教師是否有善用資訊科技來進行教學？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 有，應用了：_____
- 沒有，建議使用：_____
9. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，對小朋友的學習來說，會不會很困難？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 困難，因為：_____
- 不困難，因為：_____
10. 您覺得未來在國小自然生活科技課程中，實施奈米議題的可行性為何？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 可行，因為：_____
- 不可行，因為：_____
11. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動，課程設計是否適用於五年級學童？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 是，因為：_____
- 不是，因為：_____
- 需要改進或加強的地方：_____
12. 您認為本單元以奈米科技議題為例的教學活動中，是否能提昇教學者應用資訊專業的能力？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 是，因為：_____
- 否，因為：_____
13. 本單元以奈米科技議題為例的教學活動中，您覺得教學者所設計的網路工作室，是否能促進學童的學習成效？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 是，因為：_____
- 否，因為：_____
- 建議：_____
13. 在觀察本單元以奈米科技議題為例的教學活動之後，是否能提昇您未來實施奈米議題相關課程的信心？ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- 是，因為：_____
- 否，因為：_____
- 建議：_____

附錄五 奈米議題同儕教師訪談大綱

- 一、 請問您曾經進行奈米議題教學嗎？幾次？曾經遇到哪些困難？如何解決？
 - 二、 同儕教師所設計的奈米議題教學設計，是否能幫助您的自然科教學？
 - 三、 同儕教師所設計的網路工作室，是否能幫助您的自然科教學？如果有的話，是哪些部分？
 - 四、 請問您的奈米議題知識，是從哪裡得知的？
 - 五、 您覺得研究者的資訊能力如何？有沒有愈來愈進步？
 - 六、 您覺得一般國小進行奈米議題教學的教師人數多不多？
 - 七、 對於奈米議題課程教學，教師的課程設計能力扮演著什麼樣的角色？
 - 八、 您覺得研究者或您，有沒有因為進行奈米議題教學，而增進人際關係？請舉例。
 - 九、 對您來說，在「轉化」奈米知識為國小學童的課程與教學，會不會很難？可能需要哪些協助？
 - 十、 請問你所任教的班級學童，對奈米議題課程的反應為何？
 - 十一、 在奈米議題教學方面，請給研究者一些建議。
-

非常感謝你在工作煩忙之餘，還能接受在下的訪問，謹此致謝！

研究者：林桂櫻

附錄六 奈米科技教學研討會教師意見回饋表

基本資料

性別：☐男☐女

年齡：☐22~30 歲☐30~40 歲☐41~50 歲☐51~60 歲☐61 歲以上

教學年資：☐1~2 年☐3~5☐6~10 年☐11~20 年☐20 年以上

學歷：☐專科☐大學☐碩士☐博士

現職：☐導師☐科任教師☐實習教師☐代課教師

兼任：☐主任☐組長☐校長

曾參加奈米科技研習次數：_____次

是否曾經實施奈米議題教學活動？☐是（_____次）

☐否

非常同意（5 分），同意（4 分），普通（3 分），不同意（2 分），非常不同意（1 分）

單選

5 4 3 2 1

- | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. 我覺得要在國小階段實施奈米議題教學，是一項具有挑戰性的工作。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 2. 在參與本次的教學分享活動過程當中，使我對奈米科技有更深一層的認識。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3. 我能將吸收到的奈米相關知識，適度地轉化成為教學內容之一。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 4. 我曾經進行奈米科技教學簡報設計。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5. 我認為在國小進行奈米議題教學，是一項符合時代趨勢的做法。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 6. 如果有奈米產品實物來協助教學，會有更好教學的成效。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 7. 應用資訊科技的教學方式，可以解決沒有奈米產品實物的問題。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 8. 目前已經有很多奈米科技產品，出現在日常生活當中。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 9. 我覺得一般國小教師對於奈米議題教學的能力與經驗普遍不足。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 10. 我覺得國小高年級的學童，已經有能力學習奈米議題的相關知識。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 11. 我認為在國小進行奈米議題教學，可以提昇國小學童在自然生活科技方面的學習興趣。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 12. 本校奈米種子教師之間有良好的課程設計互動及分享。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 13. 在現有的自然生活科技課程當中，要找到引入奈米議題的空間，是一件非常容易的事情。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

複選

1. 我覺得在國小進行奈米議題的教學的可行方式是：
☐主題探究☐小組合作學習☐社團方式進行☐大班教學☐其他_____
2. 我認為可以增進奈米議題教學能力的主要途徑是：
☐參加奈米研討會☐參加奈米論壇☐奈米科技種子教師之間的意見交流
☐網路搜尋☐其他_____
3. 如果你要進行奈米議題教學，哪些資源扮演著舉足輕重的角色？
☐校內資源，例如：_____
☐校外資源，例如：_____
 其他：_____
4. 據我所知，本校曾經進行奈米議題教學的人數約有多少人？
☐1~2 人☐3~4 人☐5~6 人☐7 人以上
5. 本校奈米種子教師之間曾經進行哪些方式，以增進奈米議題教學方面的教師專業成長？
☐定期聚會☐不定期聚會☐課餘經驗分享☐教學簡報設計分享☐參加研習
 之後互相交換意見☐其他_____
6. 我覺得進行奈米議題教學時可能面臨的困難有：
☐應用資訊科技的能力☐有無實物☐設備☐教師轉化知識為教學設計的能力
☐學生的求知欲☐學生的先備知識☐其他_____

簡答：

1. 我對奈米議題教學的建議：

2. 在我進行奈米議題教學的過程中，曾經對我有幫助的是：

3. 給研究者的話：

附錄七 奈米科技種子教師意見調查表

基本資料

性別：☐男☐女

年齡：☐22~30 歲☐30~40 歲☐41~50 歲☐51~60 歲☐61 歲以上

教學年資：☐1~2 年☐3~5☐6~10 年☐11~20 年☐20 年以上

學歷：☐專科☐大學☐碩士☐博士

現職：☐導師☐科任教師☐實習教師☐代課教師

兼任：☐主任☐組長☐校長

曾參加奈米科技研習次數：_____次

是否曾經實施奈米議題教學活動？☐是（_____次）

☐否

非常同意（5 分），同意（4 分），普通（3 分），不同意（2 分），非常不同意（1 分）

單選

5 4 3 2 1

- | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. 我覺得要在國小階段實施奈米議題教學，是一項具有挑戰性的工作。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 2. 在參與東區奈米 K-12 人才培育計劃的過程當中，使我對奈米科技有更深一層的認識。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3. 能我將吸收到的奈米相關知識，適度地轉化成為教學內容之一。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 4. 我曾經進行奈米科技教學簡報設計。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5. 我認為在國小進行奈米議題教學，是一項符合時代趨勢的做法。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 6. 如果有奈米產品實物來協助教學，會有更好教學的成效。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 7. 應用資訊科技的教學方式，可以解決沒有奈米產品實物的問題。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 8. 目前已經有很多奈米科技產品，出現在日常生活當中。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 9. 我覺得一般國小教師對於奈米議題教學的能力與經驗普遍不足。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 10. 我覺得國小高年級的學童，已經有能力學習奈米議題的相關知識。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 11. 我認為在國小進行奈米議題教學，可以提昇國小學童在自然生活科技方面的學習興趣。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 12. 本校奈米種子教師之間有良好的課程設計互動及分享。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 13. 在現有的自然生活科技課程當中，要找到引入奈米議題的空間，是一件非常容易的事情。 | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

複選

1. 我覺得在國小進行奈米議題的教學的可行方式是：
☐主題探究☐小組合作學習☐社團方式進行☐大班教學☐其他_____
2. 我認為可以增進奈米議題教學能力的主要途徑是：
☐參加奈米研討會☐參加奈米論壇☐奈米科技種子教師之間的意見交流
☐網路搜尋☐其他_____
3. 如果你要進行奈米議題教學，哪些資源扮演著舉足輕重的角色？
☐校內資源，例如：_____
☐校外資源，例如：_____
其他：_____
4. 據我所知，本校曾經進行奈米議題教學的人數約有多少人？
☐1~2 人☐3~4 人☐5~6 人☐7 人以上
5. 本校奈米種子教師之間曾經進行哪些方式，以增進奈米議題教學方面的教師專業成長？
☐定期聚會☐不定期聚會☐課餘經驗分享☐教學簡報設計分享☐參加研習
之後互相交換意見☐其他_____
6. 我覺得進行奈米議題教學時可能面臨的困難有：
☐應用資訊科技的能力☐有無實物☐設備☐教師轉化知識為教學設計的能力
☐學生的求知欲☐學生的先備知識☐其他_____

簡答：

1. 我對奈米議題教學的建議：

2. 在我進行奈米議題教學的過程中，曾經對我有幫助的是：

3. 給研究者的話：

附錄八 奈米專家演講暨東大奈米參訪活動行程規劃表

日期：2004, 05, 26 上午

地點：國立東華大學

參與人數：志氣國小五年甲班 20 位學生+2 位老師+1 位家長

時間	活動	地點	負責人
10：00	集合出發	志學國小	櫻
10：20~10:50	奈米科技專家演講（簡報）	東大理工學院	曹振海教授
10：50~11：05	互動時間	東大理工學院	曹振海教授
11:10~11:30	奈米科技參觀活動-實驗室	東大理工學院	又瑩
11:30~11:50	賦歸	志學國小	櫻

聯絡人：志氣國小 T1 老師

SCHOOL:8662600

CELL PHONE:0954087592

HOME:8653002

FAX:8661491

E-MAIL:s915311@www91.nhltc.edu.tw

注意事項：1、請詳細填寫學習單上的問題，準備訪問奈米專家。

2、請輕聲細語，才不會打擾大哥姐的上課。

3、實驗室內的器材，僅限於參觀，禁上觸摸。

附錄九 奈米議題班級導師訪談大綱

- 一、 您認為研究者所吸收的奈米新知，對您班上的學童來說，是否足？
- 二、 您覺得研究者本身的奈米知識，是否有適度「轉化」為小朋友可以接受的層級？
- 三、 具您所觀察，研究者在奈米議題的教學過程當中，曾經或可能會遇到哪些困難？可能有哪些可以解決的方式？
- 四、 您覺得奈米議題課程的實施，是否能提昇學童的學習興趣？
- 五、 具您所知，於國小實施奈米議題的課程是否普遍？是否有某種程度的困難？
- 六、 請問您曾經從班上小朋友的口中，聽到談論有關奈米議題的事情嗎？
- 七、 請問您對研究者的奈米議題教學成效評價為何？
- 八、 請問您覺得研究者的資訊能力如何？是否有因為進行奈米議題教學而進步？
- 九、 請問您覺得研究者的課程設計能力如何？是否有因為進行奈米議題教學而進步？
- 十、 在實施奈米議題教學的過程當中，是否有增進研究者與他人之間的互動與合作？
- 十一、 如果您是一位即將進行奈米議題教學的教師，您可能會如何準備？

非常感謝你在工作煩忙之餘，還能接受在下的訪問，謹此致謝！

研究者：林桂櫻

附錄十 國小學童奈米議題學習成效調查表

基本資料	非 常 不 同 意 5	同 意 4	普 通 3	同 意 2	非 常 同 意 1
年級： ☐ 五年級 ☐ 六年級					
性別： ☐ 男生 ☐ 女生					
年齡： ☐ 11歲 ☐ 12歲					
家中有網路設備： ☐ 有 ☐ 無					
1. 我認為老師建置的奈米議題網站，網頁內容很豐富。	☐	☐	☐	☐	☐
2. 我認為老師建置的奈米議題網站，對我的學習有幫助。	☐	☐	☐	☐	☐
3. 我對奈米議題的學習，非常有興趣。	☐	☐	☐	☐	☐
4. 我可以說出日常生活中五種以上的奈米產品。	☐	☐	☐	☐	☐
5. 我知道蓮花效應的意涵。	☐	☐	☐	☐	☐
6. 奈米是一種很小的長度單位。	☐	☐	☐	☐	☐
7. 奈米產品的特性會有一些新奇的特性。	☐	☐	☐	☐	☐
8. 我了解老師介紹的奈米議題的課程內容。	☐	☐	☐	☐	☐
9. 經由學習老師設計的奈米課程，使我對奈米有更進一步的了解。	☐	☐	☐	☐	☐
10. 老師所設計的奈米議題相關課程，我覺得不太容易理解。	☐	☐	☐	☐	☐
11. 我喜歡老師所設計的奈米相關課程。.....	☐	☐	☐	☐	☐
12. 如果可能的話，我願意主動幫助老師充實奈米網路工作室的教學內容。	☐	☐	☐	☐	☐
13. 網路工作室的使用可以幫助我和同學之間的合作學習。	☐	☐	☐	☐	☐
14. 我覺得老師的教學策略有不斷地更新。	☐	☐	☐	☐	☐
15. 老師應用網路工作室的教學方式，可以增進我應用資訊科技的能力。	☐	☐	☐	☐	☐
16. 我未曾仔細流覽過老師設計的網路工作室。	☐	☐	☐	☐	☐
17. 我對於學習奈米相關議題有高度的興趣。	☐	☐	☐	☐	☐
18. 對我來說，學習有關奈米議題的知識是一件非常困難的事情。	☐	☐	☐	☐	☐
19. 我覺得網路工作室的內容應該經常更新，否則不夠新鮮有趣。	☐	☐	☐	☐	☐
20. 我覺得網路學習單及主題式評量，可以評估自己的學習成效。	☐	☐	☐	☐	☐
21. 如果有機會的話，我希望與老師進一步探討有關「奈米」的新奇性。	☐	☐	☐	☐	☐
22. 我覺得進行奈米議題課程的時候，老師同時有用奈米材料進行實驗，我覺得相當有趣。	☐	☐	☐	☐	☐
23. 老師曾經帶領我們到東華大學參加奈米專家演講的活動，對我的學習很有幫助。	☐	☐	☐	☐	☐
24. 老師曾經帶我們到東華大學參觀 B019 實驗室，對於我在材料的微觀世界方面的認識，很有幫助。	☐	☐	☐	☐	☐

附錄十一 探訪奈米專家學習單

時間：93 年__月__日

指導老師：_____

地點：國立東華大學理工學院 _____

奈米專家的大名：_____

一、我想訪問題目有：

1、_____
答案：_____
2、_____
答案：_____
3、_____
答案：_____
4、_____
答案：_____

二、訪問時應注意的事項：

--	--	--	--

三、我看到了或聽到了哪些有關奈米的事情？

--	--	--

四、意外的收穫：

1、
2、
3、

一、感恩時刻：請寫出這一次的活動中，對你有幫助的人，並表達謝意。

1、
2、
3、

附錄十二 科技議題融入國小自然生活科技教學模式之研究
— 以奈米科技議題為例之學童學習評量試卷
班級：_____座號：_____姓名：_____得分：_____

命題教師：林桂櫻

一、是非題（20分）

- 1（）表面有一層撥水劑的奈米布料具有蓮花效應。
- 2（）具有蓮花效應的多孔奈米布料具有既防水又透氣的特性。
- 3（）奈米議題的課程，在五下的自然生活科技課本當中沒有提到，
應該是老師所設計的。
- 4（）一般的保特瓶比奈米保特瓶具有更高的阻氣性。
- 5（）蝴蝶身上的顏色是同一種成份構成，只是顆粒的大小不同而已。
- 6（）奈米噴印布不但耐溫而且燒不起來。
- 7（）在噴有光觸媒的磁磚上滴一滴淡淡的水彩，會有部分色素被分
解的情形。
- 8（）用奈米墨水所印出來的圖片，遇到水比較不會褪色。
- 9（）目前市面上已經有販售奈米日光燈管。
- 10（）奈米馬克杯和人類的牙齒同樣具有很高的硬度。

二、選擇題（28分）

- 1（）奈米是一種什麼單位？(1)長度單位(2)重量單位(3)容積單位
- 2（）點光筆所發射出來的光線，是利用什麼原理製造的？(1)燈炮(2)
加熱(3)雷射
- 3（）奈米馬桶與一般的馬桶有什麼不同？(1)不用自己擦屁屁(2)比
較容易保持整潔(3)可以免沖水
- 4（）在我們的校園當中，有哪些植物葉面上的水珠是一顆顆的？(1)
菇婆芋(2)蓮花(3)榕樹
- 5（）下列哪一種動物最不容易迷路？(1)小孩子(2)蜜蜂(3)蜻蜓
- 6（）光碟機可以讀取光碟片中的資料嗎？(1)不可以(2)可以(3)不一
定
- 7（）為什麼壁虎可以在牆壁上行走自如？(1)它的腳下有塗膠水(2)
它的腳下有鐵釘(3)它的腳下有奈米等級的構造
- 8（）貝殼的殼很硬，目的是什麼？(1)用來保護生命安全(2)向別人炫
耀(3)比較溫暖

- 9 () 製作奈米膠帶的靈感是來自於哪一種動物？(1)壁虎(2)蝴蝶(3)蝸牛
- 10 () 蜻蜓和蝶翅一遇到下雨就會有什麼樣的情況發生？(1)全身濕透(2)滴水不侵(3)小張開口器來喝水
- 11 () 我們學校的自然科教室當中，沒有哪一種設備？(1)掃描式探針顯微鏡(2)放大鏡(3)複式顯微鏡
- 12 () 海豚會在海面上跳出水面是為了什麼目的？(1)出來看看遊客(2)到空中洗澡(3)跟船比比看誰比較快
- 13 () 我們曾到東實大實驗室參觀，其中有哪一項不是我們在那裡有看到的？(1) X 光繞射儀(2)顯微鏡(3)原子力顯微鏡
- 14 () 彈珠台會讓我們連想到哪一種產品的阻氣性？(1)奈米燈管(2)奈米保特瓶(3)光碟機。

三、綜合應用題 (50 分)

- 1、 以下哪些是奈米噴印布的特性？請打 V。(6 分)



☐ 撕不破



☐ 耐溫



☐ 防水

- 2、 當奈米石材護色劑塗在石頭上會有哪些情形發生。(6 分)



☐ 石頭的顏色
會改變



☐ 水珠比較容易滑下來



☐ 石頭上的水彩很
容易被洗掉

- 3、 下圖中，哪些植物的表面可以形成水珠？(18 分)



☐ 菇婆芋



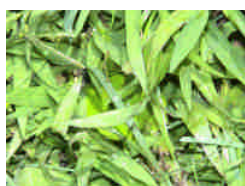
☐ 槐葉萍



☐ 蓮



☐ 芋



☐ 牛筋草



☐ 香茅草



☐



☐ 日日春的花

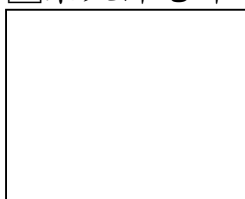


☐ 花生的葉子

4、 曾經幫助我們學習議米議題的人，有哪些？未附上圖片的部分，請把他們畫出來。(8 分)



☐ 東大薛老師



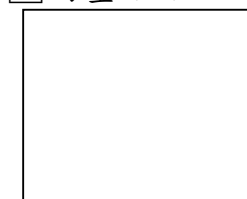
☐ 曹老師



☐ 于芳老師



☐ 幼瑩姐姐



☐ 桂櫻老師

☐ 趙媽

5、 這學期當中，我們曾經上過有關奈米議題的課程有哪些？請打 V (7 分)

☐ 秘密小針探

☐ 我貼我貼我貼貼貼

☐ 下雨不愁

☐ 24 小時導航系統

☐ 貝殼小勇士

☐ 驚異大奇航

☐ 清潔溜溜

6、我對課程的建議：_____ (4 分)

7、課程中最有趣的是：_____ (3 分)

附錄十三 國小學童奈米議題學習訪談大綱

基本資料

年級：☐五年級☐六年級

性別：☐男生☐女生

年齡：☐11歲☐12歲

家中有網路設備：☐有☐無

- 一、請您盡量說出您所知道的奈米產品有哪些？
- 二、請問您覺得老師在進行奈米議題教學時，有沒有持續地吸收相關知識？
- 三、老師所引導的奈米相關課程，對我來說可以理解？還是很難理解？還是，我覺得哪裡還有不太懂的地方，想要問老師。
- 四、「奈米」是什麼？
- 五、我覺得老師在課程進行時曾經遇到哪些困難？這些困難，後來有沒有找到解決的方法？
- 六、我對於奈米議題課程的學習興趣，是在老師這學期引導之後，才開始產生？
或是在老師進行奈米議題課程之前就已經很有興趣？
- 七、我覺得老師設計的網路工作室，可以幫助我在哪些方面的學習？
- 八、請舉出老師設計的網路工作室有哪些優點或缺點？
- 九、我發現奈米議題課程部分，在課本中並沒有提到，應該是老師所設計的。
- 十、我覺得老師在課程設計的能力部分，在這學期當中，有明顯的進步嗎？
- 十一、我覺得老師在這學期的奈米議題教學過程當中，有善用資訊科技(電腦)來進行教學活動嗎？
- 十二、我發現，老師在遇到困難的時候，會找學校當中其他的老師或校外的學者(東大)來幫助我們學習嗎？
- 十三、請說出這學期當中，我們曾經進行哪些奈米議題課程？比較有趣或印象比較深刻的有哪些？
- 十四、請說出在這學期當中，我們有做過哪些奈米產品的檢測實驗？印象最深刻的是？
- 十五、我覺得設備(例如電腦、實驗器材等)會影響我的學習意願嗎？

附錄十四 花蓮縣志氣國小奈米週推廣計畫

壹、依據

花蓮縣志氣國小 93 年奈米 K-12 教育推廣計畫

貳、計畫目的

透過奈米週的活動設計，使本校師生對奈米科技有所認識，學生能培養對奈米科技的興趣，奠定未來奈米科技發展的人才培育基礎。

參、對象

中、高年級學生及教師

肆、辦理時間及內容

93 年 10 月 18 日星期一至 93 年 10 月 29 日星期五止

編號	項目	內容及方式	時間	對象	負責人 或講師
1	佈置本校「奈米文化 走廊專欄」	閱讀、導覽 欣賞、	整週	全校師生	T2 T3
2	分享「探索奈米」專 題研究	自行上網	整週	全校師生	T3
3	奈米課程設計分享研 習（研習回饋單）	教學分享 課程設計研習	10 月 20 日 下午 1:30~3:00	全體教師	T3 T1
4	奈米影片欣賞 （網路或 VCD）	晨光時間 彈性時間	整週	中年級 高年級	T3 各級任
5	學生專題演講~ 『小奈與小米驚奇之旅』	高年級週會 資訊融入教室	10 月 19 日 下午 1:20~2:00	高年級	T3 T1
6	奈米科技有獎徵答	高年級週會 資訊融入教室	10 月 19 日 下午 1:20~2:00	高年級	T3
7	奈米學習單設計比賽	教師組和學生組 取若干名、獎品	整週	全體教師 高年級	T3
8	奈米新知徵文	各年級取若干名 獎狀或獎品	10 月 20 日起 10 月 29 日止	中年級 高年級	T3 語文教師
9	奈米科技想像畫徵圖	各年級取若干名 獎狀或獎品	10 月 20 日起 10 月 29 日止	中年級 高年級	T3 藝文教師
10	奈米創意小書製作	各年級取若干名	10 月 20 日起	中年級	T3

		獎狀或獎品	10 月 29 日止	高年級	
--	--	-------	------------	-----	--

伍、參考資源網站

項目	內容	網址
小奈與小米驚奇之旅	最新奈米科技教學卡通線上看！	mms://wms.nano.edu.tw/nananono
明義國小奈米網	有奈米的介紹	http://210.240.77.137/nano/
新上國小奈米教材	奈米教學的 flash 動畫	http://www.smartlife.idv.tw/~nano/modules/mydownloads/
桂櫻老師奈米天地	奈米課程設計	http://www.jsps.hlc.edu.tw/classhome/林桂櫻/default.htm
東區奈米人才培育中心	東華大學奈米網	http://tns.ndhu.edu.tw/~nano/
東區奈米人才培育中心	東華大學奈米網	http://www.ndhu.edu.tw/~kl2center/

陸、預期成效

- 一、 提昇全校師生對奈米科技之瞭解，並能關心奈米科技的發展情形，進而隨時吸收奈米新知。
- 二、 種籽教師繼續研發多媒體及實驗教材，並分享給全校教師使用。
- 三、 透過全方位的奈米科技教育活動，增進學生瞭解與學習奈米科技新知的動機與興趣，奠定未來奈米科技發展的人才培育基礎。

附錄十五 貝殼小勇士學習單

貝殼小勇士 97

班級: 五甲 姓名: 王冠廷 座號: 17 教師批註:

一、我們這一組帶來的小動物有哪些？請用畫的或寫的都可以。

貝殼  ✓

二、猜一猜，上述當中，哪一種小動物的殼最硬？

貝殼  ✓

三、我覺得可以用哪些工具來檢驗，誰具有最硬的外殼？

手  ✓

四、根據檢驗的結果，我發現外殼最硬的是？

貝殼  ✓

五、我覺得這種很硬的特性，可以應用在哪些方面？

做盔甲、房子、杯子、刀、牙、玻璃。

貝殼小勇士 97

班級: 五甲 姓名: 王冠廷 座號: 17 教師批註:

一、我們這一組帶來的小動物有哪些？請用畫的或寫的都可以。

貝殼  ✓

二、猜一猜，上述當中，哪一種小動物的殼最硬？

貝殼  ✓

三、我覺得可以用哪些工具來檢驗，誰具有最硬的外殼？

手  ✓

四、根據檢驗的結果，我發現外殼最硬的是？

貝殼  ✓

五、我覺得這種很硬的特性，可以應用在哪些方面？

杯子、安全帽、鏡子、車子、窗戶、門、眼鏡。

貝殼小勇士 99

班級: 五甲 姓名: 王冠廷 座號: 15 教師批註:

一、我們這一組帶來的小動物有哪些？請用畫的或寫的都可以。

貝殼  ✓

二、猜一猜，上述當中，哪一種小動物的殼最硬？

貝殼  ✓

三、我覺得可以用哪些工具來檢驗，誰具有最硬的外殼？

手  ✓

四、根據檢驗的結果，我發現外殼最硬的是？

貝殼  ✓

五、我覺得這種很硬的特性，可以應用在哪些方面？

房子、眼鏡、安全帽、車子、杯子。

貝殼小勇士 100

班級: 五甲 姓名: 王冠廷 座號: 14 教師批註:

一、我們這一組帶來的小動物有哪些？請用畫的或寫的都可以。

貝殼  ✓

二、猜一猜，上述當中，哪一種小動物的殼最硬？

貝殼  ✓

三、我覺得可以用哪些工具來檢驗，誰具有最硬的外殼？

用手捏  ✓

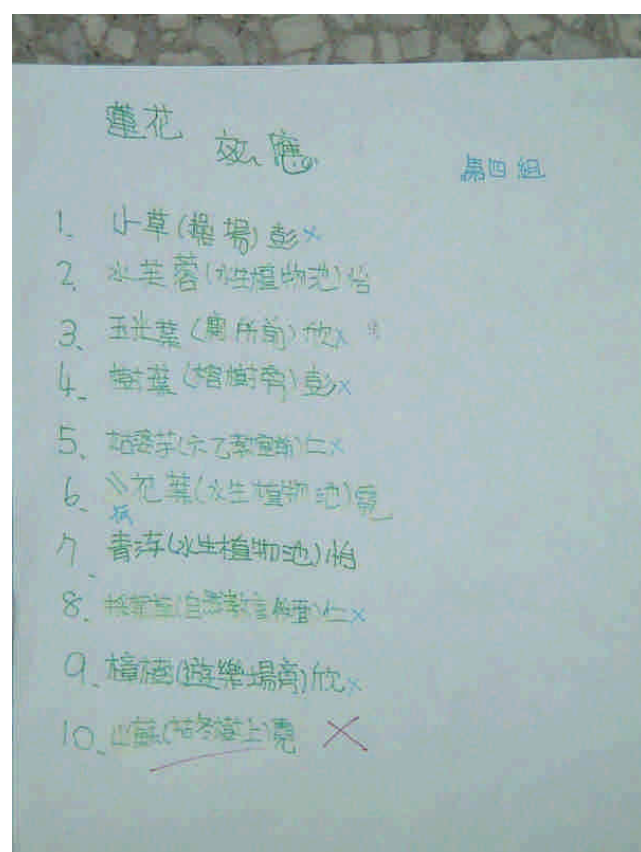
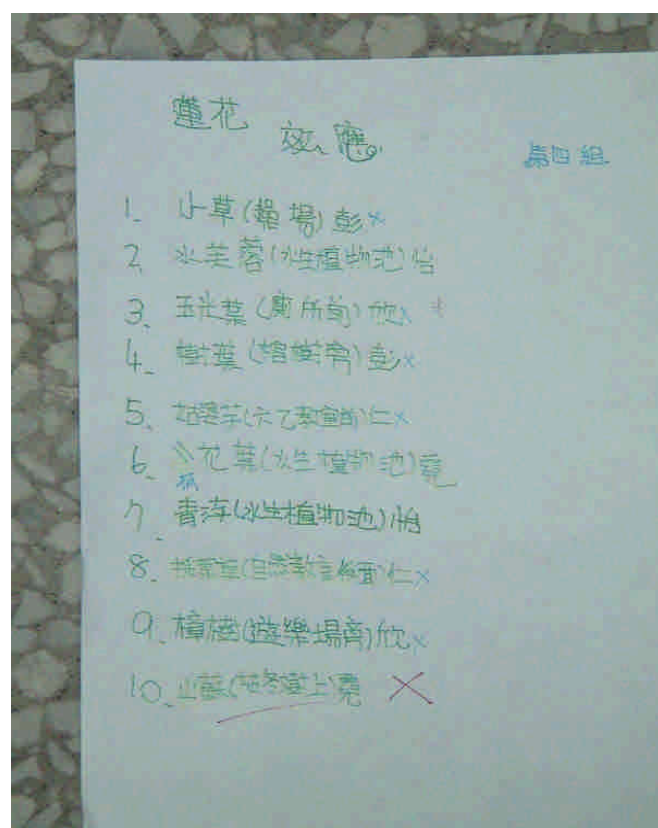
四、根據檢驗的結果，我發現外殼最硬的是？

貝殼  ✓

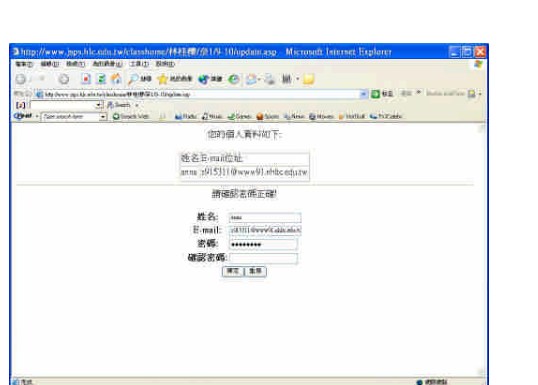
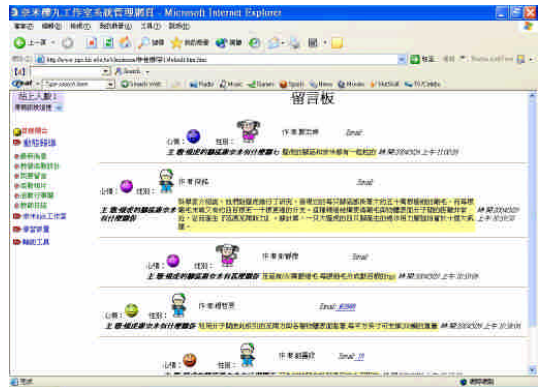
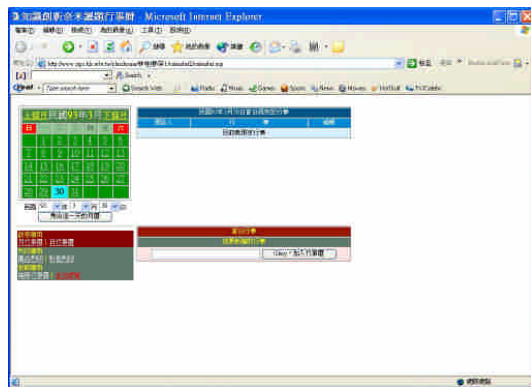
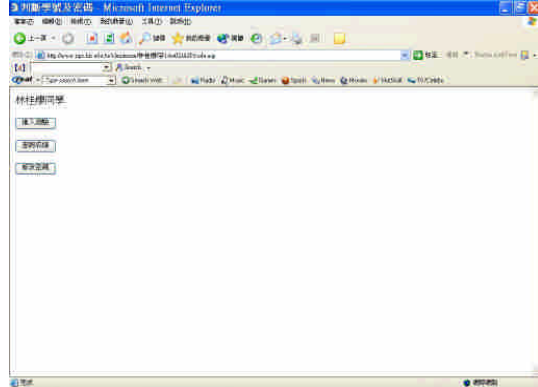
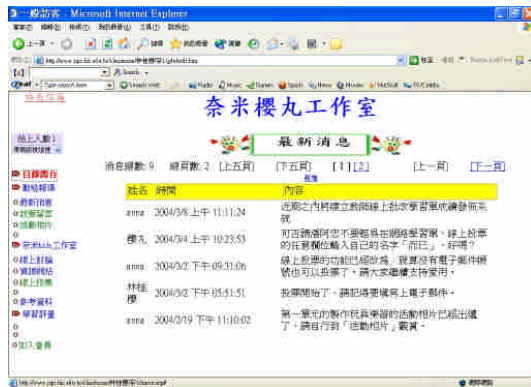
五、我覺得這種很硬的特性，可以應用在哪些方面？

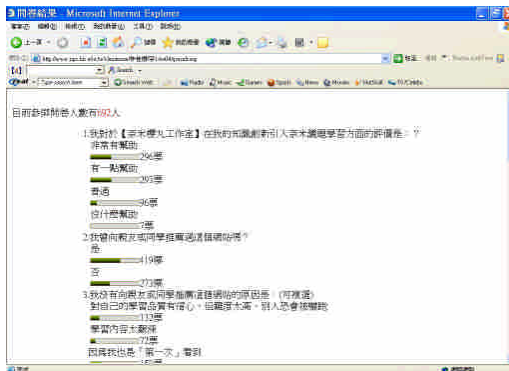
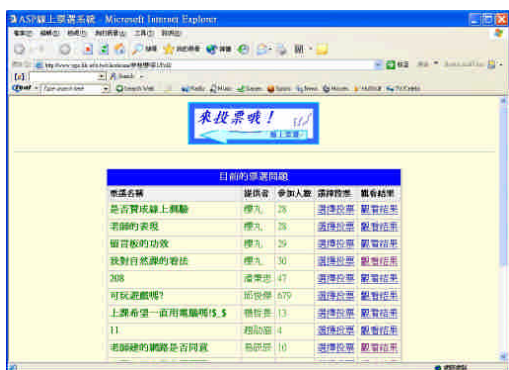
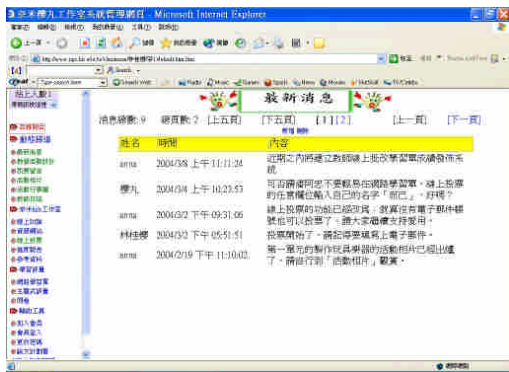
房子、眼鏡、安全帽、車子、杯子。

附錄十六 蓮花效應—校園生態池學習單



附錄十七 網路工作室畫面





附錄十八 活動相片

奈米專家演講活動相片



動物身上的奈米結構-牙齒的硬度



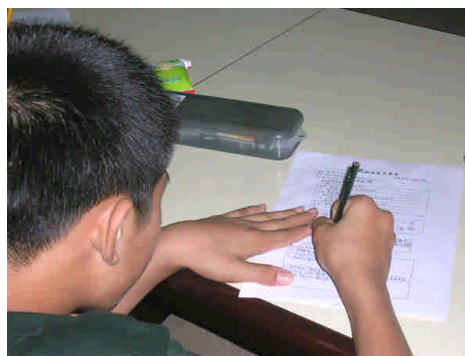
聽取奈米專家演講



聽演講並做記錄



奈米專家演講—東華大學曹振海老師

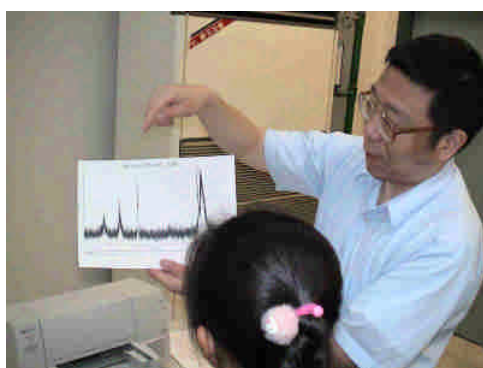


小朋友提問，專家解答

與同學交換意見



參觀國立東華大學材料所實驗室活動相片



經由 X 光繞射儀出來的圖譜解說



實驗室安全需知解說



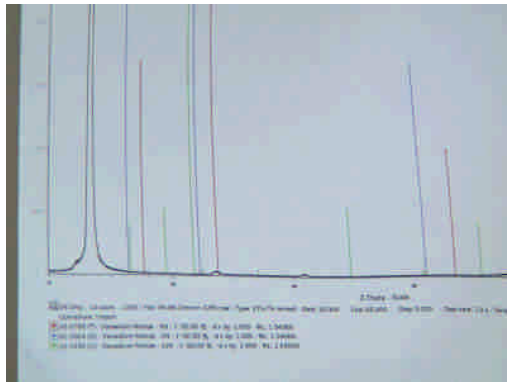
顯微鏡的功能與使用



X 光繞射儀的運作與安全需知



各種危險儀器標示解說



週期表與元素的概述



與專家對話與疑惑解答

校內教學活動相片

奈米布料防水檢測



各種奈米布料

奈米布料防污檢測



奈米布料防水透氣檢測



奈米布料（多孔洞材料）可防水



防水又透氣的圖示說明



學童發表



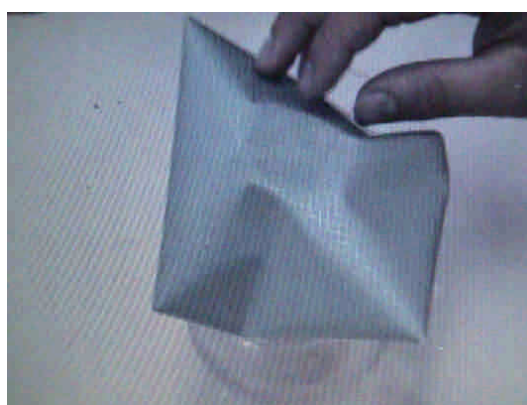
實驗後做資料整理與心得寫作



透氣實驗觀察—水氣的凝結



小組討論



瓶口要束緊



觀察載玻片上是否有水氣凝結



吹吹看，感覺是否有氣體通過



真的有水氣凝結在載玻片上

奈米噴印布防水、撕不破、耐溫檢測



請班上很有力氣的女生來撕撕看



怎麼撕都撕不破



實驗的奈米噴印布

用打火機燒燒看

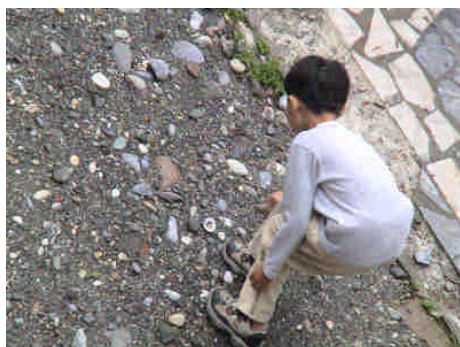
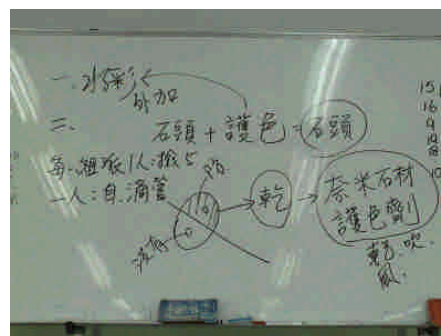
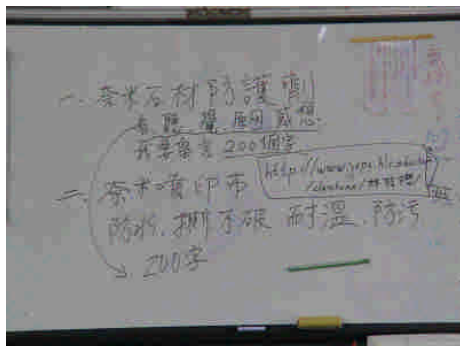


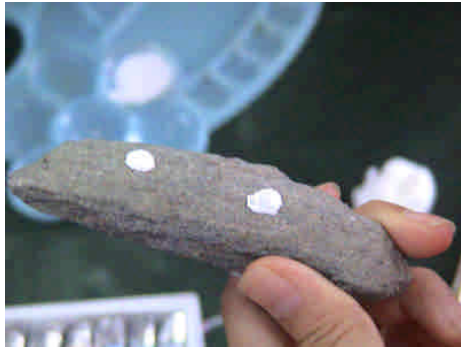
用打火機中火燒了三秒的結果



整理實驗心得並與同學交換意見

奈米石材防護劑超親水檢測





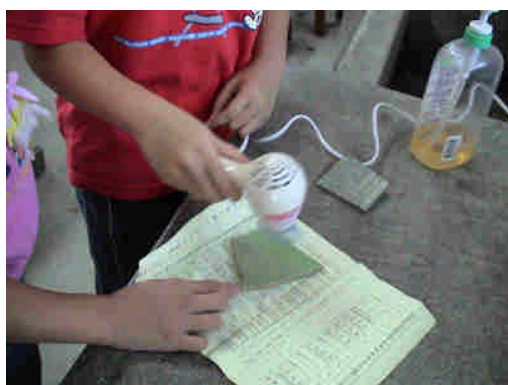
光觸媒自潔效應檢測



光觸媒噴劑



磁磚的表面要乾淨乾燥



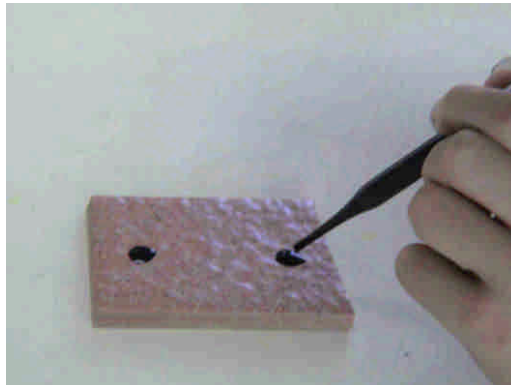
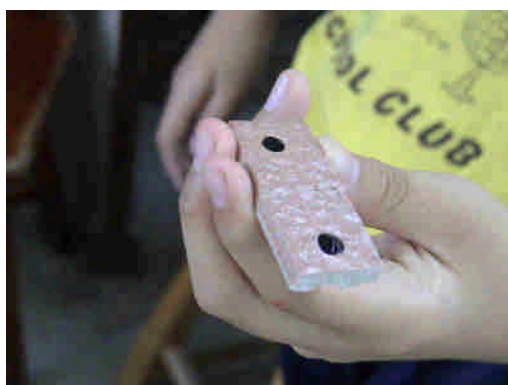
用吹風機吹乾磁磚的表面



噴過光觸媒的磁磚表面會形成薄膜



兩邊各滴上一滴墨汁





以強光照射



觀察兩邊墨汁褪色的情形



有塗光觸媒的一邊墨汁比較容易滑下來



置於強烈的日光下照射



比較兩邊墨汁變化的差異，有塗光觸媒一邊墨汁比較不容易滲入磁磚

附錄十九 留言板

編號	主題	作者	日期	內容
1	奈米噴印布	薇仁	2004 06 14	奈米噴印布可以防水還可以防污和防火,如果燒太久的話會破掉,它怎樣撕都撕不破我們叫比較有力的人撕撕看,還是撕不掉,老師還用打火機燒奈米噴印布,另外,還用一般的紙和奈米噴印布比較看看,看哪一個比較耐用,我們還叫邱俊傑用剪刀剪奈米噴印布的旁邊的虛線,結果剪到手了,真是好笑啊 老師在燒一般的紙的時候,還燒到自己的手了呢 吳柏衡再撕奈米噴印布的時候,臉都紅了呢 吳志杉也有撕奈米噴印布還在找旁邊的虛線,它都找不到,真好笑,黃文彥也有撕過奈米噴印布,趙邵涵也有撕過奈米噴印布,但也撕不破。
2	奈米石材防護劑	瑜	2004 06 14	自然課的時候老師叫我們大家撿石頭,我們好奇的問,要做什麼呢.老師笑笑的答案.等一下就知道了.我們大家很快的跑下樓下.撿了大大小小的石頭,後來.我們把撿回來的在水龍頭下清洗石頭.洗好之後.還要把石頭插乾.後來老師拿了奈米石材防護劑用水彩筆沾了一點塗在我們的石頭上.但是是一半有塗一半沒有塗.我們把石頭拿去吹乾.有的人V的石頭塗上去之後.竟然會變顏色.老師叫我們用水彩加水.用滴管滴在石頭有圖和沒圖的部分.我們發現到把石頭勤塗.有圖的部分水彩流的比較快.沒塗圖的部分流的比較慢.後來我們把石頭拿去洗.沒有塗的那一半比較不容衝掉.有塗的比較容易衝掉。
3	奈米噴印布	諺華	2004 06 14	一開始實驗老師就把要實驗的奈米噴印布拿出來.發下去一組一張.老師還有發滴管,然後老師叫我們用滴管吸水滴在奈米噴印布上.還真的有蓮花效應。
4	奈米石材防護劑	基亞劍士	2004 06 14	今天是快樂的九十三年六月九日上午上課的時間,老師說要做奈米的實驗,大家都很興奮,老師一開始先叫我們去撿石頭,於是我們大家一個接一個爭先恐後的衝出去撿石頭,大家都跑去新校舍旁撿石頭,那邊有許多大大小小的石頭,大家撿好一個鐘意的石頭後就跑回教室,一開始實驗的時候,老師叫我們把石頭洗一洗,接下來就開始做實驗了,老師叫我們將奈米石材防護劑塗在石頭上,一半有塗奈米石材防護劑,一半則是沒塗奈米石材防護劑 184,塗完之後,老師說要把石頭烘乾,後來我們用水彩加一些水,滴在石頭上,發現有塗的一半比沒塗的還好沖掉,今天的實驗粉好玩
5	奈米噴印布	旻	2004 06 14	我看到奈米噴印布可以防污,還有防水和防火,但是火燒太久,還是會破呢!我們有把奈米噴印布燒燒看,還有弄水和弄很髒的東西,老師還用別的紙用打火機燒燒看,還燒到手呢!我們有撕撕看,大家都撕不破呢!連我們班上最有力氣的人,都撕不破掉奈米噴印布,我覺得奈米噴印布真牢固呢!
6	奈米石材防護劑	庭.劭	2004 06 09	庭--今天我看到奈米石材防護劑的功效好有趣喔.不僅防水也防污.還用水彩滴在石頭上.比較看看哪一邊吸水力較強.結果是沒塗奈米石材防護劑的那一邊吸水力較強.而且.奈米石材防護劑的味道也不太好聞.如果.奈米石材防護劑能夠運用在生活上的各種生活用品.那該有多好啊.如果我有一大堆的奈米石材防護劑.我一定會運用在衣服.杯子.眼鏡.鏡子.....等等的東西.我就是一位宇宙地球世界的奈米石材防護劑優等超人囉. 劭--我覺得今天我們在試驗奈米噴印布真是我眼中的偶像.讓我們嘗試到他的威力兩好玩.他不僅防水.撕不破.耐溫.防污.還讓全班的同學哈哈大笑.老師還用打火機燒奈米噴印布.居然怎麼燒都燒不破.邱俊傑.黃文彥.吳柏衡.吳志杉.不管在怎麼樣的努力就是撕不破.於是我給他改名為撕不破布.把吳柏衡的臉氣成大蘋果班的樣子.讓大家看了都覺得好好笑.今天真是一個既有趣又好玩的快樂實驗
7	米石材防護劑	靈	2004 06 09	我覺得老師叫我們做奈米石材防護劑石我覺得一定很無聊,還有去叫我們撿石頭更無聊的是老師叫我們聽他說會不會怎樣呀!說一些%#*&#%\$&\$*#的 好無聊可是到後真好玩呀!
8	奈米石材防護	薇.仁	2004 06	我看到沒有用塗奈米石材防護劑跟有用塗奈米石材防護劑不一樣,因為我再沒有塗奈米石材防護劑上面點一滴水彩和有塗奈米石材防護劑上

	劑		09	面點一滴水彩,有塗奈米石材防護劑的水彩流的比較快,沒有塗奈米石材防護劑的水彩流的比較慢。我聽到大家都再說奈米可以做好多東西我聞到奈米石材防護劑很臭,因為有的同學有不同的想法,也有些同學拿大理石來做實驗,我和靜仁對奈米石材防護劑勿感想是奈米對我們勿未來很有作用喔,我覺得奈米石材防護劑
9	奈米噴印布	霓	2004 06 09	老師拿畢業證書給我們看.老事先用水揉一揉 字 境然沒有糊掉.後來老師用打火機燒畢業證書.畢業證書卻沒有很快燃燒.老師還拿了普同的祇一下子倒數三秒但是.卻不到三秒就燒了起來.老師大叫了一聲.連首都被火燒到了.第四姐老師還說 你聞我的手還有火的味到 .後來.老師用吃奶的力氣撕畢業證書.卻怎麼都撕不破.老師又傳給力氣大的男生.那些男生.卻輸給那一張畢業證書.他們都撕到臉色發紅的跟熟透的紅蘋果一樣.把大家笑的合不攞嘴.哈哈大笑.邱俊傑.把奈米噴印布的線把起來.剪掉.卻連手都剪了下去真是可憐
10	奈米噴印布	玫	2004 06 09	奈米噴印布有很多種功能,例如:防水.撕不破.耐溫.防污...等,老師有帶一張奈米噴印布來,老師說這張奈米噴印布可以燒都不會燒起來,我們不相信,老師就燒給我們看,真的不會燒起來,這下子我們就相信了。
11	奈米石材防護劑	吳及陳	2004 06 09	今天是快樂的九十三年六月九日上午上課的時間,老師說要做奈米的實驗,大家都很興奮,老師一開始先叫我們去撿石頭,於是我們大家一個接一個爭先恐後的衝出去撿石頭,大家都跑去新校舍旁撿石頭,那邊有許多大大小小的石頭,96 大家撿好一個鐘意的石頭後就跑回教室
12	奈米石材防護劑	旻	2004 06 09	1.我看到沒有沾到奈米石材防護劑,水彩點一點水彩很慢流下來,有沾到奈米石材防護劑水彩很快就流了下來,還有我看到洗掉的石頭,有沾到奈米石材防護劑的一下下就洗掉了,沒有沾到奈米石材防護劑要洗很久才洗掉^_^ 2.我聽到大家說好神奇,因為大家說奈米可以讓我們引起興趣! 3.我聞到像酒精的味道原來那個味道是奈米石材防護劑,有點臭! 4.我和同學意見不同,因為它用的石頭是大理石! 5.我的感想是今天我吸收好多好奇!
13	奈米石材防護劑	諺.筆	2004 06 09	旻諺:我看到石頭上面塗的漆是綠色的,聞起來的味道很臭,可是很好玩,因為我們撿的石頭有大有小,我撿的石頭可算是很小,塗上去的時候很奇怪的是透明的石材防副劑,塗上去時是綠色,我覺得因該是石頭的材質不同所以才有不同的變化,我們要做的實驗是比較有塗和沒突有什麼差別,我做出來的實驗的結果是很成功,我發現有塗的地方好像就是把石頭的吸水的功能用一層套子包住所以水才不會被吸收,沒塗的就像是不一樣吸收水分,老師叫我們去洗石頭,有塗的一下子就沖掉,速度非常快,沒塗要用手搓搓柔柔才掉,我覺得非常好玩,希望下次能在玩奈米的實驗,我覺得奈米好像都是在做防水的東西,心情也變好了
14	感想	怡	2004 06 09	1.我覺得第一個實驗很好玩雖然味道很臭可是淋上水彩以後但他們說庭維的石頭實在是好奇怪唷我也到看他們在吹石頭我有個問題是為什麼那瓶防護劑會臭丫?難道是奈米的石材嗎?希望下次還可以再做一次愈快愈好我以為老師說的那塊不是只做的一下就斯掉了沒想到那麼的硬 原來那也是奈米做的啦
15	米石材防護劑	銘	2004 06 09	1.這奈米防護劑可以讓水很快的低下來還有他對到很怪我覺得這實驗很好玩因為作實驗可依補聰知識 2.我看到了一個奈米布料老師說他不怕被燒到可是再燒奈米布料十我聞道一股臭味只不過這奈米布料也有一點缺點,老師在燒那奈米布料十居然快燒焦了 為麼老師的奈米布料快燒焦了?因為老師大概稍了3秒或4秒材快燒焦老師還說奈米布料會防水 撕不破 耐溫 房污
16	奈米噴印布	邱小丑	2004 06 09	今天第一.二節我們在教室上藝文可老師拿畢業證書要我們撕撕看.可是我們費了九牛二虎隻力還是絲不破.所以我們就叫老師燒燒看.--結果他沒破而且還撕撕撕撕撕撕撕撕撕撕撕撕撕不破..結果老師要我把他用剪刀剪一剪.結果我就被那把爛剪刀剪到手...可是血流不止.所以我就下去擦藥.....可是-----還是很痛啦 厂厂
17	去東華大學	旻	2004 05	~~星期一去東華大學^_^~~因為星期一有兩節自然課啊!

			10	
18	蜜蜂為啥不會迷路	彥	2004 03 29	因為蜜蜂的身上 有奈米小磁鐵
19	蜜蜂	諺	2004 03 29	蜜蜂:蜜蜂身體內存在一種磁性的奈米粒子，這個粒子具有羅盤的功能，成為蜜蜂飛行時的衛星導航系統，不致迷失方向。
20	壁虎的腳底跟奈米	仁	2004 03 29	足底有 650 萬跟細毛美跟細毛分成幾百跟一根細毛可撐 20mg 一百萬跟可舉起 20 公斤重量
21	壁虎的腳底跟奈米有什麼關係	銘	2004 03 29	科學家介紹說，他們對壁虎進行了研究，發現它的每只腳底部長著大約五十萬根極細的剛毛，而每根剛毛末端又有約四百根至一千根更細的分支。這種精細結構使得剛毛與物體表面分子間的距離非常近，從而產生『范德瓦爾斯力』。據計算，一只大壁虎的四只腳產生的總作用力壓強相當於十個大氣壓。
22	壁虎的腳底跟奈米有什麼關係	薇	2004 03 29	足底有 650 萬跟細毛 每跟細毛分成數百根的 tips
23	壁虎跟奈米有什麼關係	旻	2004 03 29	利用分子間彼此吸引的瓦爾力與各種物體表面黏著,每平方英寸可支撐 200 磅的重量
24	什麼是奈米	諺	2004 03 29	奈米 (nanometer)是一個長度的單位。1 奈米 = 十億分之 1 米(10 ⁻⁹ meter)，約為分子或 DNA 的大小。
25	討論一下什麼是奈米吧	霓	2004 03 29	是一個很小的刻度單位
26	主題式評量	玫	2004 03 01	我很讚成線上測驗
27	主題是評量	玫	2004 03 01	這次的線上學習單既好玩又有趣
28	線上測驗	辰	2004 0301	有一點怪怪的, 明明就對又給我 0 鴨蛋。
29	主題式評量	仁	2004/ 3/1	1. 很好玩又很有趣 2. 題目很少
30	主題式評量	霓	2004/ 3/1	老師作ㄉ主題是評量真是好玩. 又可以用電腦ㄉ又可以看一些比較好笑ㄉ.....真是好玩^-^
31	主題式評量	annie	2004/ 3/1	我覺得每個樂器都好好玩唷還有線上測驗的題目也好好玩喔可是我覺得題目實在太少了希望題目可以換點別的
32	線上測驗	諺	2004/ 3/1	下次出難一點, 不要讓那些人太驕傲 感想:非常的好玩. 可是完ㄌ了就膩了

附錄二十 教師日誌

編號	日期	內容
1	2004/7/23	教師日誌在清潔溜溜這一個單元，我的教學法是先以實驗設計進行，然後，再讓小朋友去看到有關奈米材料實驗的部分，然後，他們會發現一些說自己就可以發現一些新奇的特性。主要的方式是以學童探索的方式來操作，最後才用簡報檔來做一個結束，那簡報檔的設計其中就包含小朋友自己探索的過程當中所說的話，還有他們在探索過程當中，老師所為他們拍的照片來做一個總結。
2	2004/6/18	訪談學童被訪談者：寬、維地點：電腦教室因為擔心一次如果訪問一個人的話，如果他太安靜的話，會很尷尬，所以，一次訪問兩個人。還好，這兩位小朋友都蠻願意說出自己的感覺和想法，使我的資料蒐集過程挺順利的。
3	2004/6/14	號外！號外！我的試用網路工作室的同儕教師「破水了」！原本和她約好這個星期三的上午要進行訪談的，而她的預產期則是7月4日，心猜想應該是沒有問題才對，但是凡是總有例外，難道這是天意嗎？我是指我的論文的資料蒐集和她的生產日都不如預期，既歡喜又有一點驚荒。歡喜的是：她馬上就要生下寶寶，驚荒的是我的訪談怎麼辦？不過我相信老天的安排有它一定的道理，或許我可以選在她的寶寶滿月之後，到那個時候，我的資料可能也已經蒐集得差不多了，再和她一同分享和討論起來，會更有看頭。所以，這一切都是冥冥之中註定的！希望她一切順利。
4	2004/6/14	今天在做光觸媒實驗時，是用黑色的墨汁，結果發現，經過日照2小時後，可能是墨汁的顏色太深，看不出來，所以，後來則是改用綠色的廣告顏料（淡一點）。當我拿給其中一位奈米種子教師看的時候-紅色改作業的簽字筆畫在磁磚上的樣品（有噴光觸媒），但是，用的是日光燈照射2小時，他發現，光觸媒會使磁磚本身的顏色變淡，倒是紅色簽字筆畫的筆跡並沒有多大的改變（退色）。
5	2004/6/14	我發現當小朋友們在電腦裡輸入自己的心得的時候，打字的速度和流暢性會影響學習的情緒。另外，最近電腦教室裡的電腦有一半出現狀況無法使用，使得小朋友們必須要二人共用一台電腦。其中有一位小朋友-瑜，她覺得兩個人一台反而比較好，因為當一個人在寫心得的時候，旁邊可以有人幫忙訂正或給意見，不會一個人孤軍奮鬥。
6	2004/6/9	目前已經進入奈米科技教學研究的尾聲，對於資料的蒐集方面，總是在心裡時時刻刻地提醒自己，要完備一點，深恐會遺漏掉一些什麼。目前比較重要的可能是要開始編寫學生的訪談大綱、同儕教師訪談大綱、班級導師訪談大綱、奈米科技種子教師訪談大綱。
7	2004/6/9	地點：五年甲班教室教學單元：奈米石材防護劑及奈米噴印布測試教學者：研究者學生：20人教學準備：奈米研材防護劑、奈米噴印布、滴管在清潔溜溜的這一個教學單元當中，我已經改變自己，就是先不要以簡報檔進行教學，而改以奈米材料實驗檢測先進行，最後再以小朋友們在學習活動過程當中的部分照片做簡報來做這一單元的回顧，希望能引起小朋友的回響。這樣子，應該會是老師的教學簡報設計會與小朋友的生活比較貼切的一種作法。
8	2004/6/7	志小奈米布料蓮花效應檢測心得有關奈米布料的防水和防污實驗，感覺上防水的效果要比防污要好很多。同樣一塊布料，用水、墨汁和血臘筆來塗，結果水和墨汁都是在水龍頭底下用水一沖就掉了，可是臘筆的部分卻要用很大的力氣搓揉、一再地水洗（當然是不加清潔劑），還是會有一些殘留在上面。在透氣實驗的部分（銀色的那一塊布），則是要用很熱的水放在瓶裡，用布罩住，以透明的玻璃片搭配，在玻璃片掀起的瞬間可以看見有水蒸氣聚結在玻璃片表面，不過一下子就會消失，而且是消失得很快，所以要很用心觀察才能觀察得到（時間點）。三種布料當中，有兩種布料是用蓮花效應的原理（黑色和藍色），而這兩種布料如果在水龍頭底下沖水久了，一樣也會濕掉，拿這濕掉的奈米布料，以滴管吸水滴在上面，結果是無法產生蓮花效應。等待這兩種布料晾乾之後，則是又恢復了蓮花效應的功能，但是，水珠已不如第一次使用的時候那麼圓。我的猜測是，可能是那表面的撥水劑有一部分被破壞或搓洗掉了，所以表面平滑的情形大不如前。黑色的那一種布料濕掉之後，放在水龍頭底下用水沖，觀察水能不能夠透過這一塊布。結果發現：1、當布和水龍頭的口有一段距離的時候，雖然布的本身是濕的，可是，水會從布的

		旁邊滿出去，也就是水不會直接穿透黑色的這一塊布。2、當黑色的這一塊布是把水龍頭的口給封住的時候，可能是水壓的關係，水在這種情形之下，沒有其他的出口，所以就會穿透這一塊黑色的布，再流下來。
9	2004/6/7	地點：東華大學四個實驗室今天到東大參觀四個實驗室覺得蠻有趣的，因為在很早以前，我就有想要一窺究竟的欲望。在參觀的同時有東大的林法正教授陪同，在四個實驗室分別安排一至兩位研究生來我們解說。雖然，有很多聽不懂的地方，但是，我確定自己已經很努力了。在羅老師進行奈米試範教學的時候還蠻有趣的，主要有奈米布料、奈米紙、奈米墨水和 Tio ₂ 等材料，並為我們進行現場試範，可以說是相當精彩。尤其是，當有人看見醬油在奈米布上滾來滾去的時候，真是好玩！
10	2004/6/7	今天進行奈米布料的防水、防污、透氣等三個實驗。小朋友們有的帶墨汁、臘筆、彩色筆，老師則是準備熱水、錐形瓶、滴管等。不過在實驗的過程中有一些事先沒有預料到的事情。所以，還是要試驗一下會比較有真實感。
11	2004/6/1	5 月 31 日星期一的早上第二節，在本校的水生生態池進行蓮花效應的教學活動，以小組合作學習的方式填寫學習單（每組一張），請各組在校園當中找出十種蓮花效應的植物（葉子的部分）。結果，我發現，請小朋友自己去找比起老師用嘴巴講或資訊融入的方式更能引起小朋友學習的興趣。並且在回到教室之後，請各組派一個人上台報告結果，同時接受同學的提問，我看著他們聽同學報告時聚精會神，還會對同學說錯的部分加以修正，不禁有一種感覺，教學策略真的是一種很重要的工具，而且還要經常變換，還要變換得當。
12	2004/5/30	教學實況轉錄成文字稿這件事，已經快要把我累死了！一節課的轉錄大概就要花掉十個小時的時間，唉！好累啊！如果不進行轉錄的工作，又無法進行詳實的省思和修正並擬定下一次的教學計劃，希望我能撐得過去。不過，眼看著即將進行的蓮花效應的教學，可能會比較有趣、比較具體，使我又感覺有一股力量源源而來。
13	2004/5/27	因礙於時間與實驗器材的關係，研究者擬將「保鮮大師」這個單元刪掉，不上了，留待以後再研究。
14	2004/5/19	今天與小朋友們到東大參觀訪問，除了有奈米專家的演講之外，還有參觀實驗室，小朋友們的反應也都很不錯。當我回到自己辦公室之後，和同行的該班導師聊了一下有關什麼是奈米。結果，一開始，她說她聽不懂，可是在我和她討論有關什麼是奈米的時候，她就發現她愈來愈清楚了，並且顯得非常高興。這一次的參訪活動，交通部分的問題還好有該班導師、趙媽及我自己本身的車子，所以才有辦法成行，非常感謝。我覺得曹老師用彈珠台和人的牙齒做為契子，是一個蠻不錯的點子。參觀薛老師的實驗室的時候，一共介紹了三種與奈米有關的儀器，有 SEM 一台、X 光繞射二台，及液態氮，並以繞射的結果說明要分析的材料是哪一種物質，及分析的依據。
15	2004/5/17	其實，我覺得從研究的一開始到現在，我深深有一種感覺，就是「具體」對國小小朋友來說還是比較好的，尤其是看得到、摸得到的更好，我要說的是：我深深期待 6 月 5 日東大提供的奈米材料。
16	2004/5/11	今天在進行驚異大奇航的教學之前，有事先商請兩位老師做為我的觀察員。一位是任教五年乙班的自然老師，一位則是本校的實習教師。從觀察記錄當中及事後與兩位老師的討論，我可以發現二件事情：1、實習教師認為自己對奈米議題這方面的知識要轉化為教學，困難度很高，對自己非常沒有信心，原因在於自身對於奈米這方面的知識不足。2、五年乙班的自然科教師為研究者試用網路工作室教師。因先前與研究者在奈米教學設計方面有良好的互動，所在可從觀察記錄表中顯示，對奈米議題於國小階段實施較具有信心，具研究者所見，可能是平日與研究者有互相分享奈米議題教學設計所致。所以「分享」與「溝通」應該也是促成教師專業成長的良好途徑。
17	2004/5/11	有關 5 月 26 日要到東大進行奈米參觀訪問的活動，時間的安排上與東大的老師及羅老師的研究助理又瑩的構想有一點出入，他們比較希望的是安排在星期三的下午，但我則認為星期三，國小學童只有半天的課，下午的時間，有的要練跆拳道，有的要上鋼琴課，有的要去安親班補習，所以，我還是蠻堅持要安排在星期三的上午，會有比較多的人可以參加，與又瑩達成初步的共識是暫定安排 5 月 26 日星期三的早上。
18	2004/5/8	研究至今，我的教學模式一直在改變，不過有一種感覺就是由教師中心漸趨向於學生中心，下個星期擬進行驚異大奇航的教學活動，下下星期則是到東大進行奈米參訪活動，6 月初的時候請是利用東大提供的奈米實物進行比較有

		趣的實驗活動。雖然整個研究所需的時間不斷地膨脹，但是，我想，如果可以讓學生達到比較好的學習效果，還是值得的。
19	2004/5/7	昨天與又瑩聯路的結果是，先安排一次的專家演講行程，大約在6月5日左右相關的奈米材料會送到學校來。我很高興，真的很高興。因為，我曾經自行詢問過生技公司，他的做法是一次要購買的數量是非常的大，也就是不做零售的動作，在我四處買不到的情形之下，能得到東大的支助，真是如魚得水，天降甘霖，感謝再感謝！
20	2004/5/6	我想在材料微觀之旅之後，應該要再度改變教學模式。除了奈米專家訪問之外，也要同時請小朋友們自行上網查詢資料，然後進行心得分享或推薦一些網站以供參考，不過這個部分可能要在保溫的單元來進行。
21	2004/5/2	時間愈來愈不夠用了，因為尚未與東大連絡好有關奈米專家訪問的事宜，不免有點心急。另外，一方面要進行文字轉錄的工作，一方面又要進行檢討修正及擬下一次的計劃，真是蠟燭兩頭燒。
22	2004/4/27	我有一種感覺，光用DV攝影是不夠的，因為角度有一定的限制，聲音的收集也會以靠近DV的人為主，至於遠的部分就會聽不清楚。這一次的教學活動(24小時導航系統)只有用DV來協助收集資料，總覺得有一點遺珠之憾。
23	2004/4/21	在我研究的這一個班級內，研究者發現希望引發小朋友一些新的想法，實為不容易的一件事，畢竟「產生新奇的想法」不是一件容易的事情。所以題目針對「知識創新及知識管理是在老師或學童？」比較可能達到的部分很可能主要是教師的部分，這其中包括教師接受新知、轉化知識、奈米議題教學設計、如何進行教學活動等。2、要練習 presentation 時應以 ppt-driven 為主，口頭報告，而非看著書面報告。(要多練習，關於這一點，因研究者本身的自信不足，害怕會語無倫次，誰知這一看就一直看下去、、、，所以，可能要自己多多練習思考的層次與組織。)3、APA 第五版的格式要研究一下。4、文獻部分要寫在第二章，自己寫的部分要寫在第三章。5、有關學童的學習成效部分如何進行評量？學習成效調查表的內容是不是有急迫完成的需要？因無事先進行所謂起點能力的前測，所以於研究末期進行學習成效調查是否可行？
24	2004/4/17	今天早上到東華大學上奈米論壇的課程時，遇到曹老師，他告訴我5月1日在海星小學有一個與奈米相關的學童研習營，希望能對我的論文有所幫助。並討論到有關到東華大學參觀或訪問的時間可能會選一個星期三或是四或五的早上。至於奈米材料的發放則是以學校為單位來發。
25	2004/4/5	在這一次的24小時導航系統教學中，感覺上已經輕鬆很多了。因為小朋友們似乎已經知道老師的教學節奏。雖然，由他們的口中得知他們有大多數的人比較喜歡寫網路學習單，但是，以我的觀點，有關學習單的類型方面，還是要多元化會比較好一點。
26	2004/4/4	關於貝殼小勇士的教學，第一節課是在自然科教室，第二節則是在電腦教室以資訊融入的方式進行，這一次的奈米議題教學，一共只花了2節課。在自然科教室進行的時候，是採用實物的方式進行，請小朋友們自行設計哪一種動物的外殼比較硬的辦法。結果，我覺得好像比光用電腦的教學方式，效果更好，因為小朋友們看得到，也摸得到。至於學習單部分，因為這一次是採用書面的方式，我可以看到小朋友們可以用畫的、寫的、著色，屬於他們比較容易表現的手法，學習單呈現的結果，似乎也不會比用網路學習單更差，所以，有一點出乎意料之外。
27	2004/3/27	由於前三次的奈米議題教學都是用資訊融入的方法，但是對有關貝殼小勇士部分，我覺得可以把資訊融入拿掉，而改用實物來進行，請小朋友自己來一些有殼的小動物來比比看誰的殼比較硬，地點在自然科教室，第二節再進行學習單的書寫。
28	2004/3/20	研究者不知學童的學習成效如何，所以採用了線上測驗—主題式評量的方式來測試。原來以為網路上的測驗只不過是取代紙筆測驗而已，反正都只是評量。沒想到，我看見學童竟然出現了很「high」的影像，好像變成了一件很有趣的事情。但是，研究者覺得數目的數量好像少了一點，因為每次只有出現五題，每題20分，似乎是太貴了一點。
29	2004/3/13	經過了試探性研究和第一次循環—奈米膠帶的教學之後，我突然有一種感覺，就是我要用什麼樣的方法才能促進小組之間充分的討論？因為在這先前的兩次研究裡，有關學習單的填寫都是以小朋友個人為單位，並沒有小組的學習單出現，而且在電腦教室的時候，是一人一台電腦，在老師教學之後馬

		上以口頭詢問或引導學習單的填寫，以大班討論的方式行之，每個人填一張網路學習單，而且，研究者發現，當小朋友忙著要寫網路學習單的時候（忙著打字），好像就比較少有時間和同學討論、交換想法。於是，在第三次研究當中，研究者就打算用書面的學習單方式試試看，每人一張；看看小朋友會不會比較有心力在討論、分享彼此的想法，並給予較長的討論時間，最後，再請每一組小朋友派一位代表出來對有關學習單部分做簡單的分享或心得報告。研究者之所以如此做的原因主要是希望小朋友之間彼此的對話，產生知識創新的火花。
30	2004/3/10	在試探性研究的時候發現，因簡報設計的頁數高達 25 頁，所以時間上不免稍過長，讓小朋友討論、分享的時間就比較短，研究者覺得有一點可惜。於是，在進行正式研究第一循環--奈米膠帶的時，教學簡報頁數就剩下五頁，留有比較多的時間讓小朋友討論，大家一起動動腦，結果，小朋友的新奇想法，大多與其日常生活有關，使得討論中趣味橫生。
31	2004/3/4	進行線上測驗，小朋友對於這種立即測驗立即知道自己多少分，又可以重覆考試，以亂數出題的方式反應相當熱烈、又興奮。但是，有一位小朋友反應出有一點焦慮的反應。櫻：你們覺得線上測驗如何？傑：很好笑！彥：很有趣！衛：很好玩！櫻：那你覺得線上測驗與一般的紙筆測驗有什麼不同？優點或缺點都可以說。諺：我知道！就只有那幾題而已！靈：老師，為什麼我的題目有兩個一樣的在上面？旋：我還有三個呢！櫻：好，老師知道，我回去再把程式改一改。辰：老師！為什麼每次我都是零分？辰：為什麼我的答案明明是對的，卻全部給我零鴨蛋？（其實這個時候，研究者馬上猜想到是程式的索引值或資料型態出了問題）櫻：請問你現在有五個一百的請舉手。（結果一共有八個）傑：我有九個一百了。櫻：下次，我考慮你們給我的意見做修改，第一個題目不要重覆嘛！對不對？小朋友：對！櫻：第二個就題目多一點嘛！不要說五題就一百分。傑：老師，還有第三個！櫻：還有第三個是什麼？傑：你那樣太簡單了，這樣會很無聊！老師！彥：老師！我七個一百！傑：老師！我十一個了！辰：老師！怪胎，每次我亂打都零分！櫻：現在請大家到「我要留言」或線上討論的地方寫下你對線上測驗的意見或看法。
32	2004/3/4	同儕教師會議試用網路工作室教師研：可否請小朋友在進行教學活動之後，在「我要留言」和「線上投票」發表一下意見。試：我上次已經有跟他們說過了。研：當我在線上投票看見他們覺得老師這學期的教學法有進步的時候，感覺真好！另外，請問妳對設計這樣一個網路工作室有沒有興趣？試：其實，我在大學的時候就有設計過網站，也花了很多時間在這方面，不過是只可看，還沒有像妳設計的「互動式」那麼好用。研：如果妳有興趣的話，我可以教妳。試：其實，我也蠻有興趣的，只是考慮到要花很多的精神和腦力和體力，所以、、研：嗯！我們這學期的互動和合作好像很頻繁？試：對！還蠻不錯的！
33	2004/3/4	同儕教師意見交流試用網路工作室教師對線上同票的試用過程，並與研究者共同交換意見。同儕教師發現：1、線上投票最好不要有必須需輸入電子郵件的設計，會比較方便。2、有關主題式評量的試用，發現有些題目設計很有趣，題目數適中，可自行更換進入主題式評量的密碼。3、研究者協助同儕教師預約電腦教室的事宜。4、網路學習單部分，有些是要小朋友作答，可是有一位小朋友竟然出現自己出題的情形。5、同儕教師：為什麼我之前沒有看到問卷的部分？研究者：因為現在看到的是管理者的頁面，與會員及一般訪客的頁面不同。
34	2004/3/2	有關線上投票的設計，有學童反應出：沒有電子郵件帳號，所以無法投票。經研究者二小時的努力，已經將投票部分設計為可選擇要不要輸入電子郵件帳號的功能。
35	2004/3/1	對於網路學習單的編寫方式，之前有一位學童反應說學習單的主題就是題目，希望能自動出現，這樣學童就不必將題目再抄一遍。
36	2004/3/1	今天進行主題式評量，大多數學童的反應都很正面。不過，程式方面有一點出彊入彊，就是索引的部分應該要設定不可重覆，就部分在當天的晚上，研究者已自行解決。
37	2004/2/25	今天與小朋友一同分享大家所寫的網路學習單，小朋友們的反應都還蠻熱烈的。尤其是當他們在看別人的網路學習單的時候，注意力特別集中，並給予立即性的口頭評論或讚美。

38	2004/2/23	師：妳覺得網路學習單在操作上，會不會很難？婷：不會，很簡單。師：妳覺得今天上課的內容如何？婷：今天上的課比較好玩。
39	2004/2/21	為了要讓自己能夠在觀看月行事曆時的總表不受到 25 日之後的鎖定，我想應該要把 calendar2 資料內的程式改一下
40	2004/2/16	今天出現了一個意想不到的情況發生了，就是早上第一節課上課之前，我正忙著要準備今天第一次的知識創新奈米議題課程—光碟機讀寫頭的教學，正當我把手邊的投影機、筆記型電腦、攝影機架好的時候，上課的鐘聲響了，有一個小朋友就說：「老師，天花板開始漏水了！」我抬頭仰望，果然是真的。（因為自然科教室的上一層，就是二樓正在進行磨石子工程，好吵啊！）我的心裡有一種不祥的預感，接下來的是：2 節課下來，我的嗓子啞了，小朋友也不太聽得到我上課時說的話。終於，樓上的工程停下來了，唉！可是，我的 2 節課也結束了，我想，我這一次的預試恐怕也玩完了，我很失望地收拾東西，然後低著頭離開教室。當我傍晚回到家的時候，我猜想 DV 裡面恐是會錄不到我的聲音吧！有一點不太想看的念頭，不過到了晚上快到 9 點的時候，我還是，把今天錄的部分拿出來看了一下，結果，發現，竟然和我所想的不一樣，透過 DV 竟然，還聽得到我自己上課的聲音，也聽得到小朋友說話的聲音。還好，我有把原本不想看的東東拿出來看，不然，我今天的預試就白做工了，真是好佳在！希望，往後我自己不要輕言放棄任何一種希望。
41	2004/2/15	今天我遇到了一個難題：就是主題式評量的部分，總分計分的程式總是將總分算錯，也就是說，即使我作答的部分全對，但是，分數最高都只有 80 分而已，問題到底出在哪裡？尚在研究當中。
42	2004/2/12	今天看到了一篇文章，覺得對我的研究來說有很大的提醒作用。李茂益（民 91），在「九年一貫生活課程教學設計之行動研究~以「玩具 DIY」模組為例當中，指出課程實施時存在著某些有利的條件與不利條件之因素，有利條件是：材料選擇多樣性、學童興趣強烈、學生同儕的合作、家長資源協助；不利的條件是學童自備材料不足、操作能力與態度不成熟、秩序問題與家長代工太多。當我看到這樣的書面資料時，有一種一語驚醒夢中人的感覺；我為何不從前人已有的經驗去盡量減少自己在研究當中可能會犯的錯誤呢？例如：就以下幾個方面來說：（一）有利的條件 1、材料的選擇：因為在這次的知識創新奈米議題的課程設計是採現有的教材從中找到可引入奈米議題的空間（嵌入式），所以基本上是不需要大幅更改單元，也較不易引起家長反彈，換言之，研究者是以補充教材的觀點出發，自行設計教材內容。2、學童的興趣：以研究者目前任教的一個班級而言，一共有 20 名學童，他們對於老師是否會利用電腦來進行教學，以及自己如果可以透過電腦來學習，抱持著高度的興趣。3、學生同儕的合作：具研究者及該班導師的觀察，小組合作的情形還算可以，只有少數幾位積極主動的精神尚應加強。4、同事的協助：在本次的嵌入式課程設計當中，意外地獲得了同事—鄭老師的協助，為研究者設計了一個教學單元「那一天我們去蓮城！」，讓研究者感激涕泣，還有另外一位與研究者同樣是教五年級自然科的科任教師—謝老師，也願意在五年乙班試用研究者所開發的工作室來進行網路教學，以便以教學現場老師的立場來評估研究者網路工作室設計的盲點；研究者深深覺得自己在此項研究當中並不孤獨。4、對於小朋友的電腦操作能力、態度及秩序問題，目前研究者抱持樂觀的態度。（二）不利的條件：1、設備：最近該班搬遷入新校舍，舊校舍於每班教室都有電腦、電視、DVD、上網設備、投影用的螢幕，但是新校舍凡以上所述，目前皆等於零。但是，研究者上自然課的地點，大多數都在舊校舍當中的自然科教室或電腦教室，所以，應該是沒有太大的變化才對（希望如此）。2、學童的興趣及教師課程設計的能力：就知識創新奈米議而言，研究者面臨了一個自己前所未有的難題，怎樣把一個看似艱深的議題，轉化為小朋友「可接受」或「有興趣」的課程，此項課程轉化的課題，嚴重考驗著研究者的課程設計能力。3、網路工作室的設計能力：因研究者接獨 ASP 的時間至今不過二個月，想要設計一個較符合個人需求的網路工作，對於研究者來說，一直都是一項沈重的負荷，要花很多時間、體力、腦力和智慧，而時間總是有限，要做的事情卻又太多。
43	2004/2/12	今天早上第四節的自然課，還沒有上課之前，我就先到自然科教室架設投影機、電腦、攝影機和螢幕。因為看看行事曆，下一個星期就要開始執行知識創新奈米議題的預試，所以想先試試看設備方面的架設會不會遇到什麼困難。
44	2004/2/8	教師行事曆無法編寫的問題已獲得解決。

45	2004/1/31	檔案要如何上載、下載和上載資料到資料庫的欄位？可用 ASPUpload 元件，正在研究當中。目的是上載學生書面的學習單圖檔。
46	2004/1/27	今天遇到了一個問題，就是教師用行事曆無法編輯的問題。
47	2004/1/22	我今天遇到了一個困難，那就是只要是簡報檔的視訊短片，以瀏覽器來開啟就會變成靜態的圖片，目前尚且不知原因為何？
48	2004/1/10	對於網路學習單裡的老師打分數的部分，我在猜想可不可以利用回覆文章的方式來寫，再行一套網路學習單的機制。
49	2004/1/6	昨天光是研究最新消息的格線就花了 3 個小時，雖然這其中很花腦力，但是我還是有完成了自己的想法，將它設計出來。
50	2003/12/30	我發現網路學習單的機制與線上討論區的機制很像，只要改一下就可以成為開放式的問題填答。另外，我想有關開放式的題目或問卷也可以用同樣處理方式來做。
51	2003/12/29	希望我能順利的把工作室完成，這是我衷心的期盼。靠自己的努力與他人的協助，再加上一些巧合，這是我的幻想，但是，希望能夠成真。
52	2003/12/29	恭喜自己在最新消息的表格中完成了畫表格的任務，其實，我覺得如果一天能夠解決一項問題，對我來說已經是很大的榮耀了，因為我是盡力而不是拼命。
53	2003/12/28	今天聽一位同學說他以前也想找學習科技的老師當指導教授，但是，因為研究方向不同，所以，就沒有再繼續連絡了。其實，我對於資訊技術方面還蠻有興趣的，又正好碰上一些巧合，所以，感覺有一點樂觀。
54	2003/12/28	今天在研究網頁流量計數的設計要如何「計數」的問題，到底是要計算會員的部分？還是非會員的部分？還是管理員頁面部分？還有，pagecount 在進行的計數的語法，到底是如何撰寫的？希望這個部分能夠盡快獲得解決。現在的我，只要一有空要是坐在電腦前面寫程式、研究程式，雖然很辛苦，但是收穫很多。
55	2003/12/26	今天已完成了所謂一般訪客、會員、管理者權限的區分，進入網頁後的畫面也因為權限的不同而有差異。
56	2003/12/25	教師資訊融入的程度、方向、重點、有無使用平台，怎樣使用？
57	2003/12/25	其實對我來說錄影燒成光碟不是問題。我現在主要的問題是怎樣在會員登入網頁產生流暢的連結。例如：在 logkin 之後，如果 passok 的話怎樣直接就顯現會員的網頁？
58	2003/12/23	今天致力於研究有關網站使用者權限的問題，怎樣將一般訪客、會員、網站管理者的權限區別開來，這是一個很嚴肅的問題。
59	2003/12/23	學習 ttbody, div, font 的設定語法
60	2003/12/22	今天研究出字的大小、顏色、段落的設定 (htm)，還算有一點吃力！
61	2003/12/21	好累哦！為了寫程式、改程式，我的兩眼都快花了，思緒糾結在一起，犧牲了玩的時間，也犧牲了很多可以休息的時間，我不曉得要什麼時候才會大功告成，老天啊！給我一點啟示吧！
62	2003/12/21	為了寫出這個網站，我可以說是使出了吃奶的力氣，天地變色，日月無光。

附錄二十一 奈米專家的協助

寄件者	收件者	日期	主旨	內容
研發處	東區奈米科技種子教師	Wed, 3 Mar 2004 11:40:27	奈米科技 k-12 中心 93 年預定行程	各位種子教師您好！ 檢附上今年度之奈米科技 k-12 預定行程，敬請查閱！多媒體課程是開設給今年度之新加入種子教師學習，如有任何問題，請不吝來電洽詢！謝謝您
T1	曹老師	Wed, 14 Apr 2004 18:43:22	k-12 探訪奈米專家活動	曹老師您好： 在下是志氣國小的 T1 老師，為東區 k-12 奈米科技種子教師之一，因目前本人的論文（以奈米科技為例）與 k-12 奈米課程有極大的相關，急需尋求奈米相關產品進行教學研究，因對象為國小學童，還是需要有一些實物或到東華大學進行「奈米專家探訪活動」或「奈米學府參觀訪問」可能會是比較「生活化」一點，所以想請老師幫忙，感激萬分！
P1	T1	Thu, 15 Apr 2004 11:20:04	RE: k-12 奈米研究尋求支援	Hello, 林老師 感謝你對於 K-12 奈米教育的投入。目前我們已購得 Ti02 奈米光觸媒、奈米顏料(for color printer)、及廠商提供之“奈米噴印布”，皆為已商業化之產品。另有一廠商將提供一些奈米布料，希望近日可收到；亦正聯繫一製造奈米黏土之廠商希望可拿到如奈米保特瓶之類的樣品(not sure about this)。您可以電話與我或趙又瑩小姐聯繫。Bye!
T1	羅老師	Fri, 7 May 2004 18:44:00	k-12 小學生奈米參訪活動	老師好： 我是志氣國小的 T1 老師，有意願帶領小朋友到貴學校進行奈米專家演講暨參訪活動，不知是否可行？
P1	T1	Fri, 7 May 2004 23:18:05	回覆: k-12 小學生奈米參訪活動	Hi, T1 老師， 歡迎你們來參觀本校。可否請您與又瑩(phone #: 863-2532)或我(863-3603)電話討論關於行程與內容的安排細節。Thanks.
T1	研究處研助理趙 H1	Mon, 10 May 2004 16:25:55	526 參觀活動預定行程	H1 您好： 因這次去參觀的成員為一個班，如要調整到星期三的下午，恐怕會有一半的人無法參加，所以，我還是比較傾向於規劃在星期三的早上，全班一起去！願平安喜樂！
研發處研助理 H1	T1	Fri, 21 May 2004 09:26:32	東華行之照片	T1 老師， 這是 5 / 19 小朋友們來東華參訪的照片，轉寄給您，提供您存檔使用。祝 一切順心～～ H1 東區奈米科技 K-12 教育發展中心
研發處	東區奈米科技種子教師	Wed, 2 Jun 2004 11:53:57	6/5 東區奈米 k-12 種籽教師研習會	老師您好！ 提醒您～六月五日（星期六）上午八點三十分將於東華大學理工學院第三講堂舉辦『東區奈米 k-12 種籽教師研習會』，敬請準時參與！如有任何問題，請不吝來電～敬祝 研 安 聯絡人：H1 東區奈米科技 K-12 教育發展中心

附錄二十二 奈米科技跨校研究會會議記錄

QS：鄭老師：

- 國中原有教材份量已相當重，而課程也相當緊湊，一些科目由於進度的考量，甚至需要趕課。在這樣的情況下，目前的奈米科技教材應如何融入現由的教學時段與現有科目的教材？教育部似乎應有一個清楚的釐清。
- 目前教材的定位？補充資料或新課程？
- K-12 教材應如何就國小、國中、高中區分？
- 由於奈米科技的特性，很多實驗似乎都不易「看得見」。而需要精密儀器方能見到一些真正的變化與機制。需要東華大學的協助。

RC：羅教授

- 九年一貫後學校課程設計可由課程發展/規劃委員會討論決定。如共同的週會時間或在自然領域中納入實驗課程也是可行的方式。
- 課程銜接可召開召集人會議將課程層次區隔。

RC：林研發長與羅教授（東華）

- 目前教育部有規劃讓各區都有一組 AFM 設備，可以讓學生或種籽教師有真正動手操作的經驗。
- 可開放種籽教師參與東華奈米學程中的實驗課程。

QC：劉主任

- 就國中層次而言，K-12 計畫似乎主要在於奈米科普概念的建立。可以透過「奈米週」的活動，配合如有獎徵答、奈米美勞製作及專題演講提升學生對這個主題的興趣。

QC：黃老師

- 以目前高中老師的教學及其他負荷，另增加編纂新課程教材的任務。似乎有些吃力。這些教材仍以定位為課後參考資料較適當。
- 以配合校外教學，整合各科教師教學內容於實況，例蓮城之行配合不同領域教師就相關內容分別說明，將可有不錯的效果。
- 巡迴列車配合專家學者演講，可擴大影響面。

QC：丁主任

- 各校教材編寫人力不足，教育部宜主導，編入課綱，並由教材編寫單位或出版商投入教材編寫。
- 具體示範教具（如蓮花效應漆、壁虎膠帶、二氧化矽光觸媒、奈米馬桶等實物）可讓學生有更直接的印象。東華支援的可能性。（花崗國中劉主任呼應）。

QC：陳老師

- 具體教具相當需要，影片也是另一種替代可能。尋找地區特性的實例。
- 目前規劃奈米科技主題融入數理資優般的課程內容，也有部分學生選擇此主題作專題報告。

- 列入正課暫時有實行困難，放入社團活動及科學探索教學活動較可能。
- 以教材內容考量，單獨認知性的題材之必要性。可參考吳建雄科學海報競賽的作法。

RC：翁院長

- 奈米科技作為一新興科技領域具前瞻科技的特性，變動快而整個領域的方向較不確定。這也是仰賴各位種籽教師參與與投入的。
- K-12 人才培育，著重於基礎認識與提升興趣。雖然目前沒有列入正式課程內容，然這方面的知識對相關領域的學生甄試及申請入學的背景知識將有相當助益。
- 具體示範教具，應可提供協助。某些傳統的簡單實驗，其實以包含奈米內容，如食鹽結晶。

RC：林研發長

- 台灣目前相較於科技先進國家，雖在奈米科技方面還待努力追趕；然而，就奈米 K-12 人才培育方面則居領先地位。這也是長期競賽的一個決勝關鍵。
- 傳統的學習方式，在新興領域不斷出現的今天，需作適當調整。本計畫將是激勵 K-12 教師、學子持續性、自發性學習新興科學領域的一個開始。
- 明年度計畫重點
 - 多媒體教材製作
 - 改進並充實原網站內容
 - 激發主動學習新知的能力

RC：羅教授

- 相較於北區教材內容，本區目前所製作的教材雖內容不如北區豐富嚴謹，但較生動活潑。實際教學成效也許更好。

QS：陳主任

- K-12 課程內容重複也許不造成太大困擾，因同主題可有不同深度的探討。
- 所編纂出的教材要在什麼時間去教，將是一個問題。
- 全面性的試教與教學交流，實行上可能有困難。本校大概不會參與。
- 以競爭方式來辦理教材編纂似乎不太妥當。內容與部定課綱關係還不顯明。
- 以目前老師所肩負的教學及行政任務，再增加新的奈米教材編纂任務，有些辦理上的困難。

（會議記錄-20031227）

附錄二十三 科技議題教學-以奈米應用為例的教學設計

秘密小針探-光碟機讀寫頭教學設計

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	秘密小針探-光碟機讀寫頭教學設計
課程引導問題	各種樂器的發聲原理
單元問題	光碟機是如何將光碟中的資料讀出來的？
教學單元摘要 由學童討論各種樂器的發聲部位，製作簡易樂器，進而探究光碟機如何讀取光碟音樂的情形，並了解光碟機內部的構造及雷射光的應用。	
學習領域（可複選） ☒ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學 ☐ 本國語文 ☒ 資訊教育 ☒ 自然生活科技 ☐ 外國語文 ☐ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果 1. 認識光碟機內部的構造與功能。 1. 能說出光碟機讀出光碟資料的原理 2. 能與同學討論雷射光的可能應用方式。	
學習活動步驟	
導入	活動一 簡易樂器製作—鉛筆盒吉他 活動二 科學家--愛因斯坦
探索	簡報教學 探索雷射光的發光原理與功能
發展	探索雷射光的發展
應用	思考雷射光可能應用的方式
教學時間：4 節共 160 分鐘	
學生必備技能 會使用光碟機讀取資料	
教學資源 硬體 ☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機 ☒ 電腦 ☐ 印表機 ☐ 攝影機 ☐ 數位相機 ☒ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器 ☐ 網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體 ☐ 資料庫或試算表軟體 ☐ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體 ☒ 網際網路瀏覽器 ☐ 文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體 ☒ 網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備 材料：鉛筆盒吉他製作材料、教學簡報設計、預約電腦教室	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單 線上測驗

我貼我貼我貼貼貼-壁虎膠帶教學設計

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	我貼我貼我貼貼貼-壁虎膠帶教學設計
課程引導問題	動物的生存方式-壁虎爬牆
單元問題	為什麼壁虎可以在牆上行走？

教學單元摘要	
由壁虎覓食的爬行方式，進而探討其腳底的奈米構造，並思考這種新奇的特性尚可應用的可能性。	
學習領域（可複選）	
☐ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學 ☐ 本國語文◆資訊教育◆自然生活科技 ☐ 外國語文 ☐ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果：	
1. 能說出壁虎可以在牆上行走的原因。 2. 知道壁虎腳底具有奈米等級的結構。 3. 思考由壁虎腳底的奈米級結構，可以衍生哪些產品應用於日常生活當中。	
學習活動步驟	
導入	探討壁虎要爬牆的原因 觀察壁虎牆的照片
探索	探討壁虎腳底的特殊構造
發展	探討目前利用壁紙腳底的結構原理，所發展出來的產品。
應用	討論這種新奇的特性還可以應用在哪些方面
教學時間：3 節共 120 分鐘	
學生必備技能：文書處理能力	
教學資源	
硬體	
☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機◆電腦 ☐ 印表機 ☐ 攝影機 ☐ 數位相機 ☐ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器◆網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體	
☐ 資料庫或試算表軟體 ☐ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體◆網際網路瀏覽器◆文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體◆網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備：教學簡報設計、預約電腦教室	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單、線上測驗、課堂發表、網路資料搜尋與分享心得

下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐教學設計

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐教學設計
課程引導問題	哪些動物的身體表面不會淋濕？
單元問題	蜻蜓和蝴蝶遇到下雨天的時候，翅膀會如何？
教學單元摘要	
由不會被雨淋濕的小動物開始，探討其表面的奈米構造，進而思考奈米表面結構尚可應用的方式。	
學習領域（可複選）	
☐ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學◆本國語文◆資訊教育◆自然生活科技 ☐ 外國語文 ☐ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果：	
1. 能說出蝴蝶和蜻蜓的翅膀不怕水的原因。 2. 知道蝴蝶、蜻蜓、鴨子的身體表面具有奈米等級的結構。 3. 能與同學互相討論奈米等級的防水特性，在生活中的其他應用方式。	
學習活動步驟	
導入	討論動物怎樣保護自己的身體表面不會淋濕？

探索	到水生生態池觀察蝴蝶和蜻蜓。 教學簡報-概念卡通對話
發展	討論目前市面上的防水的產品種類及特性
應用	發表個人對這種防水的特性尚可應用的方式
教學時間：3 節共 120 分鐘	
學生必備技能：使用網站工具的能力	
教學資源	
硬體	
☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機 ☒ 電腦 ☐ 印表機 ☐ 攝影機 ☒ 數位相機 ☐ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器 ☒ 網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體	
☐ 資料庫或試算表軟體 ☐ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體 ☐ 網際網路瀏覽器 ☒ 文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體 ☒ 網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備：水生生態池、教學簡報設計、預約電腦教室	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單 線上測驗

24 小時導航系統教學設計

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	24 小時導航系統教學設計
課程引導問題	哪些動物不容易迷路？
單元問題	為什麼有些動物不太容易迷路？
教學單元摘要	
由生物磁性探討有些動物不容易迷路的特性，並思考奈米磁鐵尚可應用的層面。	
學習領域（可複選）	
☐ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學 ☐ 本國語文 ☒ 資訊教育 ☒ 自然生活科技 ☐ 外國語文 ☐ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果：	
1. 能說出海龜和蜜蜂不容易迷路的原因。 2. 知道生物磁性與生物的生存方式的密切關係。 3. 能發表個人對奈米等級的小磁鐵尚可應用在哪些層面的看法。	
學習活動步驟	
導入	討論哪些動物具有不容易迷路的特性
探索	探索不容易迷路的動物的身體構造 簡報教學、概念卡通、角色扮演
發展	生活中有些工具、產品具有導航的功能
應用	學童發表有關磁性尚可應用在日常生活的哪些相關層面
教學時間：3 節共 120 分鐘	
學生必備技能	
網路資料搜尋	

教學資源	
硬體 ☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機 ☒ 電腦 ☐ 印表機 ☐ 攝影機 ☐ 數位相機 ☐ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器 ☒ 網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體 ☐ 資料庫或試算表軟體 ☐ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體 ☒ 網際網路瀏覽器 ☒ 文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體 ☒ 網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備：教學簡報設計、數位相機、預約電腦教室	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單 線上測驗

貝殼小勇士

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	貝殼小勇士教學設計
課程引導問題	有些小動物有很硬的外殼，這種很硬的外殼具有什麼功能？
單元問題	比比看誰的殼比較硬？
教學單元摘要 由動物用來保護自己的外殼，進而比較硬度，了解天然的奈米等級硬度-貝殼中的金黃寶螺；並思考生活當中需要應用高硬度的產品。	
學習領域（可複選） ☐ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學 ☐ 本國語文 ☒ 資訊教育 ☒ 自然生活科技 ☐ 外國語文 ☒ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果 1. 能說出有些動物具有硬的外殼的功能。 2. 知道動物的外殼有不同的硬度。 3. 能說出大自然中，具有奈米等級硬度的生物名稱。	
學習活動步驟	
導入	討論哪些動物具有很硬的外殼？ 動物硬的外殼具有什麼功效？
探索	比比看誰的殼比較硬？
發展	簡報教學 介紹顯微鏡的功能
應用	討論顯微鏡可以應用的方式
教學時間：3 節共 120 分鐘	
學生必備技能 操作複式顯微鏡	
教學資源	
硬體 ☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機 ☒ 電腦 ☐ 印表機 ☒ 攝影機 ☒ 相機 ☐ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器 ☒ 網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體 ☐ 資料庫或試算表軟體 ☒ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體 ☐ 網際網路瀏覽器 ☐ 文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體 ☒ 網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備：請學生準備有殼的小動物、教學簡報檔、預約電腦教室	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單、線上測驗、書面學習單、參觀及聽演講的表現

驚異大奇航

設計者：林桂櫻	
教學單元名稱	驚異大奇航-材料微觀之旅
課程引導問題	怎樣將材料看得更清楚一點？
單元問題	顯微鏡可以將東西放大觀察到什麼程度？
教學單元摘要 由放大物體影像的觀察工具延伸到觀察工具本身的結構，並參觀奈米級顯微鏡設備，以了解材料的微觀世界；並藉由奈米專家的演講活動，使得小朋友對材料的微觀世界有更進一步的認識，體會新奇的特性。	
學習領域（可複選） ☐ 藝術與人文 ☐ 健康與體育 ☐ 鄉土教學 ☐ 數學 ☐ 本國語文 ☒ 資訊教育 ☒ 自然生活科技 ☐ 外國語文 ☐ 環境教育 ☐ 社會 ☐ 綜合活動	
對象：國小五年級	
學生學習目標／成果： 1. 能說出放大鏡的功能。 2. 能正確地使用複式顯微鏡。 3. 能說出參觀東華大學材料所實驗室中顯微鏡、X光繞射儀的功能。	
學習活動步驟	
導入	討論用什麼方法可以看得更清楚 舉辦奈米專家演講活動
探索	放大鏡的使用、複式顯微鏡的使用、操作複式顯微鏡
發展	參觀東華大學材料所實驗室
應用	討論顯微鏡可以應用的方式
教學時間：6 節共 240 分鐘	
學生必備技能：參觀實驗應注意事項、聽演講應注意事項	
教學資源 硬體 ☐ 相機 ☐ LD 光碟機 ☐ 錄放影機 ☒ 電腦 ☐ 印表機 ☐ 攝影機 ☒ 數位相機 ☐ 投影機 ☐ 視會議設備 ☐ DVD 光碟機 ☐ 掃描器 ☒ 網際網路連線設備 ☐ 電視 ☐ 其他：_____	
軟體 ☐ 資料庫或試算表軟體 ☐ 影像處理軟體 ☐ 網頁編輯軟體 ☐ 桌上排版軟體 ☐ 網際網路瀏覽器 ☐ 文書處理軟體 ☐ E-mail 軟體 ☐ 多媒體軟體 ☒ 網站工具 ☐ 其他：_____	
教學準備：實驗室參觀事前連絡事宜、聽取專家演講連絡事宜	
Internet 資源	
學生評量	網路學習單、線上測驗、書面學習單

附錄二十四 奈米教學實驗設計

實驗一 奈米布料防水檢測

實驗設計名稱	奈米布料防水檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	以「水的三態」的知識為基礎，針對具有防水的奈米布料做實驗，從實驗中體會奈米布料與一般的「不防水」棉布的差別，從而認識由奈米表面結構所造成之「蓮花效應」。
實驗器材	滴管、水、撥水布料、棉布、抹布
實驗步驟	1. 將奈米布料與棉布平鋪在培養皿上。 2. 用滴管各滴一滴水在奈米布料和棉布上。 3. 比較水珠滴在在兩種布料後的情形有何差異。
原理	周敦賢的愛蓮說描述蓮花「出污泥而不染，濯清漣而不妖」。蓮葉表面具有極佳之撥水（hydrophobicity, water repellency）與自潔（self-cleaning）性質，德國波昂大學的 Wilhelm Barthlott 與 Christoph Nienhuis 兩位教授解釋此為蓮葉表面的微米結構（microstructures）與奈米結構（nanostructures）所產生的結果，這種結合物理與化學的現象被稱為蓮花效應（lotus effect）。 右圖是以具高解析度之原子力顯微鏡（atomic force microscope）觀察荷葉的表面結構。蓮葉的表面複雜的 3D 結構，結合緻密的微結構與微小奈米級顆粒（大小約 1 奈米的懼水性臘晶體）。在這個佈滿奈米級的顆粒的表面結構上，水分子不易與表面接觸，導致水珠不會分散，讓污泥、水分子不易沾附表面，而這種特性更讓蓮葉具有自我潔淨的功能。 我們常見鵝與鴨在水中嬉戲，卻不見牠們的羽毛被水打濕，這也是因為奈米現象！原來鵝毛與鴨毛的排列非常整齊，且毛與毛之間的隙縫極小，小到奈米尺寸，所以水無法穿透層層的鵝毛和鴨毛，但卻極為通氣，故鵝與鴨得以在水中保持身體的乾燥。
參考資料	http://www.botanik.uni-bonn.de/system/lotus/en/lotus_effect_html
教學省思札記	搓揉清洗過的撥水技術奈米布料會濕掉，並失去蓮花效應。待其乾燥後，再用滴管滴一滴水在奈米布料上面，則又恢復蓮花效應，但水珠與布料的接觸角會比較小一點，也就是水珠不再像原先未搓揉過之前那樣圓圓鼓鼓的。
誌謝	國立東華大學 K-12 人才培育中心、研發處及協同教授群

實驗二 奈米布料防污檢測

實驗設計名稱	奈米布料防污檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	針對具有防污性質的奈米布料做實驗，從中體會「不防污」的一般棉布與「可防污」的奈米布料的差別，從而認識奈米結構所造成的蓮花效應。
實驗器材	水、墨汁、蠟筆、彩色筆、滴管、奈米布料、棉布
實驗步驟	1. 將奈米布料與棉布平鋪培養皿上。 2. 選用上述的染料，滴在或塗在兩種布料上面。 3. 於水龍頭底下洗淨，比較看看哪一種布料上的染料，在不外加清潔劑的情形下，比較容易洗淨。
原理	利用蓮效應的原理，發展出在衣料纖維表面塗覆疏水性的奈米顆粒的技術，使布料具有防污的效能。
參考資料	http://www.botanik.uni-bonn.de/system/lotus/en/lotus_effect_html
教學省思札記	1. 奈米布料對於防水性的染料效果較油性的染料顯著。 2. 搓揉清洗過的奈米布料，在濕的情形之下，如果再用彩色筆或墨汁染色，用水清洗發現一樣具有防污的效果。 3. 蠟筆在塗布時的用力大小，會影響搓揉清洗的時間。
誌謝	國立東華大學 K-12 人才培育中心、研發處及協同教授群

實驗三 奈米布料防水透氣檢測

實驗設計名稱	奈米布料防水、透氣檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	針對「防水但不透氣」的塑膠布和「防水但透氣」的奈米料布料做實驗，以體會超微多孔結構奈米布料的防水又透氣的特性。
實驗器材	滴管、冷水、熱水、超微多孔結構奈米布料、塑膠布（垃圾袋）、棉布
實驗步驟	（一）防水檢測 1. 將三種布料分別包覆在錐形瓶的上方，用橡皮筋將瓶口封緊。 2. 用滴管各滴一滴水在三種布料上面。 3. 比較水珠滴在在三種布料後的情形有何差異。 （二）透氣檢測 1. 三個錐形瓶內裝熱水。 2. 將三種布料分別包覆在錐形瓶的上方，用橡皮筋將瓶口封緊。 3. 用三塊載玻片分別覆蓋於三種布料的上方。 4. 觀察比較三個載玻片上面水氣凝結的情形。
原理	於布料中結合超微小的奈米纖維或多孔之結構，使液體的水滴不會滲入布料，卻能讓水氣進出，達到防水耐濕的效果。
參考資料	1. 陳永欽，”高科技衣著紡織品研發趨勢之理論與實務”，2003F.T.C R&D Center 研發中心技術研討文摘。 2. 「奈米科技」，馬遠榮著，商周出版社（民91）
教學省思札記	3. 熱水的溫度愈高，實驗的效果愈好，但需防燙傷。
誌謝	國立東華大學 K-12 人才培育中心、研發處及協同教授群

實驗四 奈米噴印布防水、撕不破、耐溫檢測

實驗設計名稱	奈米噴印布防水、撕不破、耐溫檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	認識一般相片噴印布之成份與製程，了解如何應用奈米粒子的塗佈處理，可以克服一般相片布（紙）變黃的因素並具且有耐磨抗皺及防水耐溫之功效。
實驗器材／組	滴管、水、打火機、噴印布一張
實驗步驟	(一) 防水檢測：滴一滴水在奈米噴印布上，觀察布料是否會讓水透過去。 (二) 撕不破檢測：請班上小朋友撕看看。 (三) 耐溫檢測：用一般的紙與奈米噴印布作比較。 1. 計算一般的紙在打火機點燃以後多少秒開始燃燒。 2. 計算奈米噴印布在打火機點燃以後多少秒開始燃燒。 3. 比較前兩者所需時間的長短。
原理	由製布（紙）時，通常會使用一些酸性物質，隨著時間的消逝，這些酸性物質會逐漸破壞布質或紙張的纖維素，導致布質（紙張）產生腐蝕或泛黃。 目前市面上售的相片用紙（布），是先將一層 PVA（聚乙烯醇，是一種高分子量的聚合物）塗佈在胚紙的表面烘乾而成。由於 PVA 為水性塗劑，故乾燥後才能有能力吸附墨水。也正是因為如此，一旦遭受空氣中的濕氣時，就會造成塗佈上層與下層吸水程度不一，進而形成我們常見相紙捲曲的狀況，更嚴重會導致相片上的顏色漸漸淡化，甚至發生變黃的現象發生。此外，由於 PVA 本身對紅色墨水的吸附力較強，如果使用一般相紙翻印相片時會發現影像略偏紅色，這並非是相紙效果較為鮮豔，而是影像失真造成。同時，由於 PVA 的顆粒比較大，一個粒會吸附 2~3 個墨點，亦會造成對墨水較大的耗損量。PVA 塗層太薄會造成暈染現象，太厚又會造成受潮過於嚴重的情況。 本實驗所使用之奈米噴印布是以特殊的工業用聚酯纖維（Polyester）為胚布，運用奈米粒子在胚布上做防水塗佈高溫燒結處理，能使奈米超微細粒子穿透布質（紙張）纖維，對抗布或紙張內的酸性物質，可防止歷經長時間所產生的腐蝕、脫色及泛黃現象，特別適用於具有歷史保存之文件、圖像上。 奈米噴印布的關鍵主要就是使用含 SiO_2 等九種特殊成份之奈米藥劑塗佈，經過高溫燒結於胚布上，不但提高了噴印布本身的防小特性，更解決了一般相片變黃的因素且具有耐磨抗皺之功效。由於，所使用的藥劑顆粒達到奈米等級，顆粒非常微小，因此塗佈的間隙相對地減小，可以有效的達到省墨、墨點附著力強、顯像效果更好以及色彩不易暈染等效果。 奈米噴印布特別適用於噴墨印影像、圖文、噴印後具以下特點：表面具防水性、噴墨顏料高著性、防上泛黃發霉失真現象、耐溫 220°C、不續燃、耐腐蝕、韌性加撕不破、抗折耐磨損、不捲曲、墨點飽和度效果佳、噴自色彩鮮豔、顯色效果佳不暈染、且具環保不含磷、氯、螢光劑等有毒成分之特性。
參考資料	http://www.feli.com.tw/nano/
教學省思札記	班上最有力氣的人都撕不破奈米噴印布，所以小朋友們對於這種新奇的特性，印象非常深刻。一般的紙在打火機（最小的火焰）點燃一秒後即開始燃燒；奈米噴印布則是三秒之後開始捲曲變黃。
誌謝	國立東華大學 K-12 人才培育中心、研發處及協同教授群

實驗五 奈米石材防護劑超親水性檢測

實驗設計名稱	奈米石材防護劑超親水性檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	認識石材的多孔隙產質及石材防護的重要性，了解如何應用奈米技術可將天然石材的孔隙縮小，克服石材長久以來難以改善的缺點。
實驗器材／組	未加工過的石頭 1 顆、奈米石材防護劑一瓶、滴管、吹風機、水彩、水彩筆 2 支

實驗步驟	1. 先將石頭洗淨，靜置乾燥，也可用吹風機加速乾燥。 2. 取奈米石材護防劑，以水彩筆沾取，塗抹於石頭上（一半塗一半不塗），待石材護防劑乾燥，也可用吹風機加速乾燥。 3. 分別在石頭上的兩邊，用滴管各滴一滴水彩。 4. 觀察並比較兩邊水滴的形狀及滾動或流動的情形。
原理	天然石材自古以來是建築上最愛的材料，其洞然天成的紋路及色彩變化，令生活品質有了不同的感受，甚至提昇整個建築物的價值與質感，素為人類所鍾愛。古代世界重要的建築，如埃及金字塔、希臘神殿、羅馬教堂、中國長城等，都以石材作為主要構材。現今的建築雖多為鋼筋混凝土蓋成，石材仍為許多裝潢設計、園藝造景等之重要建材；而美麗的石雕藝品，更是受愛好者所珍藏。 但是石材（尤其是天然石材）最大的缺點，就是它是多孔性的物質，孔隙多造成亮度不夠和容易變質，酸雨、混凝土、水、砂、茶汁、墨水等污染源若長時間滯留在石材表面，會破壞其結構及外觀；或是因為風化而破壞石材的結構，造成石材表面的侵蝕，降低石材的壽命。因此為了避免石材受到各種污染源的污染及提高石材抵抗風化的能力，石材的防護工作則相當重要。 石材的防護劑一般可分為披覆型及滲透形防護劑。通常披覆型防護劑屬有機樹脂，塗佈後提高光澤度有而磨、耐腐之功能，不過其生成的硬膜，易因外力磨耗而剝落，不是理想的表面處理劑。滲透型防護劑是目前較廣泛使用之石材防護劑，通為為水產或油產低分子量的聚矽氧烷化合物，由於其分子量及表張力小，容易滲入石材內部孔隙，並同時與石材內部結構反應結合，撥水、撥油的功能強、品質愈好的防護劑，污染源難滲入石材，因此所造成的污染程度愈低，甚至完全不會造成污染。 傳統的防護劑有怕高溫、受天氣影響和非環保等缺點。若利用奈米技術，將天然石材的孔隙縮小，以表面處理或滲入的方式引入且加強防護劑的功能，可降低滲透時間並增加抗水、抗油、防污的功效，天然石材將因此更亮麗、更實用、更耐久，對術品及古蹟保存亦有極大之貢獻。
參考資料	http://www.sidc.org.tw/tech/main.php
教學省思札記	石材的孔隙愈大，實驗的效果愈佳；最好選用未加工過的石材。
誌謝	國立東華大學 K-12 人才培育中心、研發處及協同教授群

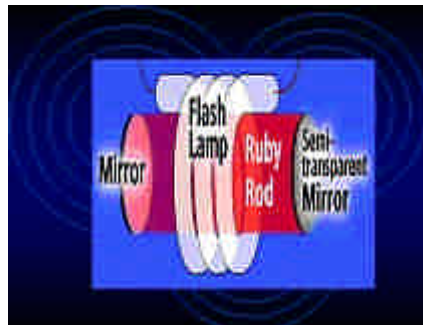
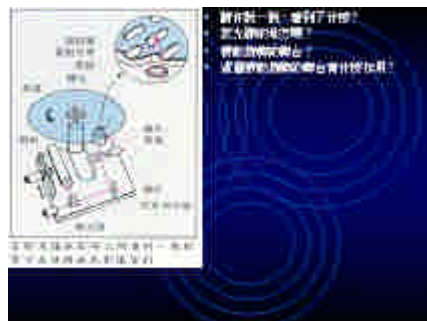
實驗六 光觸媒自潔效應檢測

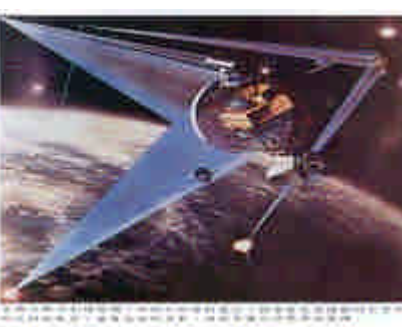
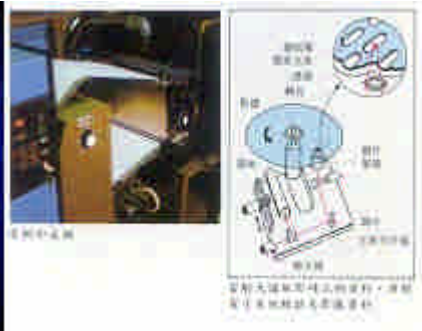
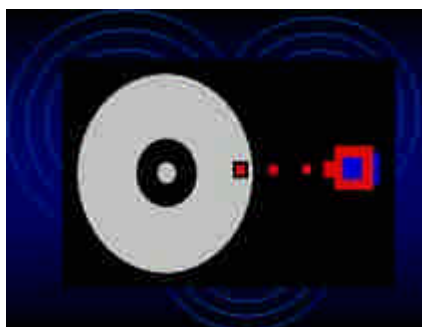
實驗設計名稱	光觸媒自潔效應檢測
設計者	林桂櫻
實驗目的	奈米級二氧化鈦具有特殊的光觸媒活性，可表現出的特性有親水性、自潔效應、除污以及除臭等。本實驗中我們將利用亞甲基藍溶液作實驗，觀察二氧化鈦分解亞甲基藍後的脫色現象，從而明瞭奈米二氧化鈦的光觸媒自潔效果，體驗二氧化鈦奈米化之後展現之奇妙應用性質。另外，可藉由水滴在二氧化鈦薄膜與塑膠表面的不同型貌，觀察二氧化鈦薄膜照光之後產生的超親水性，並思考在日常生活中的可能應用。
實驗器材／組	二氧化鈦奈米光觸媒噴霧 1 瓶、吹風機、磁磚 1 塊、墨汁、強光（陽光或日光燈）、滴管、白紙
實驗步驟	1. 先將磁磚洗淨，吹風機吹乾。 2. 用白紙擋住磁磚的一半，再用光觸媒噴劑噴在白紙未擋住的一半，噴好以後，再將白紙移開。 3. 磁磚置於日光燈下照射，以啟動其光催化的特性。 4. 於磁磚上的兩部分（有噴和沒有噴）各滴上一滴墨汁，置於強烈陽光下，每隔 1 小時，觀察並比較兩邊墨汁褪色的情形。

附錄二十五 教學簡報設計

單元名稱：一、秘密小針探-光碟機讀寫頭

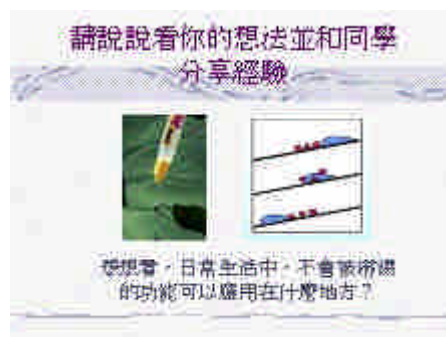
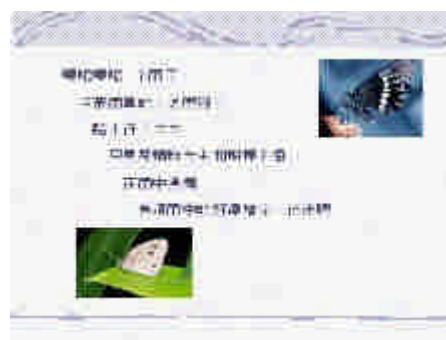
修改自孫建文老師教學簡報設計





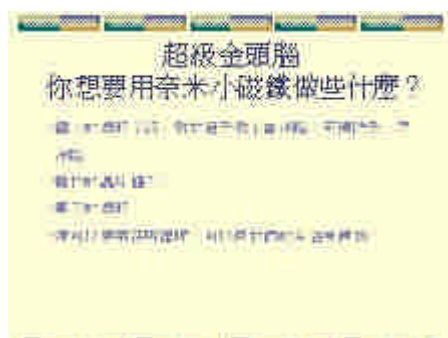
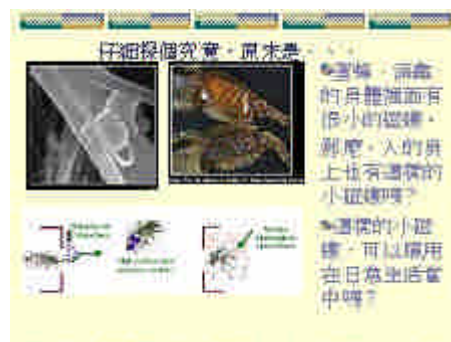
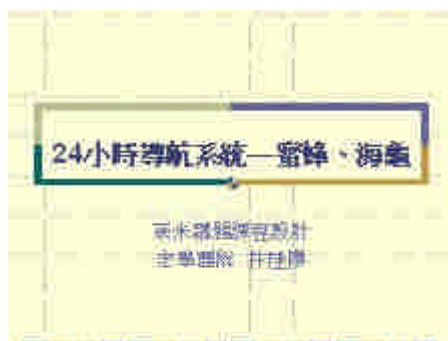


單元名稱：三、下雨不愁-蜻蜓先生和蝴蝶小姐





單元名稱：四、24 小時導航系統



單元名稱：五、貝殼小勇士



單元名稱：六、驚異大奇航



第一步，有關的工具可以幫助我們獲得絕佳的影像！



可是又那麼的小，怎麼們
拍出來，還有什麼方法或工具，可以讓我們看到
最微小的原因？

超級放大鏡



人類神經系統細胞




這圖中的細胞利用什麼工具才能看到？

穿透式電子顯微鏡



- 像這種工具在東華大學也有啦！

掃描式顯微鏡



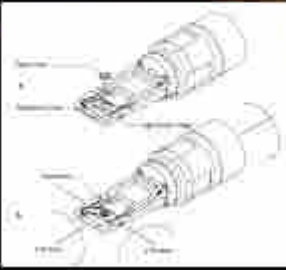

構造是不是有一點... 噁

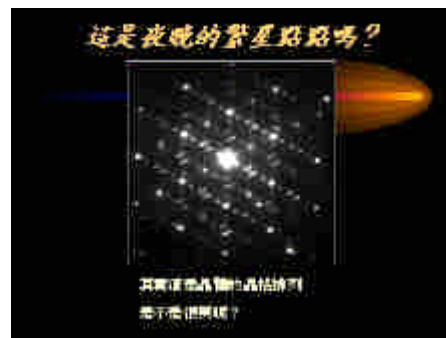
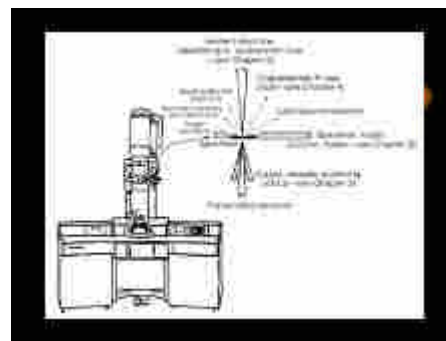


用來放大的主要部分



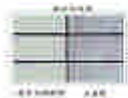
放觀察樣本的地方





單元名稱：七、清潔溜溜





附錄二十六 主題式評量試題

1. 演奏吉他時，左手按的位置不同時，會改變的是那一個？(1)聲音大小(2)聲音的高低(3)聲音的長短。
2. 奈米馬桶與一般的馬桶有什麼不同？(1)不用自己擦屁屁(2)比較容易。
3. 點光筆所發射出來的光線，是利用什麼原理製造的？(1)燈炮(2)加熱(3)雷射
5. 奈米是一種什麼單位？(1)長度單位(2)重量單位(3)容積單位。
6. 在我們的校園當中，有哪些植物葉面上的水珠是一顆顆的？(1)菇婆芋(2)蓮花(3)榕樹。
7. 下列哪一種動物最不容易迷路？(1)小孩子(2)蜜蜂(3)蜻蜓。
8. 光碟機可以讀取光碟片中的資料嗎？(1)不可以(2)可以(3)不一定。
9. 為什麼壁虎可以在牆壁上行走自如？(1)它的腳下有塗膠水(2)它的腳下有鐵釘(3)它的腳下有奈米等級的構造。
10. 貝殼的殼很硬，目的是什麼？(1)用來保護生命安全(2)向別人炫耀(3)比較溫暖。
11. 哪一種動物比較會被雨淋濕？(1)蝴蝶(2)老師(3)蜻蜓。
12. 製作奈米膠帶的靈感是來自於哪一種動物？(1)壁虎(2)蝴蝶(3)蝸牛。
13. 蜻蜓和蝶蛸一遇到下雨就會有什麼樣的情況發生？(1)全身濕透(2)滴水不侵(3)小張開口器來喝水。
14. 我們學校的自然科教室當中，沒有哪一種設備？(1)掃描式探針顯微鏡(2)放大鏡(3)複式顯微鏡。
15. 海豚會在海面上跳出水面是為了什麼目的？(1)出來看看觀遊客(2)到空中洗澡(3)跟船比比看誰比較快。