

教育部 105 年度中小學科學教育計畫專案

期中報告大綱

計畫編號：13

計畫名稱：跨領域奈米教學模組融入國中自然課程學生學習成效之研究

主持人：王淑卿

執行單位：台中市雙十國中

壹、計畫目的及內容：

我國十二年國教課程綱要明文指示領域學習課程可以跨領域/科目教學，以強化知能整合與生活能力。自然領域應貫徹「探究與實作」的精神與方法，並強調學生跨領域/科目間的統整(教育部, 2014)。美國國家研究委員會(NRC)公布下一代科學標準(Next Generation Science Standards, NGSS)提出核心概念與跨領域整合的學習透過科學探究的實務可促進深層理解的學習(NRC, 2013)。芬蘭 2016 年新課綱實施主題教學，強調跨領域橫向整合的素養與學習(OPS, 2016)。

申請人依據曾參與奈米國家型科技計畫- 人才培育子計畫的經驗與國中教學實務經驗設計研發「跨領域奈米教學模組」，經本計畫研究不斷修正後，希望能成為適合學生需求的跨領域學習教材，並將此跨領域教材融入國中自然課程的一學年教學中。本計畫總共有 4 校 5 位國中自然教師參與將「跨領域奈米教學模組」融入自然領域教學，希望能提升學生科學的學習成效與跨領域的科學素養。

有適切良好的教材仍不足，較師須引導學生能主動建構自己的知識，提出問題、探究自己設計的實驗，分析資料並與同儕溝通分享實驗的發現；評估後修正觀點甚至重新假設、重新實驗和解題，即探究學習(NRC, 1996; Rosenshine, 1995; Martin-Hansen, 2002)。最好的學習方式是在親自操作或體驗過程中，將新概念知識與他們已經相信或知道的學科概念知識作橫向連結(AAAS, 1993; NRC, 2011, NGSS, 2013)。經濟合作與發展組織(Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD)與微軟、CISCO、INTEL 合作提出 21 世紀技能的教學與評量(assessment and teaching of 21st century skills, ATC21S, 2010, 2013)計畫，經世界各國專家的討論，提出 21 世紀的人們需具備的四項能力為思考方法、工作方法、工作工具與生活技能等。將四種能力整合成兩大技能：合作問題解決(Collaborative Problem Solving; CPS)能力與資訊通訊科技(Information and communication technology, ITC)能力(OECD, 2013)。我國十二年國教課綱揭示其基本理念為「自發」、「互動」及「共好」，強調學生須自發主動探究知識，發展與他人、與社會的各種互動能力，共謀彼此的互惠與共好(教育部, 2014)。因此教師教學最重要的不是直接教導知識，而是幫助學生能夠主動探究學習，與他人溝通合作以解決問題，也就是教導學生探究學習(inquiry oriented learning)和合作問題解決的能力。因此探究學習和合作問題解決技能越來越受各國教育重視。

本計畫目的在探討於一學年期間以傳統講述教學法、探究教學法和探究教學法融入合作問題解決(Collaborative Problem Solving, CPS)策略等不同的教學法進行跨領域奈米教學模組教學，將模組「奈米尺寸與尺度」、「天然的 GPS--生物體內的奈米磁導航」、「蓮葉效應」和

「細胞奈米工廠」融入正式課程教學，透過幫助學生發展科學學科的核心概念與奈米科技核心概念的橫斷連結，希望能促進學生對科學、科技核心概念的認知，能提升對科學、科技的學習興趣與動機，以及促進探究學習和合作學習解決問題的能力。

本計畫的待答問題如下：

1. 以不同教學法實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程，是否提升學生對科學學科核心概念與奈米科技核心概念的認知？
2. 以不同教學法實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程，是否提升學生對科學與科技的學習興趣與動機？
3. 以不同教學法實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程，是否提升學生探究學習和合作學習解決問題的能力？

貳、研究方法及步驟：

本計畫以十二年國教課程綱要之跨領域探究學習為主軸，應用跨領域多元表徵奈米教學模組修改成為課程內容，編修研究工具科學認知成就測驗、科學與科技學習態度與動機量表、學生探究能力問卷、合作問題解決 CPS 自我檢核量表，以了解學生在教學前後學習成效的改變。將學生學習成效定義為認知--科學概念知識、態度--科學學習態度與動機、能力--探究學習能力與合作問題解決能力等三類。

利用申請人先前所設計發展的跨領域奈米教學模組，經本研究不斷修正為融入國中自然課程的跨領域教材，以傳統講述教學法、探究教學法和探究教學法融入合作問題解決 (Collaborative Problem Solving, CPS) 策略等不同的教學法進行跨領域奈米教學模組教學。實施於自然課程中，透過資料蒐集，探討不同教學法實施跨領域奈米教學模組於教學活動中對學生學習成效之影響與改變。

共有台中市、彰化縣、高雄市共 4 所學校，5 位國中自然領域教師參與本研究。進行跨領域奈米教學模組「奈米尺寸與尺度」、「天然的 GPS--生物體內的奈米磁導航」、「蓮葉效應」和「細胞奈米工廠」融入國中自然課程之研究。研究對象是 5 位國中自然教師所任教的 1~3 個班級學生。由 5 位教師自行依個人狀況與實際教學情境彼此協調後隨機分配出教學研究設計表如(表一)。

表一：跨校自然教師實施跨領域奈米教學模組教學研究設計表

	控制組	實驗組 1	實驗組 2
自變項 教學法	跨領域奈米教材 (學生自由閱讀) 跨領域奈米模組教學 傳統講述教學法	跨領域奈米教材 (學生自由閱讀) 跨領域奈米模組教學 探究教學法(引導式： 教師在學生探究之前 或之中給予指示和引 導，再讓學生探究並自 行發現答案)	跨領域奈米教材 (學生自由閱讀) 跨領域奈米模組教學 探究教學法(引導式~開放式)+合 作問題解決(CPS) 教師引導並增強小組團隊合作進行 探究理解問題、討論、溝通、分享、 批判、質疑、協商問題、制定並執 行計畫、解決問題、檢核反思成果)
學習法	無探究學習 無合作學習	探究學習(個人、團隊) +合作學習	探究學習(個人、團隊) +合作問題解決(合作學習+問題

	個人任務-個人學習單、實作	個人任務-個人學習單、實作	解決 個人任務-個人學習單、實作 團隊任務-小組學習單、實作
國一	S 師 108 班 28 人 N 師 101 班 24 人	S 師 106 班 28 人 N 師 102 班 21 人 J 師 101 班 28 人	S 師 104 班 28 人 N 師 106 班 30 人 J 師 111 班 28 人 U 師 111 班 29 人
國二	U 師 205 班 28 人	U 師 217 班 28 人	U 師 201 班 29 人 G 師 204 班 30 人
資料蒐集	<p>一、學生</p> <p>1.科學認知成就測驗前後測（四單元、各單元教學前後）</p> <p>2.科學與科技學習態度與動機量表前後測(最初教學前、最後教學後)</p> <p>3.學生探究能力問卷(最初教學前、最後教學後)</p> <p>4.合作問題解決 CPS 自我檢核量表(最初教學前、最後教學後)</p> <p>5.學生訪談(每班低中高成就生各 3 位)</p> <p>晤談大綱主要說明如下：</p> <p>(1) 你覺得「跨領域奈米教材」對你有沒有幫助？如果有是什麼方面的哪些幫助？</p> <p>(2) 你覺得「老師進行跨領域奈米教學」的教學方法和以前有沒有什麼不一樣？讓你印象最深刻的教學單元是什麼？印象最深刻的教學方法是什麼？</p> <p>(3) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，你的學習態度，例如學習的興趣（喜歡程度）、動機（主動性、為自己學習、為滿足好奇心或求知慾學習、為贏過別人學習、為求表現而學習）等方面？</p> <p>(4) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，你對於「找出問題」的觀察能力、思考方式（例如邏輯、推理、批判、質疑）和思考過程（例如與人溝通分享、討論、辯論、評估結果、修正提出新觀點）是否有改變？如果有是什麼方面的哪些改變？</p> <p>(5) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，你對於「解決問題」過程中的了解問題的思考方式和蒐集資料、分析和解釋資料的過程是否有改變？如果有是什麼方面的哪些改變？</p> <p>(6) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，是否能幫助你對於學科概念知識的了解？舉例說明？（提示：例如動物的遷徙行為、植物如蓮葉對外界刺激的感應等）</p> <p>(7) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，是否能幫助你對於不同學科間之事的關聯性的了解？舉例說明？（提示：例如動物的遷徙行為與奈米磁顆粒和地球磁場的關聯性、植物如蓮葉對外界汙泥的刺激因為有奈米級的角質層絨毛狀突起而不受汙泥或細菌等微生物的侵入等）</p> <p>(8) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，你「與他人分享、溝通、理解，共同提出彼此的知識、技巧及努力，獲得解決方法以解決問題」的能力是否增加？主要原因是什麼？</p> <p>(9) 你覺得你在「跨領域奈米學習」後，你將來會想要就讀科學或科技相關領域？想成為科學教師、科學家或科技專家？想從事科學或科技相關的職業生涯選擇嗎？</p> <p>6.學習單 7.評量 8.學習心得 9.上課錄影(有融入教學處，依教師方便與時間，錄下最精彩、最一般性或最有爭議的困難處)</p> <p>二、教師</p> <p>1.教師的背景與信念</p> <p>2.我成為奈米種子教師的初衷</p> <p>3.我對於探究教學的信念（參考閱讀資料--彰師大探究教學網站 http://120.107.169.113/main.php?fid=04&page_name=product_list&parent_id=）</p> <p>4.我對於合作問題解決教學策略的信念（參考閱讀資料--教育部教師合作問題解決教學能力計畫網站 https://sites.google.com/site/cpswebsite2014/）</p> <p>5.科學探究教學能力問卷(教師版) 6.CPS 教學能力自評(教師版)問卷 7.教學札記 8.教學錄影</p>		

研究設計分為控制組、實驗組 1 和實驗組 2，三組皆提供自行研發的跨領域奈米教材給學生自由閱讀作為補充教材，自變項為教學法的差異，依變項為學生的學習成效，包含認知、態度和能力三面向。即認知--科學概念知識、態度--科學學習態度與動機、能力--探究學習能

力與合作問題解決能力等三面向。

控制組以「傳統講述教學法」實施跨領域奈米教學、實驗組 1 以「探究教學法」實施跨領域奈米模組教學、實驗組 2 以「探究教學法+合作問題解決（CPS）策略」實施跨領域奈米模組教學。跨領域奈米模組「奈米尺寸與尺度」、「天然的 GPS--生物體內的奈米磁導航」、「蓮葉效應」和「細胞奈米工廠」，融入國中自然課程的不同教學單元中教學，有融入課程單元每節課約 10-15 分鐘（表 2）。探討本計畫研發的跨領域奈米教材在不同教學法的介入是否有學習成效的差異？並依據認知、態度和能力三個面向來探究不同教學法對學生學習成效的影響和改變。

透過 4 項工具「科學認知成就測驗」前後測、「科學與科技學習態度與動機量表」前後測、「學生探究能力問卷」前後測及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」前後測，和學生的評量、學習單、課室錄影、課室觀察、教師札記和訪談等質性資料，以了解學生在教學前後學習成效的影響與改變。

(表 2)跨領域奈米模組融入國中自然課程單元的教學計畫表

跨領域教材	融入課程章節	奈米九大概念	融入時間
奈米尺寸與尺度 (Size and Scale)	第一冊：第二章生物體的組成--顯微鏡使用 第三冊：第一章認識物質的世界--基本測量、物質的性質、物質的變化；第四章光--光與顏色的關係；第六章力--力是什麼 第四冊：第七章 物質的變化--物質與能量的變化、化學反應	尺寸與尺度、尺寸效應	共約 45 分鐘 建議每次融入 10-15 分鐘，約 3-4 次完成
天然的 GPS-生物體的磁感定位	第一冊：第五章協調作用-動物行為 第二冊：第三章演化--天擇說 第三冊：第二章物質--純物質和混合物 第四冊：第七章材料科技--新興的材料科技未來發展 第六冊：第二章電與磁--磁鐵與磁場、電流磁效應、電磁感應	尺寸效應、力與交互作用、物質的結構、模型與模擬、科學科技與社會	共約 90 分鐘 建議每次融入 10-15 分鐘，約 5-7 次完成
蓮葉效應	第一冊：第五章協調作用--植物對環境的感應	尺寸效應、力與交互作用、物質的結構、科學科技與社會	共約 45 分鐘 建議每次融入 10-15 分鐘，約 3-4 次完成
細胞奈米工廠	第二冊：第一章 生殖--細胞的分裂；第二章 遺傳--基因與遺傳、人類的遺傳、突變、生物科技	尺寸與尺度、尺寸效應、力與交互作用、自組裝、模型與模擬、科學科技與社會	共約 90 分鐘 建議每次融入 10-15 分鐘，約 5-7 次完成

參、目前研究成果：

跨領域奈米課程教材部分：將「奈米尺寸與尺度」、「天然的 GPS-生物體的磁感定位」、「蓮葉效應教材」的 ppt 完成，教學設計-教案部分完成--修正中。工具部分：「科學認知成就測驗」前測--部分完成、「科學與科技學習態度與動機量表」、「學生探究能力問卷」及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」前測完成。研究對象：參與教師與班級學生的名單確定，和參與學生的自然段考成績。

肆、目前完成進度

課程教材部分：將原本申請人研發的奈米教學模組重先改寫為融入自然課程中的教材，並撰寫探究教學與合作問題解決策略的教學設計。將「奈米尺寸與尺度」、「天然的GPS-生物體的磁感定位」、「蓮葉效應教材」的ppt完成，教學設計-教案部分完成--修正中。工具部分：「科學認知成就測驗」前測--部分完成、「科學與科技學習態度與動機量表」、「學生探究能力問卷」及「合作問題解決CPS自我檢核量表」前測完成。研究對象：參與教師與班級學生的名單確定，和參與學生的自然段考成績。

	民國 105 年 8 月 1 日~106 年 7 月 31 日					
階段	8~9 月	10~11 月	12~1 月	2~3 月	4~5 月	6~7 月
1.準備期 蒐集文獻、跨領域教材撰寫、教具製作、動手做材料準備						
2.發展期 研究工具：問卷編製、訪談大綱擬定						
3.實施期 進行前測，開始實施跨領域奈米教學模組融入課程教學，單元教學完實施後測，進行訪談						
4.詮釋期 資料分析及統計						
5.成果期 撰寫成果報告及成效評估						

伍、預定完成進度

原本預計 9 月可以完成發展期則可進入實施期，因為申請人閱讀文獻和參考教育改革趨勢後，修正研究計畫目的，修改為以不同教學法「傳統講述教學法」、「探究教學法」、「探究教學法+合作問題解決(CPS)策略」探討跨領域奈米教學模組的學生學習成效的影響與改變，加上參與教師新學年任教班級與科目有新的變動，研究設計必須調整，因而延誤計畫進度。發展期延至 12 月完成，實施期延至 12 月開始。

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

本計畫在執行過程中，開發教材、將模組融入課程中教學設計、實施探究教學與合作解決問題策略，都是十二年國教教改的目標，卻是目前教育現場陌生的課程、教學與學習。在計畫制定與執行的過程中，遭遇一些困難，探究過程中也激發教師合作解決問題的能力。

1. 跨領域奈米模組教學教材研發

(1) 遭遇困難

九年一貫以來並未重視跨科或跨領域的議題，雖然本計畫之跨領域奈米模組教學教材，符合十二年國教自然科學跨科議題（1）系統與尺度的教學目標：「從原子到宇宙--自然界的尺度與單位(Ea)、細胞的構造與功能(Da)」；也符合其教學內容「INc-IV-1 宇宙間事、物的規模可以分為微觀尺度和巨觀尺度。INc-IV-2 對應不同尺度，各有適用的單位，尺度大小可以使用科學記號來表達。INc-IV-3 測量時要選擇適當的尺度(單位)。INc-IV-4 不同物體間的尺度關係可以用比例的方式來呈現。INc-IV-5 原子與分子是組成生命世界與物質世界的微觀尺度。」但是此本計畫在進行轉換成「融入課程的跨領域奈米模組教學教材」時，仍無所適從，必須自我長期摸索。

（2）解決方法

申請人不斷參加十二年國教的研習，與課程教學教授專家、奈米科學教授專家、奈米種子教師、資深自然教師討論並請益。奈米模組轉換成跨領域奈米模組教學教材後在請以上教授、專家、教師協助審查修正。

2. 將跨領域奈米模組融入自然課程教學的困難與解決方法

（1）遭遇困難

學校行政主管、一般教師、自然教師、學生或家長大都以教科書認知學習的成績作為自然科的學生學習成效，因此會認為自然課本內容都快上不完，哪有時間來進行跨領域的奈米模組融入課程教學？這樣會不會耽誤正常教學？考試成績會不會退步？

（2）解決方法

參與教師多利用機會與相關人員溝通，並以平日認真教學的態度，以學生為學習中心的精神，贏得大家的信任感，相信這種課程教材的加廣加深有助於學科核心概念的理解與橫項概念的連結，更有助於科學實務的發展。

3. 探究教學與合作解決問題策略教學實施的困難與解決方法

（1）遭遇困難

探究教學由教師引導鼓勵學生主動學習，由探究活動自行發現並建構新知識，注重證據作為問題解決的依據，重視學生學習歷程的自我評估，與同學合作互相討論。這是一般傳統講述教學法的教師和學生都不熟悉的方法；合作問題解決策略教學以培養學生合作學習的三種核心能力--建立及維持相互的理解、採取適當的行動解決問題、建立和維持團隊合作，完成問題解決的四個階段歷程--探究及理解問題、表達及系統性闡述問題與任務、計畫並執行、監控及反思成果。這些教學法是一般教師在師資培育過程中都較缺乏甚至沒有受過訓練，不同學校不同教師如何能達成一致的教學法，須要教師的專業成長。

（2）解決方法

鼓勵參與教師參加十二年國教的研習、探究教學的研習，並計畫請合作問題解決的教授專家與大家說明其意涵與精神。提供閱讀資料、相關網站給教師自我專業成長。定期或不定期教師會議，線上討論，彼此間互相溝通、分享、理解、討論「探究教學」和「合作問題解決」的意涵與實施方法，彼此達成共識，建立與維持團隊教師的合作。也就是計畫團隊教師先自我探究學習並培養合作問題解決能力，並將經驗傳承給學生。

4. 建議

本計畫因許多研究項目皆為創新教學，並沒有太多研究經驗與實務經驗為基礎，須長期

施行方能累積足夠的研究經驗與實務經驗，並觀察分析學生的改變。申請人並結合長期研發的跨領域模組與跨領域教學實務，希望能在充分具體成果後再予以將研究成果公告於網站。並分享跨領域教材與「探究教學」和「合作問題解決」的教學經驗給教育現場有相同志趣願意嘗試創新教學的教師使用。

柒、參考資料

1. 彰師大探究教學網站
http://120.107.169.113/main.php?fid=04&page_name=product_list&parent_id=
2. 教育部教師合作問題解決教學能力計畫網站 <https://sites.google.com/site/cpswebsite2014/>
3. 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱(教育部發布版)，1-110 頁。
4. ATC21S（2010）。Assessment & Teaching of 21st Century Skills, CISCO Status Report.
http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/citizenship/socio-economic/docs/ATC21S_Exec_Summary.pdf
5. ATC21S (2013). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Official website:
<http://atc21s.org>.
6. National Research Council [NRC] (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press, pp. 1-130.
7. National Research Council [NRC] (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press, pp.65-74.
8. Martin-Hansen, Lisa. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*. Vol. 69, No. 2, pp. 34-37.
9. Organisation for Economic Co-operation and Development[OECD] (2013). PISA 2015 Draft collaborative problem solving framework, Paris, France: The Author.
10. Rosenshine, B. (1995). Advances in research on instruction. *The Journal of Educational Research*, 88(5), 262-268.
11. OPS2016(2016). Curriculum reform in Finland.Finnish National Board of Education.
http://www.oph.fi/download/151294_ops2016_curriculum_reform_in_finland.pdf