

教育部 105 年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

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：

計畫緣起：

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）。

美國國家科學基金會(NSF)的研究報告指出，奈米科技不同於傳統科學，是由分子等級奈米尺度的微觀角度拓展應用於各行業的新材料，是跨領域的、廣泛的、新興的、及時性的和長時間的改變人類(Roco, & Bainbrigde, 2002)。我國政府也鼓勵教師提升科學教育的學術涵養，開發創新奈米課程、奈米科技教材、舉辦推廣活動，以提升全民奈米科技素養促進奈米科技產業效益（國科會，2008）。

十二年國教課綱揭示基本理念為「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）。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。學生動手作或體驗過程中，有助於將新概念知識與先前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(OECD, 2013)提出「21世紀技能的教學與評量(ATC21S)」計畫,倡導新世代人才應具備四種能力:「思考方法、工作方法、工作工具與生活技能」和兩大技能:「合作問題解決能力」與「資訊通訊科技能力」。以上核心能力,成為世界各國創新教育的指標。綜上可知,增進學生探究學習和合作問題解決的技能,有助於適應21世紀的工作方法與生活技能,成為新世代的人才。

計畫目的:

本計畫前半年(上學期)旨在設計發展跨領域奈米教學模組「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」和「探究生命的密碼-DNA」,後半年(下學期)旨在實施跨領域奈米教學模組教學,設計以「傳統講述教學法」和「探究教學法融入合作問題解決(Collaborative Problem Solving,CPS)策略」兩種不同的教學方法,將模組融入正式課程教學。本計畫目的有(1)研發多元表徵的跨領域教學模組,提供教師跨領域教學的教材需求。(2)探討教師透過不同教學法實施跨領域奈米模組教學,是否會影響學生的科學認知?是否會影響學生的科學學習興趣與動機?以及是否會影響學生的探究學習和合作學習解決問題的能力?本計畫的重要性是,本計畫所設計研發的跨領域教學模組,經計畫研究結果能不斷修正成適合國中學生需求的跨領域教材,同時發展出教師能勝任的教學策略,和適合學生的學習方法,以提供教育界12年國教實施跨領域教學與學習之參考。

本計畫的待答問題如下:

- (1)以「傳統講述教學法」和「探究教學法融入合作問題解決策略」兩種不同教學法,實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程,是否能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「傳統講述教學法」和「探究教學法融入合作問題解決策略」兩種不同教學法,實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程,是否能提升學生對科學與科技的學習興趣與動機?
- (3)以「傳統講述教學法」和「探究教學法融入合作問題解決策略」兩種不同教學法,實施跨領域奈米教學模組融入國中自然課程,是否能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，前半年(上學期)設計研發跨領域多元表徵奈米教學模組「探究生命的密碼-DNA」和「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」，融入下學期國中自然課程教學中，探討學生學習成效的改變。本計畫編修研究工具：科學認知成就測驗、科學與科技學習態度與動機量表、學生探究能力量表、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。希望本計畫所研發的模組，經研究能不斷修正成適合國中教師和學生需求的跨領域教材，並發展出教師能勝任並適合學生學習的教學策略。

期間共有台中市、彰化縣、高雄市等三縣市的 5 所學校 6 位國中自然領域教師參與。研究對象包含上述 5 所學校的一~二年級國中生共約 300 人。由參與教師依個人狀況與實際教學情境，彼此協調後，隨機分配出不同班級不同教學法的設計如(表一)。研究設計分為控制組和實驗組，兩組皆提供自行研發的跨領域奈米教材給學生作為補充教材，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。認知主要是評測科學概念知識，態度主要是探討科學學習的興趣與動機，能力則聚焦在學生的探究學習能力與合作問題解決能力的表現。

控制組以「傳統講述教學法」實施跨領域奈米教學，教師以最熟悉最常使用的傳統教學方式，利用口語和黑板版書教學、教師提問和全班討論。實驗組以「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，教師進行引導式探究教學，在學生探究學習之前或之中給予指示和引導，再讓學生團體探究並自行發現答案。搭配合作問題解決策略，教師引導並增強小組團隊合作進行探究理解問題、解決問題、檢核反思成果。

(表一)：跨校自然教師實施跨領域奈米教學模組教學法設計表

	控制組	實驗組
控制變因	跨領域奈米模組教材	跨領域奈米模組教材
自變項	傳統講述教學法	引導式探究教學法+合作問題解決策略
依變項	學生學習成效 說明：學習成效定義為 (1)認知--科學概念知識、	學生學習成效

	(2)態度--科學學習態度與動機、 (3)能力--探究學習能力與合作問題解決能力	
國一	S 師 108 班 28 人 N 師 101 班 24 人	S 師 107 班 28 人 S 師 104 班 28 人 N 師 102 班 21 人 N 師 106 班 30 人 J 師 101 班 28 人 U 師 111 班 29 人
國二	U 師 205 班 28 人	U 師 201 班 29 人 G 師 204 班 30 人
國一~國三		Z 師 11 人(社團)

表二：教師探究課程設計會議時間

105.10.19 (六)	105.12.03 (六)
	
105. 12. 04(日)	106. 01. 07(六)
	
106. 01. 14(六)	106. 03. 12(日)



研發的 2 個跨領域奈米教學模組，各須融入 3~4 節課，共須 6~8 節課。下學期的國中自然課程，融入課程單元建議每次約 10-20 分鐘，動手作約需 30 分鐘或 45 分鐘(1 節課)(表 2)，教學時程總共需 3~4 個月，包含前後測之實施。

自編或修編的 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
探究生命的密碼-DNA	第一冊 2-1 細胞的構造；第二冊 1-1 細胞分裂、2-2 基因與遺傳、2-4 生物的組成層次。第三冊 1-2 長度、2-1 認識物質、6-3 物質結構與原子、6-4 原子與分子(第三冊) 1-3 長度 6-1 認識物質、6-5 原子與分子；第四冊 1-3 原子量與莫耳數、2-4 認識物質。十二年國教跨科議題：系統與尺度。奈米核心概念：尺寸與尺度、物質的結構、科學、科技與社會。數學第一冊第一	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 3~4 節課(135 分鐘)建議每次約 10-20 分鐘，動手作約 30 分鐘或 45 分鐘(1 節課)

	章整數的運算 1-4 指數律 1-5 科學記號。		
出淤泥而不染-從文學到科學與科技	第一冊：第五章協調作用--植物對環境的感應 第二冊：第三章演化--演化的學說天擇說、第四章形形色色的生物--植物界。第五章--生物與環境--生態系。第三冊第 6 章物質的基本結構 6-6 受熱變化與組成粒子的關係；第四冊第 6 章力、壓力與浮力 6-1 力與力的形成；第五冊第 2 章力與運動 2-1 運動狀態與慣性定律。	尺寸效應、力與交互作用、物質的結構、科學科技與社會	共約 3~4 節課 (135 分鐘) 建議每次可融入 10-20 分鐘，動手作須至少 30 分鐘，或利用完整的 1 節課

參、目前研究成果：

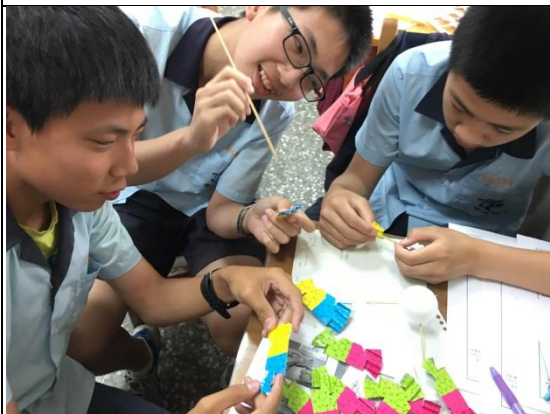
研發跨領域奈米課程教材：105 年 9 月~106 年 2 月完成「探究生命的密碼-DNA」和「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」的教學設計，包括教案、學生教材、教學 ppt、教學影片、學習單和 DNA 雙螺旋模型教具。

工具：105 年 9 月~106 年 2 月完成自行編寫工具「科學認知成就測驗」、改編工具「科學與科技學習態度與動機量表」、「學生探究能力量表」及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」。信效度從研究對象的後測中抽樣統計，以問卷或測驗題目的 4~5 倍抽樣統計。

教學部分：106 年 3 月~106 年 4 月完成「探究生命的密碼-DNA」教學。106 年 5 月~106 年 6 月完成「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」的教學。

蒐集資料：106 年 3 月~106 年 6 月完成「科學認知成就測驗」、「科學與科技學習態度與動機量表」、「學生探究能力量表」及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」前後測。前測已實施完成，因目前教師仍在進行「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」的教學，預計到 6 月中旬完成，所以後測尚未完成。

合作完成 DNA 雙螺旋模型



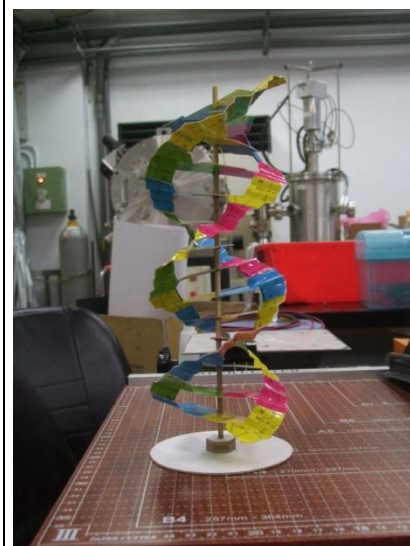
DNA 雙螺旋模型動手做



組員合作研究如何完成 DNA 雙螺旋



合作解決問題完成任務






看我的 DNA 雙螺旋



原來這就是出淤泥而不染的蓮葉



思考如何動手做出「類蓮葉效應」	你來作我來想做共同完成任務
	
我們已經討論計畫好實驗設計	我們檢核反思之前的成果
	

肆、目前完成進度

完成跨領域奈米教學模組研發，印製成跨領域學習教材供學生使用。同時完成教案、教學 ppt、教學影片、學習單和 DNA 雙螺旋模型教具。資料蒐集「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」及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」前測完成，後測因目前仍在進行「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」的教學，後測尚未完成。

	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

預計於6月完成教學與資料蒐集，7月完成資料分析與統計，和成果報告及成效評估。

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

有關學生學習成效的探討等6月教學結束，資料蒐集與分析完成後再進行討論。先探討目前遭遇的困難與解決方法

一、跨領域奈米教學模組研發的困難與解決方法

(1) 遭遇困難

以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)」為設計架構；教學內容參照「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。」研發「融入課程的跨領域奈米模組教學教材」的過程不易，須不斷討論與修正。最重要的是教學實施後，不同教師有不同需求，不同學生有不同反應，如何修改出最適切最實用的跨領域教學模組課程，除了須經專家審查提供理論和經驗外，實徵研究後經資料分析也可提供修改的方向。

(2) 解決方法

申請人和計畫參與教師常常參加十二年國教的研習，與課程或教

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。參與教育部委託彰師大辦理的「探究課程設計與執行計畫」研習與探究教學競賽，將設計的教材和教案，經由教授專家審查並提供修改建議，作為修正的依據之一。「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」獲得探究教學競賽第三名。

二、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，贏得信任，以跨領域教材與課程的加廣加深促進學科核心概念的理解與橫向概念的連結，和多元表徵的教學法，提供教材、教具、動手做和影片等策略幫助學習。

三、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

探究教學是一般教師較少採用的教學方式，大多教師也欠缺跨領域教學的實務經驗。合作學習雖然目前教育部正積極推廣中，但合作問題解決的教學策略卻是老師所不熟悉，不知從何著手的新任務。

(2) 解決方法

鼓勵參與教師參加十二年國教的研習、探究教學和合作學習的研習，並請奈米科技、探究或合作問題解決的教授專家或專家教師研習闡述其意涵與精神。提供教師閱讀資料、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，並將此經驗傳承給學生。

四、建議

本計畫自行研發跨領域教材、教案、教具、影片等教學資源，採

用探究學習和合作問題解決教學策略，皆為創新教學。基於並沒有很多的其他研究與實務經驗為基礎，須長期施行與研究，並觀察分析學生的學習成效變化。希望透過本計畫能結合研發的跨領域教學模組與跨領域教學實務，經評估修正後，能將研究成果與經驗分享給教育界有需求的人員，並提供跨領域課程教材與教學的實徵基礎。建議學校行政單位能理解參與計畫教師的心意，雖然跨領域學習目前與升學無關，然而卻與學生的思考方法、工作方法、工作工具與生活技能等未來競爭力有密切關聯，能支持教師為學生所付出的努力與時間。

參考資料

1. 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。
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. 彰師大探究教學網站
http://120.107.169.113/main.php?fid=04&page_name=product_list&parent_id=
4. ATC21S (2013). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Official website: <http://atc21s.org>.
5. 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
6. Martin-Hansen, Lisa. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*. Vol. 69, No. 2, pp. 34-37.
7. 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.
8. National Research Council [NRC] (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press, pp.65-74.
9. OPS2016(2016). *Curriculum reform in Finland*.Finnish National Board of Education.
http://www.oph.fi/download/151294_ops2016_curriculum_reform_in_finland.pdf
10. Organisation for Economic Co-operation and Development[OECD] (2013). *PISA 2015 Draft collaborative problem solving framework*, Paris, France: The Author.
11. Rosenshine, B. (1995). Advances in research on instruction. *The Journal of Educational Research*, 88(5), 262-268.

