

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

目錄：

壹、計畫目的及內容	p 2-5
貳、研究方法及步驟	p 5-10
參、目前研究成果	p 11-30
肆、研究結果	p 30-32
伍、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)	p 32-35
參考資料	p 35-36

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」，經本計畫不斷反思修正後，重新設計發展跨領域奈米模組教材，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。

僅有教材仍不足，教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。

本計畫目的前半年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」，並探討於後半年一學期間以「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」兩種不同的教學法，進行跨領域奈米教學模組教學，將模組「探究生命的密碼-DNA」和「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」融入正式課程教學。透過教學期望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，達到促進學生對科學、科技核心概念的認知，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「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，是否能提升學生合作問題解決的能力？

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」，融入國中自然課程一學期教學中，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。本研究將學生學習成效定義為(1)認知--科學概念知識、(2)態度--科學學習態度與動機、(3)能力--合作問題解決能力等三類。希望本計畫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」，能不斷修正成適合國中學生需求的跨領域教材。

本研究以「傳統講述教學法」和「探究教學法融入合作問題解決策略」兩種不同的教學法進行跨領域奈米教學模組教學，融入自

然課程實施於一學期的教學活動。透過資料蒐集，探討以不同教學法實施跨領域奈米教學模組於課程教學活動中對學生學習成效之改變與影響。藉由計畫研究成果，不斷反思將奈米教學模組修正成為適合國中學生需求的跨領域課程教材，未來將成果與經驗分享給教育實務有需求者。

期間共有台中市、彰化縣、高雄市等三縣市的 4 所學校 6 位國中自然領域教師參與本研究計畫，進行跨領域奈米教學模組融入國中自然課程之研究。研究對象是 6 位國中自然教師，每人所任教的 1~2 個班級學生，由 6 位教師依個人狀況與實際教學情境，彼此協調後，隨機分配出教學法班級，研究設計表如(表一)。研究設計分為控制組、實驗組，二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，包含認知和態度能力面向。即認知--科學概念知識、態度--科學學習態度與動機等三面向。

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研究設計表

	控制組	實驗組
控制變因	跨領域奈米課程教材	跨領域奈米課程教材

自變項	<p>傳統講述教學法</p> <p>說明：教師以口語和黑板版書教學、教師提問和全班討論、動手做。</p>	<p>引導式探究教學法+合作問題解決策略</p> <p>說明：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。</p> <p>說明：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。</p>
依變項	<p>學生學習成效</p> <p>說明：學習成效定義為(1)認知--科學概念知識、(2)態度--科學學習態度與動機、(3)合作問題解決能力</p>	<p>學生學習成效</p>
融入教學期程	106.02~106.06	106.02~106.06
國一	3 班共 80 人	4 班共 130 人
國二	1 班 28 人	2 班 56 人

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)



跨領域奈米模組教材是本計畫研究設計發展出的「探究生命的

密碼-DNA」和「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」，融入國中自然課程的教學單元中教學。有融入課程單元每節課約 10-15 分鐘

（表 2，或利用第八節及段考後等時段。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？並依據認知和態度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、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
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	尺寸與尺度、尺寸效應、力與相互作用、自組裝、模型與模擬、科學科技與社會	共約 3 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

	度、物質的結構、科學、科技與社會。數學第一冊第一章整數的運算 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 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

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.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>4.學習單</p> <p>5.學習心得</p> <p>6.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>
------	---

參、目前研究成果：

(一)跨領域奈米課程教材部分：105 年 9 月~106 年 2 月完成自行設計研發「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-教案、ppt、學習單、教學影片。

工具部分：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」、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。

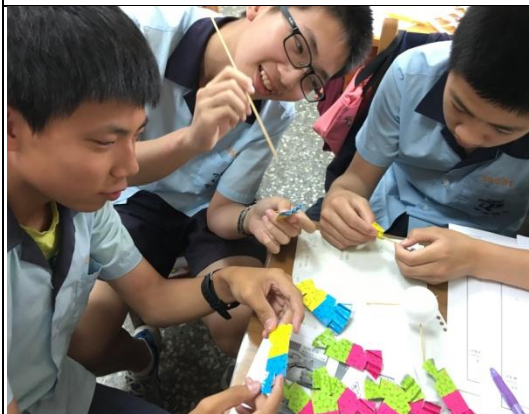
(二)教學部分：106 年 3 月~106 年 4 月完成「探究生命的密碼-DNA」教學。106 年 5 月~106 年 6 月完成「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」的教學。包括以跨領域教材融入課程中，教師的探究教學和學生的合作問題解決與探究學習。

(三)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」、及「合作問題解決 CPS 自我檢核量表」前後測。106 年 7 月完成資料分析。

執行計畫甘梯圖

	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 印製跨領域教材、發展研究工 具：問卷編製、成就測驗、探 究學習單						
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						

探究生命的密碼-DNA 雙螺旋模型動手做--探究合作解決問題



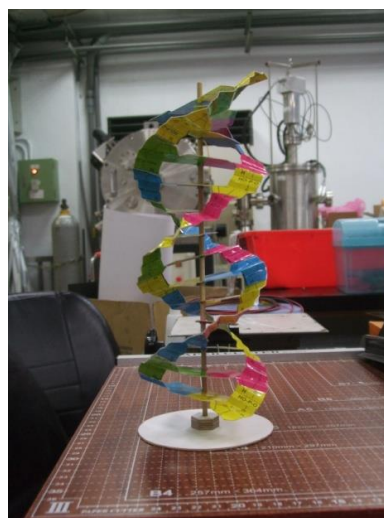
探究生命的密碼-DNA 雙螺旋模型動手做--傳統講述教學法



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」

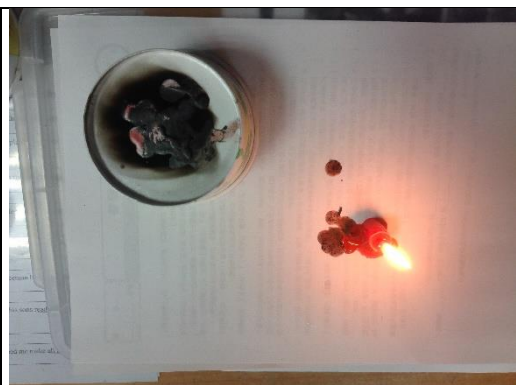
你來作我來想做共同完成任務



我

我們已經討論計畫好實驗設計

們檢核反思之前的成果



探究過程出差錯



換個材料繼續探究



專注摺出雙螺旋 DNA



終於完成夢想的雙螺旋



原來這就是蓮葉出淤泥而不染

蠟燭燃燒產生的碳黑為什麼會如此？



同學沉浸在探究的樂趣中



原來奈米碳黑也有超疏水性

(四) 課程設計獲獎：設計之跨領域奈米課程「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」獲得 105 學年度全國中小科學教師探究課程設計與執行能力提升計畫之「探究課程設計競賽」第三名。

編號	作者	教練老師	教案名稱	名次	獎項
29	陳佩琪 吳宛如	吳月鈴	反應速率知多少	1	第一名
21	賴昭安 張沛騰	李美惠	誰火大	1	第一名
24	陳雪梅 張富凱 吳守禮 施雅真	林志芳	沈浮之間	2	第二名
27	陳信聰 呂俊賢 張揮鈺	吳月鈴	熱力四射	2	第二名
30	黃依涵 黃伶莉 蘇曉寬	黃錫裕	「菌」男「微」女，超級比一比	2	第二名
4	江良捷 王中霖	陳正治	仿生蠅蠟教案	2	第二名
32	孫千惠 彭婷莉 鄭如芳	黃錫裕	自製水果電池	3	第三名
40	黃嘉如 劉俊佑 林郁君 謝惠娟	林宛青	植物的呼吸作用	3	第三名
19	黃玟婷 李妙慈 黃奕升	翁秀玉	鐵生鏽	3	第三名
48	林傑民 黃乃政 黃俊凱	王淑卿	蓮葉出淤泥而不染 —從文學到科學與科技	3	第三名
28	陳信聰 呂俊賢 張揮鈺	吳月鈴	電力四射	佳作	入選
43	胡育秀 薛淑尹 廖婉伶	鄭志鵬	面鏡與反射	佳作	入選

本計劃設計研發之跨領域奈米探究課程「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」學生手冊如下。

蓮葉出淤泥而不染--從文學到科學與科技

從不同角度看蓮花

蓮花又稱荷花，其葉子從污泥中長出，卻潔淨不沾污穢，古今中外令人讚嘆不已(如圖 1、2)。文學中蓮花象徵堅貞玉潔、純淨純潔、恬謐清心。北宋周敦頤在《愛蓮說》詠贊「水陸草木之花...獨愛蓮之出淤泥而不染，濯清漣而不妖...」；南宋楊萬里在《曉出淨慈寺送林子方》云：「接天蓮葉無窮碧，映日荷花別樣紅。」明朝王象晉《群芳譜》道：「凡物先華而後實，獨此華實齊生。...亭亭物華，出淤泥而不染，花中之君子也。」東方的宗教從埃及、印度到中國，都視蓮花為純淨聖潔的象徵。蓮花為何如此神奇？此現象是如何造成呢？這是一個令人好奇並值得探究的議題！

1997 年，德國波昂大學的植物學家巴斯洛得 (W. Bartholt) 教授和奈斐斯 (C. Neinhuis) 進行一系列實驗 (圖 3、4)，發現蓮葉因奈米的物理結構和特殊的化學組成，而表現出水珠和塵汙不易附著葉面的自潔性，稱之為**蓮葉效應** (Lotus effect)，並以此名稱申請商標專利權。



圖1、2：蓮花葉子從污泥中長出，卻潔淨不沾水或污穢。(王淑卿拍攝)

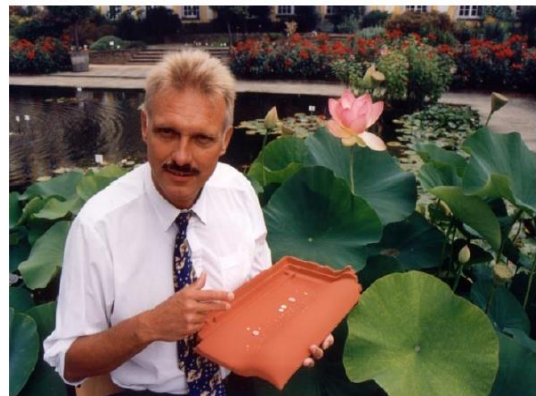


圖 3、4：植物學家巴斯洛得 (W. Bartholt) 教授和奈斐斯 (C. Neinhuis) 進行一系列實驗，發現**蓮葉效應**的原理 <https://alchetron.com/Wilhelm-Barthlott-160575-W> <https://alchetron.com/Wilhelm-Barthlott-160575-W>

蓮葉效應

何謂「蓮葉效應」？從巨觀的角度以肉眼觀察蓮葉，跟其它植物差異不大。但從微觀的角度以顯微鏡（穿透電子顯微鏡，TEM）觀察蓮葉的表面，如圖3、4，

其上具有大小約 5~ 15 微米(μm)的微小突起--**表皮細胞**，表皮細胞的表面又有一層直徑約 100 奈米(nm)的似纖毛中空結構--**蠟質結晶**錯綜覆蓋其上。

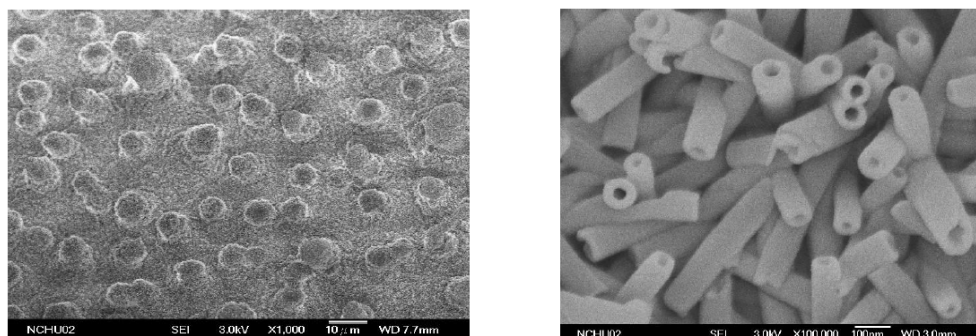


圖5、6：左-蓮葉表面上有微米(μm)的突起--**表皮細胞**。右：表皮細胞上有奈米(nm)的似纖毛中空結構--**蠟質結晶**。中興大學呂福興教授提供

巴斯洛得和奈斐斯稱蓮葉出淤泥而不染的現象為「蓮葉效應」，主要原理是蓮葉具有**超疏水性**而造成**自潔性**(Self-cleaning)的特性。經由實驗觀察推論具有超疏水性的物質其表面結構都較粗糙(如圖 5、6)，因為蓮葉表面的物理結構--微米表皮細胞突起與奈米纖毛狀蠟質結晶，形成超疏水性表面，所已使得水滴在蓮葉上會聚成圓滾的球狀水珠(圖 7、8)。球狀的水珠與超疏水性的蓮葉表面因接觸面積很小，幾乎沒有吸附力，又受重力影響，因而很容易滾落葉面。當蓮葉表面有灰塵、泥土等污物，因與蓮葉表面的附著力也是很弱，所以當水珠滾過時，會同時帶走葉面塵污而滾落，而維持葉面潔淨，稱為「自潔性」。如果將中空奈米纖毛狀小管上的蠟質除去，蓮葉與水的接觸角會變小，自潔效果降低。綜而言之，蓮葉效應主要是蓮葉表面的微米、奈米結構和蠟質所形成超疏水性、低附著力、水的表面張力和空氣浮力等因素皆習習相關。

小百科 1：蓮葉的超疏水性與接觸角(建議國三以上適用)

水是極性分子(極性分子是指一個共價分子中電荷分佈不對稱的特性；如果電荷分佈對稱，則稱為非極性。)，而且水分子間會形成一種特殊鍵結(氫鍵)，這使得水有許多獨特的性質。一般具有疏水性的物質(如蓮葉)大多是非極性的，因此極性水分子會和非極性疏水性的物質(如蓮葉)產生排斥(非極性物質溶解於非極性溶劑中，極性物質溶解於極性溶劑中，即「相似相溶原理」。)。親水性物質(如水)與疏水性物質(如蓮葉)兩個不相溶，會使其接觸界面的面積成最小的狀態。所以蓮葉上的水珠成圓滾狀。固體物質表面與水滴的接觸角大於 90° ，稱此物質具有疏水性。固—氣體表面張力(或表面能)越低，與水接觸角越大，假如固體物質表面對水珠的接觸角高達 150° 以上(圖 9、10)，則稱之具有超疏水性(hydrophobicity)。

接觸角(Contact angle)指測量液體、固體物質表面和氣體三個界面的夾角(圖 10)，可由接觸角量角器所測得。接觸角越大，液體越不容易吸附於物體表面；反之接觸角越小，液體越容易吸附於物體表面。

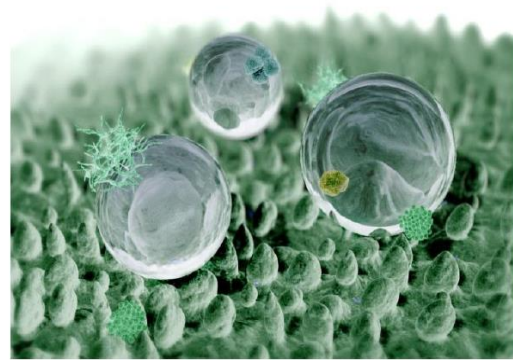


圖 7、8：左--巨觀下具有疏水性的葉面；右--微觀下蓮葉表面的超疏水性，水滴會在粗糙的微米級的表皮細胞和奈米級的蠟狀結晶上形成圓滾水珠，因此水珠可以輕易的滾動並帶走灰塵、泥土等污物，稱之為「自潔性」。

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%96%8F%E6%B0%B4%E6%80%A7#/media/File:Dew_2.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect#/media/File:Lotus3.jpg

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%96%8F%E6%B0%B4%E6%80%A7>

https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect

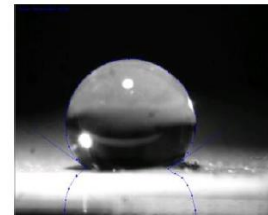
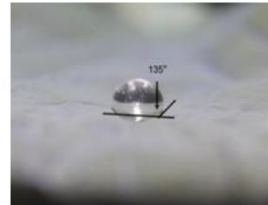


圖 9、10：左--巨觀下水珠在具有超疏水性的蓮葉表面；右--微觀下蓮葉表面的超疏水性，具有極難被水沾溼的表面，因水珠在其表面的接觸角很大。左-王淑卿拍攝、右上-科技部 K-12 奈米融入式輔助教材-國中篇、右下

https://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect#/media/File:DropConnectionAngel.jpg

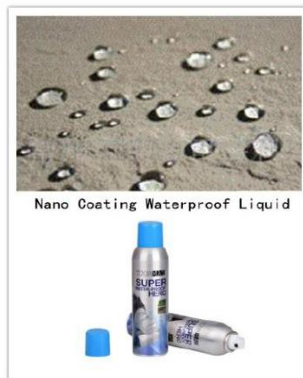
除了蓮葉外，自然界具有超疏水性奈米結構的還有芋頭、芋頭葉、印度美人蕉和水芙蓉等植物的葉，都有自潔性。有些昆蟲，如蝴蝶和蟬的翅膀表面，都有緊密排列的奈米構造，上方又覆蓋著蠟質，使翅膀表面產生超疏水性。當翅膀表面有雨滴或水滴時極易沿著翅膀流下，因此在雨天或潮濕的環境飛行，仍能保持翅膀的不沾水與清潔。水黽腳上有大量的細毛，細毛上有許多細微的奈米溝(nanogrooves)，使水黽腳具有疏水性不沾水，因而能於水面上快速行動保持自潔不沾水。生活中常見的爐灶煮飯、烤肉、機汽車行駛或燃煤工廠等，因煤炭、瓦斯、木材、汽油等物質在燃燒不完全時所產生的黑煙或稱**碳煙**、**碳黑** (carbon black)。當物質(碳氫化合物)燃燒時，空氣不足會產生顆粒直徑約30~100奈米的黑色粉末，即為**碳黑**，也具有類似蓮葉效應的超疏水性。

生活中的科技--蓮葉效應之應用

科技產業利用「蓮葉效應」奈米結構發展出自潔性的奈米塗料，應用於玻璃、洗手台、磁磚、浴缸、馬桶、油漆塗料、紙張、紡織、衣服、和汽車等各類物品上的表面防污或防水處理，產生不易沾水或不易留下灰塵，水一沖就乾淨等特殊功效（圖11）。此外科技產業模仿蟬翅的超疏水自潔性的原理，因為蟬翅表面有許多六角形奈米柱緊密排列而成的陣列結構，奈米柱上又有蠟質覆蓋，因而使蟬翅表面產生超疏水性與自潔性。應用於太陽能電池的表面，可保持防水潔淨，提升吸收太陽能的效率。



http://diyful.com/blog/wp-content/uploads/2015/01/nano_image2.jpg



<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1bsnPKXXXXXbXbXXXXXq6xXFXXc/Super-Hydrophobic-Nano-Coating-Waterproof-Liquid.jpg>



<http://autuslab.com/admin/category/upload/super%20Hydrophobic%20Coating.jpg>
https://is.alicdn.com/img/pb/736/325/928/928325736_886.jpg



<https://i.ytimg.com/vi/D86jjRjedAg/maxresdefault.jpg>



<https://s2-ssl.dmcnd.net/O8b2z/x240-NGs.jpg>



http://giant-nano.com/images/banner_05.png

圖11：蓮葉效應在生活中的各種應用

動手做：探究生活中的奈米碳黑--類蓮葉效應

一、背景

露營或烤肉時燃燒木炭煮飯、烤肉，發現鍋子底部或烤肉架會有一層黑黑的物質。造成鍋子底部或烤肉架很難清洗，而且當手碰觸碳黑時也很難洗淨。洗鍋子底部時當水沖到黑色物質表面，會成水珠般快速滾走。你認為這種黑色物質是什麼？和所學過的什麼生物的特殊現象很類似？

二、設備與器材

不同大小的紙杯或紙碗（底面凹槽處較深者）、便當紙盒數個、不同粗細蠟燭 數支、打火機 1 個、滴管數支、麵粉一杯、剪刀 1 隻、水、燒杯或裝水容器、蓮花植株（乾燥蓮葉或水芙蓉植株）/組

三、實驗目的

- (1) 製作奈米碳黑並探討奈米碳黑表面是否會形成水珠快速滾動？是否具有超疏水性？比較和蓮葉效應的原理是否類似？
- (2) 設計並執行實驗，探討哪些因子會影響碳黑的形成？如何產生較佳的類蓮葉效應？

四、實驗步驟

(一)教師示範探究實驗

1. 教師示範實驗，學生觀察後，提出預測、實驗觀察、進行解釋，並動手做。學生將觀察及討論結果記錄在學習單中。
2. 點燃蠟燭後滴數滴蠟油於桌面，將蠟燭固定在蠟油上。注意火勢，小心安全。
3. 取 2 個大小相同紙杯（紙碗），都倒入水約三分之一。一個紙杯（紙碗）置放於點火的蠟燭上方，開始以火紙杯（紙碗）杯底，過程中盡量維持紙杯（紙碗）水平。另一個紙杯（紙碗）置放一旁。
4. 提問：「你認為杯底會發生什麼變化？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答。
5. 繼續一邊以燭火燻紙杯（紙碗），一邊請學生繼續觀察後再預測 「你認為杯底會發生什麼變化？和知前有何不同？」
6. 熄火，倒掉 2 個紙杯內的水。
7. 燻黑紙杯（紙碗）和未燻的紙杯同時倒放於桌面，提問：「老師要將水滴在燻黑和未燻黑的紙杯（紙碗）底面凹槽處？你認為會發生什麼變化？為什麼會有這種變化？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答。
8. 使用滴管將一滴水於燻黑和未燻黑的紙杯（紙碗）倒面凹槽處，提問：「你觀察到的結果，和你之前預測的結果一樣嗎？其原理是什麼？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答。
9. 提問：「假如老師繼續將水滴在燻黑和未燻黑的紙杯（紙碗）倒面凹槽處？你認

為會發生什麼變化？為什麼會有這種變化？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答，彼此提出理由或證據辯駁爭論。

10. 提問：「將麵粉灑在在燻黑和未燻黑的紙杯(紙碗)倒面凹槽處，再將水滴上去，你認為會發生什麼變化？為什麼會有這種變化？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答，彼此提出理由或證據辯駁爭論。
11. 將水滴在蓮花植株葉上（或乾燥蓮葉、水芙蓉植株葉上），提問：「你們觀察到什麼？和剛才的燻黑表面的現象有什麼相同或不相同？」「兩者水滴滾落的情形有什麼相同或不相同？」鼓勵學生討論、思考並自由回答，彼此提出理由或證據辯駁爭論。
12. 提問：「為什麼取 2 個紙杯？為什麼都倒入水約三分之一？假如裡面都不放水呢？會有什麼不一樣？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答，彼此提出理由或證據辯駁爭論。
13. 讓學生依學習單討論記錄實驗的變因，討論可能影響結果的實驗變因和可能的應變變因。
14. 提問：「如果以燭火燻黑紙杯(紙碗)底時，手中的紙杯(紙碗)未保持水平，可能會產生什麼現象？」
15. 提問：「使用不同大小的紙杯、紙碗（底面凹槽處較深者）或便當紙盒來燻黑，其結果會相同嗎？」鼓勵學生預測、討論、思考並自由回答，彼此提出理由或證據辯駁爭論。
16. 教師解釋碳黑的原理：「物質(碳氫化合物)燃燒時，當空氣不足，燃燒不完全時，會產生顆粒直徑約 30-100 奈米的黑色粉末，即為**碳黑（碳煙）**，具產生類似蓮葉效應的超疏水性。所以滴水後水珠成圓滾狀，且會帶走紙杯（紙碗）上的碳黑，產生自潔性。」
17. 任務說明：「設計並執行實驗，探討哪些因子會影響碳黑的形成？如何產生較佳的類蓮葉效應？」

學習單一

1. 「取 2 個大小相同紙杯（紙碗），都倒入水約三分之一，一個紙杯（紙碗）置放於點火的蠟燭上方，開始以火紙杯（紙碗）杯底，過程中盡量維持紙杯（紙碗）水平。另一個紙杯（紙碗）置放一旁。」這個實驗的操作變因、控制變因分別是什麼？

答：操作變因－

控制變因－

2. 上述實驗後，「你認為杯底會發生什麼變化？」

答：

3. 「將水滴在燻黑和未燻黑的紙杯（紙碗）底面凹槽處？你認為會發生什麼變化？為什麼會有這種變化？」

答：

4. 「將麵粉灑在在燻黑和未燻黑的紙杯（紙碗）倒面凹槽處，再將水滴上去，你認為會發生什麼變化？為什麼會有這種變化？」

答：

5. 「將水滴在蓮花植株葉上（或乾燥蓮葉、水芙蓉植株葉上），你們觀察到什麼？和剛才的燻黑表面的現象有什麼相同或不相同？」「兩者水滴滾落的情形有什麼相同或不相同？」

答：

6. 如果以燭火燻黑紙杯（紙碗）底時，手中的紙杯（紙碗）未保持水平，可能會產生什麼現象？

答：

7. 「為什麼取 2 個紙杯？為什麼都倒入水約三分之一？假如裡面都不放水呢？會有什麼不一樣？」

答：

8. 產生碳黑（碳煙）的原理是什麼？碳黑有類似蓮葉效應的超疏水性嗎？有自潔性嗎？碳黑和蓮葉的超疏水性和自潔性有何差異？

答：

(二) 合作問題解決(CPS)--任務學生探究實驗

任務學習單

1. 任務 1：探討哪些因子會影響碳黑的形成？記錄並設計實驗證實是否真的會影響？
答：

	1.	2	3.	4.	5.
實驗組設計					
對照組設計					

2. 任務 2：如何產生較佳的類蓮葉效應？設計實驗並執行實驗

答：

■ 實驗假設：

- 實驗設計：實驗組、對照組和實驗材料的規畫，(1) 操作(操縱)變因：實驗中唯一能操作改變的因素。(2) 控制變因：實驗中其它控制相同的因素 (3) 應變變因：實驗結果

	實驗組 1	實驗組 2	對照組
操作變因			
控制變因			
應變變因			

■ 實驗步驟

■ 實驗結果、實驗資料分析

■ 討論與結論

■ 提出問題（作為下次探究的參考）

(五)獲邀「2017 全國自然領域探究與實作研討會暨教學工作坊」之探究教學與實作分享：

本計畫雙十國中教師王淑卿受邀擔任 2017 全國自然領域探究與實作研討會暨教學工作坊之講師--分享本計畫成果「出淤泥而不染-從文學到科學與科技」跨領域探究教學與實作。參與教師有來自全國高中、國中、小學科學教師約 50 名。

「2017 全國自然領域探究與實作研討會暨教學工作坊」

日期：106 年 7 月 21 日(五)－7 月 22 日(六)

地點：國立彰化師範大學進德校區

指導單位：教育部

主辦單位：國立彰化師範大學理學院、國立中央大學理學院科學教育中心、國立臺灣師範大學中等教育階段自然領域教學研究中心

協辦單位：台中一中物理學科中心、新竹中學生物學科中心、中華民國物理教育學會、中華民國科學教育學會。

簡介：本次研討會除大會演講外，共分五個領域工作坊，分別為物理、化學、生物、地科與跨領域，每場 80 分鐘。

參與人數：150 人 (工作坊每場 50 人)

費用：免費報名，額滿為止

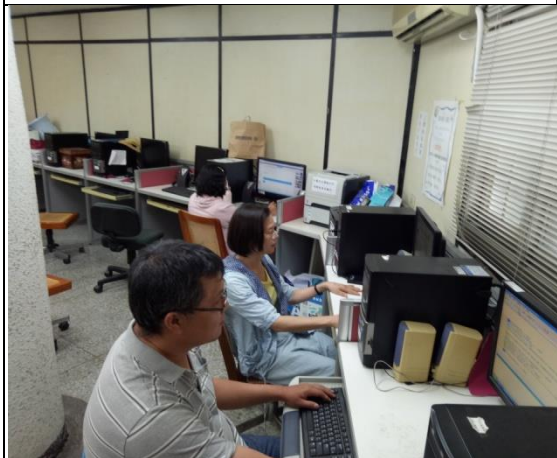
會議議程

時 間	7/21(五)			7/22(六)		
9:00-9:30	開幕			跨領域工作坊 中港高中 王尊信老師	物理工作坊 高雄中學 盧政良老師	生物工作坊 彰化師範大學 王璋龍教授
9:30-10:20	主講人：臺灣師範大學 賈至達教授					
10:20-11:10	主講人：中央大學 朱慶琪教授			Break		
11:10-12:00	主講人：彰化師範大學 段曉林教授			跨領域工作坊 大理高中 林春煌主任 余怡青老師	物理工作坊 松山高中 吳清源老師	化學工作坊 仁愛國中 李美惠主任
12:20-13:40	休息 (午餐)			休息 (午餐)		
13:40-14:50	物理工作坊 彰化師範大學 林建隆教授 鄭孟斐教授	物理工作坊 臺灣師範大學 傅祖怡教授 積穗國中 何黛英老師	跨領域工作坊 前鎮高中 林百鴻老師	物理工作坊 武陵高中 萬昌鑫老師	生物工作坊 建國中學 童禕珊老師	跨領域工作坊 雙十國中 王淑卿老師
14:50-15:20	Break			Break		
15:20-16:40	物理工作坊 成功大學 羅光耀教授	化學工作坊 彰化師範大學 楊水平教授	跨領域工作坊 南科實中 蔡汶鴻主任	地科工作坊 北大高中 林立平老師 翁韶君老師	物理工作坊 國立嘉義大學 蘇炳武教授 北港高中 方文宗老師	跨領域工作坊 師大附中 洪逸文 老師
17:30-19:00	晚宴					



106.07.20 2017 全國自然領域探究與
實作研討會暨教學工作坊行前會議

106.07.20 討論工作坊課程動手做



106.07.22 工作坊資料整理

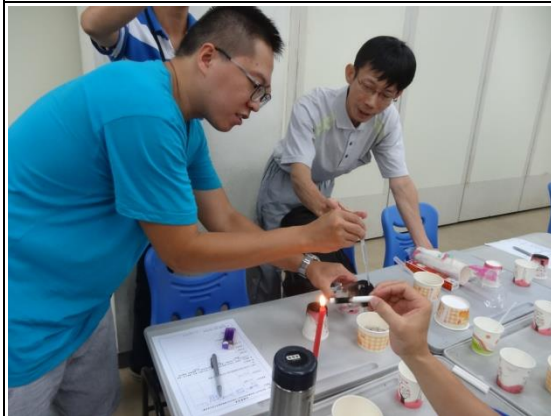
106.07.22 工作坊資料整理



106.07.21 工作坊講座現場



106.07.21 進行探究與實作課程分享



106.07.21 教師探究變因溝通與討論



106.07.21 教師模擬學生探究的歷程



106.07.21 動手做探究原來這麼有趣



106.07.21 教師聚精會神動手做探究



106.07.21 教師互相溝通分享



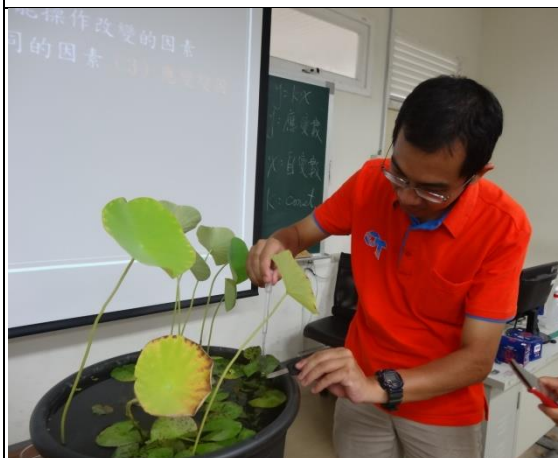
106.07.21 教師探究不同的操作變因



106.07.21 教師合作探究學習



106.07.21 教師合作解決問題



106.07.21 教師分享自己的創見



106.07.21 教師公開分享小組成果

	
<p>106.07.21 教師分享不同的探究結果</p>	<p>106.07.21 講師統整探究學習與科學原理</p>
	
<p>106.07.21 會後教師繼續討論交流分享</p>	<p>106.07.21 快樂的跨領域探究與實作</p>

肆、研究結果：

依據本計畫的待答問題研究結果如下：

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？

研究結果發現：學生成就測驗前後測以成對樣本 t 檢定 95% 信賴區間之統計結果，達顯著差異。效果量檢定為中度效果量。表示學生經奈米跨領域課程教學後，對科學與科技知識的認知有提升。

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？

研究結果發現：學生在奈米新興科技的科學與科技態度量表的反應結果統計，對於學習科學與科技的興趣和動機，經學習後有顯著提升差異。代表奈米跨領域課程教學可促進學生對科學與科技知識的學習興趣與動機。

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，是否能提升學生合作問題解決的能力？

研究結果發現：學生在協同問題解決 CPS 自我檢核量表的反應顯示，經過跨領域奈米教學模組融入國中自然課程可

提升學生合作問題解決的能力。學生對於探究學習的能力也有提升。

伍、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。

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. Organization 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.