

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PGE1090422

學門分類/Division：通識(含體育)

執行期間/Funding Period：109/08/01~110/07/31

通識課程導入科普實作之學習成效研究-以仿生材料為例
通識課程(材料與生活)

計畫主持人(Principal Investigator)：黃芷翎

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

高雄醫學大學/基礎科學教育中心

繳交報告日期(Report Submission Date)：110/08/2

(通識課程導入科普實作之學習成效研究-以仿生材料為例)

一. 報告內文

1. 研究動機與目的

以台灣的博雅教育為例，通識課程在教育目標、本質及特徵取向的考量，可簡略分為人文、社會、及自然科學學門三領域分工整合之架構（李金連，2004），但自然學門領域的通識課程大多是以知識取向（吳靖國，2008）。此外，台灣的高等教育不僅包含專業能力的發展，更重要的是通識教育的核心能力培養（吳京玲，2011），而通識課程的學生來自不同專業系所，學生於自然科學之背景程度差異亦大，黃俊儒（2008）指出目前國內科學教育亟需解決的問題，來自於「高成就」與「低成就」學生間科學學習成就的落差，此一現象在自然學科之通識課程尤為明顯。

通識課程「材料與生活」與材料科技相關，可視為科學教育或科學普及的一部分，根據作者於 107 年度之教學實踐研究計畫成果（黃芷翎，2020），可知通識課程「材料與生活」學生於課前最為陌生的主題即是「仿生材料」，仿生學於 1958 年由美國的 J.E.Steele 首先提出（von Gleich A.，2010），以大自然為藍本，是模仿大自然與生物而研發的技術，相較於其他材料主題，仿生材料對於通識課程的所有學生而言，可視為一個全新的名詞，可弭平學生的起點行為差異。在 108 課綱大舉翻轉十二年國教之教學現場的同時，自然學門領域的通識課程「材料與生活」是否也能導入相關元素？透過導入科普精神之實作項目，進而培養學生於科學探究過程與創意製作的知能，以提升科學素養於技能範疇之學習成效。

2. 文獻探討

對於學生之學習成效研究，王如哲（2005）指出，學習成效可解析為三種分類：第一可分為直接或間接，直接之學習成效是指學生在接受教育前後的實質變化，間接則是反應未來長期生涯之影響。第二可分為不同向度的改變，如 Bloom（1956）所提出之認知、技能與情意範疇。第三則是不同層級的成效，最小由一個班級、課程、乃至整個機構之成效評估。相較於一般綜合型大學，醫學大學之課程設計更著重專業證照導向，並由國家考試評估學生直接之學習成效，如國家證照考試具有篩選學生是否具有臨床專業操作與知識水準的主要功能，但通識課程隸屬於博雅教育之一環，將更注重學生未來長期生涯之影響。

劉曼君（2014）指出 Rubrics 是用於課程中，清楚界定學生學習成果的方式之一，由於本課程之課程目標是了解生活中的各項材料科技，並了解材料科技對生活帶來的影響，因此，對於學生的報告內容，可參考 Rubrics 的評分方式。此外，史美瑤（2013）提出考試之外的評量方式，如果學習成效是使用「審核性」(auditive) 的評量方法，最常見的就是期中、期末考試，直接以成績分數評量學生的學習成效。但是使用「教育性」(educative) 的評量方法，可透過多層次的評量方式，提供學生靈活運用所學習的知識與技能。

陳文典（2005）則指出科學素養的內涵分成「科學與技術認知」、「(對)科技發展(的瞭解)」、「(科學)過程技能」、「思考智能」、「科學應用」、「設計與製造」、「科學本質(的體認)」及「科學態度」等八項，而各項之下又有細項之分。某項即代表某一種「能力」。若進一步解析科學素養的內涵，可再將科學素養的評量向度根據 Bloom 的分類法

劃分為三個範疇，可包括科學認知、科學過程技能、科學態度，詳如表 1 所示。

表 1：科學素養的評量向度與內涵。

科學素養	評量向度	科學素養
認知	科學認知	對於科學概念可分成「知道」、「理解」、「轉用」三個層次。
技能	科學過程技能	對事物能夠做推論與批判、解決問題等整合性科學思維。
情意	科學態度	獲得發現的樂趣，相信科學的價值，養成好智且求真求實的求知態度。

3. 研究問題

材料科技在現代生活中扮演了重要的角色，當代科技的發展都與材料息息相關，為使學生了解生活中的各項科技知識，申請人於 107 年度透過教育部教學實踐研究計畫之補助，研究通識課程「材料與生活」學生之學習成效，並探討學生是否能由材料科學的觀點解析生活的科技新知，故以該校核心能力指標與學習成效標準發展問卷題目，針對學生的每月課程心得進行分析，以了解學生學習歷程之改變。由申請人之研究成果可知，透過課程教學活動可提升學生於認知範疇之學習成效，但學習素養可根據 Bloom(1956) 分類法劃分為三個範疇：認知 (cognitive)、技能 (psychomotor) 及情意 (Affective)，在過去的研究成果中，顯然缺乏了技能範疇之學習成效評估，因此，對於自然學科的通識課程，是否能有適合的評估機制，進而分析研究學生於課程所獲得的改變，尤其是聚焦於技能範疇之學習成效。

4. 研究設計與方法

「材料與生活」之教學方法包含以下五個部分：1.教師講述、2.課堂討論、3.視聽教學、4.分組報告、5.科普實作。本研究採用「仿生材料」為研究主題，先使用課堂講授的方式介紹此一主題，並於教學活動後，課後進行問卷調查，以了解學生之學習成效。接著再於課堂導入科普實作內容，讓學生實際動手操作，課後再進行問卷調查，以了解學生於科普實作之後，學習成效是否有所差異。此外，學生於完成科普實作後，評分項目包括：實作報告、實作成品、實作心得，將根據表 2 的評量向度與表現等級進行評分。

表 2：評量向度與表現等級描述對應表。

作業 內容	評分 項目	評量 向度	表現等級		
			優秀	普通	不足
實作報告	認知	科學認知	可理解仿生材料的原理概念，並能轉化為應用。	可理解仿生材料的原理概念。	可知道仿生材料的原理概念。
實作成品	技能	科學過程技能	能依指示完成實作成品，並運用科學思維作討論解釋。	能依指示完成實作成品。	能依指示完成部分的實作成品。
實作心得	情意	科學態度	總是能以求真求實的態度主動參與科學探究活動。	經常能以求真求實的態度參與科學探究活動。	偶爾能以求真求實的態度參與科學探究活動。

本研究採取質量並重的資料分析方法。在質性資料方面，整理收錄學生繳交之書面報告，內容包括實作報告、實作成品、實作心得，實作報告分析學生是否可理解仿生材料的原理概念，並能轉化為應用；實作成品分析學生是否能依指示完成實作成品，並能運用科學思維能力作出討論與解釋；實作心得則是分析學生是否能以求真求實的態度主動參與科學探究活動。量化研究則由課前課後施測之問卷，以學生自評對於材料科技議題之科學認知、科學過程技能及科學態度，

本計畫研究工具為問卷調查，問卷題目是為修習「材料與生活」之學生設計，問卷皆做課前、課後調查，目的在於檢驗學習者的素養是否達成的評量設計。為研究學生於教學活動前後之科學過程技能是否有所提升，是否能對事物能夠做推論與批判、解決問題等整合性科學思維。問卷並採用教育部推出「大專校院就業職能平台」(University Career and Competency Assessment Network, 簡稱 UCAN) 之職場共通職能之「問題解決」題項，以了解學生遇到狀況時是否能釐清問題，並透過系統化的資訊蒐集與分析，提出解決方案。量化資料的信度分析，UCAN「問題解決」能力課前與課後問卷之 Cronbach α 信度系數皆為 0.9，根據吳統雄（1985）指出的信度分析方法，Cronbach α 信度系數可評量內容一致性，且 $0.7 < \alpha \leq 0.9$ 已達中上信度，故可進行後續分析。

5. 教學暨研究成果

109 學年度選課確認後，即針對選修通識課程「材料與生活」之 60 位學生進行問卷調查，課前全部有效問卷共計 57 份（自然科檢定標準達頂標 20 位、達前標 22 位、達均標及其他 15 位），回收率 95%。於學期末進行課後問卷，共回收 43 份（自然科檢定標準達頂標 18 位、達前標 15 位、達均標及其他 10 位），回收率 72%。

本研究根據上述研究對象填答之課前課後問卷資料，進行學習成效之相關分析，首先分析學生之自然科知識背景如圖 1 所示。根據大學入學考試中心提供資料，頂標成績為位於第 88 百分位數之考生級分；前標成績為位於第 75 百分位數之考生級分；均標成績位於第 50 百分位數之考生級分。由圖 1 可知，修課學生之自然科檢定標準達頂標佔 35%、達前標佔 39%、達均標及其他 26%，顯示醫學大學學生之自然科背景知識約達七成五以上具有前標之水準。相較於一般綜合型大學，學生具備相對較高的自然科背景知識，故課程內容的知識乘載度也須相對提高，以符合學生課程需求及期待。

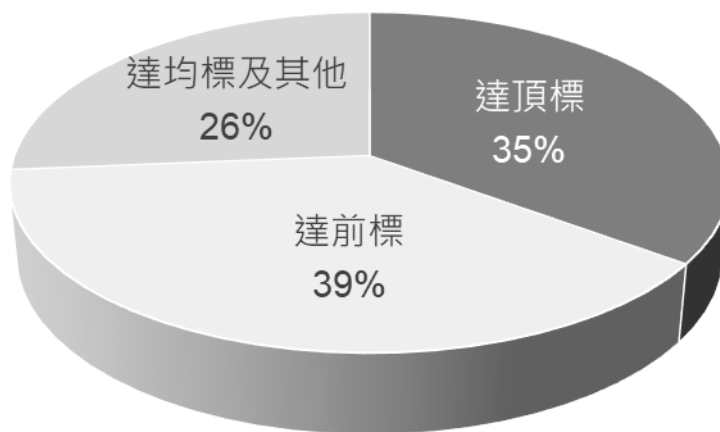


圖 1：108 學年通識課程「材料與生活」學生自然科知識背景。

本研究問卷以李克特量表（五點量表）讓學生於課前課後自評描述對於問題的了解或不了解的程度（非常不了解、有些不了解、無意見、有些了解、非常清楚了解），由於研究對象背景不同，故將調查不同自然科知識背景學生之課前認知（我了解"仿生材料"的科學原理及實例），針對三組不同自然科知識背景之學生，先進行單因子變異數分析（Analysis of Variance, ANOVA），若組別效果顯著的話，再進行事後比較，確認各組的差異情形，詳細的顯著差異是發生在哪幾組之間。課前認知（我了解"仿生材料"的科學原理及實例）之單因子變異數分析（ANOVA）結果如表 3 所示，根據自然科檢定標準做分組，達頂標之量值為 3.05 ± 1.00 、達前標之量值為 2.36 ± 1.05 、達均標及其他則為 2.53 ± 0.83 ，可知達頂標組別之學生於課前自評平均得分最高，而達前標之學生課前自評平均得分最低，但由於 p 值為 0.075，故單因子變異數分析不具顯著差異（ $p > 0.05$ ），因此，雖然學生的自然科知識背景有所差異，但在課前對於仿生材料的科學原理及實例了解程度上可視為相同，且全班平均數值為 2.65 ± 1.01 ，可知仿生材料對於學生而言的確屬於有些不了解之主題，故仿生材料對於通識課程的所有學生而言，可視為一個全新的名詞，可弭平學生的起點行為差異，後續可再進行學習成效分析。

表 3 課前認知（我了解"仿生材料"的科學原理及實例）之單因子變異數分析(ANOVA)

自然科檢定標準	人數	平均值	變異數	p 值
達頂標	20	3.05 ± 1.00	0.70	0.075
達前標	22	2.36 ± 1.05	1.10	
達均標及其他	15	2.53 ± 0.83	1.00	

課前 UCAN 之「問題解決」能力之單因子變異數分析（ANOVA）結果如表 4 所示，根據自然科檢定標準做分組，達頂標之量值為 3.78 ± 0.61 、達前標之量值為 3.73 ± 0.56 、達均標及其他則為 3.50 ± 0.43 ，可知達頂標組別之學生於課前自評平均得分最高，而達均標及其他之學生課前自評平均得分最低，但由於 p 值為 0.306，故單因子變異數分析不具顯著差異（ $p > 0.05$ ），因此，雖然學生的自然科知識背景有所差異，各組別數值亦不相同，但 UCAN「問題解決」能力可將全班視為一個群體進行前後測分析。

UCAN「問題解決」能力之前後測以全班為群體進行分析，全班之前測平均數值為 3.69 ± 0.55 ；全班之後測平均數值為 4.39 ± 0.55 ，前後測單因子變異數分析（ANOVA）具顯著差異（*** $p < 0.001$ ）。UCAN「問題解決」能力各題項之前後測結果如表 5 所示，題項共 6 題，各題之前後測均具顯著差異（*** $p < 0.001$ ），可知經由教學活動後，可有效提升學生對於是否能釐清問題，並透過系統化的資訊蒐集與分析，提出解決方案的問題解決能力。

表 4 課前 UCAN 之「問題解決」能力之單因子變異數分析（ANOVA）

自然科檢定標準	人數	平均值	變異數	p 值
達頂標	20	3.78 ± 0.61	0.37	0.306
達前標	22	3.73 ± 0.56	0.32	
達均標及其他	15	3.50 ± 0.43	0.18	

表 5 UCAN 之「問題解決」能力之前後測

題項	前測	後測	p 值
1.系統化的收集與發生狀況相關的資訊	3.61 ± 0.59	4.40 ± 0.66	*** $p < 0.001$
2.能根據事實證據、謹慎評估並合理判斷可能的問題所在	3.72 ± 0.73	4.37 ± 0.62	*** $p < 0.001$
3.能夠以系統化的方式釐清問題	3.82 ± 0.71	4.28 ± 0.59	*** $p < 0.001$
4.透過各種管道蒐集相關資料及意見，提供解決問題的各種可能方案	3.75 ± 0.69	4.47 ± 0.63	*** $p < 0.001$
5.能夠評估各種解決方案的利弊，找出最佳問題解決方案	3.67 ± 0.72	4.47 ± 0.70	*** $p < 0.001$
6.能為可能發生的問題預作準備，找出解決問題可能需要的資訊	3.54 ± 0.66	4.35 ± 0.65	*** $p < 0.001$

學生參與「材料與生活」的書面報告收錄於學校數位學習平台，以下提供實作報告表現等級優秀之部分摘錄內容，由學生的報告內容可知，學生不但可理解仿生材料的原理概念，並能轉化為應用，故於科學認知的評量向度，表現等級評為優秀。

仿生材料是以大自然為師，然後藉著這些生物特殊的結構和特性，來製作、合成的一種材料特性。像是我們能從鯊魚的表皮獲得啟發，研發出阻力較小的表面材質，或者我們可以模仿蜂巢的結構，製造出不易漏氣或損壞的輪胎……等，仿生材料，可以說是未來材料研究上一個很廣泛且有效的領域，也是人類很好的靈感來源。而本次實驗的主角：光子晶體，就是仿生材料的一種。當蝴蝶拍動翅膀時，我們將可以看到許多不同的色彩反射而出，而這其中的原因，就是因為蝴蝶的翅膀表面，有著以奈米等級排列的特殊結構，透過這種結構，可以反射出特定波長的可見光，而類似的現象也會出現於變色龍的皮膚。人造的光子晶體分為一維、二維和三維，以目前的技術，三維光子晶體的製造多是由上到下的蝕刻來完成，也因為這種流程的複雜性，使得這項技術在目前仍難很好的發揮。然而，除了由上而下的製程思維以外，由下而上的堆疊，其實也是一個可以思考的模式，此次我們的實驗，正是利用在溶質在溶液蒸發時，由下而上的晶體堆疊形成出光子晶體的架構，並反射出紅色的光線。在應用的層面上，光子晶體可以幫助光纖技術的突破、也可以提高雷射光的效率。

(科學認知-表現等級優秀)

以下提供實作成品表現等級優秀之部分摘錄內容，由學生的報告內容可知，學生不但可能依指示完成實作成品，並運用科學思維作討論解釋，故於科學過程技能的評量向度，表現等級評為優秀。

本次實作的變因主要有三項—溫度、濃度、以及層數，也因此我們的製程主要圍繞在改變這三者之間的參數來進行。

就溫度的角度來看，過高的溫度交會導致配置好的溶液，在滴入不銹鋼片後迅速沸騰、蒸發，而沸騰時劇烈的變化，將會打亂晶體的排列，使得整層呈現不均勻的白色，進而使得實驗失敗。而過低的溫度，雖然有利於晶體的緩慢堆積，較有機會反射出紅色的光線，然而，卻也會因為卻乏足夠的動能，使得排列相對混亂。在經過幾次測試後，我們決定將溫度控制於 80 °-90 ° C 之間，避免沸騰或蒸發過慢。

就濃度的角度來看，太高的濃度將會導致堆積顆粒過厚，呈現白色的失敗狀態。而過低的濃度會使得紅色光反射不明顯，需要多做幾層，導致不均勻可能性增加。在經過幾次實驗後，我們決定採用 20% 的稀釋濃度進行實作。

就層數而言，太少的層數會讓紅光不太明顯，而太多的層數將造成不均勻的情況，也會使得成品整體偏向白色，所以我們最後決定使用 2-3 層的層數作為我們的成品。

此外，還有一個值得注意的細節在於底下的不銹鋼板以及塗勻溶液的動作。在第一堂課的時候，不銹鋼板有一層類似防水塗料的物質，使得溶液的表面張力很大，不容易把水塗開，液珠也比較大顆，這使得成品偏白。在將防水塗料去除之後，再塗勻溶液，將有效提高整體溶液的均勻程度，自然成品也比較容易呈現紅色。



從左圖中可以明顯的看出，我們(第一組)從第一周幾乎全白的成品，到最後終於能做出閃出紅光的成品。

(科學過程技能-表現等級優秀)

以下提供實作心得表現等級優秀之部分摘錄內容，由學生的報告內容可知，學生藉由科學方法的運用中，不但獲得知識的拓展和發現的樂趣，相信科學的價值，也養成好智且求真求實的求知態度，故於科學態度的評量向度，表現等級評為優秀。

在這次的實作中，我們從一開始的不知所措、漫無目的，甚至連溫度都沒有辦法控制好，好不容易做出來的成品還被沾上指紋，到最後，終於能思考應該要採取怎樣的製程，才可以比較接近我們想要的結果，我們的進步實在是非常巨大。

其中，讓我們進步最多的，我認為要歸功於第二堂課開始時候的分享。在經歷過第一次失敗的結果之後，其實我們還是很茫然，因為我們不論濃度、溫度都控的不是很理想，甚至再考慮是不是該做 5% 稀釋濃度的溶液出來。然而在經過大家的分享之後，我們終於知道溫度控制在八九十度是可行的，而濃度也不需要像我們之前所想像的那樣那麼稀薄，在控制得當的溫度下，20%的濃度就能達到不錯的效果。各組交換彼此的成功或失敗經驗，將會有助於大家避免很多冤枉路，

也會讓我們更有方向，去修正我們實驗的不足。而實作的精神，更重要的是要勇敢的嘗試。在控制好其它變因的情況下，不斷的透過測試去堆砌成果，直到滿意為止。雖然說最後因為時間的關係，我們的成品沒有讓我們絕對的滿意，卻也無疑的是我們做過最好的成果，象徵著我們的進步。在實作時，收穫的不只是成功的經驗，更多的是失敗的養分，讓我們的下一次可以更成功。

很感謝老師給我們這個機會進入實驗室，親自的去實作、觀察、思考，然後最後做出自己滿意的成果，也讓我感受到材料學的有趣與實用，而不在只是一門艱澀而陌生的學問。

(科學態度-表現等級優秀)

由學生的實作報告內容可知，通識課程「材料與生活」的教學活動導入科普實作，不但屬於開放式的發現探究學習，課程中設計的光子晶體科普實作，也不是傳統的食譜式驗證實驗，課堂首先教授光子晶體基本製程及原理後，由教師提供實驗器材，學生可自行設計製程條件，並在首次實作時，嘗試驗證自行設計的各項變因與參數，在第二次進行實作前，先由各小組做經驗分享與討論，各組上台講述科普實作所採用的變因參數及觀察到的現象，有助於學生重新擬定策略，成功完成實作成品。

導入科普實作的教學活動過程不但符合簡麗賢（2019）指出 108 新課綱「科學探究與實作」的精神，培養學生「發現問題」、「規畫與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」四項能力，亦即透過「科學探究與實作」，也有助於提升學生的「思考」、「提問」、「探究」、「實作」、「分析」及「表達」等能力。

此外，由鐘建坪（2010）研究發現，資賦優異的學生比較能夠進行較為開放式的發現探究學習，而一般能力的學生則需要更多的教師協助才能達成此一目標，根據圖 1 之 108 學年通識課程「材料與生活」學生自然科知識背景，可知本校醫學大學學生之自然科背景知識約達七成五以上具有前標之水準；約達三成五以上具有頂標之水準，故有相當比例的科學資賦優異學生參與本課程，不但較適於進行此種開放式的發現探究學習，也能提供學生更多的探究實作與思考歷程。

6. 建議與省思

通識課程「材料與生活」導入科普實作的教學活動，於 UCAN「問題解決」能力前測平均數值為 3.69 ± 0.55 ；後測平均數值為 4.39 ± 0.55 ，前後測單因子變異數分析（ANOVA）具顯著差異（*** $p < 0.001$ ），顯示教學活動不但有助於提升學生對於是否能釐清問題，並透過系統化的資訊蒐集與分析，提出解決方案的問題解決能力。且此類開放式探究學習的科普實作，非常適合自然科學背景知識基礎較高之醫學大學學生參與學習，不但在科學認知、科學過程技能、以及科學態度都能具有優秀的表現等級。

此外，在科普實作教學的過程中，可產生相關之教具模型，參與科普實作之學生，亦可成為未來推廣科普之種子學生，推廣大眾科學教育外，提供豐富又具啟發性的學習環境或實作活動，可激發學生之科學興趣與培養科學精神，更能增進大眾對材料科學與技術的興趣、欣賞、了解及參與。

二. 參考文獻

王如哲（2005）。解析「學生學習成效」。評鑑雙月刊，27，62-62。

史美瑤（2013）。評量也是學習。評鑑雙月刊，43，34-36。

李金連（2004）。從人文與科技的融合問題探究學校教育中之通識教育。科學教育月刊，268，20-29。

吳京玲（2011）。建構大學生核心能力架構之研究：分析學術界與產業界的觀點。通識教育學刊，7，9-38。

吳統雄（1985）。態度與行為研究的信度與效度—理論、反應、反省。民意學術專刊，夏季號，47-66。

吳靖國（2008）。海洋通識課程之內涵：知識取向的探討。通識教育學刊，2，67-84。

黃芷翎（2020）。通識課程「材料與生活」之學習成效初探：以高雄醫學大學為例。高醫通識教育學報，15，48-70。

黃俊儒（2008）。構思科技社會中的即時學習：以學生及專家對於科學新聞文本之理解差異為例。科學教育學刊，16，105-124。

陳文典 (2005)。科學素養的內涵。2008 年 10 月 9 日，

檢索自 <https://phy.ntnu.edu.tw/~wdchen/pdf/book5/01.pdf>

簡麗賢 (2019)。108 新課綱讓你霧煞煞？四大面向搞懂科學考什麼。2019 年 7 月 25 日，

檢索自天下文化 <https://bookzone.cwgv.com.tw/topic/details/15453>

劉曼君 (2014)。學生學習成果之評量及評分量表 Rubrics 之使用。評鑑雙月刊，48，54-56。

鐘建坪 (2010)。引導式建模探究教學架構初探。科學教育月刊。328，2-18。

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals; Handbook I: Cognitive Domain New York, Longmans, Green.

von Gleich A., Pade C., Petschow U., Pissarskoi E. (2010) Trends in Biomimetics. In: Potentials and Trends in Biomimetics. Springer, Berlin, Heidelberg.

三. 備註

本計畫研究成果已投稿至 2021 臺灣通識教育策略聯盟暨品質策進會@高雄科大大會，論文編號：17（論文摘要審查 通過）。