

教育部 109 年度中小學科學教育計畫專案

成果報告

計畫編號：75

計畫名稱：以引導式建模探究教學之 Maker 課程培養國小高年級學生
科學素養之研究

主 持 人：莊秋蘭

執行單位：臺中市太平區新光國民小學

壹、計畫目的及內容：

十二年國教課綱即將於 108 學年度開始實施，十二年國民基本教育之課程發展本於全人教育的精神，以「自發」、「互動」及「共好」為理念，並強調以『核心素養』做為課程發展的主軸，培養學生系統思考及問題解決的能力。而科學探究可視為一種問題解決的訓練，這種訓練同時重視問題解決的歷程與結果，其最終目的是希望培養獨立的問題解決者。

12 年國教課綱於今年正式上路，根據 12 年國民教育自然科學領綱中指出，自然科學領域核心素養的內涵包含：(一) 引導學生習科知識的「核心概念」；(二) 提供學生探究學習、問題解決的機會並養成相關知能「探究力」；(三) 協助學生了解科學知識產生方式和養成應用科學思考與探究習慣的「態度本質」。藉由此三大內涵的實踐，引導學生學習科學知識的「核心概念」，培育十二年國民基本教育全人發展目標中的自然科學素養，因此在學習表現架構呼應核心素養，包含科學認知、探究能力與科學的態度和本質，其中探究能力則包含以下兩個面向：a、思考智能：想像創造、推理論證、批判思辨、建立模型；b、問題解決：觀察與定題、計劃與執行、分析與發現、討論與傳達。

科學素養長久以來都被用來界定學校科學教育的目標 (Bybee, 2009)，科學素養沒有確切的定義，OECD 在 PISA 中，將科學素養定義為：「一個人…使用科學知識去辨認問題的能力、解釋科學現象、對於科學議題能提出以證據為導向的結論。能察覺科學與科技是如何影響我們物質的、符號的及文化的環境。並願意以公民的身分參與與科學相關的事務」(OECD, 2009)。自 2000 年起，PISA 針對閱讀、數學、科學三個領域進行素養測驗，2006 年及 2015 年為科學素養，其所發展的科學素養評量架構有所不同，本研究配合十二年國教自然領綱之核心素養及學習表現架構，本研究之科學素養能力採用 2015 年之三個素養面向：(一)科學地解釋現象的能力：對一系列自然

和技術現象進行解釋和評估；(二) 評估和設計科學探究：設計科學調查，以科學的手段解決問題；(三) 科學地處理數據和證據：以不同的方式分析和評估數據、觀點，得出合理的科學結論。依此三個面向訂定評量指標。

然在國小階段的學生，各項能力的培養仍屬基礎階段，學生的各項能力仍在發展成長中，在學習的過程中，仍需教師在教學中，透過引導思考讓學生能主動探索學習。引導式建模探究教學以 5E 探究學習環的參與、探索(explore)、解釋(explain)、精緻化(elaboration)和評鑑的五個階段為基礎，結合 Schwarz 與 White(2005)所提出的科學探究學習環的問題、假說、研究、分析、模型和評鑑，進而歸納設計出「引導式建模探究教學」。因此本研究擬以引導式建模探究教學，引導學生主動發現問題、找尋問題解決的方法，進而實做解決問題，以培養學生之科學素養以及學習成效。

貳、研究方法及步驟：

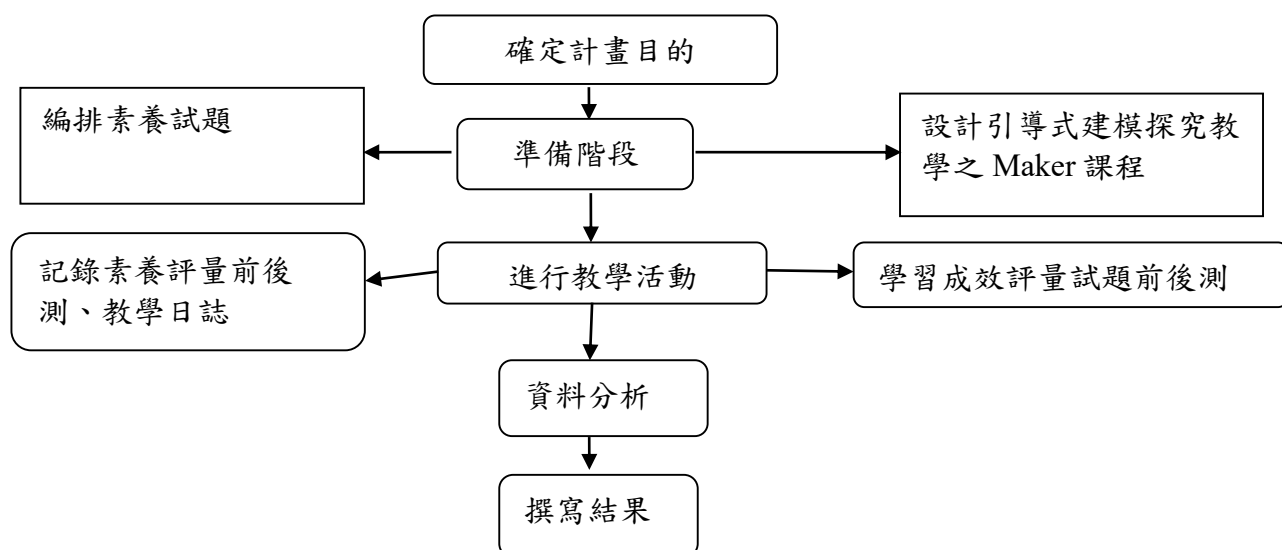
本研究的目的是以引導式建模探究教學設計 Maker 課程，培養學生的科學素養及提升學生學習成效，教學的設計參考鐘建坪(2010)引導式建模探究教學步驟，包含：「參與」、「引導問題」、「假說」、「研究」、「分析」、「模型」、「評鑑」，搭配既有單元之「簡單機械」的概念，重新設計 Maker 課程，讓學生透過動手實做、小組合作共同解決問題。

在十二年國教的教學目標，就是幫助學生掌握大概念和建構正向價值觀，也就是帶得走的能力(Wiggins & McTighe, 2006)和態度(OECD, 2016)。這種核心概念目標的掌握與達成，學生必須透過與知識互動，在實際狀況中使用、操作、證明該知識有用，達到情感上的認同之後，才能帶走(Whitehead, 1967)。所以，評量之項目搭配課程內容，依據 PISA 科學素養評量的指標進行命題，而在學習成效部分，研究者依據課程內容編製紙筆測驗試題進行前後測，分析學生之學習成效。本研究之研究對象為中部一所國小之六年級兩個班級的學生，各28位學生，共56位學生。

本研究主要的目的是透過引導式建模探究教學方式，配合現有課程概念，重新進行「簡單機械」之 Maker 課程設計，透過探究與實作，培養學生科學素養及提升學生之學習成效。研究流程如圖一所示，研究工具及資料分析如表一。

根據此計畫之目的，進行下述之研究：

- (一) 引導式建模探究教學之 Maker 課程設計。
- (二) 以引導式建模探究教學對培養學生之科學素養之影響。
- (三) 以引導式建模探究教學對學生學習成效之影響。



圖一 研究流程圖

表一 研究目的與研究工具對應一覽表

研究目的	研究工具	備註
引導式建模探究教學之 Maker 課程設計	參考鐘建坪(2010)引導式建模探究教學步驟進行課程設計	
以引導式建模探究教學對培養學生之科學素養之影響	教學觀察、素養導向紙筆評量	標準本位評量進行質性分析、共變數分析
以引導式建模探究教學對學生學習成效之影響	紙筆測驗	獨立樣本 t 檢定

叁、目前研究成果：

一、引導式建模探究教學之 Maker 課程設計

本研究的目的是以引導式建模探究教學設計 Maker 課程，培養學生的科學素養及提升學生學習成效，教學的設計參考鐘建坪(2010)引導式建模探究教學步驟，包含：「參與」、「引導問題」、「假說」、「研究」、「分析」、「模型」、「評鑑」，搭配既有單元之「簡單機械」的概念，重新設計 Maker 課程，讓學生透過動手實做、小組合作共同解決問題。在「參與」的部分：設計與學生生活經驗相關的情境式問題，引起學生學習興趣，並能主動參與教學活動，主要是期望學生能在接下來的每一個階段都能維持較高的興趣和正向的學習態度；在「問題」部分：引導提出學生可應用以往學過知識的問題，期望能與以前的經驗連結；在「假說」：引導學生找出問題包含的可能變因並提出具有科學性的假說；在「研究」的部分：引導學生根據假說

和變因之間的關係設計實驗，並準備實驗工具，以便能進行實驗與蒐集數據；在「分析」的部分：引導並協助學生可藉由科技工具，找出所蒐集數據間可能的因果關係，並能進行解釋；在「模型」：引導學生由數據中找出規則性並進行合成模型，再使用此模型進行預測，進而應用此模型到新的情境；在「評鑑」的部分：引導並協助學生在整個過程中的每個階段不斷地進行檢視，以便隨時可以知道在哪個環節需要進行調整，目的則是為了修正先前階段形成的模型或者做為前往下一個階段的依據。如表二中之簡述。

表二 引導式建模探究教學 Maker 課程設計

主題/學習內容	教學步驟	資料蒐集
<p>生活情境問題</p> <p>1.升旗桿很高，卻可以把國旗順利升上去，這是利用甚麼樣的科學原理呢？</p> <p>2.玩具車是童年的回憶，而今年的學校科學競賽的項目就是藍芽車，如何設計遙控車的運作拿下大獎呢？</p> <p>3. 千斤頂可以輕鬆的將車子抬起，這是如何辦到的？科學競賽中亦有此項目，如何設計和千斤頂相同原理的機械手臂參加科學競賽呢？</p>	<p>參與：主題學習內容引起學生學習興趣及參與度</p> <p>問題：引導學生提出競賽中主要的問題，並思考解決方案</p> <p>假說：引導學生依據問題提出假設</p> <p>研究：引導學生根據假設提出實驗設計及步驟</p> <p>分析：根據實驗所蒐集的資料進行分析</p> <p>模型：整合歸納結果形成理論模型，再依據模型類比至相同情境問題進行預測及解釋</p> <p>評鑑：以學生探究過程的討論情形進行評鑑</p>	<p>教學日誌、科學素養評量前後測、學習成就測驗前後測</p>

二、以引導式建模探究教學對培養學生之科學素養之影響

本研究引導式建模探究教學及一般教學方法，分別採用 Maker 課程的實驗組及對照組班級，並透過教學觀察及素養導向評量，了解引導式建模探究教學教學對學生科

學素養之影響。評量設計依據科學素養之三個向度：解釋現象、研究設計、詮釋證據進行題目之編製，並輔以教學日誌、標準本位評量進行質性分析，以了解課程對學生科學素養之影響。

在素養導向的評量中，依據素養導向評量試題進行施測，並依據評分標準進行評分。兩班分數以前側為共變數，進行單因子共變數分析，受試者間效應項的檢定， $p=.207$ ，大於 $.005$ ，表示此資料符合共變數分析的前提假設：組內迴歸係數同質性，因此繼續進行後續的共變數分析，結果如表四。從表四可知，素養導向評量結果達顯著差異，表示實驗組學生在素養導向評量的表現上優於對照組學生，亦可說明，透過引導式探究的教學設計可以培養學生之科學素養。

表四 素養導向評量之單因子共變數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η
前測	151.680	1	151.680	43.964	<.001	.453
組別	326.698	2	163.349	47.346	<.001	.641
誤差	182.855	53	3.450			
校正後總數	509.554	56				

依據標準本位評量的評分標準，會發現學生在教學前，兩班學生都可從其生活經驗中，能部分知道力可藉由簡單機械傳遞，亦即學生可以知道簡單的槓桿，而從生活經驗中，例如翹翹板，可以知道施力、抗力間大小的關係，但並未能了解槓桿原理並進行計算。而在教學後，實驗組有比較多的學生能應用及理解力可藉由簡單機械傳遞之相關概念，過程中經由引導逐漸建立概念模型，能投入較多的思考、討論，以進行探究及分析。從教學過程中，引導式探究教學的設計，學生能有較多機會進行討論，學生可以有較多的思考空間及創意的發揮，而對實驗的假設及結果的分析，在多項的操作活動中，學生能逐漸了解其方式，並能應用於下一次的實驗，亦即學生隨著課程的進行，其科學素養逐漸養成，而對照組的學生，雖然亦使用動手操作實驗器材，然學生會等待老師的操作步驟執行，較缺乏自我思考。

三、以引導式建模探究教學對學生學習成效之影響

本研究之學習成效，係依據自然科第一單元之學習內容，編寫成就測驗，於課程結束後施測，依據施測結果，進行兩班之獨立樣本 t 檢定，在變異數同質性的 Levene 檢定未達顯著 ($F=0.763$)，表示兩個樣本的離散情形並無明顯差別，所得結果如表五。從表五中可知，實驗組及對照組在成就測驗上的分數並無顯著差異，亦即兩班在第一單元「簡單機械」中概念認知的學習成果並無顯著差異。

表五 成就測驗之獨立樣本 t 檢定

項目	班級	人數	Mean	S.D.	<i>t</i>	<i>p</i>	95%信賴區間		Cohen's <i>d</i>
							下限	上限	
成就測驗	A	28	71.32	16.074	-.925	.359	-12.859	4.753	.253
	B	28	75.39	16.853					

肆、目前完成進度：

本研究預定執行期間為民國109年8月1日至110年7月31日，共分四階段進行，第一階段進行文獻資料蒐集；第二階段進行課程設計、科學素養評量及學習成效試題編製；第三階段進行教學活動及資料蒐集；第四階段資料分析及統計。詳細進度表見表六。目前研究已完成資料蒐集及分析，並撰寫研究成果報告。

表六：研究進度表

	民國109年8月1日~110年7月31日				
	8月-9月	10月-11月	12月-1月	2月-3月	4月-7月
1.蒐集文獻資料	■	■	■	■	■
2.課程設計、科學素養評量及學習成效試題之編製		■	■		
3.進行教學活動及資料蒐集				■	
4.資料分析及統計				■	■
5.撰寫成果報告及成效評估				■	■

伍、預定完成進度：

本研究透過以引導式建模探究教學之 Maker 課程設計培養學生之科學素養及提升學習成效，研究已完成課程設計並於課程中進行實際教學，透過參考鐘建坪(2010)引導式建模探究教學步驟，包含：「參與」、「引導問題」、「假說」、「研究」、「分析」、「模型」、「評鑑」之課程設計，研究結果呈現可以培養學生之科學素養，在學習成效上，雖與對照組成績並無顯著差異，但在成績的呈現上仍較高於對照組。課程完成後亦進行訪談，學生對於引導式建模探究教學的反應良好，較喜歡這樣的課程設計，也表達這樣的方式對於學習能較有趣，也能對概念有較深的印象及理解。

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)：

引導式建模探究之 Maker 課程設計，共安排 18 節課，在學校課程中無法挪出太多彈性課程上課，因此配合自然與生活科技領域課程於正課時間進行，而課程需依原

訂課程之概念重新設計，為配合學生之學習能力以及既有課程之概念需全部含，課程的設計便耗費多時，而在素養導向之評量試題部分，學生的學習過程中，除 TASA 測驗，較少接觸素養評量試題，因此試題的設計也是一大考驗。因此過程中，除文獻資料之蒐集與閱讀之外，另也與正在進行素養評量試題設計的教師進行討論，以期課程設計能達到研究之目的，評量亦能展現研究成果。而從學生的訪談中，學生表示在引導式建模探究的課程中，需要較多的思考與討論解決方案，常常會感到時間的不足，因此，在未來課程的設計上，時間的分配考量須能讓學生充分討論，而教師在教學協助上，亦須協助學生討論聚焦。

柒、參考資料：

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。

Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1993). Goals for the Science Curriculum. In Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Washington, DC: National Science Teachers Association.

OECD. (2016). Global competency for an inclusive world. Retrieved from <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2352875>

Schwarz, C., & White, B. (2005). Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.

Wiggins, G. J., & McTighe, J. (2006). *Understanding by Design: Expanded Second Edition*, 2nd Edition. *Understanding by Design*, 35-55.