

113學年度科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：70

計畫名稱：MGES 每週的第四堂自然課-科學探究自學補充教材編製研究(第2年)

主持人：陳河開

執行單位：澎湖縣馬公市馬公國民小學

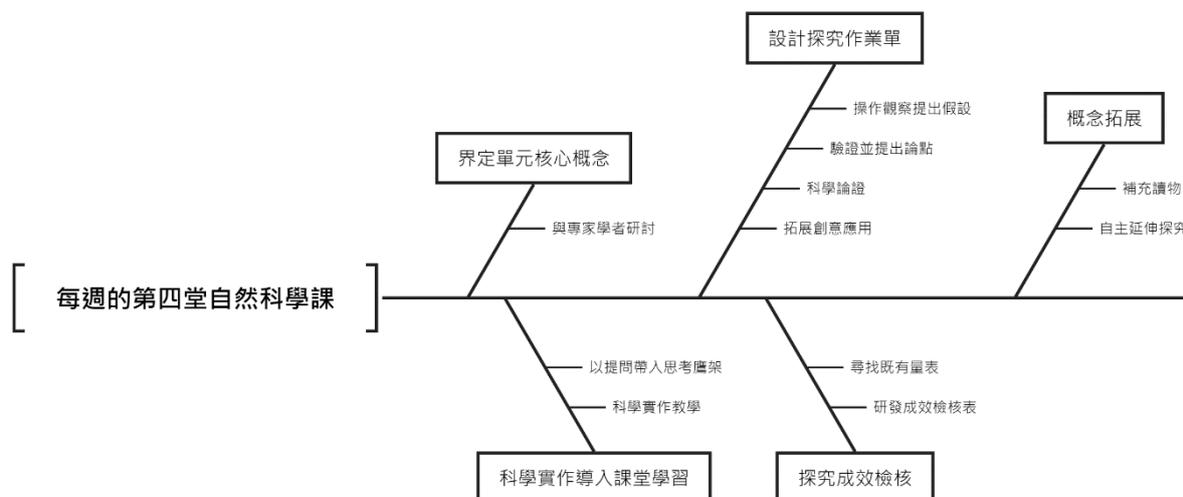
壹、計畫目的及內容：

本計畫旨在開發一套自然科學輔助自學教材，協助本校教師在進行自然科學教學時，能夠依循此手冊之鷹架，進行符合素養導向之教學，進一步養成本校學童之科學概念學習模式。本手冊依探究教學精神設計科學實作任務，希望學生在教師的引導下，能夠進行自主探究活動，並加入科學論證筆記精神，讓學童藉由提出假設、設計實驗、進行論證及分享成果的學習活動當中習得自主探究技巧。

研究者試圖整合自學與實作，跨越每週有限之科學課程，研發適合本校學童的科學探究手冊，能夠呼應素養導向教學精神，讓學童在課餘時間能主動進行自然科學的學習，延伸為一隱形的第四節自然課。計畫目的如下：

- 一、研發一套兼具自學與課程補充之自然科學學習手冊，搭配自然課程實施，落實自然科素養導向教學。
- 二、研發以概念為本的探究實作教學策略，各單元以核心問題貫穿學習主軸，結合科學論證歷程，讓學童學習如何以證據為基礎的推理能力，啟發學童對科學探究的興趣。
- 三、建立一提升動機與成效兼顧的探究教學模式，藉由多模態的學習資源，並研發檢核工具，創造出每週的第四堂自然課，豐富本校學童的科學學習資源。

本手冊內容涵蓋「概念預習」、「任務引導說明」、「線上補充影片(含教師錄製與現成影片連結)」、「實作科學探究」、「科學補充文章(線上與紙本)」等內容。生活探究取材自澎湖地區的生活素材，邀請專家擔任計畫輔導教授，指導編製探究歷程引導單。探究模式架構如下



貳、研究方法及步驟：

一、文獻回顧

依據108課綱的精神，自然科學領域探究與實作，其課程目標在於提供學生「體驗科學探究歷程與問題解決」的學習環境和機會，並強調培養學生發現問題、認識問題、問題解決，以及提出結論與表達溝通之能力。而探究式教學的核心精神在於「學生主動學習」。以學生為主體，強調學生的主動參與，鼓勵提出問題、設計實驗、尋找解答，並在過程中建構屬於自己的知識體系。這種以學生為中心的教學模式，能有效激發學生的學習動機，並培養他們獨立思考的能力。(Harden, 2009；Marschall & French, 2018；洪振方，2000；李如偉等人，2012)。因此，108課綱精神與探究式教學強調學生主動參與，透過親身經歷科學探究過程的理念相符。

此外，探究式教學特別重視「知識的應用與遷移」。透過核心問題的引導，學生得以將所學知識應用於解決實際問題，並將之連結到不同的情境中，這種深度的學習方式，有助於學生建立穩固的概念理解，並培養他們靈活運用知識的能力 (Erickson et al, 2017；Marschall & French, 2018)，恰符合108課綱培養學生成為終身學習者的理念。

為了進行探究式教學，使用簡單器材進行科學觀察的科學實作導入課堂，在科學教育中

扮演著不可或缺的角色。科學實作做為課堂內一個連結概念與操作的橋樑，讓學生不再只是被動地接受知識，而是透過親自動手操作，去驗證、探索和發現科學現象。這種「做中學」的過程，能大幅提升學生對科學概念的理解與掌握(許良榮，2020；鄭榮輝、林陳涌，2015)。自然科學的學習，透過設計精良的實作活動，學生得以在真實或模擬的情境中，經歷科學家探究問題的歷程。不僅激發學習興趣，更能讓抽象的科學概念變得具體且易於理解。實作經驗所帶來的感官刺激和深刻體驗，有助於學生在腦海中建立更牢固的知識網絡，進而促進科學概念的內化與建構(洪振方，2000；許良榮，2020)。

當傳統的紙筆測驗不再能夠全部涵蓋108自然領綱之核心素養時，為了檢視科學教育成效，科學論證能力已成為評量科學教育成效的重要指標。一個具備科學素養的學生，不僅應理解科學知識，更應能運用證據來支持或反駁論點，並進行邏輯清晰的推理。因此，科學論證能力的高低，可以直接反映出學生是否真正掌握科學探究的精髓(洪振方，2000; 李松濤等人，2010; 林志能、洪振方，2008)。

評量學生的科學論證能力，可以從他們是否能提出合理的論點、是否能引用適切的證據，以及是否能清楚闡述論點與證據間的關聯性等面向來觀察。透過分析學生在論證過程中的表現，教師可以深入了解學生的學習成效，並針對學生的弱點提供更有效的教學支持。藉由將科學論證融入教學與評量，我們更能確保科學教育的目標得以落實，並培養出真正具備科學思維與問題解決能力的未來公民(McTighe & Wiggins，1998)。

綜上所述，本研究連結探究教學、科學實作與科學論證等三層面，擬推廣整合探究式學習(如圖1)，研究焦點以建立一自主探究學習模式，選定以單元核心概念為主所研製的科學實作，規劃探究式教學課程，搭配科學論證思考歷程，並研發檢核表觀察學生學習成效，以期促進學生之科學素養能力。



圖1 本研究定義之探究式學習內涵

二、研究方法

本研究以行動研究為主，由研究者召集校內自然老師進行課程內容的研討，並徵詢縣內外的專家討論。本計畫擴大針對五、六年級學生實施，手冊內容以自然課實作教學→課後影片補充與自學→探究作業單檢視與協作→科學論證分享與研討→成效檢核與反思。研究者為檢核計畫執行成效，分析探究檢核表，並以因材網單元知識前後測卷以獲得學習成效訊息。另外，對於學期初及學期末各進行一次科學態度問卷，觀察科學態度改變情形。

三、本研究步驟依各單元可分為以下工作：

- (一) 單元概念分析：社群討論並擬定出單元主概念，設定核心問題（essential questions），與跨領域主題。
- (二) 設計科學實作及生活科學主題探究：精鍊既有的科學實作教學，邀請學者以視訊或入校輔導，編製科學實作學習引導教案及教材。嘗試研發澎湖在地素材之跨領域學習專題。
- (三) 界定線上自學及實體課程內容：列出可以利用網路學習平台引導學生自學的補充素材，以及課程中可以引導操作的課程內容，組合成與課程連貫性的教材。最後再找尋適當的延伸自學教材，以問題引導學生深入探究。
- (四) 資料蒐集與分析：每一單元實施前，應用因材網知識結構測驗進行前測。課程結束

後再實施單元後測，分析測驗結果。並針對學童於作業單的書寫內容進行質化分析，以探討學童在知識習得的歷程與科學論證的品質。另於學期初、學期末各實施科學態度量表，分析科學行為的改變。

(五) 內容修正：單元實施完畢，視學童學習成果進行內容修正，並整理各單元學習素材，出版成冊。

參、目前研究結果：

一、手冊架構確定：根據研討結果，將自然科自學探究手冊每單元自學分為以下階段：

- (一) 「概念自學」：搭配因材網影片與自學單，由學生利用在家或早自習時間查閱課本與因材網影片／課程包方式完成自學單。
- (二) 單元輔助學習實作：設計單元相關科學實作，實作材料以生活簡便取得為原則，且富操作的變化性為主。利用一節自然課進行製作與操作，再由學生返家針對實作變項進行操作與觀察，刺激單元知識整合運用。
- (三) 蒐集單元補充影片，放置於因材網課程包，供學生自學補充使用。
- (四) 每單元訂出一個核心問題與延伸跨領域探究主題活動。

二、設計實作導入教學實施策略

- (一) 課堂一般教學：界定自然課上課內容為實作與討論，儘量不播放電子書補充影片，改以線上提供，請學生自行觀看，並提問與討論。課本教材所出現的實作，以引導式探究為主，旨在符合實驗之學習目標並完成習作。
- (二) 課堂補充實作：利用一節課帶領學生完成實作，介紹實作作品在進階探究的延伸操作（由實作任務單輔助），交由學生自主探究。教師並錄製影片引導學生進行探究，藉由實作任務單的填寫以深化該單元的核心概念。
- (三) 線上討論與補充：以學習平台（目前暫訂為因材網）的討論區，帶領學生進行討論，並公開範例。
- (四) 課堂培養科學論證能力：利用小組共學方式，就實作任務單的科學論證提供討論的

機會，例如論點（claim）與證據（evidence）的撰寫，以及理解（reasoning）用科學概念解釋現象的能力。

(五) 個別化提供學習回饋：教師批改作業單，就探究檢核項目給予個別化的學習回饋，讓學童有機會反思自己的學習。

(六) 教師錄製跨領域探究主題說明，鼓勵學生於假日進行探究，並藉由數位工具記錄探究歷程。教師於每週自然課，撥出10分鐘討論全體學生探究成果。

三、著手進行教學實踐

(一) 1.彙編六上、五上第1~4單元之實作內容與學習單，規劃實作教學與實作任務單。

(二) 2.列出補充影片之引導問題，上載於線上學習平台，並請學生利用早自修時間完成自學。

(三) 3.蒐集各單元補充閱讀文本，進行文本分析。

肆、目前完成進度：

一、完成上學期4個單元概念分析，每單元擬定出一個核心問題與跨領域探究主題。

二、設計4個實作作品，另外跟綜合活動協同製作完成。錄製引導影片，並請學生回家完成自主探究，再於自然課中進行討論。

三、設計實作任務單，將科學論證 CERR 模式整合進任務單，並依任務單內容研發探究成效檢核表。

四、搭配因材網縱貫診斷測驗功能，將3個單元與實作相關的重點能力指標進行診斷，確定學習遷移效果。

單元	核心問題	實作作品	實作任務單	探究檢核表
天氣的變化	鋒面系統如何影響我們的生活？	鋒面演示模型製作	已完成	已完成
動物大解密	吸入的空氣和呼出的空氣有什麼不同？	吸入與呼出氣體二氧化碳濃度探究	已完成	已完成
神奇的水溶液	水溶液的酸鹼性如何利用植物的花青素來檢測？	自製酸鹼試紙	已完成	已完成

電磁作用	電流產生的磁效應， 具有哪些特徵？	電磁跳跳蟲	已完成	已完成
------	----------------------	-------	-----	-----

伍、預定完成進度：

工作項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
六下、五下第1~4單元概念分析	✓						
各單元實作作品設計	✓	✓					
實作任務單編製	✓	✓	✓				
教學策略實施		✓	✓	✓	✓		
分析學生學習歷程					✓	✓	
單元診斷測驗			✓	✓	✓		
科學態度問卷與學生回饋蒐集					✓		
產出成果報告						✓	✓

陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

一、教學時間的運用

本計畫希望能一併從中建立學生自學習慣，教師除了需於課堂時間帶領學生完成實作，並進行討論和操作，可能會壓縮到原本的教學進度。此外，學生也需利用在家或早自習時間完成自學單，以及利用課餘時間進行探究活動。由於每個學生的課餘時間運用方式不同，因此要齊一完成進度尚有困難。

因此，在後續的教學活動，需更精確地規劃課堂時間，以確保教師能在帶領學生完成實作的同時，也能兼顧教學進度。例如，將部分實作材料先發下，以線上影片先讓學生完成半成品，再回到教室融入課堂教學中。

二、學生的個別差異

教材設計需以生活簡便取得為原則，且富操作的變化性為主，並利用學習平台的討論區，帶領學生進行討論，和公開範例。然而，學生的學習能力和進度存在個別差異，部分學生可能無法跟上學習進度。除了在檢核表可以界定學生學習成效，未來也思考不同層次的任務單，以符合不同學生的學習需求。例如將任務單分成基礎和進階兩個等級，或提供不同的

學習資源，讓學生可以根據自己的能力和進度進行學習。

三、檢核表檢核時間

教師檢視實作任務單，並給予個別化的學習回饋，可能會需要較多的時間，不容易推廣至校內其他老師。除了思考結合生成式 AI 協助回饋與評分外，亦思考讓學生進行小組內或組間互評，讓學生互相依檢核表評分並給予回饋。

柒、參考資料：

Carla Marschall, Rachel French (2021)。概念為本的探究實作：促進理解與遷移的策略寶典 [劉恆昌、李壹明譯，初版]。心理出版社 (原著出版年：2018)

H. Lynn Erickson, Lois A. Lanning, Rachel French (2018)。創意思考的教室：概念為本的課程與教學 [劉恆昌譯，初版]。心理出版社 (原著出版年：2017)

Jay McTighe & Grant Wiggins (2015)。重理解的課程設計：專業發展實用手冊 [賴麗珍譯，初版]。心理出版社 (原著出版年：1998)

National Science Education Standards. (1998). Washington, DC: National Academy Press.

李如偉、蘇明洲、黃泮翔、呂仲誠、高慧蓮 (2012)。以科學讀寫模式提升國小學童論證能力之研究。科學教育學刊, 20(6), 483-514。

李松濤、林煥祥、洪振方 (2010)。探究式教學對學童科學論證能力影響之探究。科學教育學刊, 18(3), 177-203。

林志能、洪振方 (2008)。論證模式分析及其評量要素。科學教育月刊, 312, 2-18。

洪振方 (2000)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。科學教育學刊, 8(3), 163-184。

許良榮 (2020)。探究與實作：科學遊戲導向。五南出版社。

鄭榮輝、林陳涌 (2015)。科學實作教學理論與實務。國立臺灣師範大學科學教育中心。