

114 學年度科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：46

計畫名稱：「科教夢工廠：打造高中生跨域實作的學習基地」

主持人：謝毓琳校長

執行單位：佛光山學校財團法人高雄市普門高級中學

壹、計畫目的及內容：

一、背景：

由於缺乏多元課程與資源，偏遠地區的私立高中學生在面對升學競爭時處於劣勢。他們較少有機會接觸先進的科技、科學實驗或跨領域學習機會，這使得他們在科學競賽、專題研究、甚至未來的職業發展上相對弱勢，影響未來升學與就業機會。建立跨領域的實作基地是教育優質化的可行策略，能夠強化學校的特色與競爭力，並為學生提供更優質的學習資源。透過基地的建設，偏鄉高中可以發展具前瞻性的教育模式，培養學生的科學素養與創新能力，同時實現教育永續發展的目標。建立科普基地不僅能夠提升學校的教學品質，也能夠吸引外部資源，如大學、企業及非營利組織的合作，形成良性的教育生態能動性系統。透過跨領域的探究與實作的課程，融入社會科學、物理、化學、生物及資訊教育等多元學習領域，學生可以透過探究學習來提升科學素養，進一步培養解決問題的能力，並發展 STEM 的跨領域課程架構。

二、目的：

本計畫旨在打造一個引導高中學生進行跨學科探究、實作與創新應用的學習場域，回應十二年國教 108 課綱所強調的「素養導向教學」與「學生中心學習」理念。計畫設計融合 5E 教學環（參與、探索、解釋、精緻化、評估）與 PjBL（專題導向學習）模式，並結合 STEM 教育精神，透過具真實性與挑戰性的學習任務，促進學生從生活經驗中觀察問題、提出假設，並運用跨領域知識進行解決方案的設計與探究實作活動。學生將從真實生活情境出發，觀察並提出問題，整合科學、科技、工程及數學等學科知識，發掘新的議題及解決方案，並進行實驗設計與實作。透過實驗設計、原型製作與成果發表，深化學生的問題解決與

表達能力。學習成果將以小論文、科學展覽作品或專題研究報告的形式進行公開發表與競賽。透過本計畫推動，預期能有效提升學生的科學素養、創新思維與跨域整合能力。同時也期望本計畫可為學校建立一套具示範性與可擴散性的 STEM 跨域課程實施模式，促進教師跨科協作教學，提升整體教學品質與課程實踐深度，形塑富有實作與創新精神的校園學習文化。

本計畫重視培養學生的核心素養，作為回應當代教育發展趨勢之重要目標。隨著全球對素養教育的高度重視，經濟合作暨發展組織（OECD, 2016）指出，「素養」應為每一位國民所具備的基本能力，涵蓋辨識、理解、解釋、創新、溝通與計算等核心技能，並能運用多樣內容與形式的資料，以因應生活中的各類情境與挑戰。OECD 更強調素養發展需透過持續學習與實踐，促進個人目標的實現，並積極參與社會與公民生活。依據 OECD 素養架構，本計畫的課程設計在素養能力培養分為三大面向：認知（Knowledge）、技能（Skills），以及態度與價值（Attitudes & Values）。其中，認知包含學科知識、跨學科知識與實用知識；技能則涵蓋認知與後設認知技能、社會與情緒技能，以及實作技能；態度與價值則強調自主學習、倫理觀念與社會責任。此架構突顯本計畫不僅在於增進學生對概念的理解，更需結合實作，以促進整體能力的深化與轉化。此外我國十二年國民基本教育亦強調學習應跨越學科疆界，與真實生活緊密連結，展現以行動實踐為導向的全人發展目標。在自然科學領域中，核心素養聚焦於探究能力、科學態度與本質認識，以及科學核心概念三大範疇，期望學生能透過觀察、推理與問題解決，養成系統性思考與創新應變的能力，這相同也是本計畫所欲達到學習目標。因此，本計畫於課程設計中強調學習表現與學習內容的有機整合，透過實作任務與探究歷程，協助學生在真實情境中建構系統性知識，並將所學有效轉化為解決生活與社會問題的能力，落實素養導向教育的核心精神。

貳、研究方法及步驟：

一、研究對象：

本計畫以本校高中部一至三年級，有意願參與科展指導社團與小論文專題研究法指導社

團的學生為主體，科展指導社團共計 12 人，小論文專題研究法指導社團共計 32 人，探究與實作課學生，共計 55 人。

二、研究方法及步驟：

(一)探究與實作課程

計畫擬在「探究與實作」課程中實施，課程不僅限於傳統的實驗操作與結果驗證，更涵蓋了科學知識建構過程中的多元思辨與實踐歷程。透過「探究與實作」，學生能培養批判思考能力、問題解決能力，並學習科學探究的方法，以理解科學知識的演變與發展。探究與實作」強調學生透過實際操作與問題探究來建構知識，而非僅仰賴教師講授。透過探究式學習，學生能發展批判思考、假設驗證、數據分析及問題解決能力，使學習更具意義。此外，透過動手作，學生能夠將抽象概念轉化為具體經驗，增強學習效果，這對於提升學習動機具有關鍵影響。本計畫的探究與實作的課程設計，由生活經驗中尋找探究的議題，教師幫助學生從歷史脈絡中理解科學知識的發展，並提升其科學素養。首先過本計畫引入大學教師的科普教學及教材，引導學生認識既有的理論框架與探究方法。教師可以鼓勵學生關注實驗與觀察過程中的現象，並透過數據評估理論的適用性，進一步培養學生的科學探究能力。另一方面，科學知識的發展是經歷不斷修正與完善的歷程。

(二)專題式導向學習法 (PjBL)

本計畫調以學習者為中心，主張學習應根植於生活經驗，知識的獲得不應孤立於現實，而需透過真實情境的參與與行動，促進學生對知識的理解與應用。此一觀點為建構主義、情境學習與專題導向學習 (Project-Based Learning, PjBL) 等現代教學模式提供了理論支持。Coffey (2008) 亦指出，學習是一種社會性的歷程，深受學生的先備知識、背景經驗與文化脈絡所影響。因此，教師不應只是知識的傳遞者，更應扮演學習設計者與引導者，創造有意義且具挑戰性的學習環境，讓學生在具體任務中主動學習、合作探究，並培養面對真實問題的應變與反思能力。專題導向學習 (PjBL) 因其強調跨學科整合、真實任務與問題解決的歷程，逐漸成為素養導向教學的重要實踐方式。學生在面對現實問題時，需運用各學科知識進行資料蒐集、假設驗證與原型製作，過程中培養批判思考、合作溝通與創新解決問題的

能力，正好呼應十二年國民基本教育課綱中所強調的「核心素養」理念。十二年國教課綱明確指出，教育應著重培養學生具備「自主行動」、「溝通互動」與「社會參與」三大面向的核心素養，並強調學習應突破學科界限，與真實生活連結，透過探究與實作達成全人發展的教育目標。自然科學領域尤其強調探究能力、科學態度與科學核心概念的統整，並期許學生能透過觀察、推理與實作養成系統思考與創新應變的能力。因此，本計畫結合 PjBL 模式與課綱精神，發展具備跨域探究、實作導向與生活連結性的課程設計，期能深化學生的學習動機與實踐能力，實現素養教育的核心目標。

研究指出 PjBL 學習能否有效推動學生的深度學習，關鍵在於學習情境的完整設計與學生探索空間的適當開放。若缺乏良好設計的引導與結構，學習活動將可能淪為表面化的操作，難以達成深度學習的目標（吳木崑，2009；洪萱芳等，2016；Wilhelm, Sherrod, & Walters, 2008）。因此，如何建構一套能引導學生進行有意義探索、深化反思並整合知識的學習流程，已成為 PjBL 教學實施中的核心課題。PjBL 的精神不僅在於讓學生從真實任務出發，更重視在探索過程中引導學生主動思考、批判性分析與反覆修正。透過知識的探索與反思，學生能夠重新檢視並挑戰既有觀點，培養創造性思維與問題解決能力（Goos, 2004；Polman, 2000），進而培養出具備當代公民應有素養與責任感的學習者。PjBL 不只是強調以經驗為起點、與真實世界連結的學習模式，同時也是發展批判性思維與社會參與能力的重要途徑。為有效落實專題導向學習的完整歷程，本研究依據洪萱芳等人（2017）所提出的 PjBL 教學架構進行活動設計，規劃出七個教學階段，透過系統性的教學安排，學生能在具備挑戰性與情境脈絡的學習過程中，逐步培養統整知識與實踐行動的能力，進而實踐 PjBL 所強調的素養導向教育目標。連結生活經驗與先備知識透過與學生生活經驗相關的現象，引導學生喚起背景知識，激發學習動機與探索興趣。

1. 形成探索問題

透過課程活動與問題引導，使學生從真實情境中感知問題，並明確界定其探索方向。

2. 發展探索計畫

設計具體的探索策略與活動，結合觀察、實作與資料蒐集，並規劃所需資源與學習產出。

3. 引導探索活動

教師與輔導者在過程中提供支持與紀錄，協助學生進行觀察、資料整理與探索任務。

4. 探索知識討論

鼓勵學生以小組與全班討論方式，釐清探索歷程中獲得的新知識，並進行知識統整與深化。

5. 提出解決方案或解釋

根據所蒐集與整理的知識資料，學生提出針對問題的解答或解決方案，並能自我檢視其合理性。

因此，PjBL 透過結合生活經驗、探索活動與知識統整，引導學生批判性地重新建構自身的知識體系，並進一步培養其解決真實世界問題的能力。本研究課程設計融合 PjBL 與情境式學習的理念，強調「探索—反思—建構」的學習歷程，期望能有效提升學生的學習動機、探究能力與自主學習態度，進而實現素養導向教育所追求的核心目標。此外，課程亦回應近年來教育界對跨領域學習的重視，特別融入科學 (Science)、技術 (Technology)、工程 (Engineering) 與數學 (Mathematics) 等領域所構成的 STEM 教育理念。本計畫隨著教育目標逐漸從單一學科的知識傳授轉向跨學科整合的能力養成，課程設計更進一步強調知識的應用與遷移，藉由多面向的問題解決任務，引導學生運用多領域知識進行系統性分析與高層次思考。透過這樣的教學安排，學生不僅能在具挑戰性與真實情境中培養解決問題的能力，更能在統整知識與行動實踐中，養成面對未來社會所需的關鍵素養。

(三)科學素養

本研究所欲培養的「科學素養」，係根據經濟合作暨發展組織 (OECD, 2000, 2003) 所提出之定義進行設計與發展。根據 OECD 的說法，科學素養不僅是指學生能夠掌握科學知識，更重要的是能夠在生活中運用這些知識，主動辨識問題，提出合理假設，並根據證據進行分析與推論，進而做出有根據的結論，以理解自然現象及人類對自然界的影響，並協助個體在面對與科學相關的社會與個人議題時，做出合理且具責任感的決策。在此基礎上，PISA (Programme for International Student Assessment) 於 2025 年所公布的框架中，對「科學素養」進行了更為細緻與動態的解構，不再將其視為單一能力，而是依照五個關鍵構

面重新建構，分別為：科學能力 (Science Competencies)、科學知識 (Scientific Knowledge)、環境科學能力 (Environmental Science Competencies)、科學認同 (Science Identity)，以及情境 (Contexts)。此一架構更符合 21 世紀學生在真實世界中應具備的能力樣貌，並回應全球環境與科技發展所帶來的挑戰。

其中，「科學能力」主要涵蓋三項核心能力：(一) 能夠以科學方式解釋自然現象，從日常觀察中抽絲剝繭，理解其背後的科學原理與運作機制；(二) 能設計、建構並評估科學探究活動，能批判性地解讀實驗資料與研究證據，具備資料詮釋與論證能力；(三) 能蒐集、分析與整合科學資訊，並基於科學觀點進行理性決策與具行動導向的實踐。為有效發展這三項能力，學生必須同時具備三種類型的知識：(一) 內容性知識 (Content Knowledge)，即自然科學中基本概念與原理的掌握；(二) 程序性知識 (Procedural Knowledge)，包括科學方法、實驗技巧與資料處理的能力；(三) 認識論知識 (Epistemic Knowledge)，即對於科學知識本質、科學推理邏輯與科學爭議性的理解。在「環境科學能力」方面，PISA 2025 框架特別強調面對人類世 (Anthropocene) 所需的能動性與批判性思維。學生應能：(一) 解釋人類活動對地球系統造成的影響，理解自然與人類互動之複雜性；(二) 能整合來自多元來源的資訊與證據，運用創造性與系統性思維分析問題，並提出具可行性的環境解決方案；(三) 在面對社會與生態危機時，保持希望，並尊重多元觀點與文化，展現公民責任與倫理判斷力。至於「科學認同」則涉及學生對科學的情感投入與自我定位，評估面向主要包含三項：(一) 科學資本與認識論信念 (Science Capital & Epistemic Beliefs)，指學生對科學的信任、興趣與學習信念；(二) 科學資本中的態度與意象 (Science Capital: Attitudes and Dispositions)，包括學生是否將自己視為有能力學習科學的人，是否願意參與科學相關活動與未來職涯規劃；(三) 環境意識、關懷與能動性 (Environmental Awareness, Concern and Agency)，則衡量學生對於環境問題的感受、參與意願與具體行動能力。最後，「情境」(Contexts) 則為科學素養的應用場域，PISA 框架將其分為三個層次：個人 (Personal)、在地 (Local) 與全球 (Global)。學生應能將所學知識與能力應用於自身生活、社區環境乃至於全球性議題，展現其科學理解與社會責任。

本計畫旨在依據實際教學成果建立一個具體實作與探究導向的科學學習基地，作為培養學生科學素養的重要場域。藉由課程與活動設計的推動，計畫期望培養出符合 PISA 2025 所建構之科學素養框架精神的學生。該框架強調科學素養應涵蓋知識、能力、情感與實踐行動的整合，並能在多元情境中靈活應用。學生不僅需具備科學知識與技能，更應能展現批判思考、價值判斷與社會責任，進而回應個人、在地與全球層次的科學議題。本計畫以此為課程實踐方向，設計一系列結合問題導向、跨學科整合與實作操作的教學活動，鼓勵學生在真實脈絡中進行觀察、推理、驗證與創新。透過系統性學習歷程，學生能逐步建構對自然現象的理解，發展問題解決能力，並形成關懷環境與社會的態度。此外，本計畫亦強調科學素養的展現不應僅止於課堂內的學習，而應延伸至更具挑戰性的公開表現與應用實踐。因此，鼓勵學生參與各類型的科學競賽，不僅是驗證學習成果的歷程，更是鍛鍊學生科學溝通、團隊合作與創新實踐的重要平台。學生在準備與參與競賽的過程中，能進一步深化其知識應用與實作能力，落實科學素養的核心價值。

三、課程規劃：

課程橫跨整學年，共 48 週，分為三門課：

(一) 小論文專題研究法指導社

(二) 探究與實作課程

(三) 科展指導社

參、研究結果：

一、小論文專題研究法指導社

指導老師蘇政宏老師，參加人數共有 32 人，分成 11 組，各組研究主題，如下：

組別	類別	主題	跨科領域 類別	學習 成果	競賽 成果
第一組	法政類	探討兒童權利公約在 七年級施行之效果	社會、數學、 人權、資訊		
第二組	資訊類	作弊工具對遊戲社群 影響之研究——外掛 與腳本之比較	社會、數學、 資訊		
第三組	資訊類	槍戰競技遊戲外掛防	社會、數學、		

		範技術：玩家反饋與防止策略的探索	資訊	課室觀察、問卷設計、完成小論文、專題報告、參加全國中學生小論文競賽	
第四組	教育類	砸破鐵飯碗，老師請出來	社會、數學、資訊		
第五組	商業類	探討麥當勞行銷產業與經營研究	社會、數學、資訊		
第六組	法政類	探討台灣長照和日本長照的差異	社會、數學、資訊		甲等
第七組	健康與護理類	探討護理人員缺乏的原因和影響	社會、數學、資訊		
第八組	商業類	小眾流行玩具品牌分析—以 Labubu 為例	社會、數學、資訊		
第九組	商業類	星巴克的品牌價值與經營問題	社會、數學、資訊		
第十組	教育類	探討青少年面對同志身分認識的看法	社會、數學、資訊		
第十一組	教育類	探討社會結構下的青春暴力	社會、數學、資訊		

二、探究與實作課

指導老師李如珍老師，參加人數共有 55 人，分成 13 組研究主題，如下：

研究主題	跨科領域類別	學習成果	學習歷程檔案
這杯水你敢喝嗎?	生物、化學、資訊、藝術	科學筆記、實驗設計實作、小組討論、專題報告、科學海報	✓
彈性橡皮筋	物理、生活科技、資訊、藝術	科學筆記、實驗設計操作、模型實作、小組討論、專題報告	✓
金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探	生物、資訊、藝術	科學筆記、實驗設計實作、小組討論、專題報告	✓
校園音樂大師	物理、音樂、生活科技、資訊、藝術	科學筆記、實驗設計操作、模型實作、小組討論、	進行中

三、科展指導社

參加學生共 12 人，分成 4 組，各組研究主題，如下：

類別	主題	跨科領域類別	學習成果	競賽成果
行為與社會科學組第 1 組	探討高中生其社會情緒學習表現對內在動機之影響	社會、數學 資訊科技、 藝術	實驗日誌、實驗設計實作、小組討論、問卷設計、訪談大綱設計、統計分析、科展作品說明書撰寫、科展作品說明板製作、口說發表練習	參加 66 屆第六分區科學展覽比賽榮獲行為與社會科學科特優
行為與社會科學組第 2 組	中學生與 ChatGPT 對話後其對情緒影響之研究	社會、數學、 資訊科技、 藝術	實驗日誌、實驗設計實作、小組討論、問卷設計、訪談大綱設計、統計分析、科展作品說明書撰寫、科展作品說明板製作、口說發表練習	參加 66 屆第六分區科學展覽比賽榮獲行為與社會科學科優等
物理組	阿基米德螺旋對空氣流體發電效能之探討	物理、數學、 生活科技、 資訊科技、 藝術	實驗日誌、實驗設計實作、小組討論、3D 列印模型阿基米德風扇模型、統計分析、科展作品說明書撰寫、科展作品說明板製作、口說發表練習	參加 66 屆第六分區科學展覽比賽獲得工程學科(二)佳作
生物組	探討香草植物其精油與純露對環境中菌落生長狀態之研究	生物、數學、 化學、 資訊科技	實驗日誌、實驗設計實作、小組討論、香草植物精油純露萃取、統計分析、科展作品說明書撰寫、科展作品說明板製作、口說發表練習	參加 66 屆第六分區科學展覽比賽獲得植物學科佳作

四、研究成果總結

從量化數據、實驗日誌、課室觀察及學生實作中，加上訪談資料彙整後結果顯示如下，本計畫從量化數據、實驗日誌、課室觀察及學生實作中，加上訪談資料彙整後，結果顯示如下，修習小論文專題研究法指導社、探究與實作課及科展指導社等三門課的學生，於課程結束後，能展現出以下幾項具體的學習成果：

1. 知識理解與應用能力提升

【跨學科知識整合】理解解決真實世界問題需打破單一學科疆界，進行跨域結合。

【認識論知識的建構】深刻體會科學知識的客觀性需建立在嚴格的變因控制與反覆驗證上。

2. 探究能力與問題解決能力

【動態修正與方案替代】面對研究文獻重疊或非預期挫折時，展現自發性修正變項的彈性。

【異常數據的邏輯除錯】能從實驗環境干擾或統計落差中，批判性地詮釋數據並找出破綻。

3. 情感態度與環境責任意識

【在地與社會議題關懷】選擇具社會共感度之議題（如青春暴力、教師荒、發電綠能），展現多視角思辨與公民決策基礎。

【現代數位科技的理性信念】因應人類世數位環境，將 AI 定位為輔助工具，並具備「查核真實性」的能動性。

4. 科學認同與學習自信建構

【動手實作轉化內在動機】藉由打破傳統講授式教學的實作基地，將抽象學科轉化為成就感與自信。

5. 溝通與表達能力

【數據科學圖像化溝通】掌握「科學溝通」核心，將龐雜數據轉化為低密度、高清晰度的精簡圖表。

【團隊共學與社會協調力】在探究分工中，落實口條表達與小組內的人際溝通協調力。

五、回饋及反思：

1. 從量化數據上顯示，學生的科學素養在統計上未呈現全面性的顯著提升，但各向度均展現出進步的傾向。未達顯著的原因，推測可能與教學介入時間較短（能力內化需要更長的歷程）、樣本數較少有關。
2. 從教室觀察中小組合作，從不斷磨合中找到團隊分工合作的重要性，曾經小組討論規劃分配工作，讓實作進行的更順利。
3. 從課堂中觀察到，學生漸漸能從實作中找到學習的動機及做中學的樂趣。

肆、目前完成進度：

校內探究與實作領域分成三種課程：

一、小論文專題研究法指導社

指導老師蘇政宏老師，參加人數共有 32 人，分成 11 組，各組研究主題，如下：

組別	類別	主題
第一組	法政類	探討兒童權利公約在七年級施行之效果
第二組	資訊類	作弊工具對遊戲社群影響之研究——外掛與腳本之比較
第三組	資訊類	槍戰競技遊戲外掛防範技術：玩家反饋與防止策略的探索
第四組	教育類	砸破鐵飯碗，老師請出來
第五組	商業類	探討麥當勞行銷產業與經營研究
第六組	法政類	探討台灣長照和日本長照的差異
第七組	健康與護理類	探討護理人員缺乏的原因和影響
第八組	商業類	小眾流行玩具品牌分析—以 Labubu 為例
第九組	商業類	星巴克的品牌價值與經營問題
第十組	教育類	探討青少年面對同志身分認識的看法
第十一組	教育類	探討社會結構下的青春暴力

(一)、小論文專題研究法指導社成果：

1. 目前參與者為高中部一年級 32 位學生，共分為 11 組。
2. 學生科學概念量化問卷前測及後測各 1 次。
3. 校外講師及專家學者指導 1 場。
4. 學生成果驗收及期中報告 1 場。
5. 學生小論文主題文獻探討共 11 份。
6. 學生小論文報告共 11 份，參加全國中學生小論文比賽，其中法政組作品獲得甲等。
7. 質性訪談稿資料

(二)、小論文專題研究法指導社成果照片：



老師教授小論文研究法在文獻探討的應用

研究動機撰寫原則

1. 用一個段落來簡述研究動機即可
2. 先說明啟發研究動機的來源 **開門見山!**
3. 根據研究動機的來源說明：(1) 該動機啟發做研究的興趣 ex.書籍
(2) 運用自身的專業來調查研究 ex.英文
(3) 如何整理自身喜愛的議題資料 ex.部落格
4. 最後根據所述的研究動機，試著擬出可能的專題方向

研究動機的來源要「生活化」，
撰寫研究動機言簡意賅地以**單一段敘述**即可

小論文研究動機的撰寫原則



小論文 classroom 期中報告資料繳交



小論文上課課堂討論情形



小論文上課課堂討論情形



小論文研究法期中發表



小論文研究法期中發表



校外講師到校指導



校外講師到校指導

類別	分區	縣市	學校名稱	科別	年級	班級	作者	指導老師	作品標題	名次	操作
法政類	高二	高雄市	私立普門高中	普通科	一	高一忠	張軒綺 曾芋璇 黃喬濱	蘇政宏	探討台灣長照和日本長照的差異	甲等	檢視作品

「探討台灣長照和日本長照的差異」
榮獲法政類甲等

(三)不分組四向度前後測比較分析：

相依樣本 T 檢定：

前測	後測	統計量	自由度	p	平均數差異	差異標準誤
科學本質 (N)總和	科學本質 (N)總和	-0.895	30.000	.189	-0.581	0.649
科學思維 (T)總和	科學思維 (T)總和	-0.646	30.000	.262	-0.419	0.649
科學表徵	科學表徵	-0.822	30.000	.209	-0.645	0.785

(R)總和	(R)總和					
科學合作 (C)總和	科學合作 (C)總和	-1.571	30.000	.063	-1.323	0.842
四向度總 分	四向度總 分	-1.341	30.000	.095	-2.968	2.214

常態性檢定 (Shapiro-Wilk)				
前測		後測	W	p
科學本質(N)總和		科學本質(N)總和	0.966	.424
科學思維(T)總和		科學思維(T)總和	0.971	.548
科學表徵(R)總和		科學表徵(R)總和	0.948	.137
科學合作(C)總和		科學合作(C)總和	0.932	.050
四向度總分		四向度總分	0.985	.931

一、四向度之前後測統計分析：

為了檢視教學介入對學生「科學本質」、「科學思維」、「科學表徵」及「科學合作」四向度科學素養的提升效果，本研究首先進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定，隨後進行前後測的 t 檢定分析，詳細數據彙整如下表：

表 1：科學素養四向度前後測之常態性檢定與 t 檢定摘要表

評量向度	常態性檢定 W	常態性 p 值	t 檢定 值	自由度 (df)	顯著性 (p)	平均數差 異	差異標準 誤
科學本質 (N)	0.966	.424	-0.895	30.000	.189	-0.581	0.649
科學思維 (T)	0.971	.548	-0.646	30.000	.262	-0.419	0.649
科學表徵 (R)	0.948	.137	-0.822	30.000	.209	-0.645	0.785
科學合作	0.932	.050	-1.571	30.000	.063	-1.323	0.842

(C)							
四向度總分	0.985	.931	-1.341	30.000	.095	-2.968	2.214

(註：數據來源自研究結果紀錄；平均數差異若為負值，代表後測分數高於前測分數。)

二、綜合分析與討論：

1. 常態性檢定分析 (Normality Test)

在進行參數檢定前，本研究先針對各向度進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定。結果顯示：

- 科學本質 ($W = 0.966, p = .424$)
- 科學思維 ($W = 0.971, p = .548$)
- 科學表徵 ($W = 0.948, p = .137$)
- 科學合作 ($W = 0.932, p = .050$)
- 四向度總分 ($W = 0.985, p = .931$)

以上各向度及總分的 p 值均大於或等於 .05 的顯著水準，顯示各變項之資料分佈均大致符合常態分配假設，因此適合採用 t 檢定進行後續的前後測差異比較。

2. 前後測差異分析 (t-test)

根據 t 檢定分析結果，探討教學介入前後的表現差異：

- 科學本質、科學思維、科學表徵及四向度總分：此三項個別向度與總分之 p 值均大於 .05 (p 值分別為 .189、.262、.209 及 .095)，未達統計上的顯著水準。然而，其平均數差異值皆呈現負值（分別為 -0.581、-0.419、-0.645 及 -2.968），顯示學生在後測的得分在數值上均高於前測，具備正向發展的傾向。
- 科學合作向度：其檢定結果 ($t = -1.571, p = .063$) 已接近統計顯著水準 ($p < .05$)，且平均數進步幅度達 1.323 分，為各單一向度中進步最明顯者。這反映出本研究之課程設計與教學介入，對於促進學生的團隊合作、互動溝通與共同探究能力，具有實質且正向的影響趨勢。

三、研究結果與建議：

整體而言，雖然學生的科學素養在統計上未呈現全面性的顯著提升，但各向度均展現出進步的傾向。未達顯著的原因，推測可能與教學介入時間較短（能力內化需要更長的歷程）、樣本數較少（自由度 $df=30$ 導致統計考驗力較低）有關。建議未來研究可延長教學實驗週期，或擴大樣本規模，以進一步驗證該教學模式的長期成效。

二、探究與實作課

指導老師李如珍老師，參加人數共有 55 人，分成 13 組研究主題，如下：

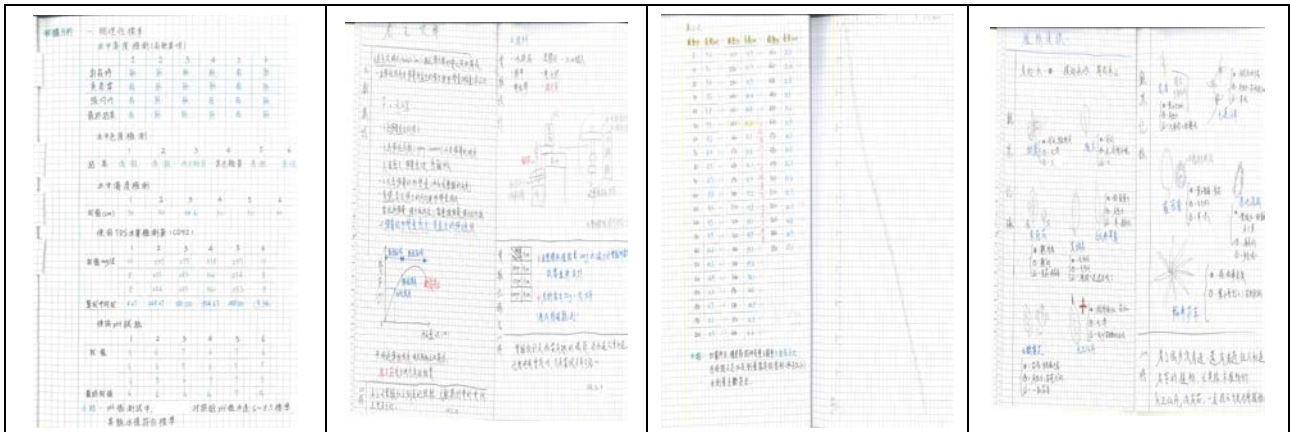
研究主題	跨科領域類別	組別
這杯水你敢喝嗎?	生物、化學、資訊	13組
彈性橡皮筋	物理、生活科技、資訊	13組
金「枝」玉「葉」-植物切片 標本製作初探	生物、資訊	13組
校園音樂大師	物理、音樂、生活科技、資訊	13組

(一)、探究與實作課成果：

1. 目前參與者為高中部二年級 55 位學生，共分為 13 組。
2. 學生科學概念量化問卷前測及後測各 1 次。
3. 學生質性訪談前測及及後測各 1 次。
4. 校外講師及專家學者指導 2 場(預訂 5/28、5/29 辦理)。
5. 學生科學筆記報告 55 本。
6. 科學海報製作 13 份。
7. 學生作品主題探究共 4 個主題，成果簡報已完成 3 個主題，每個主題 13 份報告，已完成 37 份。
8. 質性訪談稿資料

(二)、探究與實作課成果照片：



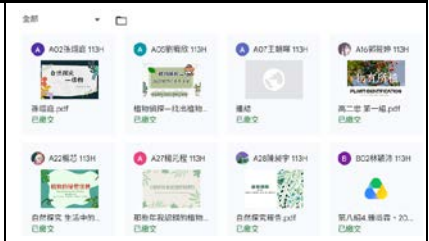
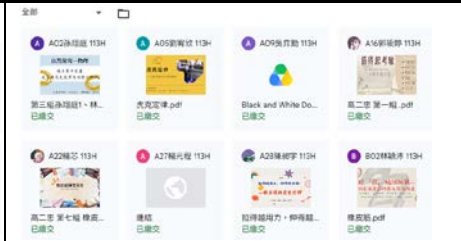


科學筆記-1
這杯水你敢喝嗎？

科學筆記-2
彈性橡皮筋

科學筆記-3
彈性橡皮筋

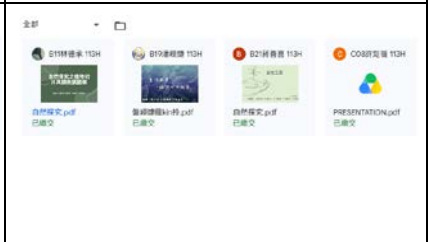
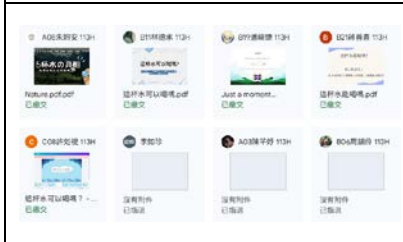
科學筆記-4
金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探



高二忠簡報-這杯水你敢喝嗎？

高二忠簡報-彈性橡皮筋

高二忠簡報-金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探



高二孝簡報-這杯水你敢喝嗎？

高二孝簡報-彈性橡皮筋

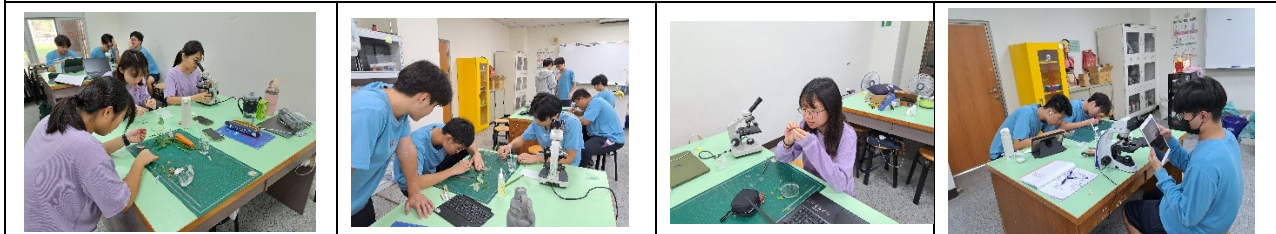
高二孝簡報-金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探



科學海報發表-「這杯水你敢喝嗎？」小組成果發表



這杯水你敢喝嗎?實作



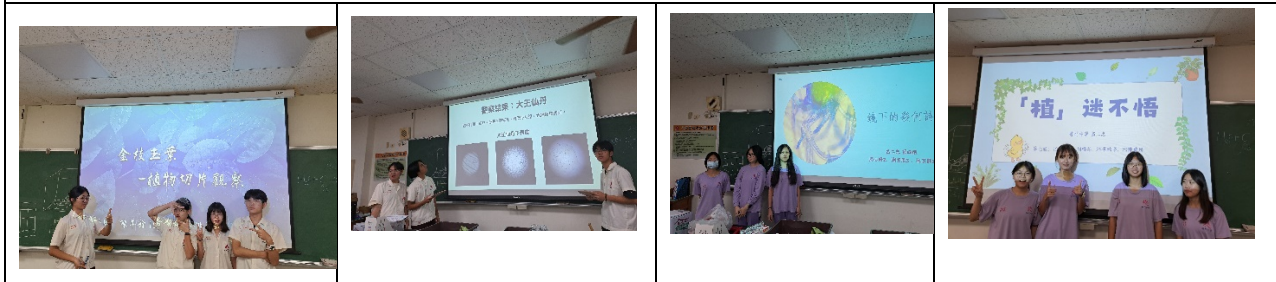
金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探實作



彈性橡皮筋實作



校園音樂大師實作



金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探-小組成果發表



彈性橡皮筋-小組成果發表

(三)問卷前後測

高二女生前後測分析

成對樣本 T 檢定

			統計量	自由度	p	平均數 差異	差異標 準誤
科學本 質(N)總 和	科學本質 (N)總和 2	Wilcoxon W	186.000 ^a	24.000	.155	1.082	1.568
科學思 維(T)總 和	科學思維 (T)總和 2	Wilcoxon W	91.000 ^b	24.000	.252	1.000	0.809
科學表 徵(R)總 和	科學表徵 (R)總和 2	Student' s t	1.703	24.000	.051	1.960	1.151
科學合 作(C)總 和	科學合作 (C)總和 2	Wilcoxon W	150.500 ^d	24.000	.046	2.500	1.496
Total	Total2	Wilcoxon W	211.500 ^a	24.000	.041	5.000	4.293

備註. $H_a \mu_{\text{測量1}} - \mu_{\text{測量2}} > 0$

^a 1 對數值為同值 (tied)

^b 8 對數值為同值 (tied)

^d 5 對數值為同值 (tied)

常態性檢定 (Shapiro-Wilk)

		W	p
科學本質(N)總和	- 科學本質(N)總和 2	0.796	<.001
科學思維(T)總和	- 科學思維(T)總和 2	0.841	.001
科學表徵(R)總和	- 科學表徵(R)總和 2	0.948	.224
科學合作(C)總和	- 科學合作(C)總和 2	0.863	.003
Total	- Total2	0.795	<.001

備註. 低 p 值表示可能違反了常態性假設

描述統計

	樣本數	平均數	中位數	標準差	標準誤
科學本質(N)總和	25	33.720	34	4.228	0.846
科學本質(N)總和 2	25	31.840	33	5.956	1.191
科學思維(T)總和	25	27.640	27	5.090	1.018
科學思維(T)總和 2	25	26.920	28	4.122	0.824
科學表徵(R)總和	25	28.360	28	5.400	1.080
科學表徵(R)總和 2	25	26.400	26	4.555	0.911
科學合作(C)總和	25	33.680	33	5.505	1.101
科學合作(C)總和 2	25	30.920	32	6.337	1.267
Total	25	123.400	124	16.161	3.232
Total2	25	116.080	115	16.721	3.344

一、各素養向度之敘述統計

1. 科學本質(N)

女生的科學本質平均分數在後測下滑了 1.88 分，中位數也下降了 1 分，標準差從 4.228 擴大至 5.956，顯示在經過探究與實作課程後，女生在科學本質理解上的個別差異變大了。

2. 科學思維(T)

科學思維的平均分數在後測下滑了 0.72 分，中位數上升 1 分，標準差從 5.09 縮小至 4.122，代表女生在後測時的科學思維分數分布較趨集中。

3. 科學表徵(R)

科學表徵的平均分數在後測下滑 1.96 分，中位數下降 2 分，標準差由 5.4 降至 4.555，顯示女生的科學表徵能力得分分布在後測時變集中了。

4. 科學合作(C)

科學合作是四大向度中平均分數下滑最多的項目，共減少 2.76 分，標準差也由前測的 5.505 擴大至 6.337，說明女生在後測時，科學合作特質的個體差異也明顯增加了。

5. 整體總分(Total)

也許是受到各向度分數的影響，整體科學素養總分平均數在前、後測之間共下滑 7.32 分，中位數也下滑 9 分，整體標準差的變動幅度不大（從 16.161 微增至 16.721），代表整體分數的離散程度與前測大致相近。

二、總體敘述趨勢總結

從上述純描述性統計的數字對比中，可以為這群高二女生歸納出以下三個主要的表現特徵：

1. 不論是前測還是後測，四個向度中均以科學本質及科學合作的得分較高，科學思維或科學表徵的分數則相對較低。但若將前測與後測對比，所有分向度及總分的平均值在數值上皆呈現不同程度的下滑趨勢。
2. 學生的得分離散程度在不同向度上展現出不同發展情況，科學本質與科學合作在後測時標準差變大，顯示這兩項能力的個體間差異加劇；而科學思維與科學表徵的標準差則在後測時縮小，顯示女生在這兩項能力的得分上變接近了。
3. 經過常態性檢定以及單尾成對樣本 T 檢定，發現女生在科學合作及整體總分的部分皆達到了顯著的衰退，而在科學表徵上也逼近顯著退步邊緣(.051)，雖然科學合作的分數依然高於科學思維及科學表徵，但卻也代表女生在此向度衰退最多，值得後續研究時持續關注。

三、結論

結果顯示，本教學活動對受試者之整體學習成效尚未發揮預期效果。進一步而言，研究結果亦反映出合作學習與科學表徵等面向可能為受試者學習過程中的關鍵限制因素，未來在

課程設計與教學實施上，可能需特別關注學生在合作互動、表徵轉換及學習支持方面的需求
四、建議

1. 未來可延長時間，並增加課程活動次數，使學生有更充分的練習與機會。
2. 擴大樣本範圍，並將不同性別、年級或背景之學生納入分析，以提升研究結果之代表性。
3. 結合質性研究方法，如訪談、課堂觀察或學習單分析，以深入了解學生在合作學習過程中的實際困難。
4. 加強科學合作歷程之引導，並提供更明確的學習鷹架，以協助學生提升整體科學素養表現。

高二男生前後測分析

成對樣本 T 檢定

		統計量	自由度	p	平均數 差異	差異標 準誤	
科學本 質(N)總 和	科學本質 (N)總和 2	Wilcoxon W	185.000 ^a	.323	1.000	1.065	
科學思 維(T)總 和	科學思維 (T)總和 2	Student's t	-0.343	26.000	.734	- 0.370	1.080
科學表 徵(R)總 和	科學表徵 (R)總和 2	Student's t	0.156	26.000	.877	0.185	1.185
科學合 作(C)總 和	科學合作 (C)總和 2	Student's t	-0.640	26.000	.528	- 0.741	1.157
Total	Total2	Student's t	-0.171	26.000	.866	- 0.556	3.254

備註. $H_a \mu_{\text{測量1}} - \mu_{\text{測量2}} \neq 0$

常態性檢定 (Shapiro-Wilk)

		W	p
科學本質(N)總和	- 科學本質(N)總和 2	0.884	.006
科學思維(T)總和	- 科學思維(T)總和 2	0.977	.796
科學表徵(R)總和	- 科學表徵(R)總和 2	0.982	.895
科學合作(C)總和	- 科學合作(C)總和 2	0.971	.636
Total	- Total2	0.946	.171

備註. 低 p 值表示可能違反了常態性假設

描述統計

	樣本數	平均數	中位數	標準差	標準誤
科學本質(N)總和	27	33.148	34	5.702	1.097
科學本質(N)總和 2	27	32.778	32	3.598	0.693
科學思維(T)總和	27	30.148	30	6.591	1.268
科學思維(T)總和 2	27	30.519	31	5.374	1.034
科學表徵(R)總和	27	30.185	29	5.226	1.006
科學表徵(R)總和 2	27	30.000	29	5.008	0.964
科學合作(C)總和	27	31.704	31	5.992	1.153
科學合作(C)總和 2	27	32.444	32	4.255	0.819
Total	27	125.185	126	20.947	4.031
Total2	27	125.741	128	14.341	2.760

本表以 27 位高二男生為研究對象進行前後測比較。根據統計結果顯示，各向度與總分在前後測之間變化幅度有限，其中科學本質因違反常態性檢驗，故使用無母數檢定，但檢定後 p 值依舊大於 .05，顯示科學本質向度在前後測比較上依然未達到顯著差異。

推論統計結果，由於科學本質、科學思維、科學表徵、科學合作及總分之前後測差異皆未達顯著水準，表示高二男生在參與課程後，四向度與整體表現並未產生統計上的顯著變化。另就常態性檢定結果觀察，僅科學本質之差值未符合常態分配，其餘向度與總分皆符合

常態假設，因此本表綜合母數和無母數檢定結果進行解讀，其結論皆一致指出前後測表現未出現顯著差異。

綜合上述分析可知，高二男生在前後測之間整體表現大致穩定，顯示本計畫短期內對其科學素養之提升效果有限。雖然科學思維與科學合作在平均數上有些微上升，但變化幅度不足以達到統計顯著水準，反映出教學活動或學習歷程可能尚未充分促進學生在相關向度上的明顯成長。此一結果顯示，若想有效提升高二男生之科學素養，未來教學設計可能需要更長時間的累積與更具系統性的課程安排。

此外，從各向度的變化情形來看，男生在科學本質與科學表徵上的分數略有下降，可能與先備知識及圖表訓練不足有關，雖未達到顯著差異，但也顯示出其在科學概念理解與表徵轉換方面仍可能存在進一步強化的空間；相較之下，科學合作雖有些微提升，但提升幅度有限，或許和課堂合作任務的深度、學生參與程度或合作學習策略的有效性有關。未來研究可考慮透過更明確的合作學習引導、增加實作與討論機會，進一步檢驗其對學生學習成效的影響。

整體而言，本次研究統計結果顯示，高二男生在前後測中未呈現顯著差異，反映出本課程尚未對其整體科學素養造成明確改變，後續研究擬結合不同教學策略與更長期的追蹤，以探討男生在科學素養各向度上的發展軌跡與可能的影響因素。

三、科展指導社

參加學生共 12 人，分成 4 組，各組研究主題，如下：

組別	題目	指導老師
第一組	探討高中生其社會情緒學習表現對內在動機之影響 榮獲特優(可以代表高雄市參加全國賽)	蘇政宏
第二組	中學生與 ChatGPT 對話後其對情緒影響之研究 榮獲優等	柯麗妃
第三組	阿基米德螺旋對空氣流體發電效能之探討 獲得佳作	南鳳瑋
第四組	探討香草植物其精油與純露對環境中菌落生長狀態之 研究 獲得佳作	李如珍

(一)、科展指導社成果：

1. 目前參與者為高中部二年級 12 位學生，共分為 4 組。
2. 學生科學概念量化問卷前測及後測各 1 次。
3. 校外講師及專家學者指導 2 場。
4. 學生成果驗收及期中報告 1 場。
5. 學生作品說明書共 4 份。

6. 質性訪談稿資料

(二)、科展指導社成果照片：

			
行為與社會科學科	行為與社會科學科	工程學科(二)	植物學科
探討高中生其社會情緒學習表現對內在動機之影響	中學生與 ChatGPT 對話後其對情緒影響之研究	阿基米德螺旋對空氣流體發電效能之探討	探討香草植物其精油與純露對環境中菌落生長狀態之研究
特優	優等	佳作	佳作

			
66 屆科學展覽作品說明書海報說明板			
			
66 屆科學展覽參賽學生口說發表練習			

			
<p>專家演講啟發學生 在科學研究議題延 伸</p>	<p>透過華藝線上圖書館 找尋整理文獻探討</p>	<p>科展學生與老師討 論研究進度</p>	<p>指導老師指導科展學生 口說練習</p>
			
<p>「阿基米德螺旋對空氣流體發電效能之探討」實作</p>			
			
<p>自製扇葉再用固定 風吹使燈泡發亮</p>	<p>用 3D 列印製作阿基米 德扇葉</p>	<p>自製阿基米德扇葉 測試是否可以轉動</p>	<p>3D 列印阿基米德扇葉 成品(4cm*4cm)</p>
			

「探討香草植物其精油與純露對環境中菌落生長狀態之研究」實作			
			
香草植物植物切片	實驗用培養皿製作	食農園區摘取實驗植物	觀察紀錄真菌生長情形
			
「探討香草植物其精油與純露對環境中菌落生長狀態之研究」實作			

伍、預定完成進度：

研究主題	跨科領域類別	小組成果報告日期	主題簡報繳交日期	科學筆記繳交日期
這杯水你敢喝嗎?	生物、化學、資訊	114.12.25	114.11.13	114.12.20
彈性橡皮筋	物理、生活科技、資訊	115.1.8	115.1.13	115.1.10
金「枝」玉「葉」-植物切片標本製作初探	生物、資訊	115.4.16	115.3.12	115.4.12
校園音樂大師	物理、音樂、生活科技、資訊	預定6/11、6/18 小組成果報告	預 定 115.6.24 前繳交	預 定 115.6.20 前繳交

陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

一、小論文專題研究法指導社：

1. 部分學生對於探究與實作概念尚未熟悉，在課程初期可能面臨焦慮與緊張的情緒，或受到組員間學習程度的差異性影響而較為失落。

2. 遇到連假及學校活動，或學生因個人因素請假時，進度可能因此受到影響，因此將晤談時間安排在學期末，作為後續質性研究資料。
3. 針對學生是否能達成符合 108 課綱「自、動、好」以及 PISA 2025 科學素養的學習成效，可能需有更全面及長期的評量方式。
4. 在本次研究過程中，雖已完成研究主題規劃、問卷調查及資料分析等工作，但實際執行時仍遭遇許多困難與挑戰。首先，在文獻蒐集階段，由於相關資料數量龐大且內容繁雜，初期較難快速篩選符合研究主題之資料，因此研究者透過關鍵字搜尋、整理摘要及分類文獻等方式，提高資料蒐集效率與研究方向之明確性。
5. 在問卷設計與發放過程中，曾遇到題目敘述不夠明確、填答者理解不同，以及問卷回收率不足等問題。為提升問卷品質，研究者透過請教師長、同儕討論及預試修正問卷內容，使題目更加清楚易懂；同時也透過線上與紙本並行方式增加回收效率，以提升有效問卷數量。
6. 在統計分析過程中，由於對 EXCEL 及 google 表單操作與統計方法理解尚不熟悉，初期容易出現資料輸入錯誤或分析結果判讀困難之情形。研究者後續透過查閱教學資料、請教老師及反覆練習統計操作，逐步提升資料分析能力與研究品質。
7. 綜合本次研究經驗，建議未來研究者可提早規劃研究時程，並加強文獻閱讀與統計分析能力，以提升研究效率與內容完整性。同時，也可擴大研究樣本與研究範圍，增加研究結果之代表性與參考價值。

二、探究與實作課：

學生上課有時會違規使用筆電或平板，讓老師會有壓力。

三、科學指導社：

(一)社會組 1：探討高中生其社會情緒學習表現對內在動機之影響

在本研究探討社會情緒學習 (SEL) 的過程中，研究團隊面臨了一些執行上的挑戰與限制，需要在過程中不斷調整方法。首先，在問卷蒐集階段，因 SEL 涉及學生的情緒、自我

覺察與人際互動等較主觀的感受，一部分學生填答態度較為保留，可能造成資料偏差。為改善此問題，本研究透過老師講解問卷內容，並在問卷開頭加入簡短說明，強調資料僅用於研究，使學生更願意誠實填答，提升資料的真實性與可靠度。

其次，在問卷設計方面，由於 SEL 的五大構面概念較抽象，學生理解程度不一，導致部分題項在預試階段出現誤解或回答不一致的情形。為解決此問題，本研究在預試後調整題日用語，將抽象情緒詞彙改為更貼近學生生活的描述，例如以「我遇到挫折時會試著冷靜下來」取代模糊的「我能管理自己的情緒」，使問卷更具可理解性。此外，本研究整理文獻並討論學校實際實施過程，透過題目提升量表的信度。

在資料分析階段，也出現 SEL 各構面之間差異度不大的情況，使研究結果不易呈現明顯趨勢。研究團隊因此加入交叉分析與背景變項比較，例如性別、年級、組別差異，以補強分析深度，並找出更具意義的結果。

整體而言，本研究發現 SEL 能力確實受到學生生活經驗、班級氛圍與人際互動品質的影響。可以導入更多與情緒覺察、人際合作相關的課程活動，如團隊任務、情緒表達練習與班級討論時間，以提升學生在 SEL 五大核心能力的表現。未來研究也可加入教師訪談或行為觀察，以補足問卷資料的限制，使研究結果更全面。

(二)社會組 2：中學生與 ChatGPT 聊天是否能釋放焦慮情緒

收集完問卷之後，遇到一些數據完整性的問題。有時候也會需要處理一些不完整或異常的答案。

在設計問卷時我們擔心有些受試者可能因為覺得問卷題目較多、填寫時間較長或中途分心，而沒有把所有題目完整作答。例如漏填部分題目、只填前測沒有完成後測，或主觀評論題沒有回答。這些缺失資料會影響後續統計分析，甚至可能導致部分問卷無法使用，降低研究的有效樣本數。

而本研究需要比較與 ChatGPT 對話前後的情緒變化，因此如果受試者前後測資料不完整，就無法進行配對分析，也會影響研究結果的準確性。

在經過搜尋與討論後，我們將問卷設計成 Google 表單，並使用「必填功能」，讓受試者若未完成某題就無法送出表單，以避免漏答情況發生，也更加環保。同時，在施測前也先向同學說明研究流程與填答的重要性，提醒大家需要完整完成前測、聊天與後測三個部分，才能讓研究結果更準確。

(三)物理組：藉由電磁感應減少風力發電機組摩擦力提升發電效益

1. 如何控制磁鐵浮力的穩定，購買的磁力版磁場分布不均，無法形成均勻的平行磁場。

解法：目前暫時擱置，先專注於風力方面，未來可以先嘗試以德系 EMS 磁浮列車原理來重新設計。

2. 如何製作阿基米德扇葉。初始，使用壓克力片嘗試製作，但結構穩定性不足，且變因過多無法精準控制。

解法:因此轉為以 3D 列印來製作符合需求的扇葉

3. 研究者對 3D 列印建模方面基礎不足，且阿基米德扇葉結構較複雜，難以順利建模。

解法:使用現有公開模型，再自行更改參數以符合實驗需求。

4. 馬達軸徑、與軸長與目前列印的扇葉不符。

解法:調整扇葉模型，抑或購買軸長更長，軸徑更小的馬達。

5. 本研究透過 Blender 軟體製作阿基米德螺旋扇葉之建模，但因技術、材料與時間等問題無法比對更多變因下扇葉的發電情形，未來可往更改扇葉材質等方向進行探討，找出兼顧成本、發電效益、堅固耐用以及適用於更廣面向環境的阿基米德螺旋扇葉。

6. 本研究發現改良後的阿基米德螺旋比最初的螺旋模型有著更高的發電效率，推論改良後的模型因風不易從旁邊散失，可以更大程度上的利用風能，所以未來可嘗試調整扇葉彎曲弧度分析曲率對發電效能的影響，尋找風力分力與風能散失兩項因素最佳的平衡點。

7. 透過計算扇葉在不同風向下的受風表面積和在不同變因組別下的扇葉旋轉速度，求出風能功率、風車效率、機械效率，並計算出不同阿基米德螺旋扇葉在不同變因下的發電效率，互相比較求出最具發電效益的風力發電扇葉。

8. 在列印扇葉模型時，因為其構型特殊，遇到許多困難。

(1)原本沒有開支撐，會有亂噴的情形。

(2)3D 列印層高 0.2mm 時模型紋路太明顯，後來改成全部 0.1mm，但太薄的扇葉列印速度太快的時候會歪掉，最後改底層 0.2mm、其餘上面部分 0.1mm，列印速度 50%。

(3)改成普通支撐後發現不好拆除，再改成樹狀支撐。

(4) 支撐一部分改為用樹狀支撐、一部分用網格支撐(薄的扇葉)。

(5) 後來還是有殘留，嘗試使用 AMS 自動供料系統，用 PVA 水溶性材料當作支撐原料，試試看能不能減少殘留。

(6) 水溶性 PVA 材料不好使用，嘗試自行繪製手動支撐，減少支撐與扇葉接觸面之間的面積來避免殘留影響實驗結果。

(四)生物組：探討香草植物其精油及純露抑制真菌之成效

在本研究在實驗設計的過程中，不斷地遇到困難，但也能透過不斷的文獻探討及指導老師的指導，一直不斷的解決困難，滾動修正實驗步驟，遭遇之困難與解決方法，分三部分說明：

1、香草植物切片：使用徒手切片法。

複式顯微鏡植物切片玻片標本，必須要切到夠薄才能透光，但是剛接觸植物切片時學生無法切成薄片，透過不斷練習，慢慢可以透光觀察並紀錄之。植物的莖部的切片則比葉片簡單，但是澳洲茶樹為小小的針葉又薄，無法切片，尚未解決，經文獻搜尋，可用紅蘿蔔輔助夾住茶樹葉片試切。

染色部分原本用亞甲藍液但無法分辨出油腺細胞的位置，經文獻搜尋油紅染劑，可以染油脂細胞，植物切片標本將重新改用油紅染劑染色，試著找出五種香草植物精油儲存的位置。

2、香草植物精油純露蒸餾製作：

剛開始對純露製造機使用操作不熟悉，導致冷凝效果不佳，產量不高。經過與製造廠工程師聯絡請益後，逐步改善操作細節加以改善。

解決方法：必須確保自來水進入，能與溫水置換流出，才能增加冷凝效率，增加產量。

3、培養皿中真菌菌落面積的計數不易，本預定用量尺測量其直徑加以換算成面積，但真菌菌落長成非圓形，為不整形，難以計算。

解決方法：改用等距離等倍數相機拍攝培養皿真菌生長現象，再用電腦軟體加以計算其面積。

4. 組員間溝通不順，對工作分配沒有共識，常有一件事不知道該誰做擱置的情況；經過幾次的討論和指導老師的叮嚀後，各項工作在科展群組發布出來會指名負責同學，若有問題再由其他人協助。

5. 因觀察切片所需，組員第一次接觸油紅染劑，操作上沒有頭緒；經過上網查詢使用步驟與反覆實作，才逐漸掌握染劑正確用法。

6. 在採摘植物時組員常受蚊蟲、荊棘的影響，經常過敏、皮膚紅腫癢痛；後嘗試事先在身上噴灑或塗抹驅蟲精油、藥膏，並穿著長袖、較厚實衣物進行摘採，狀況即大幅改善。

柒、參考資料：

吳木崑（2009）。探究式教學策略對國中生學習態度與學習成效之影響。國立高雄師範大學教育學系碩士論文。

- 洪萱芳、顏瓊芬、張妤萍、洪韶君 (2016)。探究與實作課程設計對高中生科學素養的影響。科學教育學刊, 24(1), 65-94。
- 徐振雄 (2009)。跨領域學習與人才培育的理念與策略——以視域融合為基礎的探討。教育資料與研究雙月刊, 83, 1-24。
- 陳盈如、左太政、劉嘉茹(2022)。PISA 視角下：數學素養概念架構與量表工具之發展與驗證。科學教育學刊, 30(2), 121-147。
- 張仁家、林癸妙 (2019)。跨域整合與素養導向：STEM/STEAM 教育趨勢解析。高等教育出版社。
- 張玉成 (1999)。科學教學中提問策略的探討。《科學教育學刊》，7(2)，65-80。
- 國家教育研究院(2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校——自然科學領域。
- 謝甫佩、洪振方 (2004)。探究教學與科學學習成就之關係。科學教育學刊, 12(3), 243-272。
- Borich, G. D. (1992). *Effective teaching methods* (3rd ed.). Merrill.
- Coffey, H. (2008). Project-based learning. Learn NC. Retrieved from <https://www.learnnc.org/>
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Goos, M. (2004). Learning mathematics in a classroom community of inquiry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(4), 258-291.
- Hand, B., Prain, V., & Yore, L. D. (2001). Sequential writing tasks' influence on science learning. In D. Klahr & S. Carver (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 105-126). Lawrence Erlbaum Associates.
- Martin, D. J., Sexton, C. M., Wagner, K., & Gerlovich, J. A. (1998). *Teaching science for all children: Methods for constructing understanding* (2nd ed.). Allyn & Bacon.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1994). Enacting project-based science: Experiences of four middle grade teachers. *The Elementary School Journal*, 94(5), 517-538.
- Merrill, C., & Daugherty, J. (2009). The future of STEM education: Challenges and opportunities. *Technology and Engineering Teacher*, 68(4), 24-29.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *Global competency for an inclusive world*. OECD Publishing.
- Pérez-Torres, A., Olvera-Lobo, M. D., & Gutiérrez-Artacho, J. (2020). The integration of STEM education in Europe: An analysis of scientific production from 2007 to 2017. *European Journal of Engineering Education*, 45(4), 516-533. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1688256>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Polman, J. L. (2000). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. Teachers College Press.

- Program for International Student Assessment (PISA). (2015). Draft science framework. OECD Publishing.
- Rico, M., Solís-Espallargas, C., & García-Hernández, C. (2021). STEM literacy as a new literacy: Transforming learning practices in the 21st century. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00285-3>
- Siegel, M., Borasi, R., & Fonzi, J. (1998). Supporting students' mathematical inquiries through writing. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(4), 378–413.
- Stokols, D. (2018). Training the next generation of transdisciplinary scientists: A response to "The science of team science." *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2), S278–S284. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.06.010>
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Autodesk Foundation. Retrieved from <http://www.bie.org>
- Wilhelm, J., Sherrod, S. E., & Walters, K. (2008). Deepening comprehension with action strategies: Role plays, text-structure tableaux, talking statues, and other enriching strategies. Scholastic.
- Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy—Empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 291–314.

捌、問卷：

高中學生探究與實作經驗問卷

親愛的同學您好：

感謝您填寫這份問卷，這是一份調查「高中學生探究與實作經驗」的學術研究問卷，主要是想瞭解影響高中學生探究與實作的因素。本問卷所得的結果僅供學術研究用，不作其他用途，也不納入學業成績計算，請您放心。請您仔細閱讀以下問題後，再根據您個人的實際狀況填寫。您提供的寶貴意見，將會使本研究更有價值。謝謝您的協助！祝您健康快樂！

國立高雄師範大學環境教育研究所

蔡執仲 博士

研究生：鄭逸修 敬上

【填答說明】

※問卷為雙面列印，共 4 頁，作答時請注意。

※每題沒有最正確的答案，請依照您本身的想法填寫。

基本資料

我們需要一些您個人的基本資料，以便研究者進一步分析及瞭解所獲得的數據，您回答的資料，研究者將予以保密，請安心回答，謝謝您！

1. 姓名： _____
2. 班級： 一年 _____ 班
3. 座號： _____ 號
4. 生理性別： 男 女
5. 是否願意接受訪談：是 否

~ 作答開始，祝您填答順利 ~

下列是一些關於對探究與實作看法的問題，請選出自己所認同的想法在□中打勾

題目	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
(一) 科學本質					
1. 我認為科學知識源自於對日常生活的觀察與猜想。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我認為科學知識有助於我們對生活周遭的瞭解。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我認為科學知識是經過嚴謹的邏輯過程驗證而來的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我認為科學知識會受到科技進步而改變，是持續發現與修正的過程。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我認為科學知識是由精確和不變的事實組成，具有規則和公式。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 我認為科學知識是一套有系統的程序與步驟形成的知識。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我認為新的科學知識應該經由公開、清楚地發表。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我認為有關科學知識的爭議需要透過科學家們互動，來促進科學理論發展。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(二) 科學思維					
1. 我會用科學方式解釋現實生活中的情境或問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我會運用科學方法解決日常生活中的問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我會比較和評估解決現實世界問題之科學方案的合理性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我會從不同觀點思考科學問題，以尋找最佳解決方案。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我會將學過的科學知識應用在新的情境中。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 我會連結過去的經驗詮釋類似的科學問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我會仔細驗證科學假設，進而使用科學方法進行實驗獲得正確的結論。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我會反思科學論點、解釋和證明結果的合理性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

題目	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
(三) 科學表徵					
1. 我會識別現實世界問題或情況中的科學現象(包括對應的科學概念)。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我會簡化生活中的情況或問題，使其能夠運用科學理論分析。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我會從生活情境中的問題尋找相關的科學概念。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我會使用適當的科學方法觀察分析生活情境中的問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我會以不同的提問與定義來理解生活情境中的問題，並做出適當假設。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 我會解釋生活情境中的問題與科學理論之間的關係。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我會將生活情境中的問題進行實驗設計並解決問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我會使用適當的工具(例如：PH值計、空氣品質檢測儀器、試劑)來檢測遇到的問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(四) 科學合作					
1. 我能與人分享自己所蒐集到的科學相關資料。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我能接受他人對我的科學觀點所提出的評論。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我能與他人互助合作來解決科學相關問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我能在合作中接納並瞭解他人的科學觀點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我能與同學分享不同的科學觀點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 我能和同學進行科學相關議題的討論與協商。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我能考慮團隊目標與他人合作以解決科學問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我能從合作中學習到不同的科學觀點並獲得啟發。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(二) 質性問卷

質性訪談問卷

1. 你在日常生活中遇到需要多種領域的知識才能解決問題的經驗是什麼？
2. 你如何評估一篇文章或新聞報導的真實性？
3. 你認為跨領域知識的學習方式如何幫助我們做出不同的決策和行動？
4. 目前人工智慧正屬於日漸發展的階段，請問 AI 工具對於你的學習產生的改變為何？
5. 在設計探究實驗時，你如何選擇適當的變項？
6. 你如何調整實驗設計，以提升數據的準確性及可信度？
7. 在簡報製作階段中，為使他人容易理解科學概念，你如何選擇適當的數據呈現方式？
8. 你認為科學知識是如何建立的？可信度應如何判斷？
9. 在處理大量實驗數據時，你會如何檢查可能的錯誤？
10. 當數據對於假設無法呈現有效結果時，你如何決定是否需要進一步實驗來驗證結果？