

教育部
108年度中區中小學科學教育專案
成果報告書

計畫編號：137

計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之教學研究

執行單位：南投縣光華國小

指導單位：國立彰化師範大學科學教育中心
南投縣政府教育處

中華民國109年8月

核定公文



南投縣政府 函

地址：54001南投市中興路660號
承辦人：候用校長 曾章榮
電話：2222106#1372
電子信箱：t019222eip@webmail.nantou.gov.tw

受文者：南投縣南投市光華國民小學

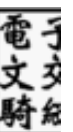
發文日期：中華民國108年9月16日
發文字號：府教學字第1080203998號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：

附件：如說明四（376480000A_1080203998_ATTACH1.pdf、
376480000A_1080203998_ATTACH2.pdf、376480000A_1080203998_ATTACH3.pdf、
376480000A_1080203998_ATTACH4.pdf）

主旨：核定貴校辦理108學年度中小學科學教育計畫專案補助經費如附件，請依說明辦理，請查照。

說明：

- 一、依據教育部國民及學前教育署108年7月26日臺教國署高字第1080082748號函辦理。
- 二、為達計畫執行成效，本案請學校按實際業務需求，惠允相關人員公(差)假及課務排代，以出席或執行相關業務工作。並依「教育部國民及學前教育署專案補助中小學科學教育計畫申請作業要點」第8點規定，將期中、期末及研究成果，寄送國立彰化師範大學科學教育中心。
- 三、本計畫案執行期間自108年8月1日至109年7月31日止，請依「教育部補（捐）助及委辦經費核撥結報作業要點」於計畫結束後二週內檢附領據、經費結報表函報本府核銷；至



教務處 收文:108/09/16



1080003299

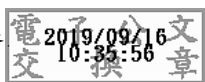
有附件

學年度研究成果報告(書面告1式2份及電子檔光碟1份)，請於109年8月31日前函送負責輔導學校之科學教育中心彙整。

四、檢附各校108學年度中小學科學教育專案計畫審查一覽表及通過審查之學校經費核定表，請受補助學校計畫主持人參酌建議，修正計畫後辦理；另未獲補助者，供爾後修正計畫之參考。

正本：南投縣南投市漳興國民小學、南投縣立延和國民中學、南投縣水里鄉郡坑國民小學、南投縣南投市光華國民小學、南投縣立信義國民中學、南投縣立民和國民中學

副本：南投縣政府教育處



裝

訂

線



申請計畫



教育部 108 年度中區中小學科學教育專案計畫

一、計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之實務研究

二、研究計畫之背景及目的：

STEM 是美國總統歐巴馬在 2012 年提出的美國教改重點，(此後有人加上了 A 的概念，以強調科技不能摒除人性與藝術)，自此 STEAM 風行全世界。2015 年美國國會制定發布「STEM 教育法」，美國更於 2016 年發布了未來十年 STEM 的發展願景與建議。STEAM 強調跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習等五大精神，強調的是科學、科技、工程、數學、藝術五大領域的整合性能力，這五大精神、五大領域的整合性能力被美國列為未來的國家發展政策，也被各國專家普遍認為是 21 世紀需具備的重要技能。Becker 與 Park 在 2012 針對不同教育階段以 STEAM 課程介入之發現可發現小學階段的的效果最佳。而整合性的 STEAM 課程設計精神事實上也與我國即將運行的 108 年新課綱所強調的素養導向精神。

因此自 107 學年度開始，本校資優班與清華大學之 STEAM 團隊合作，進行課程開發與教師培訓，過程中採用清華 STEAM 學校課程與教學活動設計的基本架構，該架構強調課程之教學活動設計必須以「科學」或「數學」概念為學習核心，透過科技、藝術設計與工程引起學生學習興趣及動機。此架構主要參考「5E 學習環(5E learning cycle) (Trowbridge & Bybee, 1990)，以及美國 Stanford 史丹佛大學之「d. school」以及知名設計公司 IDEO 執行長 Tim Brown 提出的「設計思考(design thinking)」的理念，共包含五個教學階段：「參與」、「探索」、「解釋」、「精緻延伸」、「評鑑」(如圖一)，而每個階段都有其教學活動重點(<http://ec.web.nthu.edu.tw/>)。



圖一 清華 STEAM 學校課程教學活動設計架構

從該架構中的各階段內容可知，生活經驗學習以及實際生活的問題解決能力應是 STEAM 最後希望導引學生前往的目標。也因此，問題解決能力應該可作為

STEAM 課程實施成功與否的評鑑觀點。但從文獻當中可發現，目前的 STEAM 課程多處於嘗試階段，除了缺乏足夠的實證研究支持外，也缺乏相關的測驗工具。在我國則是經由各方的努力，逐漸發展出不同的套裝教材，但仍難以驗證 STEAM 學習方法對於學生的心智發展影響程度如何。

綜合上述論述，本研究將參考美國中小學整合性 STEAM 學習方法並配合鄉土特色設計課程方式，應用 STEAM 課程於國小資賦優異學生，並探究整合性的 STEAM 課程對於國小資優生問題解決能力的影響為何。

三、研究方法、步驟及預定進度：

（一）研究設計與對象

本研究採用準實驗研究設計，以國小通過南投縣鑑定輔導會所通過之四到六年級一般學術性向 20 位資賦優異學生為對象，並以同樣數量的普通班學生作為對照組進行介入效果比較。

（二）研究步驟及工具

本研究之步驟可大致分為四個階段

第一階段：課程設計階段

本研究預計自計畫核定日起至 8 月中，以光華 STEAM 學校 5E 學習環的架構進行課程設計，課程設計內容以自然科學領域之植物觀察為基礎，由四位國小資優班教師所組成之團隊進行 20 節課程的發想設計，課程設計過程將與清華 STEAM 學校團隊進行聯繫與討論，以確保整性課程內容符合 STEAM 課程之架構。擬規劃課程單元主題、目標及節數如下表 1。

表 1 預定課程單元主題；目標及結束一覽表

單元主題	單元目標	節數
校園尋寶	認識及觀察校園植物時，發現諸多校園樹木有果實，要展開校園尋寶活動，將這些樹木果實找出來。	3 節
種子發芽	將找到的果實種植種子盆栽，每人負責培育及照顧一盆種子，實驗、記錄及觀察它發芽、生長狀況及影響因素。	3 節
成長密碼	將種子發芽所記錄的數據以實驗的方式進行驗證，從土量、土質、澆水量及間隔等因素進行準確的數字分析，推估出影響的關鍵因素及數值。	3 節

表 1 預計課程單元主題；目標及結束一覽表（續）

單元主題	單元目標	節數
自動化種植監測回報系統	利用 Arduino 電路板及 LED 燈、蜂鳴器及偵測器等模組，以前面課程所獲得的資訊進行組合，將所得的數據以轉寫程式的方式寫入電路板中，進行自動化的種植環境監控，並降低人為判斷的誤差。	6 節
植物創意上品設計與義賣	將所種植的植物進行創意商品的設計，如利用葉脈進行拓印或製作書籤等，並將植物的密碼與實驗結果納入上品設計當中，賦予植物商品故事與意義。將設計的商品以拍照的方式放置於網路平台進行義賣，並將義賣所得回饋給相關的环境保育團體。	5 節

第二階段：課程實施階段

於 108 學年度第一學期（2019.9-2020.2），進行一學期的課程實施，以每一節，每節 40 分鐘的時間以資優生及一般生進行課程實施。針對研究實施將參與學生分為四組（如表 2），分別是接受 STEAM 課程的資優生（G1）、接受 STEAM 課程的一般生（G2）、接受校本獨立研究課程的資優生（G3）以及接受校本獨立研究 STEAM 課程的一般生（G4），課程實施前先使用詹秀美與吳武典所編製之「新編問題解決測驗」進行前測，施測時間為 50 分鐘。並於課程實施後以同樣測驗進行後測。

表 2 實驗設計實驗組及對照組分組

	資優生	一般生
接受 STEAM 課程	G1(實驗組)	G2(實驗組)
接受校本獨立研究課程	G3(對照組)	G4(對照組)

第三階段：資料分析及報告撰寫階段

課程實施完成後除將參與學生之性別、年級及新編問題解決測驗之分數進行描述性統計分析外，並利用 ANCOVA 統計方法進行各組間、內的差異性比較，藉以了解不同組別間是否因 STEAM 課程的實施在問題解決能力上有顯著差異，並進行同質性檢定以了解組內之組成是否符合統計及推論標準。將統計結果依照研究目的分項撰寫研究討論與結論，完成計畫報告。

第四階段：G3 及 G4 組 STEAM 課程實施階段

於一學期的實驗結束後，次一學期將針對參與研究的 G3 及 G4 學生實施 STEAM 課程，藉以確保研究倫理及參與研究學生之權益。

四、預期完成之工作項目、具體成果及效益：

（一）預期完成之工作項目

1. 編撰符合 STEAM 課程架構之整合性課程教材。
2. 完成 STEAM 課程的實施。
3. 以實證方式了解 STEAM 課程對於國小資優生於問題解決能力之影響。
4. 於 STEAM 課程實施中協助學生完成科展主題發想並參與後續科學展覽競賽。
5. 建立本校 STEAM 課程網站，作為整合性科學教育之分享與討論平台。

（二）工作項目的具體成果

1. 將本研究所研發之 STEAM 課程教案及教材發布於學校 STEAM 課程網站上。
2. 依照研究結果進行分析統計撰寫研究報告並投稿相關期刊或研討會進行發表。

（三）預期效益

1. 建置學校 STEAM 課程設計團隊，結合 108 年新課綱之素養導向進行整合性課程設計，強化學校科學教育團隊研發能量。
2. 建置專屬網路平台進行成果分享，作為後續團隊研發的基地與資源庫。
3. 透過 STEAM 課程提升學生對科學的興趣與動機，協助資優生探索科學的興趣與方向，奠基科學資優生之基礎。
4. 以實證結果了解 STEAM 課程對於問題解決能力之影響，作為相關研究或教學人員之參考。

肆、教育部國民及學前教育署補助計畫項目經費申請表

■申請表

教育部國民及學前教育署補助計畫
項目經費

□核定表

申請單位：南投縣光華國民小學				計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之教學研究			
計畫期限：108 年 8 月 1 日至 109 年 2 月 29 日							
計畫經費總額：112,000 元，申請金額：98,560 元，縣府自籌款：13,440 元							
擬向其他機關與民間團體申請補助：■無□有 (請註明其他機關與民間團體申請補助經費之項目及金額) 教育部：元，補助項目及金額： XXXX 部：.....元，補助項目及金額：							
經費項目		計畫經費明細				國教署核定計畫經費 (申請單位請勿填寫)	
		單價(元)	數量	總價(元)	說明	金額(元)	說明
人事費	計畫主持人	3500	7 月	24,500	1 人 X 7 月		依「教育部國民及學前教育署專案補助中小學科學教育計畫申請作業要點」規定
	協同計畫主持人	3500	0	0			
	兼任行政助理	2000	7 月	14,000	1 人 X 7 月		
	二代健保機關補充保費	736		735	人事費 X1.91%		
	小計			39,235			
業務費	印刷費	5,000	1 式	5,000	手冊、成果、海報等		
	教材研發費	15,000	1 式	15,000	購置教材編制相關參考書籍及材料等		
	講義教材費	50,000	1 式	50,000	課程講義、ARDUINO 模組材料及教學材料等		
	雜支		1 式	2,765	凡前項未列之辦公費用屬之		
	小計			72,765			
合 計				112,000			
承辦單位		會計單位	機關長官或負責人			國教署承辦人	國教署單位主管

教育部國民及學前教育署補助計畫
項目經費

☒申請表
☐核定表

申請單位：南投縣光華國民小學		計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之教學研究	
計畫期程：108 年 8 月 1 日至 109 年 2 月 29 日			
計畫經費總額：112,000 元		申請金額：98,560 元，縣府自籌款：13,440 元	
備註： 1、依行政院 91 年 5 月 29 日院授主忠字第 091003820 號函頒對民間團體捐助之規定，為避免民間團體以同一事由或活動向多機關申請捐助，造成重複情形，各機關訂定捐助規範時，應明定以同一事由或活動向多機關提出申請捐助，應列明全部經費內容，及擬向各機關申請補助經費項目及金額。 2、補助案件除因特殊需要並經本署同意者外，以不補助人事費為原則；另內部場地使用費及行政管理費則一律不予補助。 3、各經費項目，除依相關規定無法區分者外，以人事費、業務費、雜支、設備及投資四項為編列原則。 4、雜支最高以【(業務費)*6%】編列。		補助方式： <input type="checkbox"/> 全額補助 <input type="checkbox"/> 部分補助 【補助比率 %】 <input type="checkbox"/> 酌予補助	
		餘款繳回方式： <input type="checkbox"/> 依核撥結報作業要點辦理 (<input type="checkbox"/> 繳回 <input type="checkbox"/> 不繳回) <input type="checkbox"/> 其他 (請備註說明)	

表 5

肆、教育部國民及學前教育署補助計畫項目經費申請表

■申請表

教育部國民及學前教育署補助計畫
項目經費

□核定表

申請單位：南投縣光華國民小學				計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之教學研究			
計畫期程：108 年 8 月 1 日至 109 年 2 月 29 日							
計畫經費總額：112,000 元，申請金額：98,560 元，縣府自籌款：13,440 元							
擬向其他機關與民間團體申請補助：■無□有 (請註明其他機關與民間團體申請補助經費之項目及金額) 教育部：元，補助項目及金額： XXXX 部：.....元，補助項目及金額：							
經費項目		計畫經費明細				國教署核定計畫經費 (申請單位請勿填寫)	
		單價(元)	數量	總價(元)	說明	金額(元)	說明
人事費	計畫主持人	3500	7 月	24,500	1 人 X 7 月		依「教育部國民及學前教育署專案補助中小學科學教育計畫申請作業要點」規定
	協同計畫主持人	3500	0	0			
	兼任行政助理	2000	7 月	14,000	1 人 X 7 月		
	二代健保機關補充保費	736		735	人事費 X 1.91%		
	小計			39,235			
業務費	印刷費	5,000	1 式	5,000	手冊、成果、海報等		
	教材研發費	15,000	1 式	15,000	購置教材編制相關參考書籍及材料等		
	講義教材費	50,000	1 式	50,000	課程講義、ARDUINO 模組材料及教學材料等		
	雜支		1 式	2,765	凡前項未列之辦公費用屬之		
	小計			72,765			
合 計				112,000			
承辦單位 教師兼教務處主任 許正東		會計單位 主任 林吟姿		機關長官 或負責人 張振發		國教署 承辦人 國教署 單位主管	

執行成果報告



教育部108年度中小學科學教育計畫專案執行報告

計畫編號：137

計畫名稱：STEAM 課程對提升國小資優生問題解決能力之教學研究

主持人：洪瑞成

執行單位：南投縣光華國小

壹、計畫目的及內容：

本計畫之目的在了解 STEAM 課程對國小一般學術性向資賦優異學生在問題解決能力上的影響。同時也可了解問題解決能力作為 STEAM 課程實施的評估向度之適切性如何。研究之 STEAM 課程係使用清華大學 STEAM 學校之課程設計架構，由光華國小教師發展了16節課的區域性資優方案為基礎進行調整，課程實施方式則使用研究者所建置的教學網站進行。

貳、研究方法及步驟：

一、 研究方法

本研究採用準實驗研究設計，以國小通過南投縣鑑定輔導會所通過之四到六年級一般學術性向資賦優異學生（以下簡稱資優生）為對象，並以四、六年級之普通班學生（以下簡稱一般生）作為對照組進行介入效果比較。

二、 研究步驟及工具

本研究之步驟可分為課程設計、課程實施、資料分析及報告撰寫以及控制組學生課程實施四個階段。

（一）課程設計階段

以光華 STEAM 學校5E 學習環的架構進行課程設計，以問題解決為課程設計主題，先以水資源的匱乏為議題帶入課程引發任務，再以解決此問題將自然科學與運算思維等知識帶入，作為學生後續課程發想、設計、製作產品的基礎。課程發想由四位國小資優班教師所組成之團隊進行，課程設計過程與

彰師大特教系及清華 STEAM 學校團隊進行聯繫與討論，以確保整性課程內容符合資優方案及 STEAM 課程之架構。最後再依照課程趣味性與操作的難易度調整規劃課程單元主題、內容概述及節數如下表1，詳細教案請參考附件一。

表1 課程單元主題；內容概述及節數一覽表

單元主題	單元內容概述	節數
古儀器之謎	以特殊用語的組裝說明書搭配 Arduino Uno 與相關組件，讓學生以類似解謎的方式將 Arduino 版的土壤溼度偵測器組裝再現。	4 節
新科技啟動碼	依序前單元的脈絡，讓學生練習使用 Micro:bit 寫入程式並組裝出不同於 Arduino 版的土壤溼度偵測器。	3 節
水神的叉子 2.0	此單元最重要的目的在找出 Micro:bit 所組裝的土壤溼度偵測器數值的意義，以科學操弄變音的方式透過不同材料在 Micro:bit 所讀出的數值，並與 Arduino 版的土壤溼度偵測器的燈號訊息進行連結，找出 Micro:bit 所顯示數字與土壤濕度之關聯為何。	6 節
設計編輯室	將所種植的植物進行創意商品的設計，如利用葉脈進行拓印或製作書籤等，並將植物的密碼與實驗結果納入上品設計當中，賦予植物商品故事與意義。將設計的商品以拍照的方式放置於網路平台進行義賣，並將義賣所得回饋給相關的環境保育團體。	3 節

（二）課程實施階段

課程之實施因新冠病毒疫情之影響，將原先規劃之紙本及實體授課之教材修改調整於本計畫建置之網站上，並由教師提供教學材料，將集中式的授課該為不同時段分散式的教學，引導學生依照課程設計於16節課時間內完成此次的 STEAM 課程。學生於課程前、後由教師使用詹秀美與吳武典所編製之「新編問題解決測驗」進行50分鐘的施測。

（三）資料分析及報告撰寫階段

課程實施完成後除將參與學生之性別、年級及新編問題解決測驗之分數進行描述性統計分析外，並利用 ANCOVA、重複量數（repeated measures

one way ANOVA) 分析 STEAM 課程實施之差異是否達到顯著，以及實驗組與控制組前、後測組內之差異比較，藉以了解 STEAM 課程的實施在問題解決能力上之影響，並將統計結果依照研究目的分項撰寫研究討論與結論，完成計畫報告。

(四) 控制組學生課程實施

於實驗組之教學介入及後測完成後，次學期將針對控制組學生進行調整修正之 STEAM 課程方案，確保研究倫理及參與研究學生之權益。

參、研究成果：

本研究之主要目的之一在了解 STEAM 課程對國小資賦優異學生問題解決能力之影響，另外則以本課程作為基礎建置本校 STEAM 課程網站作為課程推廣之用。分別說明成果如下：

一、STEAM 課程對國小資賦優異學生問題解決能力之影響

參與本研究之前、後測學生人數依照年級、資優生與一般生以及性別整理人數表如表2。

表2 前、後測學生人數一覽表

年級	前測				後測			
	資優生		一般生		資優生		一般生	
	男	女	男	女	男	女	男	女
4 年級	6	2	13	11	6	2	12	11
5 年級	8	5	—		8	4	—	
6 年級	9	6	12	11	9	5	9	9
小計	23	13	25	22	23	11	21	20
總人數	83				75			

經篩選前測分數未達 PR10之學生8人後，總計有75位學生參與本次研究，實驗組及控制組之人數分配如表3。

表3 實驗組及控制組人數一覽表

	控制組	實驗組
資優生	17	17
一般生	20	21
總人數	37	38

在變異數同質性檢定上，以前、後測作為依變項，課程實施與否作為因子，在顯著性上分別為.591與.297，皆符合變異數同質性之假設。另以Kolmogorov-Smirnov 檢定前、後測皆為.000達顯著水準，也符合常態性的假定。故使用 ANCOVA 了解本校設計之 STEAM 對於學生問題解決能力的表現是否有差異。將前測分數設為共變量後，分析實驗組與控制組所得 F 值為.475，顯著性為.493，未達顯著標準，亦即該課程之實施對於實驗組與對照組在問題解決能力之改變上並未有顯著差異。再以重複量數進行分析，得到前、後測在課程實施與未實施的狀況下之 F 值為.302，顯著性為.584，未達顯著標準。另將實驗組與對照組之一般生排除僅以同樣具資優身分之學生（各組 n=17）進行實驗與對照組分析，所得 F 值為.385，顯著性為.539，亦未達顯著標準。綜合上述分析結果可知，本研究發展之課程無論在實驗組或對照組之問題解決能力改變上皆無顯著差異。然從估計邊緣平均數之剖面圖（圖1）來看，無論實驗組或控制組在課程實施前後於問題解決能力皆有提升，而實驗組的提升幅度較大。若純以具資優身分的學生進行比較（圖2），可看出實驗組學生在前測時較對照組為差，但於後測則出現交叉且增加幅度也較為明顯。

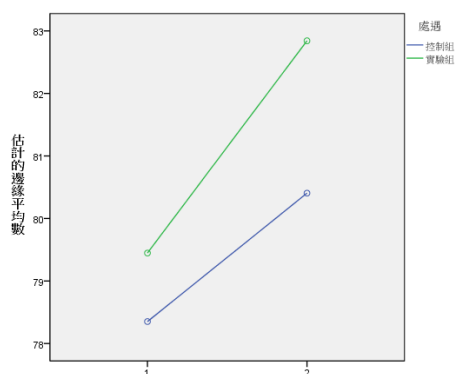


圖1 前、後測結果邊緣平均數剖面圖

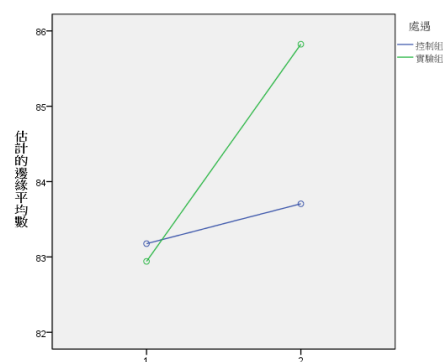


圖2 前、後測結果邊緣平均數剖面圖(具資優身分)

二、建置本校 STEAM 課程網站

本研究另一目的則是建置本校 STEAM 課程網站（科學程式+，<https://sites.google.com/ghps.ntct.edu.tw/steam>），網站之建置係利用 Google Suite 提供的 APP 製作，嘗試將教師過去以傳統紙筆呈現的課程講義、學習單及教師主導的授課方式，改以線上數位的方式製作呈現。利用 Google Sites 作為整合介面，使用 Google Slides、Youtube、Doc、Form、Sheets 等 APP 製作學習內容及互動評量之材料。除此之外，也使用了 MakeCode、Awwboard 等外部網站嵌入後作為程式編輯與模擬器，以及學生線上即時繪製心智、流程圖的工具。實作材料的部分，除了 Micro:bit 以及 Arduino 等電子材料需購買外，其餘材料則可讓學生從生活周遭簡易取得（如土壤、鐵釘等）。

學生可使用一般桌上型、筆記型電腦或行動學習載具（如平板）開啟網路瀏覽器，點選網址或掃描網址 QR code 後即可進入本教材網頁。本教材共分為古儀器之謎、新科技啟動碼、水神的叉子2.0、這樣的「畫」他就懂了等五個單元，以輕小說的形式帶領學習者進入情境，並在各個章節中搭配表單及互動網站、檔案傳送要求等方式進行評量與互動，可即時評分、記錄於網路資料庫上，除可作為學生學習作品之數位記錄、展覽外，蒐集之資料與回饋也可作為後續教材調整改善的參考依據。五個單元可透過網頁導覽列自由點選喜愛的單元學習，或是循序漸進於各章節結束後點選超連結體驗完整的學習。

肆、完成工作說明

依照本計畫預期完成工作項目，分別說明如下：

一、編撰符合 STEAM 課程架構之整合性課程教材。

由本校資優班教師共同發想結合區域資優方案之經驗，調整為「科技程式+」的整合性課程，同時撰寫課程教案作為教學參考使用。因執行本計畫時恰好遭遇新冠病毒的爆發與相關預防措施之實施，故除以課堂進行的課程外，於教案中同時設計了透過網路作為課程平台介面之課程實施方式。

二、 實施 STEAM 課程，以實證方式了解 STEAM 課程對於國小資優生於問題解決能力之影響。

研究計畫中原預計利用中午課餘時間進行實驗組授課，因疫情影響將教材調整以網頁方式呈現，並由教師提供學習的實體材料，如 Arduino 及 Micro:bit 等原件，請學生分散在不同時段至電腦教室進行線上學習，並由教師在旁協助指導。課程實施前、後施作問題解決能力測驗以了解課程對該能力的影響。透過研究結果分析可知，研究者所設計的 STEAM 課程在實驗組與對照組前、後測成績的改變上並無顯著差異，然單從資優生來看，由平均數剖面圖可看出，實驗組的資優生與控制組的資優生兩者於問題解決能力之測驗分數，其前、後測出現交叉且增加幅度也較為明顯。

三、 於 STEAM 課程實施中協助學生完成科展主題發想並參與後續科學展覽競賽。

實驗組四年級學生參加2020全國科學探究競賽獲入選兩件，六年級學生參加60屆科展獲全縣團體賽第一名，並有一件代表南投縣參加全國賽展覽。

四、 建立本校 STEAM 課程網站，作為整合性科學教育之分享與討論平台。

利用 Google Sites 建置並將本次發展之 STEAM 課程與教材開放，未來將與以本次課程為模組，持續開發整合性科學教育教材，並新建一個上層網頁將本校開發之教材與其他科學教育且符合本校教學特色或需求之教學資源共同納入。

伍、討論與建議

一、教師專業能力整合在發展 STEAM 課程的重要性

本次 STEAM 課程的發展因疫情影響從傳統紙筆教學轉化為全數位學習。教材轉化的過程中須探索並運用數位化的網路工具方能達成，也就是除了原本

STEAM 所需具備的教學專業外，亦須大量融入資訊方面的能力。這部分與強調科技融入教學的科技內容教學知識（Technological Pedagogical Content Knowledge，簡稱 TPACK）之論點相呼應(Mishra & Kohler, 2006)。其論點提出教師應具備科技知識（TK）、教學知識（PK）及學科內容知識（CK），三者兼具則能提供學習者充實、多元有效率的課程內容。

二、STEAM 課程對資優生問題解決能力提升仍有效果，且較傳統獨立研究課程為佳

透過研究分析結果可知，本校發展的 STEAM 課程對於提升資優生問題解決能力的雖然未達顯著差異，但以平均數剖面圖來看，實驗組學生在問題解決能力的提升上，仍較對照組學生幅度為大。從前、後測平均數分別為78.91與81.64，以及中位數皆為88來看，可能是本研究所採用之標準化問題解決能力測驗對於參與學生來說較為容易，也就是一開始分數已經最高，後續即使提升也無法從測驗結果測知，例如前測時達到99的學生有14位，後測達到者有20位，也就原本的14位可能因課程提升問題解決能力，但因測驗工具之限制，無法呈現出進步情形。綜上，本研究所發展之 STEAM 課程對於資優生之問題解決能力仍有提升之效果，該效果無論在混合一般生與資優生或純資優生的實驗組中皆可看出。

三、可利用本研究所發展 STEAM 的一般與電子化教材授課對學生學習成效影響之相關研究。

教學期間適逢新冠病毒發生。研究者考量防疫措施與安全性後，將集合小組授課之方式改以網路平台方式進行，故針對本課程發展之教案有兩種版本，一為一般授課方式，另一則為轉化一班授課方式為網路電子教材之方式，未來可利用兩種不同授課方式進行授課，藉以了解不同授課方式對學生學習成效之影響，以及 STEAM 課程轉化為電子線上教材的可行性。

參考文獻

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x