

情境式STEM探究教學提升國小學童STEM參與度、自我效能及探究能力效益

邱甯維¹ 魯盈謙² 洪瑞兒^{3,*} 許文怡³

¹國立中山大學 教育研究所

²高雄醫學大學 校務研究暨企劃辦公室

³高雄醫學大學 通識教育中心

摘要

本研究目的在探討經由「情境式科學、技術、工程和數學領域探究教學」(Science, Technology, Engineering, Mathematics, STEM)提升國小學童STEM參與度、自我效能及探究能力之效益。本研究法以便利取樣，選取南部某國小某班23位四年級學童參與「情境式STEM探究教學」為實驗組，實施10週次30節「情境式STEM探究教學」，共包含三種教學策略：一、試誤學習：引導學生在嘗試錯誤中學習STEM；二、STEM任務導向教學：讓學生學習整合STEM學科知識；三、真實情境教學：讓學生以STEM知識解決生活情境問題；並選取同校另一班24位四年級學童，實施以老師講授為主的傳統自然科教學，是為對照組。除此外，為了瞭解實驗組學生在教學介入過程學習改變的歷程，再以立意取樣選取實驗組自然領域成績低、中、高各三位男女學童，並於教學介入後實施個別訪談。經由共變數分析及內容主題分析發現，實驗組學生參與「情境式STEM探究教學」在STEM參與度、自我效能及探究能力分數顯著優於對照組學生。學生沉浸在生活情境式STEM探究教學中，教師不斷的提問，學生必須提出證據來解釋原因，這種教學歷程對於學童的STEM參與度、自我效能及科學探究能力都有顯著的提升。本研究結果可作為國小自然科教師在實施STEM跨領域教學及相關研究之參考。

關鍵詞：STEM自我效能、國小學童、探究能力、情境式STEM探究教學、參與度

壹、緒論

近年來，推動科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology, Engineering, Mathematics, STEM)領域的研發與推廣教育已經成為歐美許多國家的重要政策，因為STEM

領域的能量是國家經濟發展和競爭力的關鍵指標(Almukhambetova & Kuzhabekova, 2021; Burke & Mattis, 2007)。雖然許多先進國家極為重視STEM領域的長足發展，認為這是國家整體競爭力的指標，但是歐美各國也同時面臨一個嚴重的問題，年輕人不再對科學研究行業感

*通訊作者：洪瑞兒，a3803429@gmail.com

(投稿日期：民國110年9月16日，修訂日期：民國110年12月6日，接受日期：民國110年12月6日)

到興趣，多半年輕人重視的是穩定而舒適的現況。美國歐巴馬(Barack Obama)前總統有鑑於學生對數學與科學的學理基礎不夠扎實，導致許多STEM領域主修的大學生學習受挫，難以順利取得相關領域的學位，因此在2012年核定中小學教育改革藍圖法案預算，學生從小學階段開始就須學習將數個理工領域知識融合，再透過探究實作的過程，來解決生活所面對的問題(Winters, 2014)。川普(Donald Trump)前總統也於2018～2020年投入大量資金，使幼兒園到12年級學生都能學習到STEM教育，才能充分儲備因應實際生活與知識經濟所需的STEM領域人才(湯維玲, 2019)。

30年來探究教學已受到國內外許多科學教育學者的肯定，近年來更有許多學者在實施探究教學時會將單一學科的科學融合STEM等領域(Crippen & Archambault, 2012)，然而令人擔心的是臺灣自然科教師使用探究教學的情形仍不普遍(洪瑞兒、王薪惠、魯盈謙, 2017)，可能與我國教育一直是考試引導教學，習慣採用教師為中心的講授式教學，不斷灌輸學生片段的科學知識，並以紙筆測驗來評量學生的學習成果；當學生習慣「確定性問題和答案」時，怎會有能力處理未來不確定性的問題？知識與日常生活難以鏈結，忽略了瞭解基本原理、過程技能及培養情意學習(靳知勤, 2007)，也導致學生降低科學學習參與度與科學自我效能(self-efficacy) (Z. R. Hong & Lin, 2013)。

「自我效能」是自我判斷自己所擁有能力程度的信念，決定個人在特定情境中的行為、思維方式，以及情緒反應(Bandura, 1977)。在創造性自我效能感方面，發現積極情緒與能力、信心之間存在正向的關係(J.-

C. Hong, Ye, & Shih, 2019)，Bong, Lee與Woo (2015)研究亦發現，科學自我效能與對數學和科學的興趣有強烈的正相關。普遍而言，個體對某項工作擁有較高的自我效能感，會較主動參與該項工作，且更努力持續完成該項行動任務(Maddux, 1995)。近年來，洪瑞兒等(2017)分析臺灣15歲學生參與「2015國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment [PISA] 2015)發現：PISA 2015學生的科學自我效能平均分數顯著低於PISA 2006；而潘怡如、陳雅君與林煥祥(2018)研究發現，科學自我效能對於科學學習具有顯著的重要性，不僅能提升學習者的成就表現，更能增進學習科學的態度及意願，是以如何提升學生的STEM自我效能是本研究關注的重點。因此本研究聚焦在探討STEM探究教學提升國小學童的STEM參與度和STEM自我效能。

本研究進行一學期10週次「情境式STEM探究教學」，在課程設計STEM跨領域融入學生的生活情境，並以探究與實作來引導學生體驗親身參與的樂趣(Marbach-Ad, Hunt, & Thompson, 2019)。這種教與學的改變對於許多STEM教學者是一項挑戰，但同時也是提高學生的學習參與度和鼓舞教師教學士氣的契機(Pollard, Hains-Wesson, & Young, 2018)。三項待答問題如下：

- 一、參加「情境式STEM探究教學」國小學童STEM參與度的改變為何？
- 二、參加「情境式STEM探究教學」國小學童STEM自我效能的改變為何？
- 三、參加「情境式STEM探究教學」國小學童STEM探究能力的改變為何？

貳、文獻探討

一、STEM跨領域教學的重要性

由於21世紀科技進步快速，人們所面對的問題越來越多元，因此跨學科課程的整合已經成為全民教育發展的新趨勢。早於1991年Fogarty即強調打破學科界限，直接選取與課程主題相關的重要概念形成一系列的課程單元(Fogarty, 1991)，因為現代的學生需要跨學科學習才能解決未來將面對的複雜問題，而Herschbach (2011)更進一步主張將不同領域的STEM主題合併配置成為一個新的主題教學，集成一系列課程。近年來，世界上有許多國家積極推動STEM教育並利用跨學科課程的整合來提高學生的解決問題能力(Selcen Guzey, Harwell, Moreno, Peralta, & Moore, 2017)，Selcen Guzey等認為STEM非僅是一種教學方法，應被視為是一種革新的跨學科學習經驗和跨學科的協同教學，由STEM各學科的教師透過共通的主題，連結彼此課堂中的課程內容與學習經驗。

邇來，非制式教育學者Dierking與Falk (2016)研究指出，STEM素養不僅可以在制式教育中實行，更可以在非制式的社區、家庭及各個公眾場合與數位媒體進行人才培育。Dierking與Falk認為非制式教育較具有彈性，不會受到時間的限縮，對於提升民眾培養STEM興趣、提升STEM能力有極大的幫助。由於人類在現實生活中面臨的各種問題通常涉及不同學科的知識和技能(Geitz, Brinke, & Kirschner, 2016)，因此STEM領域是提升個人能力的關鍵，對於國家的經濟成長和個人福利都具有長遠的意義(Atkinson & Mayo, 2010)。Helm與Katz (2016)及Katz (2010)也認

為STEM教學能提供學習者自然學習的方式，是最能符合STEM教育目標。

二、由探究到STEM教學內涵及相關研究

(一)探究教學內涵

科學教育的改革思潮中，「探究」已經逐漸成為最重要的面向之一，主要原因是為「探究能力」和學生「思考能力」息息相關；學生經過探究的過程，能夠學習像經歷科學家般的活動和思考過程(National Research Council, 1996)。教育部有鑑於探究與實作是科學活動的重要方式，於2019年公布的「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：自然科學領域課程手冊」基本理念即揭櫫科學學習的方法，應當從激發學生對科學的好奇心與主動學習的意願為起點，引導其從既有經驗出發，進行主動探索、實驗操作與多元學習，使學生能具備科學核心知識、探究實作與科學論證及溝通能力。各學習階段皆應重視並貫徹「探究與實作」的精神與方法，提供學生統整的學習經驗，並強調跨領域／科目間的整合。由此可知培養「探究能力」已成為我國現行教育改革的重點(教育部，2019)。

對自然科教師而言，學生的問題就是探究教學的起點；使用探究式教學是一件非常重要且不容易實施的教學方法，教師必須深入瞭解探究的要素與方法(Gillies & Nichols, 2015)。實施探究教學須包含教師有策略性的搭建教學鷹架，讓學生思考，當他們參與任務或與同學合作時能覺察完成探究程序的知識，以及如何批判性反思自己的學習(Harris & Rooks, 2010)，除此外，探究式學習已被證

明有助於擴展知識(J.-C. Hong, Ye, Ho, & Ho, 2020; J.-C. Hong, Ye, Ho, & Wang, 2020)。由於過往文獻對於探究教學的內涵與策略缺乏一致性，教師在實施探究教學時都以自己的探究定義進行教學，而多數現場教師普遍認為「探究」就是要學生使用證據來解釋科學問題和科學現象(Newman et al., 2004)。

本研究聚焦在STEM探究教育理念是需要引導學生從四個領域——科學、技術、工程和數學中學習到跨領域的應用與思考方式，學習每一種專門領域時都需要使用STEM思考、推理和問題解決能力，才能跳脫各自單獨領域的界線以形成STEM式的探究，方能辨認問題並解決問題(Pollard et al., 2018)。而STEM探究是需要整合跨領域的探究方式，其共同的能力就是批判思考(Greene & von Renesse, 2017)。例如：「數學的探究」著重在比較不同解題方式的優劣，有效辯論與分析、驗證和提出在情境中最適合的解決問題的方法；「工程的探究」聚焦在評鑑不同的產品設計品質的良窳，並對於所設計的產品做出同意、不同意的決策判斷。然而數學與工程的探究存在一種共同的元素，就是需要不斷的提出問題和系統化的驗證及試驗，並需要仔細收集證據和資料來挑戰原來的想法，像這樣的過程就是經由討論及談判的方法來提升和發展學習者的新知識(Almukhambetova & Kuzhabekova, 2021)。因此STEM探究教學的目的，是要讓學生對於基礎技術知識有充分的瞭解，找出回答學習者提問的答案，使用實徵研究來促進學生對知識的深度瞭解。

(二)探究教學相關研究

探究式教學透過讓學生參與研究，以科學為導向的問題來挑戰學生的思維，教學者認為根據不同的科學概念設計不同的探究

教學模組，才能有效提高學習者的學習能力(Zhao, He, Liu, Tai, & Hong, 2021)。楊桂瓊、陳雅君、洪瑞兒與林煥祥(2015)研究臺灣10所高中及高職實施教育部高瞻學校的探究教學後，學生在科學能力有顯著提升。Rodríguez-Triana, Prieto, Ley, de Jong與Gillet (2020)研究也發現，學習者可以應用網路多媒體程序進行不同階段的探究，從而提升學習成效。亦有研究指出，教學者可以使用先進素材來引導學生進行科學活動，以培養學生的批判性思維能力及規劃執行科學探究實驗(Sutiani, Situmorang, & Silalahi, 2021)。由於過往較少針對國小學童實施STEM探究教學進行研究，因此本研究目的即在探討實驗組(Experimental Group, EG)學童在經由情境式STEM探究教學後STEM探究能力改變的情形。

三、科學參與度定義與相關研究

Newmann (1992)定義「參與」為一種心理投資和以學習為導向的努力，本研究根據Fredricks, Blumenfeld與Paris (2004)主張「參與」包含了認知、情緒及行為三個面向的重疊與變化。許多學校在課程改革計畫中側重學生的學習參與度，因為它是影響學生學習成就的重要因素(Fredricks et al., 2011)。「科學參與」是屬於行為參與，過往研究大多聚焦於學生參加科學學習相關活動，參與度高的學生表現顯著優於參與度低的學生(Chang, Singh, & Mo, 2007)，例如：公民科學參與閱讀或觀看科學相關電視節目、書籍、網站、參訪博物館等(Bonney, Phillips, Ballard, & Enck, 2016)；學習參與投入程度高的學生在標準化測驗中較能獲得較好的成績(Fredricks et al.)。Stevenson, Szczytko, Carrier與Peterson (2021)鼓勵學校和教師積極增加戶外科學教育體驗，該研究發現，戶外科學教育能提升國小五年級女學生的科學參與意願，幫助女學

生將科學學習與挑戰聯繫起來。Kim等(2021)一項小學一年級學童閱讀參與研究發現，高參與的學童顯著提升科學領域知識及閱讀理解能力。因此，學生學習參與的程度已被視為瞭解和預測學生在課室情境中學習成就表現的重要構念，甚至改變學生對科學和科學學習的態度(Chen & Lin, 2019)。是以本研究重點之一在探討國小學童參與「情境式STEM探究教學」過程中其行為參與和情緒投入的情形。

四、STEM自我效能內涵和相關研究

Bandura (1977)提出自我效能之概念，意指個人對於自己能獲得成功所具有的信念，此種信念是學習者在接受挑戰及任務時，評估自我是否能完成特定行為的能力表現；自我效能信念高者相較於自我效能低者，在面對富有挑戰性的任務時，成功的機會較大。個人如果能排除低成就的負面思考，產生抵抗負面想法的壓力效果，較能從容地處理日常生活的壓力，化阻力為助力，而能提升個人的成就表現，意指個體對於自身是否能完成所制定目標之認知判斷與信念(Bandura, 2006)，也就是對成功執行、組織任務能力的信念，在遇到困難時不會輕易放棄(Ersanlı, 2015)。自我效能感是興趣／成就關係的一個組成部分，而興趣和成就是支持終身學習的兩個重要因素(Fryer, Ainley, & Thompson, 2016)。

「科學自我效能」源自於自我效能理論，是學生對自己執行科學任務的信心。許多研究顯示科學自我效能在科學學習上扮演著重要的角色(潘怡如等，2018)。Bong等(2015)研究發現，科學自我效能與對數學、科學的興趣之間存在強烈的正相關。而「科學自我效能感」與科學認同及成果期望有關，

進而會影響職業成就(Butz, Branchaw, Pfund, Byars-Winston, & Leverett, 2018)。儘管許多研究顯示科學自我效能在科學學習上扮演著重要的角色，然而過往研究較少探討國小學童的科學自我效能。

Bandura (2012)定義自我效能包含「能力」和「信心」兩個成分。當學生自認為能力較高和信心較強時，較不會迴避問題，而願意積極面對和解決問題(J.-C. Hong et al., 2019)。Zimmerman (2000)研究指出，STEM自我效能可以預測個人的學業表現，因為STEM自我效能會提升個人的自我信心，而超越個人既有的能力和先前的學業表現。具有高STEM自我效能的個人在整體表現及在STEM學科的堅持顯著優於低STEM自我效能的個人；STEM自我效能和STEM任務表現顯現正相關(Britner & Pajares, 2006)，然而過去的研究並未特別設計教學介入來提升學習者的STEM自我效能(Rittmayer & Beier, 2009)，這是本研究試圖探究的重點。

PISA 2015使用情境式題組，評量學生面對生活情境問題時，應用所學知識，分析和解決的能力，也評量學生面對未來生活的能力(余曉清、林煥祥，2017)。情境式題組比較貼近青少年的生活，已經大量應用於跨國際調查計畫(林煥祥，2009)。PISA科學評量中的情境是科學能力的基礎，每個單元都以一個、數個連續，或是不連續文本的生活情境為題幹，這些情境式問題大多包含數個領域內容，例如：科學與工程、科學及數學、科學與科技等跨領域的問題，然後再用2~3個題目來評量三個科學能力(scientific competencies)：「解釋科學現象」(explain phenomena scientifically)、「評量和設計科學探究」(evaluate and design scientific inquiry)，以及「解讀科學數據及舉證科學證據」(interpret data and evidence scientifically)。

三個科學能力共同涵蓋了科學本質和概念性的許多重要科學層面，而這些能力中的每一個有關的項目，都涉及不同程度的科學知識和有關的科學學科知識(余曉清、林煥祥)。根據聯合國教科文組織(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2015)研究，具有科學素養的人比較願意進行理性的對話，對於科學有關的問題和科學思想能有互動的能力，未來將成為具有反思能力的公民。

五、本研究獨特性

認知心理學家Brown, Collins與Duguid (1989)提出「情境認知理論」，以人類學的觀點來解釋學校裡的學習活動。學生藉著與實際情境互動過程搜尋對知識的合理解釋，以建立完整的知識體系(McLellan, 1996)；在國內，許瑛珺與廖桂菁(2002)指出情境學習觀念起源於「人類心理學」的研究，人類學家藉由觀察人們從事的工作及日常生活的行為發現，人類日常生活的認知活動常受制於當時的社會情境，人們是在特定的情境中，透過與實際情境不斷的互動，發現有效的策略，並解決情境中的問題。情境是科學能力的來源，情境式教學著重如何提供或營造一個可供學習者主動建構知識的學習環境。就教師而言，提供適切的情境，有助於提升教學效能；就學習者而言，將生活經驗及認知性任務回歸到真實的情境脈絡當中，學習探索解決問題的能力，有助於提升學習者的自我效能。陳明秀、蔡仕廷與張基成(2016)研究發現，五年級學童對於情境模擬遊戲教材教學極為感興趣，在遊戲情境中融入科學思考及合作模式能啟發學童的科學思考，對於克服障礙與協作學習有正面助益。蔡執仲、鄭丞棋與鄭瑞洲(2018)研究也發現將日常生活的環境議題融入活動之中，營造出符合學習者需求的教學情境，國小三到六年級學生能顯著

提升其情境興趣，並對環境採取更為友善的態度。因此本研究目的在探討以情境式STEM探究教學與評量提升國小學童STEM參與度、自我效能及探究能力的成效。

參、研究方法

一、研究樣本與研究場域

(一)研究樣本

本研究採量化為主、質性為輔之準實驗研究法，探討「情境式STEM探究教學」對於提升國小學童STEM參與度、自我效能和探究能力的效益。本研究以便利取樣選取南部某國小四年級學生為EG，進行10週、每週三節課的情境式STEM探究教學；另外選取同所學校一個四年級班級的學童進行一般自然科教學為對照組(Comparison Group, CG)，所有學生均為一般生。EG男生12人、女生11人，共23人；CG男生11人、女生13人，共24人。此外，為瞭解EG學童在教學介入期間STEM參與度、自我效能與探究能力的改變軌跡，本研究以微觀角度來對目標學生個別面談(廖珮玟，2015)。這部分以立意取樣選取EG目標學生(自然領域成績低、中、高各三位男女學生)於教學介入後實施半結構式訪談以瞭解其改變情形。

為了瞭解兩組學生在兩份問卷及一份測驗前測分數之差異，先進行獨立 t 檢驗，發現兩組學生在STEM參與度、STEM自我效能及STEM探究能力的預測試中未呈現顯著差異($t = -0.687, p > .05$)與($t = -1.970, p > .05$)及($t = 0.814, p > .05$)。接著，進行迴歸係數同質性測試結果顯示，兩組學生在STEM參與度($F = 0.566, p > .05$)、STEM自我效能($F = 0.341, p > .05$)及STEM探究能力($F = 1.40, p > .05$)，均未達統計顯著性，表示EG和CG學生的迴歸線具有相似的斜率，符合各組內迴歸係數的同質性假設。

負責EG教學的A老師規劃兩單元「情境式STEM探究教學」，A教師畢業於北部某教育學院數理教育系(目前已改名大學)，已有15年以上國民小學自然領域與數學領域教學經驗。負責CG教學的B老師是自然科教師專長，修畢教育學程，已有15年以上國民小學自然領域教學經驗。為了瞭解本研究參與學童科學學習背景，以描述性統計分析學童在「國小學童科學學習問卷」個人背景發現，四年級學童對於STEM的喜愛及對自然科的信心都是不足的。比較所有參與學童「最喜歡的上課方式」及「自然科教師大多採用的上課方式」發現兩者有顯著的落差。學童最喜歡的自然課上課方式包含：觀察、實驗操作、科學影片欣賞及設計實驗步驟。然而學童回答其自然科教師大多採用：老師講授、觀賞科學影片為主要的上課方式，此部分發現可作為本研究必要性之佐證。

(二)研究場域

本研究以高雄市某所創校70年的公立小學為研究場域，全校共有13班(每個年級約2班)，約有260位學生、30位教師。學生家庭社經地位中等，各班學生都經由高雄市教育局常態編班是以智力表現相近，教師重視師生互動及學生學習歷程表現。在本研究前，該校並未實施過任何的科學探究教學。此課程的規劃及教學設計由第一作者與同校一位四年級自然科教師多次討論後，再與科學教育專家討論修改而定案，最終設計出「情境式STEM探究教學」兩大單元課程：「生活中水的流動」及「生活中電力的移動」。

二、教學設計理論與課程規劃

本「情境式STEM探究教學」於2020年3月至5月，共實施10週，每週實施三節課，共計實施30節課。教學內容規劃如表1所示；

STEM情境任務如表2所示。「情境式STEM探究教學」強調「跨領域課程統整」及「探究與實作」，是以將學習活動設計成三種情境學習：(一)試誤學習：引導學生在嘗試錯誤中學習STEM；(二)STEM任務導向教學：讓學生學習整合STEM學科知識；(三)真實情境教學：讓學生以STEM知識解決生活情境問題，並提出實際解決策略(Winn, 1993)。

本研究在探究歷程中以「科學」(science)的學科知識為基礎，引導學生提升科學能力；在探究歷程中使用工具，選擇實驗器材，動手做發揮「技術」(technology)；在探究歷程中善用工具、運用思考與設計相關步驟和方法，運用「工程」(engineering)著重結構和功能調整、改良設計，嘗試使產品更為實用及適用(J.-C. Hong, Ye, Ho, & Ho, 2020; J.-C. Hong, Ye, Ho, & Wang, 2020)；運用「數學」(mathematics)圖像、文字或是圖表來表徵結果並解釋呈現的資料。茲以吸水大賽為例，以打翻桌面的水杯、弄濕桌上所有作業及東西的生活情境為研究主題，然後舉辦吸水大賽。教師先提出毛細現象概念(科學)；說明吸水大賽情境中要競賽的變因，請小組選取材料後討論該如何比賽才能明確較無糾紛(控制變因)；然後請學生挑選最能吸水的材料(技術)；限定時間將設計好的實驗試作後改良、修正(工程)；利用表格記錄測量吸水量及吸水速度(數學)，最後公布比賽結果。之後進行獲勝組別說明及全班討論，並再進行一次競賽，讓待改進組別有重新思考改良設計的機會，教師於上課中扮演鷹架協助者(Vygotsky, 1980)。

本教學設計參考Herschbach (2011)的主張，科學、數學及資訊教師進行社群討論，訂定單元主題，連結彼此的課程內容與教學經驗，將教學單元配置成一系列新的STEM

表1：「情境式STEM探究教學」架構

教學情境	教學設計	說明	學生學習能力
Winn (1993)三種情境學習： 1.試誤學習：引導學生在嘗試錯誤中學習STEM。 2.提供近似於真實的學習經驗——探究歷程。 3.直接提供學習者親身經歷真實世界——工作方案競賽。	參考Hersbach (2011)教學主張	偕同跨學科的教師(自然、數學與電腦科技教師)討論教學設計，連結彼此課堂中的課程內容與教學經驗，將教學單元配置成一系列新的STEM主題教學，並在自然課程中實施。	PISA 2015及2018科學能力素養： 1.解釋科學現象 2.設計與評估科學探究 3.解讀科學數據及舉證
	選定探究問題	水和電。	
	生活情境遇到的問題	水和電生活中必須存在的要素：1.生活中水的流動。 2.生活中電力的移動。	
	STEM科學挑戰	「科學探究」為核心，培養學生抱持學習的樂趣和好奇心，基本知識認知。	
	STEM技術挑戰	引導學生動手做時，依用途選擇器材、善用工具，進行實驗與任務。	
	STEM工程挑戰	著重在結構和功能的調整，調整物品設計嘗試使產品更為實用和適用(J.-C. Hong, Ye, Ho, & Ho, 2020; J.-C. Hong, Ye, Ho, & Wang, 2020)。	
	STEM數學挑戰	運用各種量測與計算，瞭解實驗數據與解釋圖表。	
	工作計畫學習目標	探討學生STEM參與度、STEM自我效能、STEM探究能力評量在介入性教學後的三者關係。	
	工作計畫學習評量	類PISA科學素養題組共2題。	
	教師引導探究	情境問題、提出假說、變因控制、設計實驗、反思與評估、應用。	
	小組合作	鼓勵創思挑戰，找出合適的策略。	
	整合與結論	討論、觀摩、反思、修正。	

註：STEM：科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology, Engineering, Mathematics)；PISA：「國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment)。

主題教學，並在自然課程中實施。EG組學童在「情境式STEM探究教學」中進行小組合作討論，教師採用合作學習理論的「異質性團體分組」以訓練學童熟悉相互合作的歷程(Johnson & Johnson, 1994)；經由學童主動認養情境問題任務，學童能凝聚共識。本「情境式STEM探究教學」乃根據科學教育標準探究教學具有五個共同階段，在探究教學歷程做適度的修訂如下：(一)教師給予學生情境任務；(二)經由形成的假說設計測試，探討歷程的合理性；(三)運用表徵分析及詮釋實驗數據

後建模；(四)反思與評估再修正；(五)應用所學到新的情境(如表1、表2及圖1)。

三、研究工具發展與信效化

本研究以量化資料為主，採用自編「國小學童科學學習問卷」，在統整相關文獻後，進行專家效度檢驗，經過修正題目後再進行預試，分析資料並確立問卷信效度。問卷內容分為四部分：背景題目、STEM參與量表、STEM自我效能量表、STEM探究能力評量。

表2：「情境式STEM探究教學」情境任務

週次	情境中任務	任務小單元	STEM教學目標
1		課程概述	STEM基本認識及網路有趣的例子
2	單元一： 生活中水 的流動	吸水大賽	科學：毛細現象 技術：紙類挑選及寬度、尺 工程：設計實驗、實作、改良 數學：記錄吸水量和吸水速度，測量及歸納比較
3		紙花開了	科學：毛細現象 技術：花片樣式(摺紙剪紙) 工程：設計紙花、實作、改良 數學：記錄時間單位、碼表及歸納比較
4		水族箱換水	科學：虹吸現象 技術：吸管工具 工程：設計箱子換水細節、實作、改良 數學：記錄時間及歸納比較
5		九龍公道杯	科學：虹吸現象、連通管原理 技術：工具挑選使用 工程：設計杯與管子擺放方式、實作、改良 數學：記錄及歸納比較
6	單元二： 生活中電力 的移動	燈泡亮嗎	科學：燈泡電池串聯、並聯整合 技術：工具與材料選取與使用 工程：1.網路軟體模擬；2.設計連結方式與實作；3.改良 數學：記錄比較亮度
7~8		創意翻轉燈	科學：馬達與電的通路原理 技術：工具與材料使用 工程：1.電腦虛擬電路；2.設計翻轉電路與燈具製作；3.改良 數學：理解幾何空間面與面的關係
9~10		創意電路玩具	科學：馬達電池燈泡通路、開關 技術：工具創意挑選使用 工程：1.網路搜尋參考；2.設計連結方式與實作；3.依情境目的改良 數學：記錄比較實用性

(一)問卷編製之理論基礎

1.背景題目

本部分包含六題，藉以收集學童對於各領域學科的興趣、學習科學的方式及參與STEM領域內容或活動的情形，例題：「你(妳)的父母親(家人)曾經帶你去下列哪些地方可以學習STEM相關知識？」

2.STEM參與量表

此量表共包含30題STEM參與量表，修改自PISA 2006、PISA 2015科學素養評量中科學相關的量表(余曉清、林煥祥，2017；林

煥祥，2009)。使用李克特式五點量表計分方式，5表示同意，1表示非常不同意，每題加總得分越高表示對STEM參與度越高(Likert, 1932)。

3.STEM自我效能量表

本問卷參考自Lamb, Vallett與Annetta (2014)及Ketelhut (2011)發展的「科學與科技自我效能量表」，編製30題「STEM自我效能量表」，本量表採用李克特五點量表，受試者對於每一題目的敘述由「非常不同意」、「有點不同意」、「介於同意與不同意之

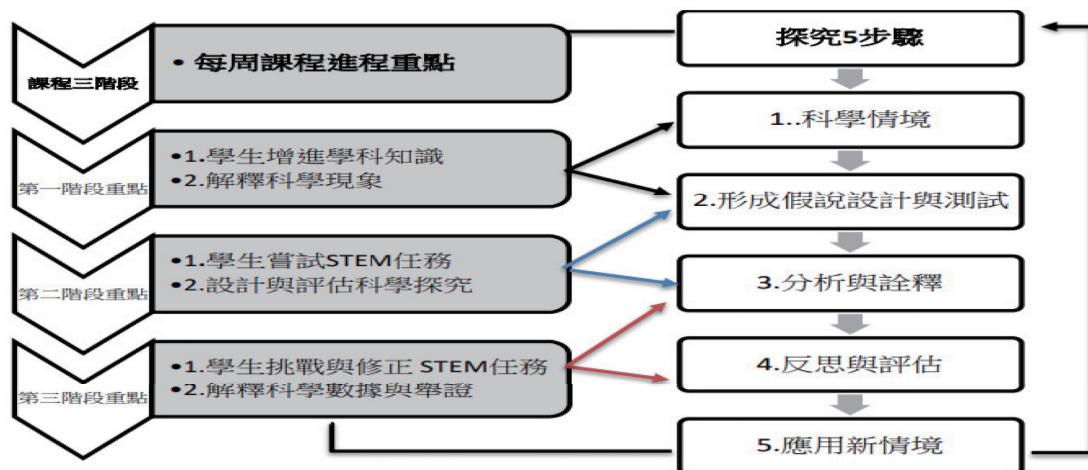


圖1：「情境式STEM探究教學」課程規劃

間」、「有點同意」，以及「非常同意」中勾選一個最適合的選項，同意意願越多的學生得分越高，表示對STEM自我效能越高(Likert, 1932)。

4. STEM探究能力評量

此部分由兩個題組所構成，本研究模仿PISA科學能力評量試題評量學生探究能力的成長。由生活中水和電兩個題組所構成，每大題有三子題，依命題順序包括「設計與探究」(評估設計、科學探究能力)：畫實驗設計圖；「科學現象」(解釋科學現象)：解釋設計圖原理；「解釋證據」(科學解釋、數據與證據)：比較與評估實驗設計，總分共18分。

(二)專家內容效度檢驗

本問卷首先由專家進行內容效度檢驗，兩位科學教育學者針對問卷設計的格式、內容、架構、語意表達的適切性提供建議，經過來回三次的反覆修訂，最終符合專家內容效度準則(吳明隆、涂金堂，2008)，作為預試問卷修正的基礎。

(三)預試問卷信效度分析結果

接著實施預試以驗證內部一致性信度與建構效度。在預試階段，以便利取樣選取臺灣南部某所國小四年級學生進行問卷預試，共計發出47份問卷，回收47份，回收率100%，有效問卷47份，有效問卷達100%。再以探索性因素分析、項目分析及內部一致性信度分析，以檢驗研究工具的信度與效度。

1. STEM參與量表

本量表經由項目分析與信效度分析後，刪減五題不適合的問題，保留25題合適題目。首先由探索性因素分析結果顯示，本量表之Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)值為.753，Bartlett球形檢驗值為916.122 ($p < .001$)，表示題目適合進行因素分析。本量表總共萃取出四個因素，分別命名為「情意」、「意願」、「行動」與「認知」。因素一「情意」共八題，解釋變異量為45.607%；因素二「意願」共七題，解釋變異量為9.170%；因素三「行動」共六題，解釋變異量為7.094%；因

素四「認知」共四題，解釋變異量為5.418%，總量表解釋變異量為67.289%。

本量表以Cronbach's α 係數來檢驗量表的內部一致性，整體量表之Cronbach's α 值為.949，四個分量表「情意」、「意願」、「行動」與「認知」Cronbach's α 值分別為.908、.919、.871、.766。整體量表呈現良好的內部一致性信度(Cohen, 1988)。

2. STEM自我效能量表

本量表經由項目分析與信效度檢驗後，刪減六題不適合的問題，保留24題合適題目。首先由探索性因素分析結果顯示，本量表之KMO值為.766，球形檢驗值為835.149 ($p < .001$)，表示題目適合進行因素分析。本量表總共萃取出四個因素，分別命名為「展現能力」、「自我信念」、「精熟學習」與「享受學習」。因素一「展現能力」共10題，解釋變異量為44.718%；因素二「自我信念」共四題，解釋變異量為9.583%；因素三「精熟學習」共五題，解釋變異量為8.351%；因素四「享受學習」共五題，解釋變異量為5.652%，總量表解釋變異量為68.304%。

本量表以Cronbach's α 係數來檢驗量表的內部一致性，整體量表之Cronbach's α 值為.949，四個分量表「展現能力」、「自我信念」、「精熟學習」與「享受學習」Cronbach's α 值分別為.926、.863、.854、.801。整體量表呈現良好內部一致性信度(Cohen, 1988)。

3. STEM探究能力評量

首先由兩位授課教師分別對所有參與者的STEM探究能力評量題目進行評分，然後召

開共識會議，對評分者的結果進行比較和討論，直到所有分歧都得到解決。本測驗藉由兩位評分者進行檢核指標項目逐一評分，利用「Cohen's Kappa係數」及「皮爾森積差相關係數」(Pearson product-moment correlation coefficient)來驗證評分者間一致性信度。分析結果發現Cohen's Kappa係數為.88；皮爾森積差相關係數為.959，顯示本測驗具備良好評分者間內部一致性信度。

(四)訪談大綱

為了瞭解EG學生在教學介入期間STEM參與度、STEM自我效能及STEM能力改變軌跡，以立意取樣選取六位目標學生在教學介入後進行半結構式個別訪談，以瞭解「情境式STEM探究教學」對於六位目標學生有哪些助益和啟示。訪談大綱分為三個面向：STEM參與度、STEM自我效能、STEM探究能力。首先STEM參與度的訪談大綱：參加本學期的課程教學介入的過程，請舉例說明你(妳)對於STEM參與度(「情意」、「意願」、「行動」與「認知」)的改變為何？STEM自我效能的訪談大綱：參加本學期的課程教學介入後，請舉例分享本課程對於你(妳)STEM自我效能(「展現能力」、「自我信念」、「精熟學習」與「享受學習」)的改變情形。STEM探究能力的訪談大綱：參加本學期的課程教學介入後，請舉例說明你(妳)在STEM探究能力(「解釋科學現象」、「評估設計、科學探究能力」、「科學解釋、數據與證據」)的進步狀況。

(五)資料分析

本研究以量化為主、質性為輔進行資料分析，量化分析採用單因子共變數分析

(analysis of covariance)比較教學介入後，EG與CG學生在STEM參與度、STEM自我效能，以及STEM探究能力的差異。此外，採用半結構式訪談三位男學童、三位女學童以收集質性資料。首先將受訪學生的訪談內容打成逐字稿，接著將與研究主題有關之敘述進行編碼，編碼模式如下：第一個代碼代表日期；第二個代碼代表三個軸向代碼之一(A：STEM參與度、B：STEM自我效能、C：STEM探究能力)；第三個代碼代表男生B、女生G及學生的編號；第四個代碼代表自然學科高分組H、中分組M、低分組L的編號。例如：代碼190526_A_B1H代表於2019年5月26日進行男學生1高分組目標學童，對於軸向A(STEM參與度)的理解。最後再採用內容主題分析(Patton, 2002)進行統整歸納。

肆、研究結果與討論

一、參加「情境式STEM探究教學」國小學童STEM參與度的改變為何？

本研究採用共變數分析來比較EG與CG學生在教學介入後STEM參與度上的差異表現。分析結果(如表3)顯示，EG學生經過「情境式STEM探究教學」介入後，在「情意參與度」、「認知參與度」，以及「STEM參與度總分」皆顯著高於CG學生的表現。

研究者在教學介入之後實施目標學生個別訪談，以進一步瞭解六位目標學生在STEM參與度的改變狀況，多位目標學生提及探究教學內容較難，需要動腦去思考，所以會引發自己主動參與探究活動的「意願」及「行動力」：

和三年級的課程比較，STEM課程內容變得困難，但是研究的時間變

多，對於學習是有幫助。(190519_A_G3M)

因為以前都沒有做那麼多的實驗和動手的任務，動腦的地方變很多，同學討論的時間變很多，用圖表把資料寫出來很清楚，喜歡這樣子的學習。(190519_A_B3H)

水族箱換水時，我和同學搶著做實驗和任務，甚至搶到吵架，應該是自己太想知道結果是什麼。(190519_A_B2L)

由量化和質性資料分析結果發現「情境式STEM探究教學」能提高學生學習STEM的參與度，相關文獻指出學生學習參與的程度與學習成就表現、科學學習的態度有關(Chen & Lin, 2019; Fredricks et al., 2011)，從分量表可以看出教學介入後EG學生分數平均都是提升，而進步最多的是學生的正向「情意」及「認知」顯著提升；相對而言，CG組學生的平均分數卻逐漸呈現下降狀況，這是相當令人擔憂的現象。除此外，由質性資料也顯示情境式STEM探究教學對於學生「意願」及「行動」也有顯著的相關(190519-A-G2、190519-A-B3)。

二、參加「情境式STEM探究教學」國小學童STEM自我效能的改變為何？

本研究採用共變數分析來比較EG與CG學生在教學介入後STEM自我效能上的差異結果。由表4可見，EG學生經過「情境式STEM探究教學」介入後，在「展現能力」、「精熟學習」、「享受學習」，以及「自我效能總分」上皆顯著優於CG學生的表現。「展現能力」例題如：「我覺得學STEM課程很重

表3：EG與CG學生STEM參與度共變數分析結果

變數	組別	人數	前測平均	標準差	後測平均	調整後 後測平均	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
情意	EG	23	22.91	6.91	25.78	26.93	1.20	7.17	.005	.166
	CG	24	26.46	7.93	23.00	21.90	1.17			
意願	EG	23	21.70	6.79	24.30	24.62	1.22	1.93	.171	.042
	CG	24	22.67	8.35	22.52	22.37	1.20			
行動	EG	23	16.87	6.09	18.87	18.98	0.96	2.39	.129	.051
	CG	24	17.25	5.57	17.00	18.90	0.94			
認知	EG	23	10.35	3.75	12.13	11.84	0.73	6.91	.012	.136
	CG	24	9.08	3.40	8.88	9.15	0.71			
總分	EG	23	71.83	19.53	81.09	82.53	3.54	6.31	.016	.125
	CG	24	76.46	21.72	71.42	70.04	3.47			

註：1.EG：實驗組(Experimental Group)；CG：對照組(Comparison Group)。

2. $\eta_p^2 = .010$ 為低效果量； $\eta_p^2 = .059$ 為中效果量； $\eta_p^2 = .138$ 為高效果量，資料分析參考自*Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), by J. Cohen, 1988, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

3.粗體表示兩組間有顯著差異。

表4：EG與CG學生STEM自我效能共變數分析結果

變數	組別	人數	前測平均	標準差	後測平均	調整後 後測平均	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
展現能力	EG	23	28.74	8.74	31.04	31.49	1.38	6.85	.012	.135
	CG	24	30.63	9.42	26.88	26.45	1.35			
自我信念	EG	23	12.17	4.00	13.57	14.30	0.78	0.13	.720	.003
	CG	24	16.42	3.46	14.58	13.88	0.77			
精熟學習	EG	23	14.09	3.86	16.04	16.52	0.84	5.18	.028	.105
	CG	24	15.54	5.38	14.29	13.84	0.82			
享受學習	EG	23	15.22	4.17	17.26	18.19	0.67	4.86	.033	.099
	CG	24	17.83	4.47	16.96	16.07	0.66			
總分	EG	23	69.26	18.56	77.91	81.12	3.02	7.17	.001	.140
	CG	24	78.58	19.46	72.71	69.64	2.95			

註：1.EG：實驗組(Experimental Group)；CG：對照組(Comparison Group)。

2. $\eta_p^2 = .010$ 為低效果量； $\eta_p^2 = .059$ 為中效果量； $\eta_p^2 = .138$ 為高效果量，資料分析參考自*Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), by J. Cohen, 1988, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

3.粗體表示兩組間有顯著差異。

要」；「精熟學習」例題如：「上STEM課程我很專注」；「享受學習」例題如：「我會參與STEM課程讓自己的認知能力提升」。

由目標學生進行個別訪談中發現，EG目

標學生，不管是高中低學童，皆會因為三種情境學習：(一)試誤學習：引導學生在嘗試錯誤中學習STEM；(二)STEM任務導向教學：讓學生學習整合STEM學科知識；(三)真實情

境教學：讓學生以STEM知識解決生活情境問題，並提出實際解決策略(Winn, 1993)而提升STEM自我效能：

紙花遊戲讓我更知道虹吸和毛細現象之間的不同，也學會圖表比較各組間的差異，可以用在其他方面的學習。(190526_A_G1H)

以前覺得自然課和國語課一樣看課本背一背就好了，現在在競賽任務中自己設計，整理資料想辦法贏，很开心的上完一節課。(190526_A_G2M)

我寫學習單練習辨別變因，同學會幫我，我也能慢慢發表了，我更有自信了。(190526_A_B3L)

由上述量化和質性資料分析發現，具有高STEM自我效能的學生更勇於面對挑戰。本研究逐題分析「自我信念」因素的題目，例如：「就算STEM作業很困難我還是會想辦法完成」，「我相信只要努力一定可以學好STEM」等，兩組學生並無顯著差異，效果量極低。研究者思考，可能小學四年級學童初次接觸STEM課程，建立STEM的信念較不容易在一學期中奏效，可能需要更長的時間來逐次提升；再者可能需要讓學童玩出STEM興趣及STEM自我效能才能有效建立其對STEM的自我信念。

從四個分量表可以看到教學介入後對EG學生的平均分數都是顯著提升；然而CG學生的平均分數則是下降趨勢，可知「情境式STEM探究教學」能幫助學生提升自我效能。科學學習自我效能提供了一種對學習科學的信心、能力及信念的自我評估(X. Yang, Zhang, Kong, Wang, & Hong, 2021)。

因此，「情境式STEM探究教學」對於

學生學習STEM的幫助也許不僅止於現階段的學校課程學習，也可能幫助學生在未來面對相關領域學習時所遇到的困難。過往研究較少探討國小學童STEM參與度及STEM自我效能，本研究透過「情境式STEM探究教學」，對於國小四年級學童在學習STEM的情意因素和認知因素顯著提升，而提升其STEM自我效能部分，EG學童因為任務導向學習，帶動學童主動學習和樂在學習STEM，因此能顯著提升學童的STEM自我效能。當代科學教育重視學習者的學習歷程，因此教學者設計符合學生實際生活需求的教學內容及實驗設計，引導學生主動學習，發揮想像力和創造力，才能產生學習者深度學習的意願，而獲得有價值的知識(Pollard et al., 2018; K.-K. Yang, Lee, Hong, & Lin, 2016)。因此本研究透過「情境式STEM探究教學」，提升學生的STEM參與度與STEM自我效能的同時，發現學童在面對真實情境，以STEM跨領域知識來解決生活中所遇到的困境，更能發揮學童的發散性科學思考(divergent scientific thinking)，並提出策略來解決問題，是相當值得推廣的有效教學策略(K.-K. Yang, Hong, Lee, & Lin, 2019)。

三、參加「情境式STEM探究教學」學生的STEM探究能力改變為何？

本研究採用共變數分析來比較EG與CG學生在教學介入後STEM探究能力的差異。學生的STEM探究能力評量說明如下：以「水的單元」為例，利用材料設計(技術、工程)五顏六色的水杯，請學生解釋科學現象(科學)，說明如何調整水移動的量及速度(技術、工程、數學)，並以表格記錄在每次實驗所獲得的數據以驗證研究問題(數學)。分析結果請參見表5，EG組學生經過「情境式STEM探究教學」

表5：EG與CG學生學習STEM探究能力共變數分析結果

變數	組別	人數	前測平均	標準差	後測平均	調整後 後測平均	標準誤	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
解釋科學現象	EG	23	1.13	1.39	2.22	2.21	0.22	0.48	.494	.011
	CG	24	1.08	1.28	2.00	2.00	0.21			
評估探究	EG	23	1.52	1.08	4.78	4.67	0.33	3.12	.084	.066
	CG	24	1.17	0.87	3.75	3.86	0.32			
解釋證據	EG	23	0.61	0.94	2.39	2.34	0.36	5.61	.022	.113
	CG	24	0.25	0.53	1.08	1.14	0.35			
總分	EG	23	3.26	2.75	9.39	9.25	0.68	5.73	.021	.115
	CG	24	2.50	2.15	6.83	6.97	0.66			

註：1.EG：實驗組(Experimental Group)；CG：對照組(Comparison Group)。

2. $\eta_p^2 = .010$ 為低效果量； $\eta_p^2 = .059$ 為中效果量； $\eta_p^2 = .138$ 為高效果量，資料分析參考自*Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), by J. Cohen, 1988, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

3.粗體表示兩組間有顯著差異。

介入後在「解釋證據」及「STEM探究能力總分」皆顯著高於CG學生。研究者在教學之後對目標學生進行訪談，多數目標學生指出情境式STEM探究教學和一般授課有差異，尤其是讓學生沉浸在生活情境式STEM探究教學中，教師不斷的提問學生，且必須提出證據來解釋原因，這種主動收集證據的過程對於科學探究能力的提升有顯著的幫助：

問卷題目第二題(創意電池玩具)畫設計圖我可以，估價單和賺錢我寫得不完整，需要再想想。(190602_A_G2)

問卷題目第一題(屬於自己的五顏六色)，可以知道用「生活中水的流動單元」來構想，但要比較水移動速度快慢的原因我比較不會。(190602_A_B2)

我不太會，但老師鼓勵我把想法寫出來，我就畫出寫出這樣子，我沒有空白。(190602_A_B3)

「情境式STEM探究教學」以科學素養為核心進行設計，針對STEM探究能力進行教學，由此可知本教學介入對於提升學生STEM探究能力及科學素養是顯著優於傳統自然課的教學方法。

伍、結論、建議與研究限制

一、結論

(一)「情境式STEM探究教學」能有效提升EG學生的STEM參與度及STEM自我效能

綜合量化與質性資料分析結果顯示，「情境式STEM探究教學」能顯著提升國小學童的STEM參與度、自我效能及STEM探究能力。本研究聚焦在「跨領域課程統整」及「探究與實作」兩部分，透過三種學習情境來引導國小學童學習科學：1.試誤學習：引導學生在嘗試錯誤中學習STEM，因為學童在探究與實作的過程中出現了錯誤(認知失衡)，就會想不斷的驗證來找出問題所在，而讓錯

誤的認知獲得改善並達到認知平衡(Anderson, 2005)；2. STEM任務導向教學：本研究設計兩種不同的情境任務(即：生活中水的流動和生活中電力的移動)，這兩個大單元又區分為七個小單元主題(如：吸水大賽、水族箱換水；燈泡亮嗎、創意電路玩具)，讓學生必須由科學思維、技術思維、工程思維和數學思維相互交替來解決生活上常會遇到的問題。這樣的訓練會讓學童的思維更為活絡，而統整四種不同領域的能力也提升；3. 真實情境教學：讓學生以STEM知識解決生活情境問題，並提出策略實作解決(Winn, 1993)。學生透過任務工作或競賽，動手做探究活動能引起興趣和創思來設法解決生活中的問題，並能從小組討論中觀摩學習他組的設計，進而修改再研究。「情境式STEM探究教學」中的多學科探究讓對於自然領域較無興趣的EG學生提高了參與度，因此在STEM自我效能顯著高CG學生。本研究發現如同Shin與Bolkan (2021)研究指出刺激認知的教學行為，可以有效提升學習者的內在價值和意識，進而增進學習成就感；除此外，學童因為積極投入參與討論和實作，也同時提升科學自我效能(X. Yang et al., 2021)。

(二)「情境式STEM探究教學」強調「跨領域課程統整」及「探究與實作」能顯著提升實驗組學生的STEM探究能力

STEM教育發展新趨勢強調學科融合統整的理念，在基礎教育階段培育學生具備創造力、問題解決能力等等有各種素養的人力資源(張仁家、林癸妙，2019)。本研究設計以情境任務為課程設計，統整STEM的教學內容，用來解決生活所遇到的困境，而在教學策略上是採用探究教學，研究者只扮演引導者角色，學生需要自己擬訂研究問

題、研究假設、設計研究實驗步驟，並謹慎操作實驗、收集資料並做出有證據的結論，這種探究能力是以學習者為中心，已被證實對於學生的學習成效有極大的幫助(Quigley, Herro, King, & Plank, 2020)。除此外，Astuti, Rusilowati與Subali (2021)研究指出探究教學對於提升學生問題解決能力有顯著提升。本課程旨在培養學生的思維能力和解決現實世界中的日常問題，在設計「情境式STEM探究教學」強調「跨領域課程統整」及「探究與實作」，規劃以任務導向、跨科思維及動手探究來解決生活中的問題，執行10週次30節課的情境式探究教學。初步研究結果發現「情境式STEM探究教學」能有效提升EG學生的STEM探究能力。整合STEM知識教學，可以培養學生對數學、科學和工程更大的興趣(Herschbach, 2011)。

(三)「情境式STEM探究教學」有如科學家般的解決生活中的難題，能顯著提升實驗組科學探究能力

情境式教學廣泛運用於各領域的教學。情境學習活動可以提高學生願意主動參與解決與自己生活經驗相關情境的困境(Chiou, 2021)。相較於傳統教學而言，在化學課中教師設計情境學習模型，可以顯著提高學生對平衡概念的理解能力(Kurniawan, Rahayu, Fajaroh, & Almunasher, 2020)。再者，透過情境學習，課堂文化將從大量的知識供應模式轉變成為一個互動和動態的學習社區，在情境中學生可以相互合作和討論有助於發揮解決問題的能力(Wang, Coutras, & Zhu, 2021)。例如：生活中打翻水造成桌面東西濕掉的情境、水燈紙花祈福的情境、養鬥魚換水的情境、網路新聞智慧燈和觸控燈廣告、創意小家電的巧思新聞等等的上課情境

安排，讓學習者對STEM學習更有鮮明的圖像，學童有如小科學家般地去解決生活中的難題，利用現實世界發生的事件提高對學習STEM的興趣和探究能力，並能助長學習者的科學創造力和想像力。

二、建議

(一)配合十二年國民基本教育，自然科教師發展適合國小學童的「情境式STEM探究教學」課程與教學模組有其必要性

如同周淑惠(2017)所言，探究課程在情境中應積極運用各種探究能力與學科領域知能，以增進與理解主題相關知能，或解決相關問題，有別於灌輸與分科的教學型態，這就是探究取向主題課程的主要精神。雖然本研究發現EG學童的STEM探究能力顯著高於CG，但EG學童的STEM探究能力平均分數只有總分的一半(9.25分/18分)，研究者認為PISA科學素養評量題型需要持續培養才能提升，也才能培養國小學童習慣運用較高層次的探究思維，因此本研究的素養導向STEM評量方式正符合我國十二年國民基本教育目標。

(二)培養具備「跨領域課程統整」及「探究與實作」的種子教師，將有助於「情境式STEM探究教學」課程與教學模組的發展與推廣

本研究試圖突破橫梗在國小自然科教師的心理、文化和傳統等困境，讓更多自然科教師因為瞭解而願意來嘗試、發展與實施類似的課程與教學模組。然而自然科教師在面對「情境式STEM探究教學」時，需要統整STEM四個領域的能力，除了要發揮老師的學科基本知識與創思能力外，多數自然科教師要在繁忙的課務中再構思課程的編排並不容

易。因此本研究建議教育部及各學校能邀請科學探究學者、有情境式STEM探究教學經驗的專家教師共同組成培訓小組，有系統地培育國小自然科教師具備「跨領域課程統整」及「探究與實作」能力，組成一支扎實的「情境式STEM探究教學」種子教師團隊，進入較多的國小進行觀摩教學，將有助於「情境式STEM探究教學」課程與教學模組的發展及推廣。

(三)「情境式STEM探究教學」差異化課程設計、教學與評量有其必要

未來可以針對不同程度學童進行「情境式STEM探究教學」差異化教學，進行更細緻的異質化分組，研究不同參與程度、不同能力和不同學習動機及學習興趣學童，在「情境式STEM探究教學」中的STEM自我效能及STEM探究能力是如何改變的；除此外，學童的STEM思維運作困境和解決策略，都值得進一步探討和深究。

三、研究限制

本研究雖然沒有讓受試者知道自己是EG或是CG，但在教學過程中，學生難免會去猜測研究的目的而產生強亨利效應(John Henry effect)，甚至會因為研究者對他們的關注和期待而產生霍桑效應(Hawthorne effect)，導致干擾研究效度(McCarney et al., 2007)，是以本研究的教學介入成效必須更加謹慎解釋以避免過度推論。

誌謝

本研究承蒙科技部之經費補助(計畫編號：MOST 109-2511-H-037-011、MOST 109-2511-H-037-010-MY3)，謹此致謝。

參考文獻

1. 吳明隆、涂金堂(2008)。SPSS與統計應用分析(第二版)。臺北市：五南。
[Wu, M.-L., & Tu, C.-T. (2008). *SPSS & the application and analysis of statistics* (2nd ed.). Taipei, Taiwan: Wu-Nan.]
2. 余曉清、林煥祥(2017)。PISA 2015臺灣學生的表現。新北市：心理。
[She, H.-C., & Lin, H.-S. (2017). *Taiwan student performance on PISA 2015*. New Taipei, Taiwan: Psychological.]
3. 周淑惠(2017)。STEM教育自幼開始——幼兒園主題探究課程中的經驗。臺灣教育評論月刊，6(9)，169-176。
[Chou, S.-H. (2017). STEM jiaoyu zi you kaishi—Youeryuan zhuti tanjiu kecheng zhong de jingyan. *Taiwan Educational Review Monthly*, 6(9), 169-176.]
4. 林煥祥(2009)。科學素養的評量。科學發展，438，66-69。
[Lin, H.-S. (2009). Kexue suyang de pingliang. *Science Development*, 438, 66-69.]
5. 洪瑞兒、王薪惠、魯盈謙(2017)。學生問卷分析結果。收錄於余曉清、林煥祥(編著)，PISA 2015臺灣學生的表現(頁59-79)。新北市：心理。
[Hong, R.-Z., Wang, H.-H., & Lu, Y.-Y. (2017). Xuesheng wenjuan fenxi jieguo. In H.-C. She & H.-S. Lin (Eds.), *Taiwan student performance on PISA 2015* (pp. 59-79). New Taipei, Taiwan: Psychological.]
6. 張仁家、林癸妙(2019)。美國STEM教育的發展沿革與經驗——以俄亥俄州為例。科技與人力教育季刊，5(4)，1-25。doi:10.6587/JTHRE.201906_5(4).0001
[Chang, J.-C., & Lin, K.-M. (2019). A review of the U.S. STEM education—The experience and praxis of the state of Ohio. *Journal of Technology and Human Resources Education*, 5(4), 1-25. doi:10.6587/JTHRE.201906_5(4).0001]
7. 陳明秀、蔡仕廷、張基成(2016)。嚴肅遊戲之角色扮演與情境模擬對於學習成效之影響：以國小五年級碳足跡課程為例。教育科學研究期刊，61(4)，1-32。doi:10.6209/jories.2016.61(4).01
[Chen, M.-H., Tsai, S.-T., & Chang, C.-C. (2016). Effects of educational role-playing and simulation games: Designing interactive carbon footprint curriculum for primary school students. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(4), 1-32. doi:10.6209/jories.2016.61(4).01]
8. 教育部(2019)。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：自然科學領域課程手冊。查詢日期：2021年9月14日，檢自[https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2025/%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A\(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88\).pdf](https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2025/%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88).pdf)。

- [Ministry of Education. (2019). *Shiernian guomin jiben jiaoyu kecheng gangyao—Guomin zhongxiaoxue ji putongxing gaoji zhongdeng xuexiao: Ziran kexue lingyu kecheng shouce*. Retrieved September 14, 2021, from [https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2025/%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A\(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88\).pdf](https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2025/%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88).pdf)]
9. 許瑛珫、廖桂菁(2002)。情境式網路輔助學習環境之研發與實踐。科學教育學刊，**10**(2)，157-178。doi:10.6173/cjse.2002.1002.03
[Hsu, Y.-S., & Liao, K.-C. (2002). The development and evaluation of a web-based lesson with situated learning. *Chinese Journal of Science Education*, 10(2), 157-178. doi:10.6173/cjse.2002.1002.03]
10. 湯維玲(2019)。探究美國STEM與STEAM教育的發展。課程與教學，**22**(2)，49-77。doi:10.6384/ciq.201904_22(2).0003
[Tang, W.-L. (2019). Explore the development of STEM and STEAM education in the USA. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 22(2), 49-77. doi:10.6384/ciq.201904_22(2).0003]
11. 靳知勤(2007)。科學教育應如何提升學生的科學素養——臺灣學術精英的看法。科學教育學刊，**15**(6)，627-646。doi:10.6173/CJSE.2007.1506.02
[Chin, C.-C. (2007). A reflection on the science education of Taiwan—The voice from the elites in Taiwan. *Chinese Journal of Science Education*, 15(6), 627-646. doi:10.6173/CJSE.2007.1506.02]
12. 楊桂瓊、陳雅君、洪瑞兒、林煥祥(2015)。新興科技融入探究式教學的成效探討。科學教育學刊，**23**(2)，111-127。doi:10.6173/CJSE.2015.2302.01
[Yang, K.-K., Chen, Y.-C., Hong, Z.-R., & Lin, H.-S. (2015). Exploring the effectiveness of integrating emerging technology into inquiry-based science teaching. *Chinese Journal of Science Education*, 23(2), 111-127. doi:10.6173/CJSE.2015.2302.01]
13. 廖珮玟(2015)。從量化與質化研究信效度探討社會科學領域的研究品質。中華科技大學學報，**62**，69-88。
[Liao, P.-W. (2015). From the reliability and validity of quantitative research and qualitative research to the development of social science research quality. *Journal of China University of Science and Technology*, 62, 69-88.]
14. 潘怡如、陳雅君、林煥祥(2018)。以科學新聞融入教學提升中學生自我效能及論證能力之探討。科學教育學刊，**26**(1)，71-96。doi:10.6173/CJSE.201803_26(1).0004
[Pan, Y.-J., Chen, Y.-C., & Lin, H.-S. (2018). Promoting secondary school students' science self-efficacy and argumentation ability with science news instruction. *Chinese Journal of Science Education*, 26(1), 71-96. doi:10.6173/CJSE.201803_26(1).0004]
15. 蔡執仲、鄭丞棋、鄭瑞洲(2018)。以環境議題為主的暑期營隊活動對國小學童情境興趣

表現之探究。環境教育研究，14(1)，39-76。doi:10.6555/jeer.14.1.039

[Tsai, C.-C., Zheng, C.-Q., & Zheng, R.-Z. (2018). An investigation of environmental issue-based summer camp activities to elementary school students' situational interests. *Journal of Environmental Education Research*, 14(1), 39-76. doi:10.6555/JEER.14.1.039]

16. Almukhambetova, A., & Kuzhabekova, A. (2021). Negotiating conflicting discourses. Female students' experiences in STEM majors in an international university in Central Asia. *International Journal of Science Education*, 43(4), 570-593. doi:10.1080/09500693.2021.1875150
17. Anderson, J. R. (2005). *Cognitive psychology and its implications* (6th ed.). New York, NY: Worth.
18. Astuti, N. H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). STEM-based learning analysis to improve students' problem solving abilities in science subject: A literature review. *Journal of Innovative Science Education*, 10(1), 79-86. doi:10.15294/JISE.V9I2.38505
19. Atkinson, R. D., & Mayo, M. (2010). *Refueling the U.S. innovation economy: Fresh approaches to science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. Retrieved June 24, 2021, from <https://itif.org/files/2010-refueling-innovation-economy.pdf>
20. Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215. doi:10.1037/0033-295X.84.2.191
21. Bandura, A. (2006). Toward a psychology of human agency. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 164-180. doi:10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x
22. Bandura, A. (2012). On the functional properties of perceived self-efficacy revisited. *Journal of Management*, 38(1), 9-44. doi:10.1177/0149206311410606
23. Bong, M., Lee, S. K., & Woo, Y.-K. (2015). The roles of interest and self-efficacy in the decision to pursue mathematics and science. In K. A. Renninger, M. Nieswandt, & S. Hidi (Eds.), *Interest in mathematics and science learning* (pp. 33-48). Washington, DC: American Educational Research Association. doi:10.3102/978-0-935302-42-4_2
24. Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16. doi:10.1177/0963662515607406
25. Britner, S. L., & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 485-499. doi:10.1002/tea.20131
26. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. doi:10.3102/0013189X018001032
27. Burke, R. J., & Mattis, M. C. (2007). *Women and minorities in science, technology, engineering, and mathematics: Upping the numbers*. Cheltenham, UK: Edward Elgar. doi:10.4337/9781847206879

28. Butz, A., Branchaw, J., Pfund, C., Byars-Winston, A., & Leverett, P. (2018). Promoting STEM trainee research self-efficacy: A mentor training intervention. *Understanding Interventions*, 9(1). Retrieved September 6, 2021, from <https://ictr.wisc.edu/publications/promoting-stem-trainee-research-self-efficacy-a-mentor-training-intervention/>
29. Chang, M., Singh, K., & Mo, Y. (2007). Science engagement and science achievement: Longitudinal models using NELS data. *Educational Research and Evaluation*, 13(4), 349-371. doi:10.1080/13803610701702787
30. Chen, C.-S., & Lin, J.-W. (2019). A practical action research study of the impact of maker-centered STEM-PjBL on a rural middle school in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(Suppl. 1), 85-108. doi:10.1007/s10763-019-09961-8
31. Chiou, H.-H. (2021). The impact of situated learning activities on technology university students' learning outcome. *Education + Training*, 63(3), 440-452. doi:10.1108/ET-04-2018-0092
32. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
33. Crippen, K. J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1-2), 157-173. doi:10.1080/07380569.2012.658733
34. Dierking, L. D., & Falk, J. H. (2016). 2020 Vision: Envisioning a new generation of STEM learning research. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 1-10. doi:10.1007/s11422-015-9713-5
35. Ersanli, C. Y. (2015). The relationship between students' academic self-efficacy and language learning motivation: A study of 8th graders. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 199, 472-478. doi:10.1016/j.sbspro.2015.07.534
36. Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational Leadership*, 49(2), 61-65.
37. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. doi:10.3102/00346543074001059
38. Fredricks, J. A., McColskey, W., Meli, J., Mordica, J., Montrosse, B., & Mooney, K. (2011). *Measuring student engagement in upper elementary through high school: A description of 21 instruments* (Report No. REL 2011-No. 098). Greensboro, NC: Regional Educational Laboratory Southeast.
39. Fryer, L. K., Ainley, M., & Thompson, A. (2016). Modelling the links between students' interest in a domain, the tasks they experience and their interest in a course: Isn't interest what university is all about? *Learning and Individual Differences*, 50, 157-165. doi:10.1016/j.lindif.2016.08.011
40. Geitz, G., Brinke, D. J., & Kirschner, P. A. (2016). Changing learning behaviour: Self-efficacy

- and goal orientation in PBL groups in higher education. *International Journal of Educational Research*, 75, 146-158. doi:10.1016/j.ijer.2015.11.001
41. Gillies, R. M., & Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45(2), 171-191. doi:10.1007/s11165-014-9418-x
 42. Greene, M., & von Renesse, C. (2017). A path to designing inquiry activities in mathematics. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*, 27(7), 646-668. doi:10.1080/10511970.2016.1211203
 43. Harris, C. J., & Rooks, D. L. (2010). Managing inquiry-based science: Challenges in enacting complex science instruction in elementary and middle school classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 21(2), 227-240. doi:10.1007/s10972-009-9172-5
 44. Helm, J. H., & Katz, L. G. (2016). *Young investigators: The project approach in the early years*. New York, NY: Teachers College Press.
 45. Herschbach, D. R. (2011). The STEM initiative: Constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96-122. doi:10.30707/JSTE48.1Herschbach
 46. Hong, J.-C., Ye, J.-H., Ho, Y.-J., & Ho, H.-Y. (2020). Developing an inquiry and hands-on teaching model to guide STEAM lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 908-922. doi:10.33225/jbse/20.19.908
 47. Hong, J.-C., Ye, J.-H., Ho, Y.-J., & Wang, Y.-J. (2020). STEM embedded in the Dujiangyan irrigation system: A descriptive-interpretive analysis to design STEM course. *Journal of Baltic Science Education*, 19(5), 764-779. doi:10.33225/jbse/20.19.764
 48. Hong, J.-C., Ye, J.-H., & Shih, Y.-Y. (2019). Positive affect creative self-efficacy on the ability and confidence to predict problem solving avoidance motivation in a digital advertisement design course. *Bulletin of Educational Psychology*, 51(2), 321-339. doi:10.6251/BEP.201912_51(2).0007
 49. Hong, Z.-R., & Lin, H.-S. (2013). Boys' and girls' involvement in science learning and their self-efficacy in Taiwan. *International Journal of Psychology*, 48(3), 272-284. doi:10.1080/00207594.2011.628673
 50. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1994). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (4th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
 51. Katz, L. G. (2010, May). *STEM in the early years*. Paper presented at the STEM in Early Education and Development Conference. Cedar Falls, Iowa.
 52. Ketelhut, D. J. (2011). Assessing gaming, computer and scientific inquiry self-efficacy in a virtual environment. In L. Annetta & S. C. Bronack (Eds.), *Serious educational game assessment: Practical methods and models for educational games, simulations and virtual worlds* (pp. 1-18). Rotterdam, The Netherlands: Sense. doi:10.1007/978-94-6091-329-7_1

53. Kim, J. S., Burkhauser, M. A., Mesite, L. M., Asher, C. A., Relyea, J. E., Fitzgerald, J., et al. (2021). Improving reading comprehension, science domain knowledge, and reading engagement through a first-grade content literacy intervention. *Journal of Educational Psychology*, 113(1), 3-26. doi:10.1037/edu0000465
54. Kurniawan, M. A., Rahayu, S., Fajarah, F., & Almunasheri, S. (2020). Effectiveness of dual situated learning model in improving high school students' conceptions of chemistry equilibrium and preventing their misconceptions. *Journal of Science Learning*, 3(2), 99-105. doi:10.17509/jsl.v3i2.22277
55. Lamb, R. L., Vallett, D., & Annetta, L. (2014). Development of a short-form measure of science and technology self-efficacy using rasch analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 641-657. doi:10.1007/s10956-014-9491-y
56. Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. New York, NY: Columbia University Press.
57. Maddux, J. E. (1995). Self-efficacy theory: An introduction. In J. E. Maddux (Ed.), *Self-efficacy, adaptation, and adjustment: Theory, research, and application* (pp. 3-33). New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-6868-5
58. Marbach-Ad, G., Hunt, C., & Thompson, K. V. (2019). Exploring the values undergraduate students attribute to cross-disciplinary skills needed for the workplace: An analysis of five STEM disciplines. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 452-469. doi:10.1007/s10956-019-09778-8
59. McCarney, R., Warner, J., Iliffe, S., van Haselen, R., Griffin, M., & Fisher, P. (2007). The Hawthorne effect: A randomised, controlled trial. *BMC Medical Research Methodology*, 7. Retrieved July 31, 2021, from <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-7-30>
60. McLellan, H. (Ed.). (1996). *Situated learning perspectives*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.
61. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/4962
62. Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J., & Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 257-279. doi:10.1023/B:JSTE.0000048330.07586.d6
63. Newmann, F. M. (Ed.). (1992). *Student engagement and achievement in American secondary schools*. New York, NY: Teachers College Press.
64. Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
65. Pollard, V., Hains-Wesson, R., & Young, K. (2018). Creative teaching in STEM. *Teaching in*

- Higher Education*, 23(2), 178-193. doi:10.1080/13562517.2017.1379487
66. Quigley, C. F., Herro, D., King, E., & Plank, H. (2020). STEAM designed and enacted: Understanding the process of design and implementation of STEAM curriculum in an elementary school. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 499-518. doi:10.1007/s10956-020-09832-w
 67. Rittmayer, A. D., & Beier, M. E. (2009). Self-efficacy in STEM. In B. Bogue & E. Cady (Eds.), *Applying research to practice (ARP) resources*. Retrieved September 6, 2021, from http://aweonline.org/selfefficacy_002.html
 68. Rodríguez-Triana, M. J., Prieto, L. P., Ley, T., de Jong, T., & Gillet, D. (2020). Social practices in teacher knowledge creation and innovation adoption: A large-scale study in an online instructional design community for inquiry learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 15(4), 445-467. doi:10.1007/s11412-020-09331-5
 69. Selcen Guzey, S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore, T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207-222. doi:10.1007/s10956-016-9673-x
 70. Shin, M., & Bolkan, S. (2021). Intellectually stimulating students' intrinsic motivation: The mediating influence of student engagement, self-efficacy, and student academic support. *Communication Education*, 70(2), 146-164. doi:10.1080/03634523.2020.1828959
 71. Stevenson, K. T., Szczytko, R. E., Carrier, S. J., & Peterson, M. N. (2021). How outdoor science education can help girls stay engaged with science. *International Journal of Science Education*, 43(7), 1090-1111. doi:10.1080/09500693.2021.1900948
 72. Sutiani, A., Situmorang, M., & Silalahi, A. (2021). Implementation of an inquiry learning model with science literacy to improve student critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 117-138. doi:10.29333/iji.2021.1428a
 73. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2015). *Education 2030: Incheon declaration and framework for action for the implementation of sustainable development goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all*. Retrieved June 22, 2021, from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>
 74. Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. London, UK: Harvard University press.
 75. Wang, W., Coutras, C., & Zhu, M. (2021). Empowering computing students with proficiency in robotics via situated learning. *Smart Learning Environments*, 8. Retrieved November 18, 2021, from <https://slejournal.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40561-021-00167-6.pdf>
 76. Winn, W. (1993). Instructional design and situated learning: Paradox or partnership?

- Educational Technology*, 33(3), 16-21.
77. Winters, J. V. (2014). STEM graduates, human capital externalities, and wages in the U.S. *Regional Science and Urban Economics*, 48, 190-198. doi:10.1016/j.regsciurbeco.2014.07.003
 78. Yang, K.-K., Hong, Z.-R, Lee, L., & Lin, H.-S. (2019). Exploring the significant predictors of convergent and divergent scientific creativities. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 252-261. doi:10.1016/j.tsc.2019.01.002
 79. Yang, K.-K., Lee, L., Hong, Z.-R, & Lin, H.-S. (2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2133-2151. doi:10.1080/09500693.2016.1230685
 80. Yang, X., Zhang, M., Kong, L., Wang, Q., & Hong, J.-C. (2021). The effects of scientific self-efficacy and cognitive anxiety on science engagement with the “question-observation-doing-explanation” model during school disruption in COVID-19 pandemic. *Journal of Science Education and Technology*, 30(3), 380-393. doi:10.1007/s10956-020-09877-x
 81. Zhao, L., He, W., Liu, X., Tai, K.-H., & Hong, J.-C. (2021). Exploring the effects on fifth graders’ concept achievement and scientific epistemological beliefs: Applying the prediction-observation-explanation inquiry-based learning model in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 20(4), 664-676. doi:10.33225/jbse/21.20.664
 82. Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82-91. doi:10.1006/ceps.1999.1016

The Effects of a Contextual STEM Inquiry Teaching on Elementary School Children's STEM Engagement, Self-Efficacy, and Inquiry Ability

Ning-Wei Chiu¹, Ying-Yan Lu², Zuway-R Hong^{3,*} and Wen-Yi Hsu³

¹Institute of Education, National Sun Yat-sen University

²Office of Institutional Research & Planning, Kaohsiung Medical University

³Center for General Education, Kaohsiung Medical University

Abstract

The purpose of this quasi-experimental study was to examine how a “Contextual Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Inquiry Teaching” course affects elementary school students’ STEM engagement, self-efficacy, and inquiry ability. As the Experimental Group (EG), 23 fourth graders from an elementary school in Kaohsiung City were recruited to take part in the 10-week 30-hour course. The course implemented three teaching strategies: (1) Trial-and-error teaching, in which students learned STEM through trial-and-error; (2) STEM task-oriented teaching, in which students learned and integrated their knowledge of STEM to a variety of learning tasks; (3) Real contextual teaching, in which students learned to solve life problems based on their STEM literacy. In addition, 24 students were also conveniently recruited from another fourth grade class at the same school as a Comparison Group (CG), and were taught by a teacher using a teacher-centered teaching strategy. In order to understand how the course affected EG students’ learning over time, we purposively selected three boys and three girls with high, medium or low scores in their science and technology subjects for individual interviews. Covariate analysis and content theme analysis showed that EG students’ total scores on STEM engagement, self-efficacy, and inquiry ability were significantly higher than those of the CG. The findings of this study provide fresh insights for elementary school teachers who teach interdisciplinary STEM education.

Key words: STEM Self-Efficacy, Elementary School Children, Inquiry Ability, Contextual-Based STEM Inquiry Teaching, Engagement

* Corresponding author: Zuway-R Hong, a3803429@gmail.com