



6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程之研究

常雅珍^{*}、黃寶園^{**}、吳詠惠^{***}、楊雅筑^{****}

摘 要

研究發現，國外常應用STEM（科學、技術、工程、數學）在專題課程中，此一跨領域學習有助於學生成功地解決問題，然而，國內應用STEM於專題課程的研究並不多見。為了幫助學生從實際操作和體驗中學習，進而整合各種知識和訊息以解決問題，本研究創新提出以6E教學模式（參與、探索、解釋、精心設計、深化、評量）結合STEM融入大學生專題的課程，進而探究此教學模式的實施成效，經由學生作品蒐集、訪談、課堂觀察與對話記錄等方式，了解學生學習歷程的轉變、遭遇困難及解決方式。本研究以某科技大學60位學生為研究對象，進行準實驗研究，所得資料以單因子共變數分析進行統計分析，研究結果顯示，實驗組在「專題課程的助益」、「專題課程的人際影響」及「專題課程對STEM的影響」三個分量表的得分均顯著高於控制組，表示本研究所設計的教學模式是有效的。學生在STEM融入專題課程中，以技術上的成長最多，剛開始遇到的困難是第二個探索階段，第二個面臨的困難在第四個精心設計階段。本研究希冀提供高等教育運用STEM進行專

^{*} 常雅珍：長庚科技大學幼保系教授

^{**} 黃寶園（通訊作者）：國立臺中教育大學教育學系教授

^{***} 吳詠惠：臺北市文修非營利幼兒園教保員

^{****} 楊雅筑：新北市悅淨幼兒園教保員

電子郵件：byhuang@gm.ntcu.edu.tw

投稿收件日期：2021.11.08；接受日期：2022.07.06

題之基本架構作為參考，幫助未來研究者據以提升教學品質，並促進教學成效。

關鍵詞：6E教學模式、STEM、專題課程

壹、緒論

一、研究動機

（一）STEM的重要性

每個人都要為複雜的世界環境做好準備，以掌握與日常生活問題相關的關鍵性思維技能（Kennedy & Odell, 2014），STEM（科學、技術、工程、數學）被認為是驅動世界並獲得整合性知識的良好解決方案（Bakirci & Karişan, 2018），其在美國的課程改革中具有決定性的影響力（Lou, Chou, Shih, & Chung, 2017）。STEM包括科學、技術、工程和數學等四種學科的整合（Çorlu, Capraro, & Capraro, 2014），可提升學生問題解決的能力（Çevik & Özgünay, 2018），具備STEM背景人才的需求迅速增加（Najib, Mahat, & Baharudin, 2020）。因此，STEM目前已成為二十一世紀課程中不可或缺的一部分（National Research Council [NRC], 2012）。

STEM是一種跨領域的結合，彼此提供強化和支持，而非以單獨學科方式運作（Burrows, Lockwood, Borowczak, Janak, & Barber, 2018），其重點在於從實際中操作、從體驗中學習，進而幫助學生整合各種知識和訊息以解決問題（Bakirci & Karişan, 2018），藉此可增進不同的技能，像是後設認知能力、提問技巧、科學過程技能及合作學習技能（Schnittka & Bell, 2011）。

（二）STEM與專題課程理念相近，彼此相輔相成

專題課程是一種常應用於STEM教室中的教學方式（Han, 2017），此一跨領域學習有助學生成功地解決問題，對於提升學生對STEM的興趣有正面的影響（Baran & Maskan, 2010; Domínguez & Jaime, 2010; Kaldi, Filippatou, & Govaris, 2011），不僅可提高學生的自信心和自我效能感（Baran & Maskan, 2010），也能強化學生的溝通及合作能力

(Domínguez & Jaime, 2010; Kaldi et al., 2011)。專題課程改善教育品質，讓學生具備理想的STEM專業能力(Bell, 2010)。因此，Fan與Yu (2016)指出STEM是以問題為導向或以探究為基礎的學習課程，並以學生為中心的學習，和專題課程有很多共通處，可相輔相成。

(三) 透過6E教學模式結合STEM融入課程具體可行

6E教學模式(參與、探索、解釋、精心設計、深化、評量)提供以學生為中心的教學架構，使STEM能有目的性的整合(Burke, 2014)，姚經政與林呈彥(2016)採用6E教學模式應用於課程設計，發現其適用於STEM教育之教學流程；周惠柔與林弘昌(2018)也指出6E教學模式可幫助學生掌握主題、促進思考，進而提升問題解決的能力。

因此，研究者以6E教學模式設計課程，結合STEM融入大學生專題課程，並自編量表，透過量化研究了解學生的學習成效。也藉由質性資料分析，了解學生學習過程中遭遇的困難及解決方法。

二、研究目的

(一) 根據相關理論及實務經驗，設計以6E教學模式結合STEM融入大學生的專題課程，並透過自編問卷，建立信效度，透過量化研究結果，了解學生的學習成效。

(二) 透過情緒認知教具了解教學歷程，並探討6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程實施過程中遭遇的困難及解決方法。

貳、文獻探討

一、STEM融入專題課程

專題課程是一種系統的教學方法，經由深入探索問題和具有深度的

課程計畫，例如設計、問題解決和做決定（Tseng, Chang, Lou, & Chen, 2013），藉此幫助學生成功獲得知識和技能（Mergendoller, Markham, Ravitz, & Larmer, 2006）。

STEM融合科學、技術、工程、數學等課程領域，將各個學科融為一體，從而提高了學生的學習興趣（Becker & Park, 2011），是一種跨領域的整合教育，學生在解決問題時，同時學習和應用不同科目的專門知識（Lamb, Akmal, & Petrie, 2015），因此，學習環境需創新的實踐，教師應與相關跨領域專家共同合作，幫助學生一同找出解決實際問題的方法。

Yang與Baldwin（2020）分析22個STEM的相關研究，提出情境式學習（authentic learning）的重要性，也就是STEM要為學生提供解決實際問題的動手經驗。真實的環境有助於學生對未來技職工作做準備，可增強他們的實作能力（Kelley & Knowles, 2016），其次，提供網路（web）平臺，一方面可以讓學生溝通交流，另一方面也可以檢索資訊（Yang & Baldwin, 2020），並鼓勵學生從消費者變為創作者，培養解決問題及合作溝通的能力，讓學生能積極探索和體驗，設計解決現實問題的方法，培養學生創造性思維和動手做的技巧，充分發揮自己的才能，並能夠創造性地將學科相關的知識和技能應用於科學和技術活動，驗證理論和實務的實踐（Lou et al., 2017）。通過合作學習、教育技術、探索式學習和多樣化的評估方法，STEM教學使學生能夠展示團隊精神，加強團隊合作，評估和解決生活中遭遇的問題（Lewis, 2006）。

綜合上述，研究者於專題課程設計強調情境式學習，也鼓勵學生使用網路平臺，檢索研發方向相關產品優缺點，找到改進方向，並著重同儕討論、溝通與交流，將科學、技術、工程、數學等專業知識融入專題課程中，以學生為主體，學生解決問題時遭遇技術方面的問題，適時引入相關跨領域專家提供技術指導，讓學生從做中學，提升實作興趣與技能。

二、6E教學模式

5E模式是基於建構主義學習觀（Rohrich & Morgan, 2005），Burke（2014）指出就「設計」的方向而言，無法徹底展現於課程中，因此增加「工程」，期許學生能像工程師一樣真實的設計和建模，推薦採用6E教學模式來提高STEM教學的效果，透過參與、探索、解釋、精心設計、深化及評量六個學習歷程，該模型是一種基於探究的教學策略。以下分別加以說明：

（一）參與（engage）：目的在激發學生的學習興趣，連結學生過去的學習經驗和先備知識（Burke, 2014），鼓勵學生提問（Bybee, 1997），激發出學生的好奇心及熱忱（Lai, Chu, & Chen, 2018），透過這些方式引發學生投入課程活動。

（二）探索（explore）：此階段重點在於指導學生提問，並透過同儕討論、相關資料蒐集及腦力激盪等方式，更深入地找出問題解決的方式（Lai et al., 2018），可以增進對主題的了解，建構對主題的共同經驗，然後交流與分享，提供學生材料使其聚焦（Burke, 2014），教師可以鼓勵學生建立假設、驗證並嘗試提出結論（Bybee, 1997）。

（三）解釋（explain）：此階段師生相互討論，學生解釋他們學習和改進的方向（Lai et al., 2018），這個階段提供學生去定義和說明目前所學的知識和概念，並確定學習的內容（Burke, 2014），透過師生交流澄清問題的背景和脈絡。

（四）精心設計（engineer）：Lai等人（2018）強調此階段學生根據過去所學的設計概念、原則、理論及資源，開始做決定及建模（modeling），透過探索知識後的整合，此階段開始進行設計與建模（Burke, 2014），充分運用跨學科的特質（Katehi, Pearson, & Feder, 2009）。

（五）深化（enrich）：此階段鼓勵學生進行新的應用，藉此找出

改進原始構思的方法（Lai et al., 2018），目的在提供學生所學轉換成更複雜的問題，或是可以應用到新的情境，確保學生的概念能做到更廣的應用（Burke, 2014）。

（六）評量（evaluate）：此階段讓學生回顧與反思整體的學習歷程，了解自己的學習成效，著重經驗分享（Lai et al., 2018），目的在使師生了解學習成果，學生可透過日誌、模型、工作表現、圖片等方式展現自己的成果（Bybee, 1997）。

三、6E教學模式結合STEM課程之相關研究

國內6E教學模式結合STEM課程的相關研究計有三篇，研究對象以國中生居多，張玉山與簡爾君（2016）以平衡鳥單元為主軸，採6E教學模式進行STEM課程，研究對象為國中八年級學生，結果建議在參與階段應掌握主題；探索階段善用範例使經驗具象化；解釋階段可明確提問引導學生思考；工程階段教導學生工具的操作技巧；深化與評量階段應建立明確的評量指標，使學生有所適從。姚經政與林呈彥（2016）以機器人為主軸，採6E教學模式進行STEM課程，研究對象為國中生，結果發現學生遭遇困難時，教師應引導取代直接給予正確答案，並且要因材施教，掌握不同學生的學習狀況。蔡依帆與吳心昀（2014）以STEM教學為基礎，結合6E教學模式，設計一項引導國中七年級學生以空投救援物資為學習情境之實作活動，結果發現STEM可幫助學生解決問題，6E教學模式則提供完整的學習歷程，培養學生主動探索的精神。

國外方面，6E教學模式結合STEM課程也以國中生（7-9年級）居多，Lou等人（2017）以60位九年級學生為研究對象，讓學生參與為期六週的教學實驗課程，教學設計以STEM為中心，並與專題學習相結合，研究結果發現此一方式可提升學生的創造力。研究結果並提出課程設計可分為五階段：（一）準備階段——教師引導學生了解主題並激發他們的學習動機；（二）實施階段——加強學生自我實踐和解決問題的

能力；（三）演講階段——培養學生總結和表達的能力；（四）評估階段——多元化的評估機制幫助學生更細緻及徹底地思考；（五）修正階段——鼓勵學生根據反饋和建議進行修正，提高自己的能力。Lai等人（2018）以STEM為主要的教學架構，用6E教學模式對48位7～9年級學生進行準實驗設計教學，結果顯示實驗組學生在6E及知識傳遞方面顯著優於控制組學生。

綜合上述，國內6E教學模式結合STEM課程並不多見，且以國中學生為主要研究對象，採用單元教學居多，研究者創新應用於大學生專題課程，因STEM教育重點在於跨學科知識能力的整合，採用6E教學模式來提高STEM教學成效，不僅可激發學生的學習興趣，提供以學生為中心的學習體驗，同時也是問題導向，6E教學模式則提供具體可行的步驟和方法，因此，本研究嘗試以6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程。

參、研究設計

一、研究架構

本研究以量化研究為主，透過準實驗研究的進行，研究者應用6E教學模式設計課程，結合STEM融入大學生專題課程，再自編「大學生專題課程評估量表」作為研究工具，對實驗組學生實施STEM融入大學生專題課程，控制組學生則進行一般專題課程，最後透過統計分析，以了解大學生的專題課程學習成效。除此之外，質性資料分析方面，以本研究實施課程中一組大學生研發之「情緒認知教具」為例，說明6E教學模式如何結合STEM融入大學生專題課程的過程，並分析大學生在STEM融入專題課程的學習歷程遭遇的困難及解決方法。

二、實驗設計

本研究採用不等組準實驗設計（表1），自變項為教學方法，實驗組接受「6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程」之實驗處理，控制組則接受一般專題課程。依變項則為兩組學生的學習成效，並以兩組學生在「大學生專題課程評估量表」各分量表（專題課程的助益、專題課程的人際影響、專題課程對STEM的影響）的後測結果代表之。除此之外，為減少無關變項的干擾，兩組受試者皆為幼保系大學生，將學生特質對實驗結果的影響減到最少，以自編專題課程評估量表前測分數為共變數，透過統計的方式排除兩組學生原本在專題課程上的差異。

表1

本研究之實驗設計

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O1	X1	O3
控制組	O2	X2	O4

註：X1表示實驗組接受6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程；X2表示控制組接受一般專題課程；O1、O2表示實驗處理前對兩組實施前測；O3、O4表示實驗處理後對兩組實施後測。

三、研究對象

本研究以北部某科技大學幼保系學生為研究對象，由研究者指導30位學生為實驗組，接受「6E教學模式結合STEM融入專題課程」；控制組30位學生則採招募方式獲得，並由學校其他教師指導進行一般專題課程，未融入STEM理念，兩組學生專題課程規範、大綱相同。

四、研究工具

（一）專題課程評估量表

1. 編製依據

本研究所使用之「大學生專題課程評估量表」係參考常雅珍（2016）之研究編擬而成，首先邀請三位專家學者，依據量表題目提供修訂意見，量表共23題，採李克特（Likert type）五點量表方式設計，讓受試者選擇最接近自己感受的選項作答，選項分為「非常同意」、「同意」、「沒意見」、「不同意」及「非常不同意」五個等級，各選項分數依序為5、4、3、2、1分。

2. 量表的預試

由100位大學生參與預試題本的填答，並以下列方式進行分析。

（1）同質性檢驗與臨界比

同一量表的題目，由於在測量同一種概念，因此每一題目與總分之間應有高相關，個別題目與總分的相關係數若低於 .35，表示此題目與全量表不同質，不宜採用（引自林碧芳、邱皓政，2008），從表2數據顯示，各題項和總分的相關皆高於 .35，因此題目全數保留。臨界比（critical ration, CR）是根據測驗總分區分為高分組和低分組，並分析高分組與低分組在某一題目上平均數的差異顯著性，原理和獨立樣本 *t* 考驗相同（引自王保進，1999），CR值在3.5以上，表示題目具有鑑別度（王保進，1999）。結果發現所有題目的CR值介於6.51～11.57之間，均超過3.5以上，因此題目全數保留。

（2）效度分析

本量表之效度分析採因素分析的方式進行。本量表之KMO（Kaiser-Meyer-Olkin）為 .897，達到良好的標準；Bartlett球形檢定亦達顯著水準，表示母群體相關矩陣間有共同因素存在，適合進行因素分析（吳明隆，2013），綜合上述兩項檢定結果，顯示本研究量表題項之間有共同因素，適合進行因素分析。

表2

量表同質性檢驗與臨界比結果

題號	題項與總分相關	CR值	備註
1	.79	8.16	保留
2	.78	7.98	保留
3	.76	6.64	保留
4	.83	8.39	保留
5	.66	6.51	保留
6	.67	7.34	保留
7	.72	9.73	保留
8	.69	7.36	保留
9	.83	9.16	保留
10	.70	6.90	保留
11	.72	11.25	保留
12	.72	8.91	保留
13	.65	10.42	保留
14	.64	9.76	保留
15	.67	9.92	保留
16	.65	9.66	保留
17	.65	7.99	保留
18	.71	11.57	保留
19	.76	8.97	保留
20	.84	9.84	保留
21	.87	9.80	保留
22	.73	6.89	保留
23	.72	6.95	保留

接著以主成分分析法取出因素負荷量，以因素負荷量大於 .30，特徵值大於1為選題及因素抽取標準，經最大變異法轉軸後的因素分析摘要如表3所示，其中第19題和第23題在因素一和因素三的結構因素負荷量均高，根據王保進（1999，頁737）的研究指出：「結構負荷量中，

常可見一些變項在兩個因素的結構負荷量都很高，此將造成解釋上的困難。較為可行的方法是，研究者根據當時編製問卷時，該題目應歸屬哪一個因素」。因此研究者將第19題歸類為因素一，第23題歸類為因素三。

根據資料分析結果，共抽取三個因素，第一個因素的特徵值為12.32，可解釋53.58%的變異量，依照因素特性命名為「專題課程的助益」；第二個因素的特徵值為2.51，可解釋10.09%的變異量，命名為「專題課程的人際影響」；第三個因素的特徵值為1.23，可解釋5.36%的變異量，命名為「專題課程對STEM的影響」，這三個因素的累積解釋量為69.84%。

表3

量表轉軸後之因素分析摘要

題號	內容	因素一	因素二	因素三
1	專題課程可以增進我蒐集資料的能力	.90	.48	.41
20	從專題製作中，可以提升我的學習興趣	.87	.54	.57
2	專題課程可以增進我分析資料的能力	.87	.46	.46
3	我能根據研究問題，找到解決方案	.86	.44	.47
4	我能透過不同的方式，評估自己的專題成果，找到改進的方向	.85	.50	.63
21	動手做專題比自己閱讀更容易學到東西	.84	.54	.70
9	專題課程提供我驗證理論與實務的機會	.81	.58	.60
22	專題課程是我更容易專注的學科	.75	.34	.59
7	不同知識及技能的整合，有助專題的進行	.70	.57	.46
19	實際動手製作，讓我從中得到成就感	.68	.51	.67
16	專題學習過程中，小組合作是有幫助的	.43	.88	.27
15	專題成員的意見，可以激發我不同的想法	.43	.86	.41
13	在專題課程中，我和組員互動良好	.41	.84	.38
18	我喜歡和同組成員共同製作專題	.60	.84	.25

(續下頁)

表3 (續)

題號	內容	因素一	因素二	因素三
14	專題討論時，我能主動提供意見和想法	.38	.83	.41
17	專題小組合作，可以增進人際關係	.55	.81	.16
11	透過專題課程，我樂意和同學討論與溝通彼此的意見和想法	.54	.77	.47
12	專題課程遇到困難時，我很樂意主動請教別人	.58	.77	.42
8	在專題課程中，我會運用所學的數學知識去解決問題或製作產品	.53	.37	.82
5	進行專題製作時，我會注意作品材質的選擇	.49	.41	.79
10	進行專題製作時，我會用到學過的科學知識（像磁力、聲音、邏輯推理等）	.54	.39	.78
6	進行專題製作時，我會運用自己擅長的技術（像縫工、木工、繪圖、黏土等）	.53	.40	.77
23	在專題課程中，即使遇到困難，我也會試著解決	.67	.39	.69
特徵值		12.32	2.51	1.23
可解釋變異量（%）		53.58	10.90	5.36
累積可解釋變異量（%）		53.58	64.48	69.84

（3）信度分析

本研究採內部一致性Cronbach's α 係數檢視全量表及分量表之信度，結果顯示全量表 α 值為 .96，「專題課程的助益」分量表為 .95，「專題課程的人際影響」分量表為 .93，「專題課程對STEM的影響」分量表為 .85，結果均高於 .80，表示信度頗佳。

五、課程設計

研究者根據6E相關理論及觀點，進行課程設計，分為教師的教學指引及學生學習活動兩方面加以說明，詳如表4所示：

表4

本研究課程設計

6E	理論觀點	教師教學指引	學生學習活動
參與	定義問題	1. 分組討論，強調團隊合作的重要性 2. 了解每位學生的興趣及專長 3. 透過提問，引發學生的學習興趣，幫助學生找出研發方向	學生分組討論，找出研發的方向
	找尋資料	1. 蒐集研發方向市售相關產品的資訊 2. 評估相關市售產品的優缺點 3. 針對市售產品的缺失，引導學生腦力激盪，提出不同的改善方法	蒐集並評估市售相關產品優缺點，提出不同的改善方法
解釋	找出最佳解決方案	1. 師生討論，具體歸納最佳解決方案 2. 透過心智圖，用繪圖和文字說明研發方向 3. 從STEM觀點提出實用的說明	透過心智圖統整最佳研發方向，從STEM觀點提出實用的說明
	製作原型	1. 引導學生繪製產品設計圖 2. 引導學生根據設計圖選擇及購買材料 3. 製作研發產品	繪製設計圖、選材後製作研發產品
深化	實際應用與改良	1. 訪談研究對象，了解研發產品的優缺點及改進方向 2. 自編問卷，建立信效度後，透過問卷了解研究對象使用研發產品後的滿意度 3. 運用研發產品進行課程設計，了解學生的學習成效 4. 引導學生選擇並評估適用之深化方式	評估能力、時間後選擇合適的方式，將研發產品應用於實際情境
	評估學習成效	1. 引導學生整理學習歷程檔案 2. 引導學生現場或錄製影片展示及說明自己研發的產品 3. 引導學生透過預演，進行20分鐘簡報說明學習歷程 4. 正式上臺報告說明 5. 繳交專題報告	學生自我評估了解整個學習歷程
評量			

六、質性資料分析

研究者引導學生在第五階段深化階段，將自製研發產品邀請研究對象試用及訪談，訪談結果應用常雅珍（2016）提出編碼後用心智圖加以

統整研究結果，亦即逐字稿編碼後進行楷模式心智圖及統整式心智圖，進而找到產品的優缺點及改進方向。此階段的資料分析方式如下：

（一）逐字稿：在訪談過程中，將訪談內容轉譯為文字檔，透過編碼方式進行分析。

（二）開放性編碼：將逐字稿中有意義的字句畫線，並用更簡潔的語句編碼，釐清概念之間的關係。

（三）主軸編碼：將上述開放性編碼再根據研究問題進行歸類。

（四）楷模式心智圖：本研究根據常雅珍、洪錦益、黃寶園、黃詩庭與李佩綺（2019）所提出之心智圖法分析質化資料的方式（如圖1），將研究對象以大寫英文字母ABCD作為代號，分別依順序代表不同的研究對象；數字則代表逐字稿行數的對應，以B17為例，代表逐字稿內容是第二位研究對象，逐字稿所在的行數從第17行開始，依此類推。本研究中研究對象D訪談內容最豐富，因此作為楷模，此一主軸編碼作為楷模式心智圖，圖的中央標示主題為「情緒教玩具」，其次分支出兩大選擇性編碼，標題為「情緒教玩具」的優點及建議。

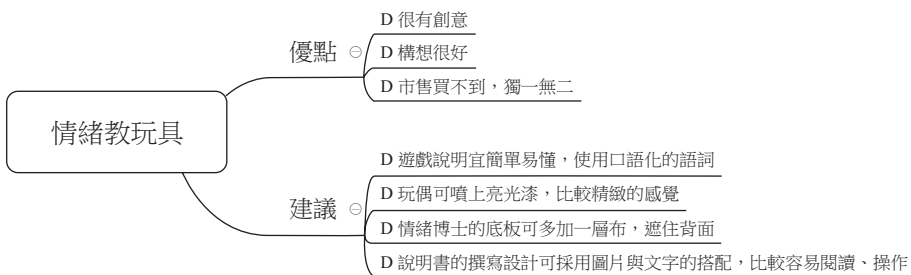


圖1 楷模式心智圖

（五）統整式心智圖：本架構圖將所有研究對象的編碼加以統整（圖2），以楷模式心智圖為起點，融入其他研究對象的觀點，統整為質性研究結果的主要架構。

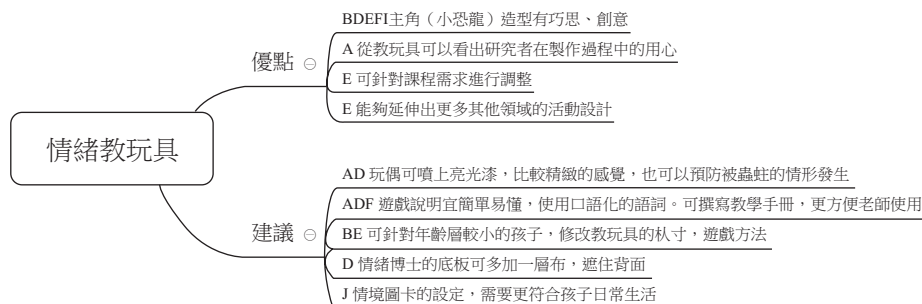


圖2 統整式心智圖

七、研究流程

（一）研究計畫階段

研究者具十多年專題教學經驗，針對STEM國內、外的研究多方涉獵，找到6E教學模式設計，結合理論和實務經驗，將兩者融入專題學習課程。

（二）研究進行階段

研究者對實驗組學生進行每週一次，為期1年之專題課程，控制組進行一般專題課程。在實驗處理期間，兩組學生均接受前後測，施測前告知兩組學生填答結果絕對不會影響學習成績，可安心作答，獲學生同意後才進行施測。

（三）資料處理與分析

量化研究結果進行統計分析，最後將結果加以分析與討論，撰寫研究報告。為進一步了解學生之學習成效，研究者採單變量共變數分析，在排除前測分數的可能影響下，分別探討控制組和實驗組在後測得分的差異情形。研究者將前後測結果建立檔案後，應用SPSS 20.0版套裝軟體，以 .05作為顯著水準進行分析，比較兩組在依變項平均數上的差異。

肆、研究結果與討論

一、6E教學模式結合STEM融入專題課程之量化分析

（一）兩組學生在「大學生專題課程評估量表」之得分

實驗組學生30人，控制組學生30人，兩組學生在大學生專題課程評估量表的得分如表5所示。

表5

兩組學生在「大學生專題課程評估量表」之得分摘要

量表名稱		實驗組				控制組			
		<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後 平均數	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後 平均數
專題課程的助益	前測	30	3.35	0.36		30	3.23	0.39	
	後測	30	4.62	0.46	4.59	30	3.98	0.76	4.01
專題課程 的人際影響	前測	30	3.56	0.45		30	3.55	0.36	
	後測	30	4.67	0.47	4.67	30	4.19	0.74	4.19
專題課程對 STEM的影響	前測	30	3.34	0.39		30	3.22	0.46	
	後測	30	4.61	0.48	4.58	30	3.99	0.78	4.01

表5呈現兩組學生於三個分量表上之前後測平均數與標準差，表中的數值不論是原始後測平均數或是調整後平均數，似乎都是實驗組的分數高於控制組，然此差異是否達統計上的顯著，將待隨後的共變數分析加以檢驗。

（二）共變數分析

在進行單因子共變數分析前，需進行「組內迴歸係數同質性檢定」（王保進，1999），從表6中可知，三個分量表之組內迴歸係數同質性檢定均未達顯著水準，表示兩組學生在三個分量表具同質性，符合基本假設，因此得以繼續進行共變數分析。

表6

組內迴歸係數同質性檢定摘要

量表	變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
專題課程的助益	迴歸係數同質	0.63	1	0.63	1.79	.186
	誤差	19.79	56	0.35		
專題課程的人際影響	迴歸係數同質	0.45	1	0.45	1.19	.281
	誤差	21.39	56	0.38		
專題課程對STEM的影響	迴歸係數同質	0.54	1	0.54	1.43	.237
	誤差	21.23	56	0.38		

表7是兩組學生在三個分量表之共變數分析摘要，當去除共變項（前測）的影響後，兩組學生在三個分量表的後測分數仍有顯著的差異，表示經過一學年的專題課程學習之後，接受不同課程設計的學生其態度與能力有顯著的不同。再對照表5之分數後可知，不論是哪一個分量表，均為實驗組學生的分數顯著高於控制組學生，此結果支持了本研究的觀點，顯示當學生接受「6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程」後，其效果高於接受一般專題課程設計的學生。而此效果有多高？根據Cohen（1988）的經驗法則， η^2 值的小、中、大效果量分別為0.01、0.06及0.14（引自陳正昌、賈俊平，2019，頁224），由表7的 η^2 值可知本研究在三個分量表上均達到大效果，顯示本研究的實驗效果頗大。

表7

共變數分析摘要

量表	變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	考驗力
專題課程的助益	組間	4.89	1	4.89	13.65	.000	.19	.95
	誤差	20.42	57	0.36				
專題課程的人際影響	組間	3.41	1	3.41	8.90	.004	.14	.83
	誤差	21.85	57	0.38				
專題課程對STEM的影響	組間	4.69	1	4.69	12.27	.001	.18	.93
	誤差	21.77	57	0.38				

從研究結果可發現，實驗組學生接受「6E教學模式結合STEM的創新專題課程」一學年後，在「專題課程的助益」、「專題課程的人際影響」、「專題課程對STEM的影響」三個分量表上的分數顯著高於接受一般專題課程的控制組學生。「專題課程的助益」方面，學生從開始找到研究問題、蒐集資料、分析資料，進而找到解決方案，畫設計圖，實際動手製作產品，從中得到自信心和成就感。「專題課程的人際影響」方面，同組學生能主動提出想法和意見，透過不斷地討論和溝通，培養合作的默契，遭遇困難時，不僅同組成員間相互交流，也會和其他組別成員相互請益，進而增進人際關係。「專題課程對STEM的影響」方面，在科學、技術、工程、數學四方面均有成長與幫助，於討論一節進一步說明。

二、用6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程設計之分析

6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程共分為六階段進行，本研究以本課程指導之一組大學生研發「情緒認知教具」為例，說明課程進行的方式，此一研發成果通過新型專利，並獲得國際發明競賽金牌。

（一）參與：此階段重點在於激發學生好奇心及學習的興趣，幫助學生找到合適的研發方向，並透過師生互動及同儕討論，找出初步的意見及看法。以「情緒認知教具」的研發為例，學生在實習時，觀察到情緒失控的小朋友很多，市面上引導認知情緒的教具並不多見，師生透過討論，思考幾項可行的方案。

（二）探索：此階段重點在於指導學生提問，並透過同儕討論、相關資料蒐集及腦力激盪等方式，更深入地找出問題解決的方式（Lai et al., 2018），並提出可行的設計構思，腦力激盪，最後決定先朝自製情緒教具方向著手，然後進行文獻探討，找出「認識情緒的種類」、「情緒形成的原因」、「抒發負面情緒」、「啟發正面情緒」等四個情緒教

育理念。

（三）解釋：此階段師生相互討論，學生解釋他們學習和改進的方向（Lai et al., 2018）。此組學生查閱市售教具後，發現市售遊戲的玩法較單一，因此開始思考發展出多元玩法的情緒認知教具，使用心智圖法具體歸納出設計方向（圖3）。

教師幫助學生結合過去所學及專長，思考如何將STEM理念融入設計概念中。在科學方面，主要透過科學過程技能進行整個專題的歷程。Kruea-In與Thongperm（2014）指出科學過程技能包含觀察、分類、測量、使用數字，空間／時間關係、推理、預測、傳達、控制變量、在操作上定義變量、假設、實驗、解釋數據和得出結論。在研究者的引導下，學生透過有系統的學習方式，習得科學過程技能。在技術方面，首先是取材，遊戲版圖採用防水材質，防髒、容易清洗布料，內層則使用舒適棉布，遊戲均以手工縫製，主要技巧為電腦繪圖、縫工、拼貼及黏土。透過電腦繪圖方式，可使牌卡精美，獨具特色，呈現效果看起來像市售商品。在數學方面，為求比例均衡，大小相同，使用數學四則運算。作品完成後的量化實驗，則需具備統計能力，學生雖修過統計學，仍需教師的指導。

（四）精心設計：Lai等人（2018）強調此階段學生根據過去所學的設計概念、原則、理論及資源，開始做決定及建模，研究者鼓勵學生畫出設計圖，並根據設計圖親自動手做，其中遇到黏土方面無法做出合適的配件，也適時請教黏土專家，提升創作技術，進而做出理想成果。為認識六種不同的情緒，設計了「情緒翻翻樂」遊戲；為引導小朋友如何抒發情緒，設計「情緒找出口」遊戲；為讓小朋友理解自己的情緒及情緒形成的原因，設計「情緒Bingo！」遊戲；最後幫助學生啟發正面情緒感恩，時常懷抱感謝的心，設計「情緒博士」遊戲，四種遊戲循序漸進，由易而難，由淺入深（表8）。

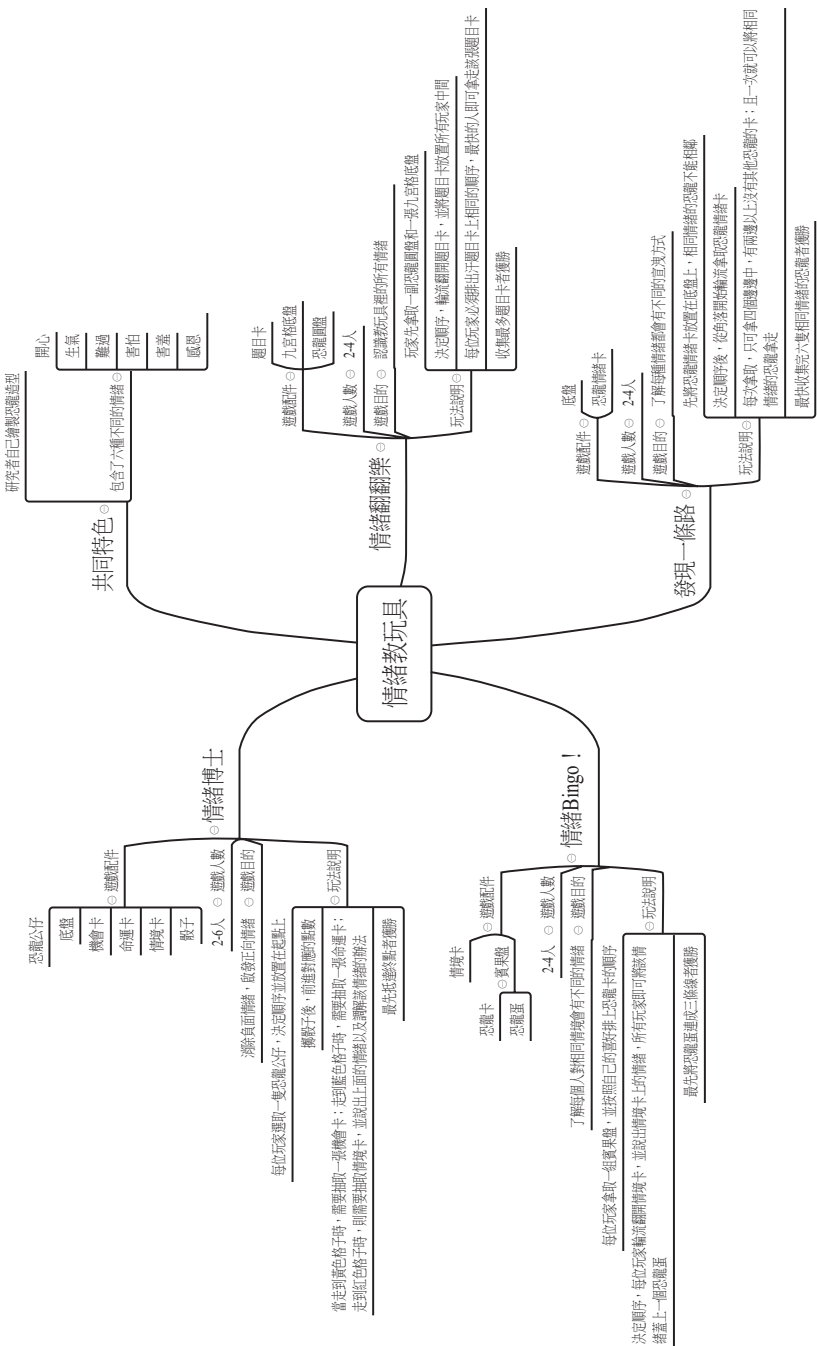

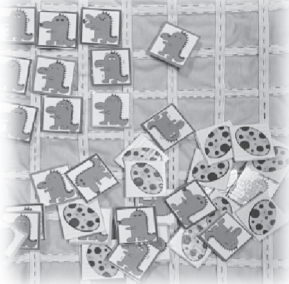




圖3 情緒認知教具設計方向心智圖

表8

情緒認知教具四種遊戲

	
情緒翻翻樂	情緒找出口
	
情緒Bingo!	情緒博士

(五) 深化：此階段鼓勵學生進行新的應用，藉此找出改進原始構思的方法（Lai et al., 2018），因此研究者讓學生將作品分為三方面進行深化。

1. 訪談研究對象，了解研發產品的優缺點及改進方向

首先作品完成後，邀請五位教保人員、兩位學生家長及五位小學生為研究對象進行訪談。質化研究結果說明如下：

(1) 「情緒認知教具」的優點

a. 主角（小恐龍）的造型很有巧思與創意

研究對象B、D、E、F、I認為情緒教具在市面上並不常見，且主角

（小恐龍）又是學生自己創作，非常有巧思、很有創意，也深受小朋友的喜愛。

（自己設計恐龍以及蛋的外型）這麼厲害！（B17）

這（恐龍公仔）也太可愛了！（B80）

我覺得這個構想很好，而且你們的恐龍是市面上沒有的，你們自己發揮創意畫出來的，所以整體來說，非常吸引人。（D8）

這遊戲很有創意，外面坊間也沒有看過，我覺得很不錯，感覺也很有趣。（D29）

我覺得你們整體的教具很有創意。（D43）

這遊戲的構想很有創意，是你們自己想出來的嗎？（E22）

（恐龍公仔的外型）好用心喔！（F88）

我喜歡這隻紅色的（恐龍公仔）！（I84）

b. 製作用心

研究對象A認為在教具本身可以看到學生對教具的用心程度，不論是配色或是外觀，都可以看出學生別出心裁的設計。

真有耐心（針對賓果遊戲的蓋子是一個一個摺的）。（A58）

覺得你們這個桌遊顏色很豐富，小朋友應該會很喜歡。
（A93）

c. 可針對課程需求進行調整

研究對象E認為教具的玩法能夠針對小組、團體、個人進行操作，非常方便，大幅增加使用的程度。

那這樣（情緒翻翻樂的玩法多元）還蠻方便老師的！（E32）

這樣你們的（賓果遊戲）玩法很多元。（E74）

d. 除了針對「情緒」外，教師還能夠搭配其他主題

研究對象E認為教具的玩法讓他激盪出其他的主題可以搭配其教學活動。

我覺得你們的教具都很有創意，而在最後一個教具的部分，其實也可以給小班的孩子玩，當然不會是情緒為主，可能就會帶入數概念的點數，讓小朋友可以點數，基本上我認為沒有什麼需要改進的地方。（E96）

（2）研究對象建議

a. 可塗上亮光漆方便配件保存

由於玩偶是利用樹脂土製作，研究對象A、D建議在玩偶的外層塗上一層亮光漆，可避免樹脂土經過長時間的擺放，而被蟲蛀，還可以讓玩偶外觀看起來亮亮的，有精緻的感覺。

你們的玩偶也很可愛，手很巧，只是這玩偶放久了可能會被蟲咬，所以看你們要不要噴亮光漆。（A94）

我覺得這個玩偶做的很可愛，看要不要噴上一點亮光漆，這樣看起來比較精緻！然後關於底板的部分，可以在把背面用另外一塊布縫上去，這樣就不會背面看起來醜醜的。（D37）

b. 遊戲說明書的撰寫更口語化

針對遊戲說明的方式，研究對象D建議利用較口語化的語句來進行撰寫，會讓操作者更加容易理解，呈現方式也可透過圖片來進行輔助，讓小朋友獨自操作時，也能順利進行。

整體的構想是很有創意的，但是「出口」並不適合小朋友，它太深奧了，而且一般也不會用「出口」這個詞，在遊戲說明的部分需要用口語化的方式，讓小朋友比較容易理解，像是「鄰居」之類的，才能讓小朋友自己看說明書也可以操作。（D19）

說明書的部分，可以利用圖片搭配文字，這樣說不定會更清楚怎麼操作！也因為市面上很少有這種教具，所以如果量產的話，說不定會很受歡迎。（D44）

除了撰寫遊戲說明書外，研究對象A、F也建議可補充教師使用手冊，讓教師可以更容易地運用到活動中，也要考量到遊戲時會遭遇的突發狀況，將解決的方法納入手冊中，以減少遊玩的過程中所出現的誤會。

就是可能你們需要有人可以負責幫忙監督，預防有小朋友蓋錯情緒。（A73）

我的想法跟老師差不多，我覺得這款教具的年齡層其實可以下修，像是一些資質比較好的大班小朋友，或是中班小朋友都可以操作，不一定針對國小的孩子，而且我覺得你們很用心，還會設計出不同的玩法給不同的年齡層，如果說搭配教學手冊會更棒！（F102）

c. 針對不同年齡層，調整遊戲方式

研究對象B、E認為教具的玩法只要稍微調整，就可以讓每個不同年齡層的孩子進行操作，像是出現的恐龍數量減少、恐龍放大以方便幼兒拿取、遊戲道具逐一增加等，讓使用的層面更加廣泛。

如果有小小孩也想要玩這個遊戲的話，這對他們來說有點太小，很難辨識，如果可以的話，再多增加一個For小小孩的尺寸，圖案可以稍微放大一點，然後設計的格子數少一點這樣。（B50）

我覺得你們的教具都很有創意，而在最後一個教具的部分，其實也可以給小班的孩子玩，當然不會是情緒為主，可能就會帶入數概念的點數，讓小朋友可以點數，基本上我認為沒有什麼需要改進的地方。（E96）

d. 增加配件讓教具更加精緻

研究對象D建議教具的背面可再多縫上一塊布，遮擋住背面因為縫線而看起來不夠精緻。

我覺得這個玩偶做的很可愛，看要不要噴上一點亮光漆，這樣看起來比較精緻！然後關於底板的部分，可以再把背面用另外一塊布縫上去，這樣就不會背面看起來醜醜的。（D37）

e. 若遊戲對象是幼兒，情境圖卡需符合孩子的日常生活



研究對象J認為情境圖卡的設定，不夠貼近孩子的日常生活，建議將情境圖卡再稍微調整，更加符合幼兒生活，也比較容易引起孩子共鳴。

構圖可以簡單一點，這樣小朋友才看得懂，因為有些時候啊，榮榮他看電視，看到卡通人物，他會問我，媽媽，他是在笑還是在哭啊？（J20）

學生根據訪談研究對象後找到改進方向，進一步將作業加以改良（如表9所示）。

表9

情緒教具改良前後圖

改良前	改良後	文字說明
		恐龍圓盤呈現的方式，從用紙跟膠帶泡水的方式，改成訂做恐龍貼紙，讓恐龍可以更加清晰



（續下頁）

表9 (續)

改良前	改良後	文字說明
		情緒翻翻樂的配件，增加了「答案盤」，讓小朋友在操作的過程中可以更清楚題目卡上的順序
		恐龍蛋盒從原本軟軟的色紙，改用比較硬的雲彩紙，讓恐龍蛋盒更加堅固，不易損壞
		將原本的恐龍立牌，改為利用樹脂土製作恐龍公仔，一方面變得比較好操控，另一方面則是增添教具的特色，也更加耐用
		將恐龍玩偶表層塗上亮光漆，增加外觀的亮度，也可預防玩偶日後被蟲蛀的危機

(續下頁)

表9 (續)

改良前	改良後	文字說明
		說明書的撰寫，從一開始試玩的過程，都是透過研究者口語上的說明，並沒有實質的說明書，研究對象也建議有說明書，才能更加清楚遊戲的玩法

2. 引導學生自編量表，建立信效度後，透過問卷了解研究對象使用研發產品後的滿意度

(1) 編擬情緒教具量表

改良作品後，學生為了解產品成效，在研究者引導下自編情緒教具量表，作為隨後針對國小五年級學生使用情緒教具後的滿意度施測工具。量表共11題，包含教育意義（6題）與整體特性（5題）兩部分。預試結果發現，各題與總分之間的相關均超過 .30，各題之CR均高於 3.5，因此所有題目皆保留。隨後因素分析得KMO為 .87，Bartlett球形檢定亦達顯著，接著以主成分分析法取出因素負荷量，以因素負荷量大於 .30，特徵值大於1為選題標準（王保進，1999）。分析結果顯示，因素一特徵值為5.32，可解釋變異量48.35%，將其命名為「情緒教具的教育意義」；因素二特徵值為1.21，可解釋變異量11.02%，將其命名為「情緒教具的整體特性」，兩個因素可解釋的總變異量達59.37%。隨後採內部一致性Cronbach's α 係數考驗全量表及分量表之信度。「情緒教具的教育意義」信度為 .85，「情緒教具的整體特性」信度為 .83，全量表信度為 .89，顯示本問卷內部一致性頗佳。

量表建立信、效度後，以27位國小五年級學生作為研究對象進行調查，以了解產品的成效。先對研究對象介紹一般傳統情緒教具，一般傳

統情緒教具透過不同表情替換讓學生認知不同的情緒，介紹後進行量表施測；再經由學生的說明、展示及試用自製研發之情緒認知教具，進行量表施測，結果採相依樣本 t 檢定，了解研究結果。

(2) 施測結果

27位國小五年級學生在兩種教具上的分數及差異檢定摘要如表10所示。結果顯示學生於「教育意義」分量表的差異達顯著水準，表示情緒教具——情緒恐龍蛋的遊戲，包含對他人有同理心，了解情緒、情緒形成的原因，解決自己的情緒等功能顯著優於一般傳統教具。此外，在「整體特性」之分量表上的差異也達顯著水準，顯示情緒教具——情緒恐龍蛋之有趣性、實用性、有創意性、深淺難度及多元豐富的玩法顯著優於一般教具。

表10

國小五年級學生在兩種教具上的分數及相依樣本 t 檢定摘要


量表 向度	題目	傳統教具組		情緒教具組	
		M	SD	M	SD
教育 意義	5. 教具可以增進學生了解不同的情緒	3.44	0.75	4.44	0.80
	6. 教具可以協助學生認識什麼是情緒	3.37	0.63	4.59	0.57
	7. 教具幫助學生了解情緒形成的原因	3.48	0.80	4.37	0.74
	8. 教具可以培養學生利用適當的方式，解決自己的情緒問題	3.40	0.57	4.25	0.94
	9. 教具可以提升學生對於他人情緒的同理心	3.56	0.80	4.48	0.70
	10. 教具富有教育意義	3.52	0.70	4.56	0.64
		paired- $t = 6.07$		$p = .000$	
整體 特性	1. 教具具有創意	3.78	0.70	4.48	0.75
	2. 教具具有實用性	3.56	0.64	4.30	0.67
	3. 教具是有趣的	3.81	0.79	4.52	0.75
	4. 教具設計多元豐富的玩法，增進學習的樂趣	3.63	0.74	4.56	0.75
	11. 教具設計由簡到難、由淺到深，啟發學生不同能力	3.67	0.78	4.37	0.88
		paired- $t = 4.59$		$p = .000$	

3. 運用研發產品進行課程設計，了解學生的學習成效

大學生到國小帶領中年級學生進行兩個月共八次課程（表11），結合自製的四種情緒教具及八本繪本，設計活動及學習單，引導學生認識、抒發情緒、了解情緒的成因及建立正向情緒，教學中記錄師生互動歷程、學生反應及每次上課的優缺點，作為下次改善課程的方向。

表11

情緒教育課程上課照片

	
大學生帶領小學生上課情形	課程中使用情緒教具情形

（六）評量：此階段讓學生回顧與反思整體的學習歷程，了解自己的學習成效，著重經驗分享（Lai et al., 2018）。研究者讓學生統整學習歷程，學生練習現場或錄製影片展示及說明自己研發的產品，透過預演，進行20分鐘簡報說明學習歷程，最後透過具體的上臺報告，展示研發成果，繳交專題報告。

三、大學生在STEM融入專題課程的學習歷程、遭遇的困難及解決方法


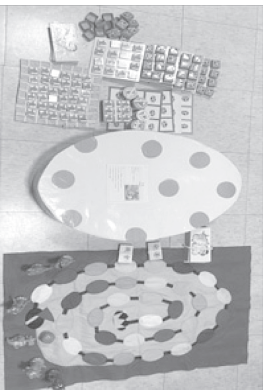

（一）關於STEM融入專題課程

研究者指導實驗組學生進行1年的創作和研究，製作出12件創新研發成品（表12），創作的過程中，發現學生在STEM融入專題課程中，技術上的成長最多。每一組學生都能善用自己擅長的縫紉、編織、剪裁或繪圖技術；除此之外，針對自己不擅長的部分，也能虛心尋求相關專

家指導，學習電腦繪圖、黏土、木工等技術，作品完成時，提升自己許多不同的實作能力。

表12

實驗組學生專題作品一覽表

		
三合一感官遊戲收納組（全國教保技藝競賽幼兒教具組第二名）	想像性桌上遊戲（通過發明專利，全國教保技藝競賽，幼兒教具組第一名）	幼兒性別平等教具結合多功能背包組（通過設計專利）
		
環保教具（國際創新發明競賽金牌）	情緒認知教具（通過新型專利，國際創新發明競賽金牌）	幼兒生活自理驚喜箱（全國跨域創意實務競賽佳作）

（續下頁）

表12 (續)

		
<p>多功能遊戲車（通過設計專利，全國幼兒科學教具競賽優選第二名）</p>	<p>多功能遊戲毯（全國幼兒科學教具競賽佳作）</p>	<p>幼兒園學習區組合教具（通過新型專利，獲全國萬潤創新創意競賽佳作）</p>
		
<p>品德教育教具（通過設計專利）</p>	<p>多功能餐具組（通過新型專利）</p>	<p>快樂馬戲團教具（全國幼兒科學教具競賽佳作）</p>

在科學方面，學生為求作品能更吸引幼兒的注意，大多希望融入聲學效果，像是「三合一感官遊戲收納組」教具上的聽覺遊戲有六種不同的動物聲音，刺激幼兒的聽覺，也能增進日常生活中的學習，了解牛、鴨、貓、青蛙、羊、豬的名稱、樣貌及叫聲。光學效應也可讓幼兒眼睛一亮，印象深刻，因此環保教具中自製扭蛋機，會將扭蛋機外圍設計LED燈，讓幼兒使用時更感趣味性。

在工程方面，可以看出本研究中的創作不斷修改，精益求精的歷程，Lai等人（2018）指出STEM教學活動中的工程設計過程可以分為九個步驟：1. 識別和定義問題；2. 研究需求或問題；3. 提出可能的解決方案；4. 選擇最佳解決方案；5. 構建初步設計（prototype）；6. 測試和評估解決方案；7. 找出解決方案；8. 重新設計原型；9. 完成設計。學生在創作的歷程中多次修改，普遍性的修改會在質性訪談之後，聽取訪談對

象的建議，覺得有意義部分加以修正，像是「生活自理驚喜箱」教具純手工縫製，分為草原、海底、昆蟲、冰原四個主題，以鮮豔的顏色做搭配能夠快速地吸引幼兒的目光，希望透過多樣性且豐富的教具能讓幼兒透過貼、拉、鈎、按、壓、轉等手部精細動作，增進幼兒的生活自理能力，其中訪談研究對象建議整體的箱子可使用大緞帶或束帶將箱子綁起來，變成一個禮物的形式，將使幼兒更有驚喜感。還有一組學生製作「幼兒園學習區組合教具」，包含「益智區」及「扮演區」，有助於增進幼兒對數、形狀的認知，了解幼兒園一日作息，增進幼兒的想像力，樂於與他人互動，發展良好的社會關係，原先設計的作品是平面的，全數改為立體呈現，讓幼兒可以練習抓握訓練小肌肉，也讓作品的色彩更加鮮豔，內容更加豐富，工程浩大，所以學生力求完善的精神值得嘉許。

在數學方面，學生的應用主要在三方面：一方面是在作品製作方面，需要用到數學的運算，才能使主體或配件對稱、協調；另一方面，教具有許多設計在強化幼兒邏輯能力，像是組合、對應、數的認知等，這些能力均潛移默化地分布於教具中，像是用一個切八等分的披薩，讓幼兒也能理解八分之一的概念，或是用拼圖，強化幼兒的組合能力；第三方面是應用統計能力，依照學生能力的各別差異而有所不同，統計方面能力佳的學生經由研究者的指導自編量表、建立信效度後，可進行推論統計，比較自製產品和傳統產品是否有顯著性的差異，能力普通的學生則自編量表後進行描述性統計，了解受試者對自製產品的滿意度。

研究結果與Becker與Park（2011）強調STEM教學方法將各種學科融為一體，從而提高了學生的學習興趣的結果一致。羅希哲、蔡慧音、陳錦慧與詹為淵（2015）發現STEM情緒專題學習活動可有效引導學生展現新奇性、有效性及真實性，本研究結果發現，STEM專題課程能啟發學生的好奇心及創造力，進而研發出創新產品，也和Mergendoller等人（2006）及Lou等人（2017）的研究結果相同，證明STEM融入專題

課程可強化學生的創造力，幫助學生成功獲得知識和技能。

（二）關於6E的學習歷程

在6E的學習歷程中，學生剛開始遭遇的困難是第二個探索階段，每組學生在創新研發前會先涉獵市售作品，期許能保留其優點，改善缺失。例如，學生決定好主題後，開始構思桌遊如何與品德結合，因品德不具體，較難構思遊戲，學生剛開始沒有方向不知如何設計，研究者引導學生參考許多與品德相關的教學及遊戲，了解市面上有關品德的桌遊以及常用來培養幼兒品德教育的方法策略後，學生漸漸開始有些頭緒，與研究者討論的過程中逐漸找到方向。

學生面臨的第二個困難在於第四個精心設計階段，Lai等人（2018）強調此階段學生根據過去所學的設計概念、原則、理論及資源，開始做決定及建模，由於學生作品是手工製作耗時費工，也會面臨技術不足的困難，此時研究者適時地邀請相關領域的專家協助，像是木工、黏土、縫紉、電繪等，讓學生一方面充實技能，另一方面也能適時地解決問題。還有一些學生遭遇問題時，會不斷思考解決方式，從中找到最合適的方法，例如「幼兒園學習區組合教具」，組合成幼兒園外觀時，利用繪圖畫在帆布上，學生發現帆布與內部不織布結合不易，若想採用手工縫製會有困難，因為帆布布質較硬，若用針線會很難縫製，但用黏的會黏不牢，所以買了強力膠來黏，但發現強力膠不僅成本高又很難大面積的黏貼，最後決定使用保麗龍膠做結合，而邊緣再用強力膠加強固定。學生從不斷嘗試中，也找到最佳的方式來解決問題，呼應周惠柔與林弘昌（2018）以及Lindberg、Pinelli與Batterson（2008）提出其有助提升學生問題解決能力的觀點。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 本研究以6E教學模式設計課程，將課程依序分為參與、探索、解釋、精心設計、深化、評量等六個階段，結合科學、技術、工程、數學理念融入大學生專題課程，課程設計完成且實施成效良好，支持此一課程模式確實可行。

(二) 實驗組學生接受「6E教學模式結合STEM的創新專題課程」一學年後，在「專題課程的助益」、「專題課程的人際影響」、「專題課程對STEM的影響」三個分量表上的分數顯著高於接受一般專題課程的控制組學生，顯示本研究所設計的專題課程是有成效的。

(三) 學生在STEM融入專題課程中，以技術方面的成長最多，除了善用自己擅長的技術外，也針對自己不擅長的部分，虛心尋求相關專家指導，學習電腦繪圖、黏土、木工等技術，作品完成時，也提升自己許多不同的實作能力。學生剛開始面臨的困難是第二個探索階段，每組學生在創新研發前會先涉獵市售作品，期許能保留其優點，改善缺失。第二個面臨的困難為第四個精心設計階段，因為手工製作耗時費工，也會面臨技術不足的困難，此時邀請相關領域的專家協助，像是木工、黏土、縫紉、電繪等，讓學生一方面充實技能，另一方面也能適時地解決問題。

二、建議

(一) 給大學專題課程指導教師的建議

1. 應用6E教學模式結合STEM融入大學生專題課程值得推廣

研究者進行1年的課程，發現6E教學模式有助課程設計，STEM內涵可增進大學生跨領域的整合，提升解決問題的能力，兩者相輔相成，

可有效提高大學生專題實作表現，彼此相輔相成，是值得推廣的方式。

2. 6E的第五深化階段，教師宜評估學生能力，提供適時之輔導與協助

學生在深化階段，可透過訪談進行質化研究、自編問卷進行調查研究或實際實施研發產品的課程設計，了解研發產品的成效、優缺點或改進方向，教師應根據學生的能力、時間及興趣加以評估，讓學生選擇合適之深化方式，並提供相關輔導與協助，例如，質化研究引導後續逐字稿編碼與分析、量化研究指導統計分析，以及引導研發產品之課程設計。

3. 引導學生參加發明或實作相關競賽，增進學生的自信心與成就感

本研究引導實驗組九組學生將專題作品參加五種不同的發明或實作教具相關競賽，分別獲得兩件國際競賽金牌、一件全國教保技藝競賽第一名，兩件全國幼兒教具競賽第二名、四件佳作，控制組學生並未參賽獲獎。實驗組學生參加競賽過程中，藉由書面展示、表達溝通及團隊默契，進而增進自信心與成就感。

4. 鼓勵學生將專題成果申請專利

本研究實驗組12件作品中，目前已通過7件專利，其中有一件作品通過難度較高的發明專利。控制組學生並未通過專利。專利申請前，專利師會先審查全國專利作品，發現其具有獨特性及新穎性，與眾不同者方能申請，透過專利的申請，肯定學生創新研發的成果，是值得鼓勵的方向，有助學生未來進一步創新創業，或是將商品技術轉移。

（二）給未來研究者的建議

1. 申請教學實作相關計畫

專題課程的主要方向在引導學生發現問題，並嘗試自己解決問題，作品研發過程中，不免會遭遇到技術不足的時候，此時根據學生的需要，適時邀請業師個別指導，可以達到良好的成效。例如，學生桌上遊

戲需要製作配件，對於黏土、3D列印的技術不夠純熟，邀請業師個別指導後，即可做出預期想要達成的目標；卡牌方面也有相同問題，學生想要製作出和市售商品相同的品質，絕非手繪能達成，就必須向業師討教，學習電腦繪圖的能力。若是指導教師申請實作相關計畫，可提供更多資源，豐富學生個別化的學習歷程。

2. 研究對象的性別或研究方式的選擇可再做延伸

本研究的主要研究對象是幼保系學生，研究對象皆為女性，在推論上有所限制，建議未來研究可在性別方面再做延伸；其次，本研究因時間有限，學生的學習成效主要是用大學生專題課程評估「量表」作評量，缺少學生實際問題解決方面的成效評估，建議可透過深入的質化研究再作探討，而非僅是質性資料的蒐集。

3. 學生作品可先做小型模擬，找研究對象先試用

以品德教育教具為例，原先設計使用對象年齡是中、大班的幼兒，而後發現四項遊戲中，有兩項遊戲難度較高，較適合低年級學生使用。因此建議大學生研發之作品可先做小型模擬，先找研究對象試用，可減少作品完成後，必須調整使用對象的問題。

誌謝

本研究獲教育部教學實踐計畫補助，謹此致謝。

參考文獻

- 王保進（1999）。視窗版SPSS與行為科學研究。臺北市：心理。
- [Wang, B.-J. (1999). *SPSS for windows and behavioral science research*. Taipei, Taiwan: Psychology.]
- 林碧芳、邱皓政（2008）。創意教學自我效能感量表之編製與相關研究。*教育研究與發展期刊*，4（1），141-170。
- [Lin, P.-F., & Chiou, H.-J. (2008). Construction and related study of the inventory of self-efficacy for creative teaching. *Journal of Educational Research and Development*, 4(1), 141-170.]
- 吳明隆（2013）。SPSS統計應用學習實務：問卷分析與應用統計。新北市：易習。
- [Wu, M.-L. (2013). *SPSS statistics applied in learning practice: Questionnaire analysis and applied statistics*. New Taipei City, Taiwan: Easy Learning.]
- 周惠柔、林弘昌（2018）。應用虛擬實境與輔助學習軟體於高中橋樑結構設計概念之學習成效。*科技與人力教育季刊*，4（4），34-66。doi:10.6587/JTHRE.201806_4(4).0003
- [Chou, H.-J., & Lin, H.-C. (2018). The study of applying virtual reality and learning software in conceptual learning of bridge construction design in high school living technology class. *Journal of Science Technology and Human Education*, 4(4), 34-66. doi:10.6587/JTHRE.201806_4(4).0003]
- 姚經政、林呈彥（2016）。STEM教育應用於機器人教學—以6E教學模式結合差異化教學。*科技與人力教育季刊*，3（1），53-75。doi:10.6587/JTHRE.2016.3(1).5
- [Yao, J.-J., & Lin, C.-Y. (2016). The application of STEM education in robot teaching-Combination of 6E teaching mode and differentiated instruction. *Journal of Technology Application and Human Resource*, 3(1), 53-75. doi:10.6587/JTHRE.2016.3(1).5]
- 陳正昌、賈俊平（2019）。統計分析與R。臺北市：五南。
- [Chen, Z.-C., & Jia, J.-P. (2019). *Statistical analysis with R*. Taipei, Taiwan: Wunan.]
- 張玉山、簡爾君（2016）。透過ARCS理論提高學習動機的STEM教學設計。*科學研習*，55（4），32-41。

[Zhang, Y.-S., & Jian, E.-J. (2016). STEM instructional design o improve learning motivation through ARCS theory. *Scientific Study*, 55(4), 32-41.]

常雅珍（2016）。心智圖法運用於質性資料分析課程的學習成效評估。課程與教學季刊，19（2），193-228。doi:10.6384/CIQ.201604_19(2).0008

[Chaug, Y.-J. (2016). The study of mind mapping instruction for project study curriculum in qualitative data analysis conducted for university students. *Journal of Curriculum and Teaching*, 19(2), 193-228. doi:10.6384/CIQ.201604_19(2).0008]

常雅珍、洪錦益、黃寶園、黃詩庭、李佩綺（2019）。心智圖法與ATDE 模式應用於創新研發專題課程之研究。教育研究與發展期刊，15（1），61-90。doi:10.3966/181665042019031501003

[Chaug, Y.-J., Hung, C.-I., Huang, P.-Y., Huan, S.-T., & Lee, P.-Q. (2019). A study of applying mind mapping and ATDE styled teaching to creativity development project curriculum. *Journal of Educational Research and Development*, 15(1), 61-90. doi:10.3966/181665042019031501003]

蔡依帆、吳心昀（2014）。STEM整合教學活動——空投救援物資。科技與人力教育季刊，1（1），40-54。doi:10.6587/JTHRE.2014.1(1).3

Tsai, I.-F., & Wu, H.-Y. (2014). Integrated STEM learning activity- Airdrop of relief supplies. *Journal of Technology Application and Human Resource*, 1(1), 40-54. doi:10.6587/JTHRE.2014.1(1).3

羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵（2015）。高中女生在STEM情緒專案式學習之創造歷程研究。高雄師大學報，39，63-84。

[Lou, S.-J., Tasi, H.-Y., Chen, C.-H., & Dzan, W.-Y. (2015). The processes of high school female students' emotional creativity through the STEM project-based learning. *Kaohsiung Normal University Journal*, 39, 63-84.]

Bakirci, H., & Karişan, D. (2018). Investigating the preservice primary school, mathematics and science teachers' STEM awareness. *Journal of Education and Training Studies*, 6(1), 32-42.

Baran, M., & Maskan, A. (2010). The effect of project-based learning on pre-service physics teachers electrostatic achievements. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5(4), 243-257.

Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning:

- A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(1), 23-36.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), 39-43.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E learning by DeSIGN™ model, maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Burrows, A., Lockwood, M., Borowczak, M., Janak, E., & Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on informal education and community collaboration through engineering. *Education Sciences*, 8(4), 1-15.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Çevik, M., & Özgünay, E. (2018). STEM education through the perspectives of secondary school teachers and school administrators in Turkey. *Asian Journal of Education and Training*, 4(2), 91-101.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Domínguez, C., & Jaime, A. (2010). Database design learning: A project-based approach organized through a course management system. *Computers & Education*, 55(3), 1312-1320.
- Fan, S., & Yu, K. (2016). Core value and implementation of the science, technology, engineering, and mathematics curriculum in technology education. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(2), 153-183.
- Han, S. (2017). Korean students' attitudes toward STEM project-based learning and major selection. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 17(2), 529-548.
- Kaldi, S., Filippatou, D., & Govaris, C. (2011). Project-based learning in primary schools: Effects on pupils' learning and attitudes. *Education 3-13*, 39(1), 35-47.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education*.

- Washington, DC: The National Academies Press.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), Article 11.
- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Kruea-In, N., & Thongperm, O. (2014). Teaching of science process skills in Thai contexts: Status, supports and obstacles. *Procedia-Social and Behavioral Science*, 141, 1324-1329.
- Lai, C.-H., Chu, C.-M., & Chen, C.-H. (2018). An examination of online discussion quality of STEM-based instruction. *Journal of Internet Technology*, 19(6), 1943-1950.
- Lamb, R., Akmal, T., & Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410-437.
- Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum? *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 255-281.
- Lindberg, R. E., Pinelli, T. E., & Batterson, J. G. (2008, April). *Sense and sensibility: The case for the nationwide inclusion of engineering in the K-12 curriculum*. Paper presented at the 2008 American Society for Engineering Education (ASEE) Southeastern Section Conference, Memphis, TN.
- Lou, S.-J., Chou, Y.-C., Shih, R.-C., & Chung, C.-C. (2017). A study of creativity in CaC2 steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6), 2387-2404.
- Mergendoller, J. R., Markham, T., Ravitz, J., & Larmer, J. (2006). *Pervasive management of project based learning: Teachers as guides and facilitators*. Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Najib, S. A. M. N., Mahat, H., & Baharudin, N. H. (2020). The level of STEM knowledge, skills, and values among the students of bachelor's degree of

- education in geography. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9(1), 69-76.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Rohrich, K., & Morgan, E. (2005). *Picture perfect science lessons: Using children's books to guide inquiry Grades 3-6*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.529177>
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Chen, W.-P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.
- Yang, D., & Baldwin, S. J. (2020). Using technology to support student learning in an integrated STEM learning environment. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(1), 1-11.

Integration of 6E Instructional Model and Science, Technology, Engineering, and Mathematics into Project-Based Courses of Undergraduate Students

Ya-Jane Chaung^{*}, Bao-Yuan Huang^{**}, Yung-Huei Wu^{***}, Ya-Zhu Yang^{****}

Abstract

Many countries employ science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in project-based courses, and this interdisciplinary learning can foster problem-solving ability in students. However, few studies in Taiwan have explored the application of STEM in project-based courses. To help students learn from practical application and experience and thereby enable them to integrate knowledge and information to solve problems, this study proposed the integration of the 6E (engage, explore, explain, engineer, enrich, and evaluate) instructional model and STEM into the project-based courses of undergraduate students. Further, this study explored the effectiveness of the implementation of this instructional model. Student work, interview, classroom observation, and dialogue record data were collected to identify changes in students' learning processes, the difficulties they encountered, and the solutions they applied. This quasi-experimental study included 60 students from a university of science and technology as research participants. The obtained data were analyzed using one-way

^{*} Ya-Jane Chaung: Professor, Department of Childhood and Care Education, Chang Gang University of Science and Technology

^{**} Bao-Yuan Huang (Corresponding Author): Professor, Department of Education, National Taichung University of Education

^{***} Yung-Huei Wu: Teacher and Caregiver, Wen Xiu Preschool, Taipei City

^{****} Ya-Zhu Yang: Teacher and Caregiver, Yueh Jing Preschool, New Taipei City

E-mail: byhuang@gm.ntcu.edu.tw

Manuscript received: 2021.11.08; Accept: 2022.07.06

analysis of covariance. The research results revealed that the students in the experimental group scored significantly higher than those in the control group on the three subscales of “benefit of the project-based courses,” “interpersonal effect of the project-based courses,” and “effect of the project-based courses on STEM,” indicating that the instructional model of this study was effective. The students exhibited the most growth in the technology aspect of STEM. The students encountered difficulty at the beginning of the course, in the second “explore” stage and in the fourth “engineer” stage. The aim of this study was to provide a basic framework for the use of STEM in higher education. This framework can serve as a reference and assist future researchers in improving teaching quality and improving the effectiveness of instruction.

Keywords: 6E instructional model, STEM, project-based courses