

「昆蟲學特論」課程培育國小在職教師的科技學科教學知識(TPACK)

盧秀琴^{1,*} 方慧娟²

¹國立臺北教育大學 自然科學教育學系

²臺北市私立再興小學

摘要

因應數位遊戲學習的時代，需要培育具備設計能力的國小在職教師，本研究採個案研究，以28名國小在職教師為研究對象，進行「昆蟲學特論」課程教學以培育他們具備研發昆蟲數位遊戲教材(Insect Digital Game Teaching material, IDGT)和高層次思考試題的能力。首先，授課教師以講述式教導昆蟲學知識、ADDIE模式、電腦軟體發展IDGT、如何配合IDGT設計「科學過程技能測驗」(Science Process Test, SPT)及「思考智能測驗」(Thinking Intelligence Test, TIT)。其次，國小在職教師試玩「示範的IDGT」後，以焦點團體法討論如何開發IDGT、設計SPT及TIT。最後，使用「數位遊戲教材設計評鑑表」(Digital Game Teaching Material Design Evaluation, DGDE)、「科學過程技能測驗評鑑表」(Science Process Test Evaluation, SPTE)、「思考智能測驗評鑑表」(Thinking Intelligence Test Evaluation, TITE)檢核之。結果顯示：一、國小在職教師學習昆蟲學知識後，能利用ADDIE模式，Scratch, Flash, PowerPoint, Smart Apps Creator軟體來開發IDGT。二、經過DGDE檢核，10組國小在職教師所開發的IDGT獲得A到AAA級的評鑑。三、經過SPTE檢核，10組國小在職教師所設計的SPT，評鑑獲得良到優的等級。四、經過TITE檢核，10組國小在職教師所設計的TIT，評鑑獲得良到優的等級。

關鍵詞：昆蟲數位遊戲教材、昆蟲學特論、思考智能測驗、科技學科教學知識、科學過程技能測驗

壹、前言

一、研究的理念和重要性

21世紀是數位遊戲學習的時代，隨著網路科技與多媒體的發展與進步，數位遊戲扮

演的不再只是娛樂的功能，也充分應用於國民教育的學習；數位遊戲學習系統可以提高學生的學習動機，輔助學生學習，提升教學品質和學習成效(王維聰、王建喬，2011)。國小課程適時導入數位遊戲教材，不但可以

*通訊作者：盧秀琴，luchowch@tea.ntue.edu.tw

(投稿日期：民國105年9月19日，修訂日期：民國106年3月1日，接受日期：民國106年3月2日)

促使學習者提高學習興趣、主動學習，也能促進學童的經驗遷移，增進學習成效和解決問題的能力(Wu & Tsuei, 2011)。近年來，愈來愈多的研究將數位遊戲教材與課程做連結，讓國中小學生學習數位遊戲教材，培養科學過程技能、思考智能和解決問題的能力(洪榮昭，2005；Lu & Jeng, 2012)；多數國小在職教師認同將數位遊戲教材融入教學中，能提升教學者的教學成效和學習者的學習興趣，同時也有意願參與設計數位遊戲教材的課程(簡幸如、劉旨峰，2009)。但多數國小在職教師並非資訊相關科系畢業，可能在師資培育時沒有修習過如何設計數位遊戲教材的相關課程。而自然領域授課教授也未必是資訊專家，如何在課程中有效的指導國小在職教師設計自然領域的數位遊戲教材呢？經由跨域、跨科的協同教學能解決這個問題，一則聘請數位科技設計學系的教師協同教學，指導使用Scratch, Flash, PowerPoint軟體來設計數位遊戲教材；而使用有效的教學系統設計，例如：ADDIE (Analysis-Design-Development-Implementation-Evaluation)模式，包含：分析、設計、發展、應用、評鑑等五個階段，也能循序漸進指導初學者開發數位遊戲教具(Lee & Owens, 2004)。

由於「校園昆蟲」單元是國小自然科教師認為教學困難的單元之一，可能原因為昆蟲教學容易受到天候因素影響，不易尋找與觀察；昆蟲種類繁多，教師對昆蟲的認知不足，難以詳盡說明；有些學童有懼蟲症，不敢接觸昆蟲(盧秀琴、陳靜賢，2009；Hong et al., 2015)。因此，本研究採個案研究，以「昆蟲學特論」來培育國小在職教師開發昆蟲數位遊戲教材(Insect Digital Game Teaching material, IDGT)，期能解決昆蟲教學困難的問題。因為將IDGT融入昆蟲單元的學習，並以

科學過程技能測驗(Science Process Test, SPT)來施測，發現國小學童玩IDGT能獲得很多科學過程技能和昆蟲概念(Lu & Jeng, 2012)。當國小學童面對日常生活問題的分析和決策是藉由科學過程技能來解決的(Padilla, 1980)，因此教導國小學童獲得科學過程技能的素養，等於教導學童如何使用科學的方法去解決問題，也提高他們的科學創造力(Aktamis & Ergin, 2008)。許瑛珧與吳慧珍(2002)指出科學過程技能是進行問題解決時所需必備的技能，學生經由探究科學的過程，有助於學生建構和內化概念。教育部(2008)公告的國小自然領域課程綱要，分段能力指標六——思考智能，包含：批判思考、創造思考和問題解決，其中批判思考與科學思維有密切的關係，如能提供具體的教學模式與評量方法，例如：問思教學、具競爭性的數位遊戲等，能提升學生的批判思考和科學思維的能力(蘇明勇，2003)。因此，本研究希望培育國小在職教師開發IDGT、SPT和TIT，能增進國小學童的學習興趣，解決不敢接觸昆蟲的問題，同時培養國小學童的科學過程技能和思考智能，使其更親近昆蟲。

Shulman (1987)提出學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge, PCK)，已經應用於各層級的師資培育；因應數位科技的時代，Koehler與Mishra (2005)在Shulman的PCK基礎架構上再加入「科技」，發表了科技學科教學知識(Technological Pedagogical and Content Knowledge, TPACK)的新架構，以期更符合現代的教學模式。本研究以「昆蟲學特論」課程來培育國小在職教師的TPACK，傳授國小在職教師的昆蟲學知識，加深加廣國小自然領域有關昆蟲的學科內容知識(Content Knowledge, CK)。其次，教導科技知識(Technological Knowledge, TK)，

善用Scratch, Flash, PowerPoint軟體於設計數位遊戲教材；也教導一般教學知識(General Pedagogical Knowledge, PK)，如何配合數位遊戲教材和學生的需求，開發SPT和TIT，這些都是屬於高層次思考的試題。當國小在職教師開始規劃國小自然領域IDGT之教學與評量時，其實就是他們學習CK, TK和PK，換位思考、主動學習的時候；此時應該觀察國小在職教師如何將CK, TK, PK整合或轉化成TPACK，怎樣的教學策略有助於國小在職教師順利將所學習的CK, TK, PK轉化成TPACK；相對的當國小在職教師TPACK的產出遇到瓶頸時，就反應出某些教學方式需要再思考改進；如此教學相長，使「昆蟲學特論」逐漸能達到師資培育計畫的教學目標，也幫助國小在職教師更容易達到教學知能的目標。故本研究開設「昆蟲學特論」課程，以個案研究方式處理，指導國小在職教師依循ADDIE模式、電腦軟體來開發IDGT，並配合IDGT來設計SPT和TIT，探討其如何提升TPACK的能力。

二、研究目的

本研究以個案研究來培育國小在職教師具備開發IDGT與設計SPT, TIT的能力，以28名國小在職教師為研究對象，藉由研究所「昆蟲學特論」課程來教導他們昆蟲學相關的CK, TK和PK，並觀察國小在職教師如何整合、轉化成TPACK能力，能夠開發IDGT，設計SPT和TIT。因此，本研究探討下列三個問題：(一)國小在職教師如何根據「ADDIE模式」開發IDGT？(二)國小在職教師如何設計SPT？(三)國小在職教師如何設計TIT？

貳、文獻探討

一、開發數位遊戲教材應用於國小自然領域的教學

數位遊戲起源於1958年Higginbotham W.所創造的小型互動式遊樂器(邱揮立，2003)，之後隨著3C產品日新月異帶給人們極大的便利性。數位遊戲學習是資訊科技蓬勃發展下的重要趨勢，可以提供學習者不受時間和地點的限制，亦能快速反覆自我練習，讓學習更加方便(Regolith, 1983)。好的數位遊戲教材能提升學生的學習動機和學習成效，也能讓各學科的學習以學習者為中心，使學習者在數位遊戲中瞭解所學習科目的重要概念認知，並提升其思考智能與科學過程技能，達到學習目標(王維聰、王建喬，2011；周志宏，2013；陳建興，2011；Prensky, 2003)。開發數位遊戲教材應用於國小自然領域的教學探討，廖家瑜、連啟瑞與盧玉玲(2013)運用科學原理、教學理論，結合電腦軟體開發月亮數位遊戲教材，利用紙筆與實作評量探究國小學童在月亮單元之學習成效，結果顯示3D數位遊戲教材能提供學生進行科學探索，獲得完整的科學概念。區國良、曾郁庭與姚玉娟(2014)分別以「體感式操作界面」及「按鈕式操作界面」數位遊戲行動學習系統進行教學實驗，結果顯示測試者對學習成就均有顯著的提升。Lu與Jeng (2012)使用ADDIE模式設計IDGT，讓國小四年級學童做為課程後的延伸學習，其遊戲介面設計具有圖像放大效果、回饋學習的資料庫與不同階層遊戲挑戰，能培養學童的科學過程技能與建立正確的昆蟲概念認知。陳建興設計3D數位遊戲教材和「科學與科技批判思考量表」進行「紅樹林生態之旅」的教學研究，發現學生學習後在批判思考能力有明顯提升。

綜合上述，國小在職教師使用數位遊戲教材應用於國小自然科教學，可以增進學童的學習成就、概念認知、學習興趣和學習動機，同時能培養學童的科學過程技能，例如：觀察、比較與分類、批判思考、歸納與推斷等，也能培養學童的思考智能，例如：批判思考、創造思考和解決問題的能力。

二、使用ADDIE模式開發數位遊戲教材，培養TPACK能力

Molenda (2003)將ADDIE模式分為五個階段，依序為：分析、設計、發展、實作、評鑑。ADDIE模式有詳細、明確的設計流程，提供數位遊戲教材設計者，能夠循序漸進完成教材的開發(顏春煌，2012)。(一)分析階段：將教學系統的需求詳列，以建立對於教學系統的瞭解，得先確認問題與需求、學習者的先備知識顏春煌。(二)設計階段：詳述足夠的細節，讓具體的成品開發出來，包括：教學目標、設計理念、教材內容、畫面美工設計、系統流程設計等(林佳蓉，2009；Dick, Carey, & Carey, 2005)。(三)發展階段：依據設計階段的藍圖實際地將教學系統的所有設計組合起來，包括：介面的設計、媒體元素的製作、與系統的整合測試等，並需經過專家審查後做適度的修正(Lu & Jeng, 2012)。(四)實作階段：完成的教學系統可由教學者以3～5位學習者來測試教學的內容，並從給予的回饋中進行改善後，再給學習者使用，實作階段亦可視為對教材之形成性評鑑林佳蓉。(五)評鑑階段：數位教材的總結性評鑑必需考慮教學內容與目標的一致性、教學內容的完整性、教學內容的適用性及學習者使用的滿意度(宋曜廷、張國恩、林慧藍、李宜芬、陳明淳，2009；Dick et al.)。

Koehler與Mishra (2005)曾在職前教師和

在職教師的師資培育中開發TPACK，TPACK強調如何連接教師對於教學內容和科技之間的理解與交互作用，並解釋TPACK和各相關架構之間的關係。綜合Mishra與Koehler (2006)說明TPACK的內涵，整理向度如下：(一)學科內容知識(CK)：即自然學科領域的概念及架構。(二)一般教學知識(PK)：包括班級經營與組織之原則及策略。(三)科技知識(TK)：指多樣化科技輔助產品的操作及使用，例如：電腦、網路、數位影音、軟體程式等(王玉蘭，2012)。(四)學科教學知識(PCK)：融合CK與PK，是教師自我專業理解的特殊型式。(五)科技學科知識(TCK)：即善用科技呈現的學科知識應用或轉化於教學上(Koehler & Mishra)。(六)科技教學知識(Technological Pedagogical Knowledge, TPK)：即教學科技應用的知識(Jang & Tsai, 2013)。(七)科技學科教學知識(TPACK)：教師必須能有效使用適當的科技工具來輔助教學，並運用教師本身科技知識以提升學生學習興趣和效果、以及教師教學成效等(Jang & Tsai)。本研究著重於CK、TK和PK的教學以培養國小在職教師的TPACK。

三、編製科學過程技能測驗與思考智能測驗

Shahali與Halim (2010)設計國小學生的科學過程技能測驗，測試國小學生所學習的科學概念及其所需要的科學過程技能，包括30題選擇題，每題選擇題有四個選項，向度分為形成假說、控制變因、操作型定義、數據解讀、設計實驗等因素。Feyzioglu, Demirdag, Akyildiz與Altun (2012)設計高中學生的科學過程技能測驗，測驗卷包括30題選擇題，向度分為觀察、分類、測量、預測、提出假設、確定變量、設計調查、組織實驗數據、解釋

實驗結果等因素，目的在測試中學生的科學觀和對科學本質的理解。本研究使用盧秀琴與施慧淳(2016)設計之SPT，當作範例來指導國小在職教師編製科學過程技能測驗。SPT乃依據教育部(2008)九年一貫課程綱要自然領域「過程技能」分段能力指標，包含：觀察、比較與分類、組織與關聯、歸納、研判與推斷、傳達等向度來設計，共有15題單選題、1題配合題及1題昆蟲分類二分法，共計17題。

Vincent, Decker與Mumford (2002)設計美國軍官的思考智能測驗來探討學生思考智能、專業知識和發散思維之間的關係，測驗卷包含10題開放式的簡答題，向度分為認識問題、分類索引、創意評估、解決方案等因素。坊間有一些思考智能測驗，每題選擇題有四個選項，向度分為：記憶，思維，智能，語言等因素，目的在於測驗受試者的四項智能(Jauk, Benedek, Dunst, & Neubauer, 2013; Katissuave, 2010)。本研究使用盧秀琴與李怡嫻(2016)設計之TIT，當作範例來指導國小在職教師編製TIT。TIT根據教育部(2008)九年一貫課程綱要自然領域「思考智能」分段能力指標，包含：批判思考、創造思考、解決問題等向度來設計，包含批判思考(1題簡答題)、創造思考(3小題簡答題)和解決問題能力(2小題簡答題)，每個簡答題依據答題的正確性和合乎邏輯思考給分，具正確性與邏輯思考給3分，具正確性但邏輯思考不足給2分，部分正確且邏輯思考不足給1分，沒有作答則給0分。

參、研究方法

一、研究設計

本研究以「昆蟲學特論」一學期的課

程，採個案研究來培育國小在職教師學習昆蟲相關的CK, TK和PK，並指導他們開發IDGT，設計SPT和TIT。首先利用9週以講述式教學來教導CK, TK和PK，包含：介紹各目的昆蟲總論，聘請數位科技設計學系的教授協同教學，介紹數位遊戲教材的功能、如何使用Scratch, Flash, PowerPoint軟體設計數位遊戲教材，如何使用ADDIE模式開發IDGT；如何配合IDGT和學生需求編製SPT和TIT。其次，所有國小在職教師分成10組，1週試玩示範的IDGT，課堂討論為什麼可以培養科學過程技能和思考智能？4週由授課教師指派各組國小在職教師要開發的主題，授課教師並採購Smart Apps Creator軟體提供在職教師來使用，各組在職教師以昆蟲學知識為基礎，參考國小昆蟲單元，討論以ADDIE 模式開發IDGT；並配合IDGT設計SPT和TIT。這4週授課教師採用焦點團體法，每週至少2次，每次3小時，在研究室輪流和3組國小在職教師討論他們如何開發IDGT和設計測驗卷，每週至少有6組的國小在職教師參與。授課教師開放式提問問題，由各組國小在職教師討論，授課教師再深一層提問，各組國小在職教師持續討論，最後達到一些共識後，請各組國小在職教師各自開發IDGT和設計SPT和TIT，並且寫學習歷程檔案。2週國小在職教師上臺報告自己開發的IDGT與設計的SPT和TIT，授課教師、同儕針對各組的內容提出改進意見，各組國小在職教師進行改進。1週國小在職教師將改進後的IDGT，各自找國小四年級學童試玩，詢問學童的看法後，各組國小在職教師再改進一次。

最後，聘請專家學者(教數位科技設計、昆蟲學之兩位國立師培大學教授)、資深國小教師(兩位新北市自然領域輔導員、四位教10年以上的國小自然科教師)進行評鑑與回饋，

採用精釋法(Hermeneutic method)及Kappa分析(洪榮昭, 1997), 以建立評分者信度。進行步驟如下：(一)首先研究群根據需求發展檢核表, (二)評審者分為兩群, 每群最少各四位評審者, 兩群各自評分, 但同群的評審者要一起評分, 互相討論以達成相同的評分等級。(三)將兩組的評審分數, 進行Kappa分析, $K值 = (P觀測值 - P期望值) / (1 - P期望值)$, 然後求一致性。(四) $K值 = 0.61 \sim 0.80$ 表示高度的吻合度, $K值 = 0.81 \sim 1.00$ 則幾乎完全吻合。10組國小在職教師根據評鑑的結果、專家的建議做最後的修正與潤飾, 然後繳交作品。將「昆蟲學特論」課程安排、教學內容分析對應國小在職教師的學習與產出, 說明如表1所示。

二、研究對象

本研究採立意取樣, 以獲准修讀某國立教育大學自然科學教育所「昆蟲學特論」共有28位國小在職教師, 分為10組, 各組合作設計一種IDGT, SPT和TIT。國小在職教師在該研究所已經修習生物特論、化學特論、物理特論、教育研究法、科學教育論的基礎課程。

三、研究工具

(一)數位遊戲教材設計評鑑表(Digital Game Teaching Material Design Evaluation, DGDE)

本研究使用盧秀琴與李怡嫻(2016)設計之DGDE(附錄一), 根據ADDIE評量品質設

表1：「昆蟲學特論」課程安排、教學內容分析對應國小在職教師的學習與產出

昆蟲學特論課程安排	教學內容分析	對應國小在職教師的學習與產出
1. 昆蟲學總論(5週) 各目昆蟲介紹(同翅目、直翅目、蜻蜓目、半翅目、螳螂目、蜚蠊目、鱗翅目、膜翅目、鞘翅目、雙翅目)	1. 昆蟲定義、分類、構造與功能 每一目昆蟲的分類特徵、演化、構造與功能、生活史、繁殖行為、防衛方式、生態角色、昆蟲與食性的關係	1. 學習昆蟲定義、分類、各目昆蟲的構造與功能、生活史、繁殖行為、……
2. 編製測驗卷理論(1週)	2. SPT和TIT所包含的向度和評量標準	2. 寫學習單。 3. 寫學習歷程檔案。
3. 介紹數位遊戲教材的功能(1週)	3. 數位遊戲教材對自然科教學的功能	3. 課室討論
4. 如何使用ADDIE模式設計數位遊戲教材(1週)	4. 舉例說明, 如何使用ADDIE模式開發數位遊戲教材。	4. 寫學習歷程檔案
5. 如何使用軟體設計數位遊戲教材(1週)	5. 介紹各種設計軟體, 包含Scratch, Flash, PowerPoint, Smart Apps Creator。	5. 小組討論後, 決定要使用什麼軟體來開發IDGT
6. 試玩示範的IDGT, 討論如何培養學童的科學過程技能和思考智能(1週)	6. 體驗玩示範的IDGT能訓練國小學童的科學過程技能和思考智能	6. 各組使用ADDIE模式開發IDGT, 編製SPT和TIT。
7. 各組開發IDGT(3週)	7. 教師採焦點團體輔導機制, 引導各組去解決開發IDGT設計SPT, TIT的各種問題	7. 焦點團體法紀錄
8. 各組設計SPT和TIT(1週)		8. 學習歷程檔案
9. 各組報告開發的IDGT與設計的SPT, TIT(2週)	8. 授課教授、同儕針對各組的報告, 提出IDGT, SPT, TIT具體的改進意見。	9. 各組針對授課教授、同儕所提意見進行修正。
10. 各組找國小四年級學童試玩(1週)	9. 國小學童試玩IDGT後提出看法。	10. 各組針對國小學童所提看法進行修正。
11. 評鑑各組開發的IDGT, SPT和TIT(1週)	10. 聘請專家學者、資深國小教師進行評鑑與回饋; 採用精釋法(Hermeneutic method)和Kappa分析。	11. 接受評鑑, 根據專家的建議做最後的修正, 提交報告和成品。

計，目的在瞭解國小在職教師所設計的IDGT是否能夠符合遊戲設計的準則及與國小昆蟲單元的CK，DGDE分為三個項度：教材內容、教學設計、教學媒體，每個向度施測的題目分別是5題、5題、6題，整份評鑑表共有16題。每題評量共有五個選項，選擇「優」給予5分、「良」給予4分、「普通」給予3分、「差」給予2分、「很差」給予1分。本研究仿照宋曜廷等(2009)數位教材品質的評鑑方式，由A級認證、AA級認證、及AAA級認證等三個等級來評鑑數位遊戲教材品質。A級認證是指檢核累計總分達到50分(含)以上，表示合格；AA級認證是指檢核累計總分達到60分(含)以上，表示良好；AAA級認證是指檢核累計總分達到70分(含)以上，表示特優。本評鑑表已建立專家效度，採用精釋法及Kappa分析，以建立評分者信度。

(二)科學過程技能測驗評鑑表(Science Process Test Evaluation, SPTE)

本研究使用盧秀琴與李怡嫻(2016)設計之SPTE(附錄二)，依據九年一貫科學過程能力指標編製而成，目的在瞭解國小在職教師根據自己開發的IDGT來設計的SPT是否能夠符合科學過程技能的能力指標及IDGT的遊戲內容。SPTE依據九年一貫科學過程能力指標，分為五個項度，每個能力指標一個評量：「觀察(3題)、比較與分類(3題)、組織

與關聯(3題)、歸納、研判與推斷(4題)、傳達(5題)」，整份評鑑表共有18題。每題共有五個選項，選擇「優」給予5分、「良」給予4分、「普通」給予3分、「差」給予2分、「很差」給予1分。本評鑑表已建立專家效度，採用精釋法及Kappa分析，以建立評分者信度。

(三)思考智能測驗評鑑表(Thinking Intelligence Test Evaluation, TITE)

本研究使用盧秀琴與李怡嫻(2016)設計之TITE(附錄三)，依據九年一貫思考智能指標編製而成，目的在瞭解國小在職教師根據自己開發的IDGT來設計的TIT是否能夠符合思考智能的能力指標及IDGT的遊戲內容。TITE依據九年一貫思考智能能力指標，分為三個項度，每個能力指標一個評量：「批判思考(1題)、創造思考(3題)、解決問題(2題)」，整份評鑑表共有6題。每題共有五個選項，選擇「優」給予5分、「良」給予4分、「普通」給予3分、「差」給予2分、「很差」給予1分。本評鑑表已建立專家效度，採用精釋法及Kappa分析，以建立評分者信度。

四、資料蒐集與分析

根據本研究目的蒐集相關資料與說明資料分析的方式，整理如表2所示。

表2：本研究所探討的研究問題、資料蒐集與資料分析方式說明

研究問題	資料蒐集	資料分析
1. 國小在職教師如何根據ADDIE模式開發IDGT？	1. 學習昆蟲學內容知識 2. 10組開發的IDGT 3. DGDE專家評鑑紀錄表	1. 根據ADDIE模式做詮釋性分析 2. DGDE以精釋法和Kappa分析做評分，分析10組開發IDGT的品質。
2. 國小在職教師設計SPT的能力為何？	1. 10組所設計的SPT 2. SPTE專家評鑑紀錄表	1. 設計SPT的課堂討論與修正 2. SPTE以精釋法和Kappa分析做評分與分析
3. 國小在職教師設計TIT的能力為何？	1. 10組所設計的TIT 2. TITE專家評鑑紀錄表	1. 設計TIT的課堂討論與修正 2. TITE以精釋法和Kappa分析做評分與分析

肆、研究結果與討論

一、國小在職教師根據ADDIE模式開發IDGT

10組國小在職教師根據ADDIE模式分別設計IDGT，設計內容依序為：第1組：昆蟲的口器，第2組：同翅目、直翅目、蜻蛉目，第3組：毛翅目、蜉蝣目、半翅目，第4組：竹節蟲目、蜚蠊目、螳螂目，第5組：廣翅目、等翅目、膜翅目，第6組：鞘翅目、鱗翅目、雙翅目，第7組：昆蟲的構造與功能，第8組：肉食性昆蟲、昆蟲音樂家，第9組：鱗翅目、鞘翅目，第10組：水棲目、雙翅目。本研究限於內容篇幅，介紹多數代表性的組別如何根據ADDIE模式開發IDGT。

(一)分析階段(A)

授課教師利用焦點團體法說明所設計的IDGT要能推廣出去，必須能解決教學者的困難，以及學生的背景知識，讓他們能在IDGT中學習新知識。各組國小在職教師焦點團體討論之後形成以下共識，1.確認問題方面：知道國小學童學習狀況不足之處，例如：有7組在職教師認為學童不瞭解昆蟲有三種變態的生活史，有5組在職教師說明多數學童認為昆蟲的口器和人類的嘴巴一樣有牙齒、昆蟲

和人類一樣都用嘴巴發出聲音(焦，1041103, 1041104, 1041110)。2.學習者先備知識方面：共10組在職教師說明多數國小學童先備知識主要來自於昆蟲單元教科書的教學，例如：自然課本教昆蟲的基本構造、蝴蝶的完全變態(焦，1041103, 1041104, 1041110)等。3.教學者需求方面：多數國小在職教師能呼應教學者的需求，提出可以開發IDGT的內容項度，例如：昆蟲的三種生活史、不同昆蟲的口器構造與發聲原理、利用昆蟲特徵來做分類(焦，1041103, 1041104, 1041110)等。綜合整理國小在職教師設計IDGT分析階段的想法如表3所示。

(二)設計階段(D)

授課教師利用焦點團體法和各組國小在職教師討論IDGT的理念和系統流程的設計；各組國小在職教師焦點團體討論後形成以下共識，1.教學目標方面：有7組在職教師認為根據所指定的主題，例如：昆蟲的口器(第1組)，下達明確的教學目標，並將「昆蟲學特論」所學的內容知識加入(焦，1041103, 1041104, 1041110)等。2.設計理念方面：有8組在職教師認為設計IDGT要配合昆蟲單元內容，也都提到IDGT要能培養國小學童的科學過程技能、思考智能(焦，1041103, 1041104,

表3：綜合整理國小在職教師設計IDGT分析階段的想法

確認問題	1.學童不瞭解昆蟲的生活史包含：無變態、不完全變態、完全變態(第1, 2, 5, 6, 7, 8, 9組)。 2.學童以為昆蟲的口器構造和人類的嘴巴一樣是有牙齒的(第2, 3, 4, 7, 8組)。 3.學童以為昆蟲的發聲和人類一樣，都用嘴巴發聲(第1, 2, 6, 8, 10組)。
學習者先備知識	學童知道昆蟲的基本構造有頭部、胸部和腹部，有六隻腳(10組都認為)。 學童知道完全變態的生活史，課本有教蝴蝶，其他的變態不清楚(10組都認為)。 學童會把蜻蛉目通稱為蜻蜓，不會分辨蜻蜓和豆娘兩者的差異(第2, 3, 5, 7, 9組)。
教學者需求	除了介紹昆蟲的完全變態外，希望能增加其他兩種變態的生活史(10組都認為)。 希望介紹多種昆蟲不同的口器構造(第2, 3, 4, 7, 8, 9組)。 希望介紹不同昆蟲發聲的部位和發聲的原因(第1, 2, 6, 8, 10組)。 IDGT能利用昆蟲的特徵來玩昆蟲的分類遊戲(第1, 2, 5, 8, 9組)。

1041110)。3.教材內容方面：共10組國小在職教師都決定利用課本現有的內容當作設計的教材外，增加「昆蟲學特論」所學的其他內容以增加難度和廣度，刺激學童的玩興(焦，1041103, 1041104, 1041110, 1041111)。4.畫面美工設計方面：共10組在職教師都針對數位遊戲使用的圖片、照片、音效和影片等提出討論，有5組使用授課教師所提供的，有6組使用數位遊戲軟體內鍵，有7組取自網路資源，也有5組自行剪輯昆蟲吃東西的動畫，讓學生觀察其口器。遊戲中答對或答錯都有立即的聲、光回饋(焦，1041110, 1041111, 1041117, 1041118)。5.系統流程設計方面：共10組國小在職教師編寫設計的系統流程達成共識，包含：內容介紹→昆蟲概念→科學過程技能→思考智能→遊戲→回饋(焦，1041110, 1041111, 1041117, 1041118)。6.評量形態方面：共10組國小在職教師決定評量形態一定要有答錯的回饋機制，並有知識庫的再學習，才能達到真正學習的成效；另外以不同鈴聲和動畫以提醒學生的答對或答錯(焦，1041110, 1041111, 1041117, 1041118)。

以第1組IDGT的設計階段為例，說明如表4所示。

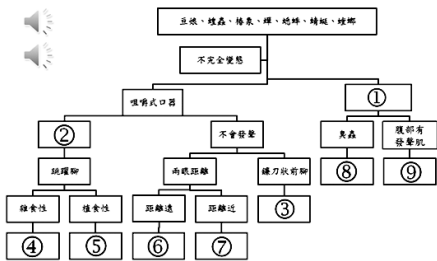
(三)發展階段(D)

授課教師以自行設計的IDGT當作典範，利用焦點團體法和各組國小在職教師討論如何設計IDGT的各種組件和遊戲模式。各組國小在職教師經過焦點團體討論後形成以下共識，1.依照教材設計藍圖：共10組國小在職教師能明確設計出自己的IDGT藍圖，設計首頁的頁面清晰、標題顯著、按鍵功能簡單、配色清新、配圖符合標題、按鍵功能簡單、容易操作的介面(表5) (焦，1041117, 1041118, 1041124, 1041125)。2.使用軟體：共10組在職教師接受協同教師TK的指導，學習使用Scratch, Flash, Power Point軟體做設計，但有些組別表示困難，不容易操作軟體，授課教師聽從協同教師的建議採購Smart Apps Creator軟體提供在職教師來使用，有5組在職教師改採用Smart Apps Creator軟體來設計(表5)，這5組在職教師認為Smart Apps Creator是繁體中文版，介面和Office很類似，利用滑鼠拖拽操作編輯素材，非常便利，自

表4：國小在職教師設計IDGT的設計階段，以第1組示例說明

組別	第1組
IDGT	昆蟲的口器
教學目標	認識昆蟲的食性和各種口器：咀嚼式、刺吸式、捲曲式、舐吸式、咀吸式(昆蟲學特論)。
設計理念	1.各種昆蟲的口器和課本的知識做結合，外加三種口器的介紹。 2.培養學童的科學過程技能；3.培養學童的思考智能。
教材內容	1.利用課本現有的昆蟲，例如：螳螂、蚊子、蝴蝶、蒼蠅、蜜蜂……做介紹。 2.增加不同昆蟲口器的構造特徵和如何吃食功能等做介紹。
畫面美工設計	教材中所使用的圖片、照片、音效和影片部分，有的是教授、學長姐提供的，有的是數位遊戲軟體內鍵，有的則是取自網路資源。
系統流程設計	內容介紹→昆蟲概念→科學過程技能→思考智能→遊戲→回饋。
評量形態	遊戲一「認識昆蟲的口器」連連看，要全部對應正確才過關，有鈴聲回應。 遊戲二「小試身手」要全部答對才過關，不管是答對或答錯都會有知識庫的回饋。 遊戲三「遊戲天地」30秒內要將出現的昆蟲拖拽到正確口器的餐廳裡，達100分即過關，未達100分再試一次。

表5：國小在職教師設計IDGT的發展階段，以第7組、第8組示例說明

組別	第7組	第8組
IDGT	昆蟲的構造與功能	肉食性昆蟲、昆蟲音樂家
使用軟體	Scratch, Flash, Smart Apps Creator	Scratch, PowerPoint, Smart Apps Creator
首頁	標題顯著、色彩鮮豔、按鍵功能簡單、容易操作	頁面清晰、標題顯著
	 昆蟲大觀園首頁之設計	 昆蟲知識庫首頁之設計
遊戲說明、教材活動選單	遊戲說明在於介紹教材之教學目標；讓教學者、學習者在使用此遊戲教材，學會昆蟲的分辨方法、瞭解昆蟲的生活史。  昆蟲冒險之旅說明之設計	遊戲說明在於介紹教材之教學目標；讓教學者、學習者在使用此遊戲教材，知道利用二分法拖曳昆蟲概念圖，選擇正確的答案完成昆蟲概念圖。  1.請選出①的正確答案並按下滑鼠 不是咀嚼式口器 咀嚼式口器 (下一題) 昆蟲概念圖遊戲說明之設計
遊戲一	1.在玩遊戲一之前，先進入三個教學活動知識庫，分別是昆蟲大觀園，介紹昆蟲的5種口器；昆蟲的一生，介紹昆蟲的生活史；昆蟲的身體，分成昆蟲的眼睛和昆蟲的身體。 2.遊戲一「昆蟲辨辨辨」，完成指示任務，選擇哪一種圖片是昆蟲的特徵。	1.在玩遊戲一之前，先進入教學活動知識庫，認識肉食性昆蟲和昆蟲音樂家，介紹其生活史、口器、食性、身體構造，還有分辨蜻蜓、豆娘的異同。 2.遊戲一「小丸子接接樂」，移動小丸子去接住是肉食性昆蟲的圖片。
遊戲二	遊戲二「昆蟲改變了」，學童經由知識庫建立之認知概念，配對選擇昆蟲正確的生活史。	遊戲二「昆蟲音樂教室」，利用打地鼠遊戲，選擇會發出聲音的昆蟲。
遊戲三	遊戲三「續分樂」，地洞裡會出現許多動物，用網子將是昆蟲的圖片網起來。	遊戲三「昆蟲概念圖數位遊戲」，利用二分法將昆蟲正確的屬性，歸類在正確的概念圖中。

學也很方便(焦，1041117, 1041118, 1041124, 1041125)。3.教導昆蟲概念：共10組國小在職教師都能根據「昆蟲學特論」所學的內容

知識去設計IDGT以學習昆蟲的相關概念認知，例如：第7組的IDGT，學童先由知識庫學習昆蟲概念後，遊戲一，學童經由「昆蟲

辨辨辨」完成配對任務；遊戲二，學童經由「昆蟲改變了」選擇昆蟲正確的生活史；遊戲三，學童經由「續分樂」用網子將地洞裡出現的昆蟲網起來(焦，1041117, 1041118, 1041124, 1041125；歷程檔案，第7組)。第8組的遊戲設計相似於第7組，較大的差異是設計遊戲三「昆蟲概念圖數位遊戲」，學童利用二分法進行昆蟲的分類(表5)。4.遊戲規則：共10組國小在職教師都能根據IDGT設計遊戲規則，例如：有的是用拖曳圖片到正確的對應位置，有的是配對遊戲，有的是消消樂等；每組都將遊戲規則寫得很清楚，並且有遊戲的回饋機制(焦，1041117, 1041118, 1041124, 1041125)。舉例第7組、第8組的IDGT發展階段的作品說明，整理如表5所示。

(四)實作階段(I)

共10組國小在職教師在實作階段分為2個項度說明。1.測試與回饋：10組在職教師上臺報告IDGT的設計，授課教師、同儕提出意見；10組在職教師到國小提供國小學生試玩

IDGT後，學童提出看法。2.改進說明：10組在職教師根據授課教師、同儕、國小學童的意見，進行改進說明。將國小在職教師設計IDGT的實作階段，以第4組、第6組、第10組示例說明如表6所示。

(五)評鑑階段(E)

使用DGDE評鑑表對10組國小在職教師設計的IDGT進行評分，整理A、B兩組專家對於10組DGDE的評鑑結果，Kappa值皆大於.70為高度一致性，DGDE包含分向量和總結性評鑑，整理如表7所示。評鑑結果第1組、第2組、第5組、第6組、第8組、第10組達到70分以上獲得AAA級認證，達到特優等級；第7組總分達到60分以上獲得AA級認證，達到良好等級；第3組、第4組、第9組總分達到50分以上獲得A級認證，達到合格等級。

二、國小在職教師分組設計SPT之分析

授課教師以SPT當作典範，利用焦點

表6：國小在職教師設計IDGT的實作階段，以第4組、第6組、第10組示例說明

組別	第4組	第6組	第10組
IDGT	竹節蟲目、蜚蠊目、螳螂目	鞘翅目、鱗翅目、雙翅目	水棲目、雙翅目
測試與回饋	1.愛莉絲故事，只有文字對白，但沒有口白配音，建議有對話時應有配音。(同儕) 2.三個遊戲太雷同，顯得有點單調，沒有變化。答錯要有回饋機制較佳。(授課教師) 3.竹節蟲目、蜚蠊目、螳螂目的昆蟲種類可以再增加，可以多一些內容學習。(國小學童)	1.雙翅目數位遊戲教材，答錯沒有知識庫的回饋機制，建議增加。(授課教師) 2.鱗翅目IDGT文字不流暢，字的顏色較淡，字體太小，看不太清楚。(同儕) 3.建議再增加雙翅目昆蟲的IDGT內容，這方面普遍缺乏。(授課教師)	1.昆蟲對白只以文字方式呈現，沒有聲音，不夠吸引學生。(同儕) 2.其中一個遊戲即使沒有按到正確答案，也會自動跳下一頁，建議修正。(國小學童) 3.建議昆蟲知識庫要多放一些水棲昆蟲的介紹與圖片說明。(授課教師)
改進說明	1.增加愛莉絲故事的口白配音和配樂，第二個遊戲改變成接樂遊戲。 2.增加三個昆蟲目的更多昆蟲種類說明。	1.增加雙翅目知識庫的回饋機制，修正數位遊戲的文字，使其對比增加，容易閱讀。 2.增加雙翅目昆蟲的內容，包含：大蚊、蚋、果實蠅。	1.增加遊戲說明的口白配音和配樂，修正「拍拍樂遊戲」遊戲，達到正確性。 2.昆蟲知識庫增加一些水棲昆蟲的介紹與圖片說明。

表7：國小在職教師設計IDGT的評鑑階段

組別	第1組	第2組	第3組	第4組	第5組	第6組	第7組	第8組	第9組	第10組
教材內容 (滿分25)	23.5	24.5	18.5	19.5	24.5	24.0	23.5	23.0	20.0	24.5
教學設計 (滿分25)	22.0	21.0	17.5	17.5	21.0	21.0	21.0	23.5	18.0	22.0
教學媒體 (滿分30)	27.0	25.5	19.5	21.0	25.5	27.0	24.5	26.5	21.5	27.0
總結性評鑑 等級	72.5 AAA	71.0 AAA	55.5 A	58.0 A	74.5 AAA	72.0 AAA	69.0 AA	73.5 AAA	59.5 A	73.5 AAA
Kappa值 (A、B組)	.81	.82	.81	.79	.78	.82	.81	.80	.81	.79

團體法和各組國小在職教師討論如何設計SPT；授課教師要在職教師回想玩IDGT如何增進科學過程技能，那麼自己開發的教具能提出哪些科學過程技能的試題。各組國小在職教師經過焦點團體討論後形成以下共識：

(一)「觀察」技能：共10組國小在職教師都認為自己開發的IDGT能培養國小學生的「觀察」技能，例如：觀察IDGT的昆蟲圖片或影像來回答題目(焦，1041202, 1041203)。(二)「比較與分類」技能：共8組在職教師認為可以設計昆蟲二分法概念圖，驗收學童是否能比較昆蟲不同特徵的能力，有些在職教師建議在概念圖中放一些答案引導學生作答(焦，1041202, 1041203)。(三)「組織與關連」技能：共8組在職教師認為這方面比較難設計，例如：1-3-3-1實驗時確認相關的變因，做操控運作，很難在遊戲中呈現，所以SPT也不好設計；授課教師建議不需要每一條「組織與關連」的能力指標都要設計，只要提出有相關連的資料，讓學童去辨別並做通則性的描述即可(焦，1041202, 1041203, 歷程檔案，第5組)。(四)「歸納與推斷」技能：共8組在職教師從授課教師示範的SPT學到可設計一些昆蟲相關資料的表格，讓學童從這些資料中歸納出一些規則性(焦，1041202,

1041203)。(五)「傳達」技能：共6組在職教師學會運用表格擺放昆蟲資料，讓學童從表格內容中去統整正確的答案(焦，1041202, 1041203)。整體分析發現，有8組在職教師將授課教師示範的SPT，自行修改題幹的內容或題目的方向以符合自己的SPT，有2組在職教師傾向自己設計題型。列舉第5組對應五項科學過程技能的能力指標，說明如表8所示。

整理A、B兩組專家對於10組國小在職教師所設計SPT之SPTE評鑑結果，整理如表9所示。由表9發現，10組的Kappa係數值皆大於.70，由此證明A、B兩組專家的意見一致性相當高，且兩組專家的平均數皆介於五等量表中「良」至「優等」之間，可見兩組專家針對10組國小在職教師所設計的SPT給予肯定，認為他們所設計的IDGT搭配SPT，能培養國小學童的科學過程技能，此結果與陳亭伶(2013)、盧秀琴與施慧淳(2016)利用「昆蟲大富翁」桌遊教具來培養學童的科學過程技能有相似的研究結果。

三、國小在職教師分組設計TIT之分析

授課教師以TIT當作典範，利用焦點團體法和各組國小在職教師討論如何設計TIT；

表8：五項科學過程技能的能力指標對應第5組在職教師所設計SPT做舉例說明

科學過程技能	能力指標	試題說明
觀察	1-3-1-2 察覺一個問題或事件，常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。	2.() 觀察左邊螞蟥圖片後，請填入螞蟥身體構造的正确名稱(請填代號)。 ㄅ.腳；ㄆ.頭部；ㄇ.胸部； ㄈ.腹部；ㄊ.觸角。
比較與分類	1-3-2-3 依差異層次，做第二層次以上的分類。	3.請將右圖蜜蜂、胡蜂、螞蟥、白蟻、魚蛉等5種昆蟲作二分法的分類。
組織與關連	1-3-3-2 由主變數與應變數，找出相關關係。	7.() 螞蟥的生活史為 <u>卵</u> → <u>幼蟲</u> → <u>蛹</u> → <u>成蟲</u> ，被歸類為完全變態；而白蟻的生活史為 <u>卵</u> → <u>若蟲</u> → <u>成蟲</u> ，被歸類為不完全變態，請問下列哪一項是分類的主要依據？(1)有沒有經過卵期；(2)有沒有經過蛹期；(3)有沒有經過成蟲期；(4)以上皆非。
歸納、研判與推斷	1-3-4-3 由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。	11.() 綺綺後來知道只要有兩對大小不同膜質翅膀，且觸角為膝狀的昆蟲都屬於膜翅目，請問下面哪一種昆蟲 <u>不屬於</u> 膜翅目？(1)蜜蜂；(2)胡蜂；(3)蝗蟲；(4)火蟻。
傳達	1-3-5-4 願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣	15.() 米米在遊戲中有任務過不了，跑來找小獅求救，請問下列哪項是比較不恰當的回應？(1)協助米米到遊戲資料庫找答案；(2)請她自己想辦法；(3)和米米詢問遊戲中的老師；(4)幫助米米通過任務。

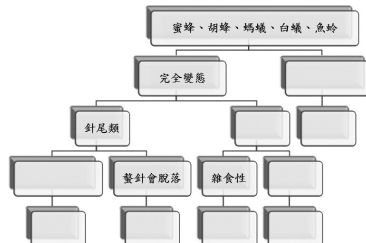
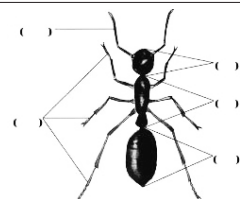


表9：10組國小在職教師所設計科學過程技能測驗之SPTE評鑑結果

組別	第1組	第2組	第3組	第4組	第5組	第6組	第7組	第8組	第9組	第10組
觀察	4.83	4.67	4.00	4.22	4.67	4.83	3.83	4.00	5.00	4.67
比較與分類	4.00	5.00	4.00	4.50	5.00	4.50	3.50	4.50	5.00	5.00
組織與關連	4.70	4.75	4.33	4.50	4.80	4.67	4.00	3.90	4.00	4.50
歸納、研判與推斷	4.88	4.88	4.50	4.25	4.88	4.75	4.13	4.50	4.83	5.00
傳達	4.75	5.00	3.50	4.38	4.88	4.50	4.50	4.50	4.67	4.50
總分 (題數平均)	4.73	4.82	4.10	4.31	4.82	4.67	4.06	4.24	4.89	4.65
Kappa值 (A、B組)	.76	.75	.84	.79	.73	.78	.84	.83	.78	.84

授課教師要在職教師回想玩IDGT如何增進思考智能，那麼自己開發的IDGT能提出哪些思

考智能的試題。在職教師經過焦點團體討論後形成以下共識：(一)共10組國小在職教師

認為「批判思考」應是一種情境題，必須把IDGT的內容轉成兩難的情境方式，讓國小學童思考哪一種比較正確，並說明理由，例如第6組提出的說明：「情境：玩過此遊戲後，大雄提出若想在分辨蝴蝶與蛾遊戲中獲勝，必須到校園中親自觀察蝴蝶與蛾的差異，靜香則有不同的看法，她認為仔細觀察蝴蝶與蛾的圖片，記錄不同的差異更容易獲勝」(歷程檔案，1041203)。(二)有8組在職教師認為「創造思考」的出題不容易，如果國小學童平時就沒有這種訓練，要回答此題目比較困難，必須想出跟生活相關或跟學習相關的試題，國小學童比較能回答(焦，1041203，

1041204)。(三)有8組國小在職教師認為「解決問題」應該也是一種情境題，必須製造明確的問題情境，讓國小學童看出端倪，抓到需要思考的關鍵因素，才能提出有用的解決策略，這種方式已應用於一般教學中(焦，1041203, 1041204)。舉例各組在職教師如何設計TIT以對應思考智能的能力指標，整理說明如表10所示。

整理A、B兩組專家對於10組國小在職教師所設計TIT之TITE評鑑結果，整理如表11所示。由表11發現，10組的Kappa係數值皆大於.70，由此證明A、B兩組專家的意見一致

表10：三項思考智能的能力指標對應各組在職教師所設計TIT舉例說明

思考智能	能力指標	模仿授課教師出題	自己設計題目
批判思考	6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。	第10組 情境：玩過此遊戲後，海綿寶寶認為要逐一記住牌子的名稱，翻牌配對才能獲勝。派大星則有不同的看法，他認為用圖像來印記牌子的內容，翻牌配對較能成功。 1.你認為誰的說法比較正確？說出你這樣認為的原因。	第8組 情境：胖虎在池塘邊遊玩，看到兩隻蜻蜓結合成一個愛心的圖案(如下圖)。 1.你認為圖中的蜻蜓在做什麼呢？你如何求證？ 
創造思考	6-3-2-3 面對問題時，能做出多方思考，提出解決方案。	第3組 情境：小婷和小偉觀察河流中有很多水棲昆蟲，小婷認為這裡的水質很乾淨，小偉認為水棲昆蟲有很多排泄物，水質應該很髒。 2.請問你支持誰的想法，你需要哪些資料來支持你的想法。	第7組 情境：昆蟲的生活史各有不同，蝴蝶的生活史是完全變態，蜻蜓的生活史是不完全變態。 2.為什麼蝴蝶的生活史要比蜻蜓的生活史多一個蛹期出來？請提出你的想法。
解決問題	6-3-3-2 體會在執行的環節中，有許多關鍵性的因素需要考量。	第4組 情境：小霖今天吃完午餐後拉肚子。柯南到小霖家查看，發現他有一些昆蟲，如下圖：  3.你認為是哪一種昆蟲讓小霖拉肚子，請你提出關鍵性說明。	第9組 情境：前兩年羊稠步道的獨角仙數量很多，但今年卻變少了！光蠟樹是獨角仙的食物，卻被木板圍起來。 3.你認為用木板圍住光蠟樹的原因是什麼？要如何做才能讓羊稠步道的獨角仙恢復以往的數量呢？請你提出關鍵性說明。

表11：10組國小在職教師所設計TIT之「TITE」評鑑結果

組別	第1組	第2組	第3組	第4組	第5組	第6組	第7組	第8組	第9組	第10組
批判思考	5.00	4.50	5.00	3.50	5.00	4.50	4.50	4.00	4.50	5.00
創造思考	4.50	4.50	4.00	4.50	5.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00
解決問題	3.50	5.00	4.00	4.50	4.50	4.50	4.00	4.00	5.00	4.50
總分(平均)	4.33	4.67	4.33	4.17	4.83	4.50	4.34	4.17	4.83	4.83
Kappa值 (A, B組)	.87	.85	.78	.87	.70	.82	.85	.87	.70	.70

性相當高，且兩組專家的平均數皆介於五等量表中「良」至「優等」之間，可見兩組專家針對10組國小在職教師所設計的TIT給予肯定，認為10組國小在職教師所設計的IDGT搭配TIT，能培養國小學童的思考智能。

四、綜合討論

國小在職教師能依照ADDIE模式來開發IDGT，(一)分析階段，發現國小在職教師能知道國小學童學習昆蟲狀況不足之處，並說明多數學童是從教科書獲得昆蟲知識，所以在職教師希望利用「昆蟲學特論」所獲得的昆蟲學知識(CK)去開發IDGT，加深加廣昆蟲相關知識以提升學童的玩興和沉浸經驗。這呼應洪榮昭、鍾志從、羅凡最與王燕超(2011)說明進行互動式遊戲，學生為了遊戲過關、得到名次，主動在遊戲中學習學科知識；Hsu與Lu (2004)認為學習者進入遊戲的沉浸經驗時，遊戲中所產生的趣味性和成就感，都強化學生的學習成效。(二)設計階段，發現國小在職教師都能針對自己開發IDGT所需要的圖片、照片、音效和影片等，尋找可以使用的資源，例如：授課教師提供、數位遊戲軟體內鍵、網路資源或自行剪輯動畫等，但較少國小教師自行繪製昆蟲圖片和拍攝昆蟲影片，可能和不具昆蟲專業背景、忙碌的教學工作有關。這呼應陳伯璋(2016)說明教師自編教材可能產生很多阻力，包括：老師本身

的專業能力不足，教學現場的學校文化、行政以及各方面配套措施不足等。(三)發展階段，發現國小在職教師能使用協同教師所教的Scratch, Flash, PowerPoint軟體(TK)來開發IDGT，但還是有幾組在職教師表示困難，訪談原因是需要自行處理的資料夾很多，要連結不好操作。後來，採購Smart Apps Creator軟體提供在職教師使用得以解決此困難。Schoffed與Chambers (2012)認為使用Scratch, Flash, PowerPoint軟體的動畫工具，能讓學習者一步一步學習基本的編程技巧，減少開發數位遊戲教材的困難度，增強其自信心和成就感；而優思睿智有限公司(2014)提供Smart Apps Creator操作的影片說明，方便在職教師自學，容易上手。本研究發現ADDIE模式能引導在職教師逐一討論IDGT應具備的介面設計、媒體製作與系統整合測試等，ADDIE模式能降低在職教師的憂慮感，成功的整合昆蟲學知識於既定的遊戲介面、媒體製作中，最後能完成系統整合測試(Lu & Jeng, 2012; Wu & Tsuei, 2011)。

國小在職教師能學習授課教師所示範的SPT與TIT (PK)，配合自己開發的IDGT來設計SPT與TIT，發現他們能配合自己的教學經驗去設計選擇題、情境題、開放題和昆蟲二分法概念題，表示國小在職教師能將「昆蟲學特論」所學習的CK, TK和PK，轉換後獲得TPACK的能力，成功的開發IDGT，並把

IDGT內容轉換到SPT與TIT試題中。Jang與Tsai (2013)的TPACK問卷調查，顯示有教學經驗的科學教師其TPACK顯著優於沒有教學經驗的科學教師，因為有教學經驗的科學教師傾向於評價自己的CK, TK和PK，隨時思考應用於所教導的學生身上。林銘烽(2015)探討TPACK對於十二年國教的重要性，強調有效教學與善用E化科技，在職教師需有能力操作、挑選、應用CK, TK和PK，才能發揮十二年國教靈活、多元、適才適性的精神。

伍、結論與建議

一、結論

(一)國小在職教師從「昆蟲學特論」學習CK, TK，能根據ADDIE模式成功開發IDGT

本研究發現10組國小在職教師能從「昆蟲學特論」課程學習昆蟲學知識(CK)，和Scratch, Flash, PowerPoint, Smart Apps Creator軟體操作(TK)，並根據授課教授所示範的IDGT來討論IDGT應具備的介面設計、媒體製作與系統整合測試等；最後，國小在職教師能根據ADDIE模式成功開發自己的IDGT，經過DGDE的評鑑結果，獲得A到AAA級，達到合格~特優等級。故本研究能因應「昆蟲」為困難的教學單元，培育國小在職教師成功使用ADDIE模式、Scratch, Flash, PowerPoint, Smart Apps Creator軟體開發IDGT，有效幫助在職教師獲得TPACK，改善傳統教學的困境。

(二)國小在職教師能從「昆蟲學特論」學習PK，配合自己的IDGT來設計SPT與TIT

本研究發現10組國小在職教師能從「昆蟲學特論」課程學習SPT與TIT的題型如何

設計(PK)，多數國小在職教師能根據自己的教學經驗以及國小學童的需求，配合自己的IDGT來設計SPT與TIT；有些組別採用模仿策略，從授課教師所示範SPT與TIT的題型去修改裡面的內容以符應自己開發的IDGT，有些組別則選擇自行出題以因應自己學生的學習；經過SPTE, TITE的評鑑，達到「良」至「優」等級，這說明國小在職教師接受「昆蟲學特論」課程的培育，能將所學習的CK, TK, PK，成功轉換成TPACK產出，能設計高層次思考的試題。

二、建議

(一)自然領域教師利用IDGT培養國小學童的科學過程技能和思考智能

10組國小在職教師所開發的IDGT，包含各種類的昆蟲構造、生活史、口器與生活習性的三個數位遊戲，詳列遊戲規則說明，建立昆蟲知識的資料庫，能讓學童透過此遊戲更有興趣去認識更多種類的昆蟲。由於IDGT設計良好，有知識庫、遊戲學習和回饋機制，遊戲介面包含：昆蟲的真實圖片、文字解說，競賽得分、二分法概念圖；建議將IDGT分送給有興趣的自然領域教師，可做為融入學習或延伸學習，或利用網路讓學生在家裡課後學習，不會影響教學進度。IDGT確實能使學童達到自主學習及培養科學過程技能和思考智能的目標。

(二)整合學校的電腦資訊教師從事專業社群對話，以解決開發數位遊戲教材所產生的問題

本研究之IDGT由修讀「昆蟲學特論」的國小在職教師所開發，他們兼具在職教師與研究生的身分，所以所設計的IDGT內容正確且能應用在昆蟲教學上。但國小在職教師並

非專業的數位遊戲設計者，對於設計數位遊戲的電腦軟體不太熟悉。建議未來從事數位遊戲教材開發時，能整合學校的電腦資訊教師從事專業社群對話，以解決開發數位遊戲教材所產生的問題，如此合作開發出的數位遊戲教材，會更具實用性和完整性。

誌謝

本研究能夠順利完成，首先感謝行政院科技部的經費支持（MOST 103-2511-S-152-005-MY2; MOST 105-2511-S-152-010-MY3）；再者，感謝28位國小在職教師的協助，完成所有的作業和測驗；最後，感謝研究團隊協助分析，才能完成本論文。

參考文獻

1. 王玉蘭(2012)。國小數學教師科技學科教學知識的展延與再思——以互動式電子白板融入教學為例。**教學科技與媒體**，**101**，40-64。
2. 王維聰、王建喬(2011)。數位遊戲式學習系統。**科學發展**，**467**，46-51。
3. 宋曜廷、張國恩、林慧藍、李宜芬、陳明溥(2009)。數位學習教材之品質認證標準的建立及其信度分析。**電子商務學報**，**11**(4)，823-846。
4. 林佳蓉(2009)。教學設計理論基礎與重要模式。**教育科技：理論與實務**(下冊，頁89-119)。臺北市：學富文化。
5. 林銘烽(2015)。探討科技學科教學知識TPACK於十二年國教的重要性。**中等教育**，**66**(3)，88-101。
6. 邱揮立(2003)。**電玩新戰國時代**。臺北市：中華民國對外貿易發展協會。
7. 周志宏(2013)。兒童之遊戲權與數位學習。**國民教育**，**54**(2)，1-6。
8. 洪榮昭(1997)。精釋研究法在政策評量的應用。**中等教育**，**48**(5)，39-47。
9. 洪榮昭(2005)。E-learning的發展與運用。**臺灣教育**，**631**，2-10。
10. 洪榮昭、鍾志從、羅凡晷、王燕超(2011)。從互動性角度探討活化數位教育性遊戲的設計與發展。臺北市：國立臺灣師範大學99年度校內計畫。
11. 教育部(2008)。**國民中小學九年一貫課程綱要**。查詢日期：2015年2月18日，檢自：http://teach.eje.edu.tw/data/files/class_rules/all.pdf。
12. 許瑛珪、吳慧珍(2002)。網路合作學習與科學過程技能的學習。**科學教育月刊**，**254**，16-27。
13. 陳伯璋(2016)。教師自編教材。**教科書研究**，**9**(1)，167-200。
14. 陳亭伶(2013)。發展「昆蟲大富翁」科學遊戲教具及教學以培養學童的昆蟲認知、科學態度和科學過程技能。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學自然科學教育所，臺北市。

15. 陳建興(2011)。數位遊戲對於學生科學批判思考與環境教育成效之研究。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學自然科學教育所，臺北市。
16. 區國良、曾郁庭、姚玉娟(2014)。體感式數位遊戲行動學習系統對學習成就及學習保留影響之研究。《科學教育學刊》，22(2)，163-184。
17. 優思睿智有限公司(2014)。Smart Apps Creator軟體操作。查詢日期：2015年3月12日，檢自：<http://www.u-smart.com.tw/index.php?m=Wusmart&a=elearning>。
18. 廖家瑜、連啟瑞、盧玉玲(2013)。國小學童月亮數位遊戲學習之發展與學習成效之評估。《科學教育學刊》，21(3)，317-344。
19. 盧秀琴、李怡嫻(2016)。「昆蟲學」師培課程培育國小師資生開發昆蟲桌遊教具與設計測驗卷。《師資培育與教師專業發展期刊》，9(3)，1-27。
20. 盧秀琴、施慧淳(2016)。玩「昆蟲大富翁」遊戲培養國小學童的科學過程技能。《科學教育學刊》，24(1)，1-30。
21. 盧秀琴、陳靜賢(2009，12月)。國小輔導教師進行自然與生活科技領域困難單元之教學。發表於中華民國第二十五屆科學教育學術研討會。臺北市：國立臺灣師範大學。
22. 簡幸如、劉旨峰(2009)。專題導向數位遊戲製作教學模式之個案探討。《人文暨社會科學期刊》，5(2)，113-130。
23. 顏春煌(2012)。數位學習：觀念、方法實務設計與實作(第二版)。臺北市：基峰資訊。
24. 蘇明勇(2003)。批判思考之思考批判：科學教育中的批判思考教學與評量。《科學教育研究與發展季刊》，專刊，88-120。
25. Aktamis, H., & Ergin, Ö. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1). Retrieved July 7, 2015, from https://www.ied.edu.hk/apfslt/v9_issue1/aktamis/aktamis2.htm
26. Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2005). *The systematic design of instruction* (6th ed.). Boston, MA: Pearson Allyn and Bacon.
27. Feyzioglu, B., Demirdag, B., Akyildiz, M., & Altun, E. (2012). Developing a science process skills test for secondary students: Validity and reliability study. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(3). Retrieved March 15, 2015, from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1000902>
28. Hong, J.-C., Lu, C.-C., Hwang, M.-Y., Kuo, Y.-C., Wang, C.-C., & Chou, C.-Y. (2015). Larvae phobia relevant to anxiety and disgust reflected to the enhancement of learning interest and self-confidence. *Learning and Individual Differences*, 42, 147-152.
29. Hsu, C.-L., & Lu, H.-P. (2004). Why do people play on-line games? An extended TAM with social influences and flow experience. *Information & Management*, 41, 853-868.
30. Jang, S.-J., & Tsai, M.-F. (2013). Exploring the TPACK of Taiwanese secondary school science teachers using a new contextualized TPACK model. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4), 566-580.

31. Jauk, E., Benedek, M., Dunst, B., & Neubauer, A. C. (2013). The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical break-point detection. *Intelligence*, 41(4), 212-221.
32. Katissuave. (2010). *Psychology exam: Memory, thinking, intelligence and language*. Retrieved April 26, 2015, from <http://www.propofs.com/quiz-school/story.php?title=psychology-exam-memory-thinking-intelligence-language>
33. Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). Teachers learning technology by design. *Journal of Computing in Teacher Education*, 21(3), 94-102.
34. Lee, W. W., & Owens, D. L. (2004). *Multimedia-based instructional design*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
35. Lu, C.-C., & Jeng, S.-L. (2012). Developing digital game based on the conception of insects (DGBI) to test elementary student's insect conceptions. *Creative Education*, 3, 101-110.
36. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
37. Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance Improvement*, 42(5), 34-37.
38. Padilla, M. J. (1980). Science activities or thinking. *School Science and Mathematics*, 80(7), 601-608.
39. Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment*, 1(1), 21.
40. Regolith, C. M. (1983). *Instructional-design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
41. Scoffed, C., & Chambers, C. (2012). Skill progression demonstrated by users in the scratch animation environment. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28, 383-398.
42. Shahali, E. H. M., & Halim, L. (2010). Development and validation of atest of integrated science process skills. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 142-146.
43. Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
44. Vincent, A. S., Decker, B. P., & Mumford, M. D. (2002). Divergent thinking, intelligence, and expertise: A test of alternative models. *Creativity Research Journal*, 14(2), 163-178.
45. Wu, S.-C., & Tsuei, M. (2011, September). *The effects of digital game-based learning on elementary students' science learning*. Paper presented at 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering. Yichang, China.

附錄一：數位遊戲教材設計評鑑表

評鑑向度			優 ←————→ 很差				
教學內容評鑑	A-1	數位遊戲教材的內容正確性達98%以上。	5	4	3	2	1
	A-2	數位遊戲教材的內容深度(難度)符合學習者程度。	5	4	3	2	1
	A-3	數位遊戲教材的內容廣度(豐富性)符合學習者程度。	5	4	3	2	1
	A-4	數位遊戲教材設計組織符合邏輯性的知識結構。	5	4	3	2	1
	A-5	數位遊戲教材的教學目標、學習活動與教學評量具一致性。	5	4	3	2	1
	問題與意見						
教學設計評鑑	B-1	數位遊戲教材能透過語音、文字、動畫、影片等形式具體且完整地呈現教學目標。	5	4	3	2	1
	B-2	數位遊戲教材依據教學目標選擇適當的教學方法。	5	4	3	2	1
	B-3	數位遊戲教材所運用的教學方法，能促進學習者先備知識的連結。	5	4	3	2	1
	B-4	數位遊戲教材具合理且流暢的學習流程。	5	4	3	2	1
	B-5	數位遊戲教材具有修正另有概念評量的效果。	5	4	3	2	1
	問題與意見						
教學媒體評鑑	C-1	數位遊戲教材的介面設計(如字體、字型、圖示、版面配置等)具一致性。	5	4	3	2	1
	C-2	數位遊戲教材的介面呈現(如用字遣詞、圖、表、舉例等)清楚合適，能讓學習者容易閱讀。	5	4	3	2	1
	C-3	數位遊戲教材中的圖片、動畫及影像等具良好製作品質(如畫面清晰度、播放速度合宜等)。	5	4	3	2	1
	C-4	數位遊戲教材的運用，能引起學習者對教學內容的注意與興趣。	5	4	3	2	1
	C-5	數位遊戲教材的運用促進學習者對學習內容的理解。	5	4	3	2	1
	C-6	學習者可以容易地操作與使用數位遊戲教材。	5	4	3	2	1
問題與意見							
綜合意見							

附錄二：科學過程技能測驗評鑑表

分項分段能力指標		檢核題目和得分	題目	優 ← → 很差				
			NO	5	4	3	2	1
1.觀察	1-3-1-2	察覺一個問題或事件，常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。		5	4	3	2	1
2.比較與分類	1-2-2-1	運用感官或現成工具去度量，做量化的比較		5	4	3	2	1
	1-2-2-2	能權宜的運用自訂的標準或自設的工具去度量		5	4	3	2	1
	1-2-2-3	瞭解即使情況一樣，所得的結果未必相同，並察覺導致此種結果的原因		5	4	3	2	1
3.組織與關連	1-3-2-3	依差異層次，做第二層次以上的分類。		5	4	3	2	1
	1-2-3-1	對資料呈現的通則性做描述		5	4	3	2	1
	1-2-3-2	能形成預測式的假設		5	4	3	2	1
	1-3-3-2	由主變數與應變數，找出相關關係。		5	4	3	2	1
4.歸納與推斷	1-2-4-1	由實驗的資料中整理出規則，提出結果		5	4	3	2	1
	1-3-4-3	由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。		5	4	3	2	1
5.傳達	1-2-5-1	能運用表格、圖表(如解讀資料及登錄資料)		5	4	3	2	1
	1-2-5-2	能傾聽別人的報告，並能清楚的表達自己的意思		5	4	3	2	1
	1-3-5-4	願意與同儕相互溝通，共享活動的樂趣。		5	4	3	2	1

附錄三：思考智能測驗評鑑表

分項分段能力指標		檢核題目和得分	題目	優 ← → 很差				
			NO	5	4	3	2	1
1.批判思考	6-3-1-1	對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。		5	4	3	2	1
2.創造思考	6-2-2-1	能常自問「怎麼做？」，遇事先自行思考解決的辦法		5	4	3	2	1
	6-3-2-3	面對問題時，能做出多方思考，提出解決方案。		5	4	3	2	1
3.解決問題的能力	6-2-3-1	養成主動參與工作的習慣。		5	4	3	2	1
	6-3-3-2	體會在執行的環節中，有許多關鍵性的因素需要考量。		5	4	3	2	1

Training In-Service Teachers to Develop Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) by “Advanced Entomology” Courses

Chow-Chin Lu^{1,*} and Hui-Chuan Fang²

¹Department of Science Education, National Taipei University of Education

²Taipei Private Tsai Hsing School

Abstract

In response to the era of game-based learning, it shows the need to cultivate in-service teachers with the design capability. This study used case study and aimed at training 28 in-service teachers to have the ability to develop Insect Digital Game Teaching material (IDGT) and high-order thinking questions by “Advanced Entomology” courses. First, a professor taught entomology knowledge, how to use ADDIE model and software to develop IDGT and how to design “Science Process Test, SPT” and “Thinking Intelligence Test, TIT” according to IDGT. Secondly, after playing demo IDGT, in-service teachers discussed how to design IDGT, SPT, and TIT through focus group method. Finally, it applied Digital Game Teaching Material Design Evaluation (DGDE), Science Process Test Evaluation (SPTE), Thinking Intelligence Test Evaluation (TITE) to evaluate IDGT, SPT, and TIT. The results showed that: 1. In-service teachers could use entomology knowledge, ADDIE model, Scratch, Flash, PowerPoint and Smart Apps Creator to develop IDGT. 2. In DGDE, the IDGT developed by a total of 10 group in-service teachers received A to AAA-level evaluation. 3. In SPTE, the SPT designed by a total of 10 group in-service teachers achieved good to excellent degree. 4. In TITE, the TIT designed by a total of 10 group in-service teachers achieved good to excellent degree.

Key words: Insect Digital Game Teaching Material, “Advanced Entomology” Course, Thinking Intelligence Test, Technological Pedagogical and Content Knowledge, Science Process Test

* Corresponding author: Chow-Chin Lu, luchowch@tea.ntue.edu.tw