

# 探究實驗互動學習系統—— 擴大實驗室邊界

鄭夢慈、徐美恩\*

## \*技術簡介

本探究實驗互動學習系統包含：教學單元、實驗紀錄單元與評量單元。使用者於教學單元學習科學實驗內容後，進入真實實驗室操作實驗，將實驗結果記錄於實驗紀錄單元，而評量單元將填寫結果對照解答產生評分。使用者可藉由遊戲方式學習科學知識，並透過系統的即時回饋瞭解實驗之正確性，以虛擬與真實交錯學習方式增加學習效果。

## \*技術之科學突破性

本互動學習系統提供科學實驗學習內容，使學習者能將遊戲所習得的知識與技能運用於真實實驗中，除了具有反覆練習與立即回饋的優點，也保留實驗教學中培養動手操作的能力，瞭解操作可能發生的誤差，達到虛擬與真實互動學習的效果。科學突破性包含利用科技設計和實施多樣的形成性和總結性評量，為學生提供展現能力的替代方法。

## \*技術之產業應用性

本探究實驗互動學習系統富有科學概念以及各項探究能力培養元素，將遊戲與科學學習有效整合。在與產業結合的層面上，此系統可應用於數位學習產業、各級學校教學學習環境以及教育學習出版產業等，以新的媒材融入教學現場促進科學能力與態度之養成。

## 一、前言

由於科技快速發展，幾乎人人都擁有數位電腦或行動載具等科技產品，隨手可查詢資料的方便生活使得學習不再只是侷限於書本及學校場域，越來越多

---

\* 鄭夢慈，國立彰化師範大學生物學系教授；徐美恩，國立彰化師範大學生物學系專任助理。

學習科技因應而生，數位化學習（e-learning）逐漸成為趨勢。相較於傳統的課室教學，e-learning 具有許多優點，例如：富有彈性——隨時隨地都可以學習、虛擬情境——多媒體可營造擬真互動情境有助問題解決、學習檔——資料庫可記錄完整學習歷程與結果、及以學習者為中心——學習者主動且適性地進行學習等；其中，遊戲式學習（game-based learning）因為有效結合學習內容與像是提供立即性回饋與明確規則／目標等遊戲特徵，更能夠提升學習者的學習動機與興趣（Prensky, 2000），而主動投入甚而沉浸於遊戲中的學習活動（Cheng, She, & Annetta, 2015），透過反覆地問題解決歷程而達到學習成效；因此遊戲式學習所蘊含的教學潛能近年來備受學界肯定，不僅成為新世代學習的新選項，也被預期為科技中介學習（technology-mediated learning, TML）的下一波新潮流。

科學學習普遍對於學生而言是倍感困難也缺乏興趣的，因為科學知識通常抽象且難以理解，過去重視科學事實的記憶背誦對於提升公民科學素養的效果有限，因此，將於 108 學年開始實施的十二年國民基本教育之自然科學領域課程綱要比以往更強調探究與實作的重要性，透過實際做科學（do science）以培養學生具備基本科學知識及科學探究能力與態度（國家教育研究院，2018）；然而，要培養科學探究能力需要營造適合的情境能夠讓學生實際探究以經歷問題解決的歷程，主動探索、觀察以形成假說並進行實驗驗證、進而詮釋結果，都是傳統的課程設計與直接講述方式較難達成的（鄭夢慈、徐美恩，2018）；而遊戲式學習的諸多特性則可以彌補傳統課室教學的不足，提供逼真的虛擬情境融入以學習者為主體的學習活動讓學生積極主動地探究，在遊戲中實際體驗如何做科學，模擬科學家建構與理解科學知識的歷程（劉宏文、張惠博，2001），就算犯錯也不需擔心現實世界會發生的負面後果，盡情反覆練習。

儘管如此，遊戲式學習仍然有其限制，雖然提供逼真情境可以隨時隨地反覆練習，但因為探究操作歷程就算再開放還是已被預先設定，無法盡數考量及操弄真實探究實驗時可能產生的誤差，現實生活中實際動手操作的經驗對學習者仍舊重要，是無法完全被取代的。Garris, Ahlers, & Driskell（2002）提出輸入—過程—輸出模式（input-process-output model, IPO）解釋遊戲式學習的運作機制，主張遊戲式學習由三個部分所組成，首先輸入階段包含了學習內容與遊戲特徵的適當結合，這樣的結合可以驅動所謂的遊戲循環，也就是過程階段，在遊戲循環中學習者會針對系統回饋進行判斷，而決定遊戲行為，系統針對學習者的行為再次給予回饋，學習者針對回饋再次進行判斷以做出下一個行為，如此一直反覆進行，最後透過最關鍵的任務匯報（debriefing），分析遊戲事件並對於遊戲中的錯誤行為進行檢討等，將遊戲中的學習經驗反映至真實世界，以達到學習成效輸出。由 Garris 等人的 IPO 模式可以發現遊戲中的學習經驗與真實世界

連結的重要性，學習的最終目標仍是希望學生可以將遊戲中的經驗轉化至真實世界中應用，若無法將遊戲中的經驗透過任務匯報轉換反映至現實生活中，真正的學習便不會發生。

因此，考量到虛擬與真實各自的優點，我們設計了本探究實驗互動學習系統：Scialience，以遊戲式學習為主體架構，但著重虛擬與真實之間的轉換，將兩者巧妙的結合；也就是說，利用遊戲情境與任務的設計，讓學習者可以反覆地先在遊戲中推敲每個探究實驗的原理、蒐集進行實驗所需資料、瞭解探究實驗流程，接著進入真實實驗室實際動手操作實驗，再將真實實驗數據輸入遊戲當中，完成遊戲任務要求，才能夠繼續進行遊戲。透過虛擬與真實結合且不斷在兩者間轉換的設計，將探究實驗前面的試誤學習階段數位化，提供反覆練習與立即回饋，不僅可節省課室中實際進行探究實驗所需的時間與設備花費，且又保留實驗教學中培養實際動手操作的能力，讓學習者可將遊戲當中習得的概念與能力展現於真實實驗，以獨立完成遊戲當中所給予的任務；整個學習過程是以學生為主體，老師僅需扮演輔助者的角色，可由後端資料庫瞭解學生的學習情況，於學生需要時再適時提供協助；Scialience 創新設計擴大了真實實驗室邊界，不僅符合十二年國教自然科學領綱探究與實作的精神，也符應未來科技學習的潮流。

## 二、探究實驗互動學習系統：Scialience

Scialience 的遊戲情境設定發生於西元 2070 年，在浩瀚宇宙中的葛洛普星球人搭乘飛碟來到了地球進行探勘，他們需要蒐集有關地球人的資訊進行比較瞭解後，才能順利返回葛洛普星球。學習者在遊戲中扮演外星人隊員的角色，遵照外星人隊長的指示進行一連串的探究活動（圖一）。



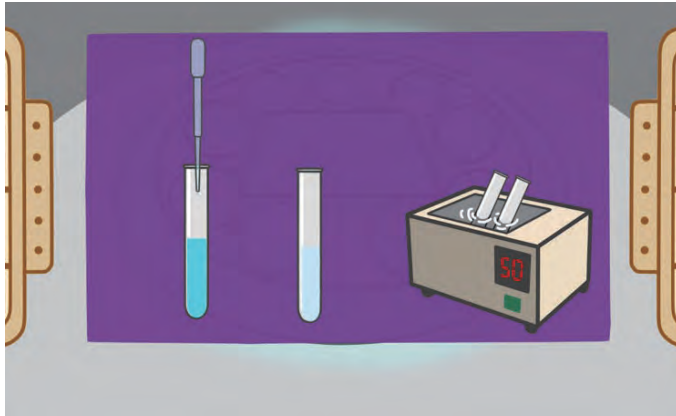
圖一：葛洛普星球人隊長與隊員對話畫面

Scialience 中的探究活動以遊戲任務形式呈現，其中含有五個關卡，涵蓋的探究實驗內容包括醣類的測定、植物維管束、種系發生樹、酵母的發酵反應以及人體的生理現象。在各個關卡中皆包含三階段的小任務，第一階段——透過小遊戲學習生物概念，讓學生在遊戲的過程當中複習或者是預習相關的生物概念；第二階段——遊戲角色引導實驗教學，學生能夠在此階段學習實驗的操作過程以及設計實驗的能力；第三階段——操作真實實驗，將學生在遊戲當中的所學應用至現實當中並將結果輸入回遊戲當中。遊戲系統會根據學生輸入的實驗結果給予立即性回饋，提供學生瞭解實驗的正確性。

每個任務皆以玩家角色 (player character, PC) 與非玩家角色 (non-player character, NPC) 對話及與遊戲機制互動形式呈現。以醣類的測定關卡為例，遊戲情節為某一天葛洛普星球人降落在地球上一個人煙稀少的大草皮，他們一下飛碟後就看到了一棟屋子，決定趁著屋主不在時潛入屋內蒐集線索，在屋內廚房他們發現了五種不知名的醣類，於是想要瞭解這五種醣類分別為何。透過學習者所扮演隊員角色與隊長的對話互動，學習者先透過小遊戲學習各種醣類的相關科學知識，例如：五碳糖與六碳糖、醛醣與酮醣的差別等 (圖二)，小遊戲的結果會以遊戲金幣方式得到獎勵，學習者可使用金幣到遊戲商店中去購買器材與試劑，有足夠器材與試劑後，隊長便可帶領隊員學習醣類測定實驗的操作過程及實驗設計 (圖三)，為了確認隊員已經瞭解各種醣類該如何檢測，在遊戲中隊長會先給予三種未知醣類讓隊員設計實驗嘗試測定，待這部分小任務成功後，遊戲場景接著轉換到真實實驗室中，老師此時已在實驗室準備好五種未知醣類溶液讓學習者實際動手操作實驗進行檢測，最後再將五種未知醣類的測定結果輸入至遊戲當中回報隊長，遊戲得以繼續進行。



圖二：醣類小遊戲畫面



圖三：醣類的測定實驗操作畫面

### 三、未來科技展

由科技部所舉辦 2018 未來科技展 (Future Tech) 已於 2018 年 12 月 13 日至 15 日於臺北世貿中心三館舉辦並圓滿落幕，根據主辦單位所公告的活動快訊，展期間共計吸引了 5 萬人次的參觀人潮，不單國內民眾熱情響應，更有來自奧地利、俄國、日本等國際人士前來參觀，非常盛大且熱鬧。此次科技部以全國大專院校公開徵件方式，於近 400 件報名技術中以評獎模式選出 81 項前瞻科研成果參展，本探究實驗互動學習系統：Scialience 很榮幸地能夠脫穎而出榮獲入選。

11 月中參與未來科技展展前說明會對於展覽活動執行有初步瞭解後，實驗室團隊便開始緊鑼密鼓進行事前籌備工作，並思考如何將 Scialience 完整呈現出來，讓民眾能夠瞭解我們的設計理念及探究實驗互動學習系統究竟如何運作。我們除了準備講解 PowerPoint 檔案外，同時也製作簡易動畫在主辦單位提供的螢幕上呈現 Scialience 遊戲過程，現場並準備了兩臺平板電腦展示 Scialience prototype 試用版，讓民眾能夠透過實際動手操作配合參展成員解說的方式簡單卻清楚地瞭解我們的技術。為期三天的活動，未來科技展會場人潮絡繹不絕，在與民眾的互動過程中，大家給予的回饋、鼓勵與建議都是我們接下來修改與創造新技術的寶貴來源，並在與不同業界人士的對話中激發與其他概念內容結合的火花(圖四)。

非常感謝主辦單位科技部提供舒適且便利的環境展出我們的技術內容，創造更多技術媒合的空間，讓我們擁有與學術界、業界、及一般民眾互動的機會，讓大家瞭解科學學習不是只有傳統講述方式而已，創新科技讓未來的科學教育有更多發展的可能。



圖四：實驗室參展成員合照

## 參考文獻

- 國家教育研究院 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校自然科學領域。取自：[https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta\\_18077\\_4951279\\_31569.pdf](https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18077_4951279_31569.pdf)
- 劉宏文、張惠博 (2001)。〈高中學生進行開放式探究活動之個案研究——問題的形成與解決〉，《科學教育學刊》第9卷第2期，頁169-196。
- 鄭夢慈、徐美恩 (2018)。〈數位遊戲與科學學習的另類整合——Making Learning Serious Fun〉，《台灣教育》712期，頁33-40。
- Cheng, M.-T., She, H.-C., & Annetta, L. A. (2015). Game immersion experience: its hierarchical structure and impact on game-based science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 232-253. doi:10.1111/jcal.12066
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467. doi:10.1177/1046878102238607
- Prensky, M. (2000). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.