

實境登入：從科學系統理解到 虛實交織的能動實踐與認同建構

鄭夢慈*

許多人在學習科學時或許都有類似經驗：課堂知識常顯得抽象、困難，甚至令人挫折；但在遊戲世界裡，玩家卻能長時間闖關、解任務、探索規則並反覆嘗試。這樣的落差揭示了一個重要問題：為什麼人在「玩」的時候能高度投入，在「學」的時候卻經常缺乏動機？

這並不是因為遊戲比較簡單。許多遊戲同樣具有複雜系統，玩家必須理解規則、規劃策略，並透過嘗試、回饋與修正達成目標。關鍵在於，遊戲能將學習嵌入具意義的遊戲情境與實踐行動之中，使知識不再只是去脈絡化的傳遞，而成為可被經驗與操作的歷程。基於此，教育研究開始關注：若將遊戲視為學習媒介，它是否能，或者更進一步說，它如何能幫助我們更好地學習科學？

一、遊戲的教育功能

遊戲作為科學教育的一種教學設計取徑，主要可透過遊戲化（gamification），與遊戲式學習（game-based learning）兩種方式體現。前者是在既有學習情境中加入積分、排行榜、徽章等遊戲元素，以提升學習動機與參與度，其本質在於透過遊戲機制強化學習歷程，但並未改變學習內容本身。後者則是以遊戲作為學習的主要載體，使學習者在遊戲情境中進行操作、嘗試、犯錯與修正，並在行動中建構理解。本文聚焦於遊戲式學習，探討其在科學教育中的應用與意義。

黃俊儒（科技大觀園，2020）在探討影視劇本的教育意涵時指出，優良的敘事文本具備三大功能：知識工具透過敘事融入專業知識，促進理解與興趣；社會工具藉由情節引發對社會議題的關注與反思；文化工具則近似於「邊界物件」（boundary objects），可成為不同群體溝通與對話的共同參照。

* 國立彰化師範大學生物學系教授

此一觀點提供了思考媒介如何參與學習的分析視角。相較於影視文本主要透過敘事、影像與情節組織觀眾的經驗，遊戲作為高度互動的媒介，其教育價值不僅體現在敘事脈絡的建構，也在於透過規則、挑戰與回饋機制，形塑玩家可操作內容、選擇路徑與回應方式的「行動能供性」(action affordances)(鄭夢慈、林宗岐、鄭富中，2024)。因此，將此架構延伸至遊戲情境時，遊戲除了同樣具備知識、社會與文化工具功能外，更因其互動性與行動能供性，進一步展現「實踐工具」的功能。

具體而言，作為知識工具，遊戲能促進學習者掌握特定領域的知識、概念關係與運作原理；作為社會工具，遊戲引導學習者關注特定議題及其處境，促進脈絡梳理與價值判斷；作為文化工具，遊戲提供一種共享的經驗對象，使學習者得進行觀點交流、意義協商與共構；最後，作為實踐工具，遊戲則讓學習者成為行動參與者，在具體情境中探索、決策與互動，理解行動可能帶來的差異與後果，並透過回饋持續修正策略。

因此，遊戲可被視為承載知識、社會、文化與實踐工具功能的媒介，分別對應於知識建構、社會關懷、文化互動與行動實踐等面向。這些功能並非彼此互斥，而是能在同一遊戲情境中相互作用，共同形塑學習經驗。

二、遊戲中的能動實踐與認同建構

能動性 (agency) 是指個體在特定情境中，基於目標與情境條件進行判斷、選擇與行動，並影響結果的能力 (Bandura, 2006)。此觀點強調學習者並非被動受制於環境，而是能主動詮釋問題，並持續反思與調整其參與方式 (OECD, 2019) 從社會文化取向來看，能動性並非單純源於個體內在能力，而是透過工具、符號、規則與情境條件的中介而展現與建構，亦即中介性／媒介化能動性 (mediated agency)，強調能動性是個體與中介手段共同運作的結果 (Wertsch et al., 1993)。

在遊戲式學習中，學習者的能動性可被視為一種中介性能動性。遊戲規則、任務目標、角色設定、操作介面、資源限制、敘事脈絡與回饋機制，共同構成學習者能動性的中介條件，使其能在情境中進行探索、判斷、選擇與修正。因此，遊戲作為實踐工具的關鍵，不僅在於提供可操作的任務，更在於創造一個使能動性得以具體展現的實踐場域。

當學習者不只是遵循固定步驟，而能根據任務目標選擇策略，承擔後果並依據回饋持續修正時，中介性能動性便進一步轉化為能動實踐 (agency-in-

practice)。此歷程仰賴三項核心設計：多元路徑的選擇空間、明確的行動—後果鏈結，以及支持修正的回饋機制。在選擇、後果與修正的反覆循環中，學習者經歷的不僅是遊戲操作，而是具有目的性與真實意義的學習歷程。

更進一步說，遊戲中的能動實踐不僅有助於任務達成，也可能形塑學習者對自身角色的理解。依據情境學習理論，學習不只是知識的累積，而是學習者透過參與特定實踐社群（community of practice），由「合法的邊緣參與」（legitimate peripheral participation）逐漸接近較成熟的實踐形式，在過程中逐漸掌握其中的規範、價值與意義，進而建構身分（Wenger, 1998）。換言之，當學習者在遊戲情境中反覆經驗到自己能夠理解問題、做出判斷、調整策略並影響結果時，其所建構的不僅是概念知識，也包含對自身作為學習者或實踐參與者的重新定位。

因此，能動性與身分認同（identity）之間具有相互建構的關係。前者與「我能做什麼」有關，後者則涉及「我是誰」以及「我如何定位自己」。根據 Shaffer（2006）研究，專業社群皆具有其認知框架（epistemic frames），亦即該社群用以生產、判斷並推進知識的規範、價值與實踐。對科學學習而言，若遊戲式學習能以真實或擬真的科學實踐為基礎，學習者便可能在觀察、提問、證據判讀、推論、決策與修正的過程中，逐步接觸、實踐並內化科學社群的認知框架。透過反覆經驗「我能運用科學方式解決問題」並獲得回饋，學習者不僅累積知識，也能重新定位自己為科學實踐的參與者。這種從遊戲任務參與到科學實踐取向自我定位的轉變，正是能動實踐連結遊戲式學習與科學認同的核心。

三、從理解科學系統到進入科學實踐

接著，本文以三款我們實驗室所發展與研究的科學學習遊戲為例：《Virtual Age 虛擬四十六億年》、《Humunology 人體保衛戰》與《Anter 螞蟻研究所》，說明遊戲如何從支持概念理解的知識工具，逐步擴展為能動實踐與認同建構的實踐工具。

（一）知識工具：抽象科學系統的動態建模與概念理解

《Virtual Age 虛擬四十六億年》與《Humunology 人體保衛戰》皆可視為以「抽象科學系統的動態建模」為核心的知識工具。兩者分別回應生物演化與人體免疫系統難以直接觀察的教學挑戰：前者涉及長時間尺度下的物種變異、環境適應與自然選擇；後者則涉及微觀層次中免疫細胞、病原體與防禦反應的動態互動。

Virtual Age 透過環境資源、繁殖突變與自然選擇等機制模擬演化運作；Humunology 則以塔防形式呈現免疫防禦，使玩家透過部署不同免疫細胞，理解三道防線的程序性與系統關係。



圖一：《Virtual Age 虛擬四十六億年》(左)與《Humunology 人體保衛戰》(右)

相關研究顯示，Virtual Age 能促進演化概念學習與長期保留，遊戲內行為與遊戲表現也會影響學習結果 (Cheng, Lin, et al., 2015)；Humunology 則有助於學生理解人體免疫系統，尤其能支持程序知識與高層次認知歷程 (Cheng et al., 2014)。後續研究也指出，沉浸與情緒經驗會影響學生的投入方式、遊戲表現與注意力分配，但其價值不在於高度沉浸或單純正向情緒本身，而在於促使學生持續關注遊戲中承載科學概念的關鍵元素，並在挑戰、回饋與策略調整中加深系統理解 (Cheng et al., 2020; Cheng et al., 2017; Cheng, She, et al., 2015; Teng et al., 2021)。因此，這兩款遊戲作為知識工具的核心，是將抽象科學知識轉化為具體、動態且伴隨認知與情緒投入的系統理解歷程。

(二) 實踐工具：虛實交織中的科學實踐與認同建構

《Anter 螞蟻研究所》的核心教育功能為實踐工具。它並非單純傳遞螞蟻知識，而是以「螞蟻研究所」為情境，將螞蟻科學家的實踐活動轉化為採集、辨識、養殖、資料判讀與火蟻防治等任務，使學生在遊戲中模擬科學家的觀察、鑑種、操作、推論與修正歷程。

Anter 的核心設計在於嵌入螞蟻科學家的認知框架。遊戲不只是安排任務，而是將科學實踐的規範與價值納入機制之中，例如辨識的準確性、依據證據修正判斷、反覆嘗試，以及對生態問題的覺察。因此，學生在遊戲中不只是完成

任務，而是在低風險、可嘗試的環境中經驗科學家如何觀察問題、使用工具、判讀資料並形成解釋 (Cheng et al., 2023)。

當 Anter 被帶入課室與田野調查時，其實踐工具功能進一步從遊戲內的模擬實踐，延展為虛實交織的科學參與。學生在遊戲中形成的觀察方式、辨識標準與操作策略，會被轉化到實體標本觀察、校園螞蟻採集、螞蟻地圖製作、養殖紀錄、研究問題形成與實驗設計等活動之中。由此，Anter 不只是知識學習的媒介，而是支持能動實踐的遊戲式場域，使學生在遊戲、課室與田野之間進行觀察、辨識、蒐集與判讀證據、推論與表達，逐步形成科學實踐者的行動能力。



圖二：《Anter 螞蟻研究所》

這也連結到科學認同的建構。當學生在虛擬與真實場域之間往返，逐步經驗「我能以科學方式理解問題、形成判斷並表達觀點」時，科學學習便不只是知識獲得，而成為一種身分定位的歷程。透過虛實交織的科學實踐參與，學生得以逐步發展科學社群所重視的知道 (knowing)、行動 (doing) 與存在 (being) 方式，進而形塑其科學認同。相關研究顯示，Anter 與課室、田野模組整合後，有助於提升學生的螞蟻相關知識與探究技能，促進科學實踐經驗，並支持科學認同的發展 (Cheng et al., 2026)。

四、結語

總結來說，遊戲具有多重教育功能。現階段多數科學學習遊戲仍以知識工具為核心，主要用於支持學生理解科學概念與系統運作。本文則進一步指出，科學學習遊戲也可作為實踐工具，使學習從抽象概念理解延伸至虛實交織的科學實踐與認同建構。未來研究可持續探討社會工具、文化工具與實踐工具的設計可能，思考遊戲如何引導學生關注科學相關議題、進行觀點交流與意義協

商，並在具體情境中參與科學實踐。如此一來，科學學習遊戲不僅能支持學生理解科學，也能拓展其議題意識、協商能力與實踐參與。

參考文獻

- 科技大觀園 (2020)。〈科學不只有在教室談 黃俊儒從流行文化找科學與大眾的共鳴〉，<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=04460c9f-ea86-4253-a075-00552735602d>。
- 鄭夢慈、林宗岐、鄭富中 (2024)。〈玩遊戲也可以學探究〉，《科學探究與實作之理念與實踐》，臺北：國立臺灣師範大學出版中心。
- Bandura, A. (2006). Toward a psychology of human agency. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 164-180.
- Cheng, M.-T., Cheng, F.-C., & Tien, C.-C. (2026). Instructional modules integrated with a mobile learning game to improve senior high school students' science learning and science identity. *Journal of Research in Science Teaching*, 63(4-5), 470-491.
- Cheng, M.-T., Huang, W.-Y., & Hsu, M.-E. (2020). Does emotion matter? An investigation into the relationship between emotions and science learning outcomes in a game-based learning environment. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2233-2251.
- Cheng, M.-T., Lin, C.-C., Chen, Y.-H., Hsu, M.-E., & Cheng, F.-C. (2023). Anter: Ant research institute- Three iterations of testing to develop an ant world in the palm of the hand. *Computers & Education*, 198, 104772.
- Cheng, M.-T., Lin, Y.-W., & She, H.-C. (2015). Learning through playing Virtual Age: Exploring the interactions among student concept learning, gaming performance, in-game behaviors, and the use of in-game characters. *Computers & Education*, 86, 18-29.
- Cheng, M.-T., Lin, Y.-W., She, H.-C., & Kuo, P.-C. (2017). Is immersion of any value? Whether, and to what extent, game immersion experience during serious gaming affects science learning. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 246-263.
- 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.
- Cheng, M.-T., Su, T., Huang, W.-Y., & Chen, J.-H. (2014). An educational game for learning human immunology: What do students learn and how do they perceive? *British Journal of Educational Technology*, 45(5), 820-833.
- OECD. (2019). *Student agency for 2030*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/concept-notes/Student_Agency_for_2030_concept_note.pdf
- Shaffer, D. W. (2006). Epistemic frames for epistemic games. *Computers & Education*, 46(3), 223-234.
- Teng, Y.-Y., Chou, W.-C., & Cheng, M.-T. (2021). Learning immunology in a game: Learning outcomes, the use of player characters, immersion experiences and visual attention distributions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(2), 475-486.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press.
- Wertsch, J. V., Tulviste, P., & Hagstrom, F. (1993). A sociocultural approach to agency. In *Contexts for Learning: Sociocultural Dynamics in Children's Development*, 14, 336-356. Oxford University Press.