

生成式 AI 融入科學教育： 學習夥伴、探究互動與創新教學設計

林裕仁

國立清華大學數理教育研究所 助理教授

近期 AI 教育應用的研究日漸擴張，透過[自然語言處理](#)的技術，手機或電腦不但能夠理解、分析與解釋人類語言，亦能透過演算法與語言模型，生成相應的回饋。這些生成式人工智慧（Gen-AI），例如 ChatGPT、Gemini 和 Bing Chat，對學習和教學的改變與突破存在巨大潛力。回顧科學教育的核心目標，其不僅在於知識的傳授，更重要的是培養學生具備科學素養，以及科學推理、批判思考與決策能力，使其能成為能理解、評估與運用科學知識的現代公民（NRC, 2012）。在此脈絡下，Gen-AI 的導入提供了科學教育新的可能性，使科學學習更具互動性、情境化與體驗性，並有機會進一步提升學生的科學素養、學習參與及教學創新性（Liu et al., 2025）。

對中小學教師而言，近期在科學學習情境中的一些研究案例值得關注。有學者發現，使用 Gen-AI 能顯著提升學生在複雜創意問題解決任務中的表現，同時增強學習者的自我效能，並降低其對任務難度與心理負擔的感受。然而，研究亦指出，Gen-AI 的導入並未明顯提升學習的趣味性，顯示其對學習動機與情意層面的影響仍有待進一步探討（Urban et al., 2024）。因此，教師在教學中引導學生關注後設認知歷程，而非僅依賴 AI 帶來的便利感，以促進更有效的人機協同學習。亦有學者指出過去教師在學生評分與回饋歷程中，往往需投入大量時間與人力，且難以及時提供每名學生適性化的學習回饋。透過 Gen-AI 的即時互動與自動評分技術，不僅能快速分析學生的學習歷程與成果，其評分結果亦與人類評分具有高度一致性，因此有助於大幅提升評量效率與回饋即時性（Zhai et al., 2022）。

隨著 AI 快速融入教育場域，教師角色也從單純知識傳遞者，轉向學習設計與引導者。然而，研究同時提醒，AI 的導入亦伴隨挑戰，例如如何確保學習品質、避免過度依賴科技，以及如何培養學生具備適當的判斷與反思能力。因此，在應用 AI 於科學教育時，除了提升學習效率，更需關注學生深層理解與學習歷程的品質（Popenici & Kerr, 2017）。例如在一項案例研究中，學者將 Gen-AI 聊天機器人導入科學探究式線上討論情境，以探討其對學前教師學習的影響。研究結果發現，Gen-AI 所提供的即時回饋能有效提升學習者的行為參與、社會參與及知識建構表現；然而，在認知參與、情緒參與及書面學習成效方面，則未呈現顯著差異。一個重要原因可能在於，認知與

情緒層面的改變往往涉及較深層的思考歷程、學習動機與個人情感投入，僅透過短期的即時互動回饋較難產生明顯改變 (Derakhshan, 2025; Lu & Ba, 2025)。

對於 Gen-AI 的教育影響，一些學者以「Ragnarök」或「阿拉丁神燈」比喻其高度不確定性 (Lim et al., 2025; Luo et al., 2024)。一方面，Gen-AI 被認為有助於提升高層次思考與創造力，能促進概念重組，產生更具原創性的解答 (Urban et al., 2024)。另一方面，學生也可能因過度依賴 AI 的即時協助，而降低主動思考、問題解決與知識建構的意願，進而形成表層學習或認知惰化的現象 (Darvishi et al., 2024; Guo et al., 2023)。此外，生成式 AI 亦可能衍生虛假回應、抄襲與作弊等負面問題 (Bernabei et al., 2023; Sallam, 2023)。對於虛假回應與倫理擔憂，一些指導方針例如：(1) 提醒學生使用抄襲檢測軟件監控作業；(2) 促進開放討論，利用同儕影響力，鼓勵學生互相監督；(3) 建立誠信的學習氣氛 (Lo et al., 2024)。

Gen-AI 在教育中的價值與風險並存，其實際成效仍高度仰賴教學設計、教師引導方式，以及學習者本身的使用策略。Díaz 及 Nussbaum (2024) 系統性回顧 183 篇 K-12 研究指出，雖然 AI 提升可及性與互動性，但其教學應用仍主要延續傳統教育模式，尚未形成根本性教學變革，如何在創新與穩定之間取得平衡，仍需回到教育理論進一步思考。本文進一步提出幾項/類教學與研究建議，在倫理與誠信的前提下，作為未來 Gen-AI 教育應用與科學學習設計之參考。

學習夥伴

在科學教學情境中，將 Gen-AI 定位為「學習夥伴」(learning partner)，有助於突破傳統以教師為中心或僅作為工具輔助的單向互動模式，進一步促進學生與 AI 之間的雙向協作與知識共建。不同於單純提供答案的智慧輔助系統，作為學習夥伴的 Gen-AI 更強調參與學習歷程，透過提問、回饋與持續對話，引導學生進行科學思考與概念建構。

例如，在科學論證活動中，Gen-AI 可扮演對話者或批判性回應者，針對學生提出的主張進一步追問其證據與推理歷程，甚至提出反駁或替代解釋，促使學生反思其論證結構的完整性與合理性。此種互動有助於學生深化論證能力，並培養批判思考與反思能力，而非僅停留於接受答案的被動學習。此外，Gen-AI 作為學習夥伴，亦可提供即時且適性化的認知鷹架 (scaffolding)，協助學生在遭遇學習困難時獲得適切支持。例如，當學生對抽象科學概念（如氣壓、分子運動或能量轉換）產生迷思時，Gen-AI 可透過生活化類比、情境模擬或逐步提示，引導學生逐漸修正與重建其概念理

解。此種即時互動不僅有助於提升學生的認知投入，亦能降低學習挫折感，進而增進情意投入與學習動機。在探究導向學習情境中，Gen-AI 學習夥伴亦可協助學生進行假設生成、變因控制與結果解釋。例如，學生可與 Gen-AI 共同設計實驗情境，並透過模擬數據進行推論與驗證，以培養科學探究與問題解決能力。值得注意的是，此類互動並非由 AI 主導學習，而是強調「人機協作」(human-AI co-learning) 的理念，即學生仍是知識建構的主體，而 Gen-AI 則作為促進思考、對話與反思的支持者。

學生檢核與找碴

在科學教學情境中，將 Gen-AI 運用於「生成圖片與找碴」(image generation and discrepancy detection) 是一種兼具視覺化、互動性與高認知挑戰的教學策略。此方式透過 Gen-AI 與科學概念相關的圖像(細胞結構、電路配置、天氣系統或分子模型)，引導學生進行觀察、比較與推理，進而促進深層理解與批判思考能力的發展。例如一些學生可能給予生成指令「小青蛙在天空看到雙彩虹」。而 Gen-AI 的產出，不一定精確(圖 1)。教師可進一步邀請學生討論：「這張圖有哪些地方可能不符合科學現象?」、「真正的雙彩虹顏色排列應該如何?」以及「為什麼副虹的顏色順序與主虹相反?」等問題，引導學生從觀察走向推理與解釋。

圖 1
小青蛙在天空看到雙彩虹



註：圖生成於 2026/05/08 GPT。

此類活動的重點並非單純指出 AI 的錯誤，而是透過「檢核與找碴」的過程，促使學生主動比對科學知識、提出證據與修正觀點。學生在辨識錯誤與修正圖像的歷程

中，能更深入理解光的折射、反射與色散等概念，並培養批判性思考與科學論證能力（圖 2）。教師亦可進一步引導學生思考 Gen-AI 為何會產生這些錯誤，例如訓練資料不足、語意理解偏差，或圖像生成模型無法完全掌握複雜科學機制等。此種討論亦能連結至科學本質（nature of science, NOS）的觀點，使學生理解知識與模型皆具有暫時性與限制性，需要透過持續檢驗與修正來提升其可靠性。因此，Gen-AI 的「幻覺」現象不應僅被視為技術缺陷，而可透過適切的教學設計，轉化為促進學生概念辨識、科學推理與批判思考的重要學習契機。

圖 2

「小青蛙在天空看到雙彩虹」的檢核與找碴

雙彩虹迷思：顏色順序一樣嗎？

❌ 常見迷思（錯誤想法）

迷思：雙彩虹的顏色順序都一樣，都是紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫。



兩道彩虹的顏色應該一樣吧？

為什麼會這樣想？

- 兩道彩虹看起來很像，只是外面多了一道
- 沒注意到顏色順序其實是相反的

✅ 科學事實（正確觀念）

事實：副虹的顏色順序與主虹相反，是紫、靛、藍、綠、黃、橙、紅。



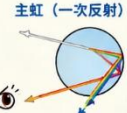
副虹：外層是紫色，內層是紅色

主虹：外層是紅色，內層是紫色

為什麼會相反？

陽光進入雨滴後，經過兩次反射和折射：

主虹（一次反射）



紅光偏折較小 → 在外層
紫光偏折較大 → 在內層

副虹（二次反射）



紫光偏折較小 → 在外層
紅光偏折較大 → 在內層

小提醒

下次看到雙彩虹，記得觀察顏色順序，你就是小小科學家！

註：圖生成於 2026/05/08 GPT。

Gen-AI 文字冒險遊戲

互動式小說（interactive fiction），亦常被稱為文字冒險遊戲（text-based adventure），是一種以文字輸入與輸出為核心的冒險遊戲形式。此類型遊戲透過情境模擬與敘事設計，讓玩家以文字指令控制角色行動，並影響故事情節與周遭環境的發展，其本質可視為結合電腦互動與文學敘事的學習媒介。在科學教學情境中，「文字冒險」是一種融合敘事、探究與決策的學習設計，有助於提升學生的學習投入程度與科學思維能力。此類教學方式透過情境化故事，引導學生進入真實或模擬的科學問題脈絡，使其在持續做出選擇、判斷與回應的過程中，進行科學推理、問題解決與概念應

用。而 Gen-AI 則可負責動態生成情節、回饋與挑戰，形成高度互動且具適應性的學習環境。教師可設計以科學議題為核心的冒險情境，透過單人探究模式或多人合作模式，引導學生進行 Gen-AI 支持的數位科學探索。前者以學生個人探索為主，學生透過與 Gen-AI 的一對一互動，在故事情境中進行科學推理與決策。例如，學生可扮演白堊紀植物學家進行遠古生態探索（圖 3），根據植物化石、氣候線索與地層資料，判斷當時的環境特徵、植物演化型態與生態系變化。Gen-AI 會依學生的選擇與推論，即時生成不同劇情、事件與研究結果，引導學生持續修正假設與進行科學推理。

圖 3

白堊紀植物學家 Gen-AI 互動冒險遊戲。

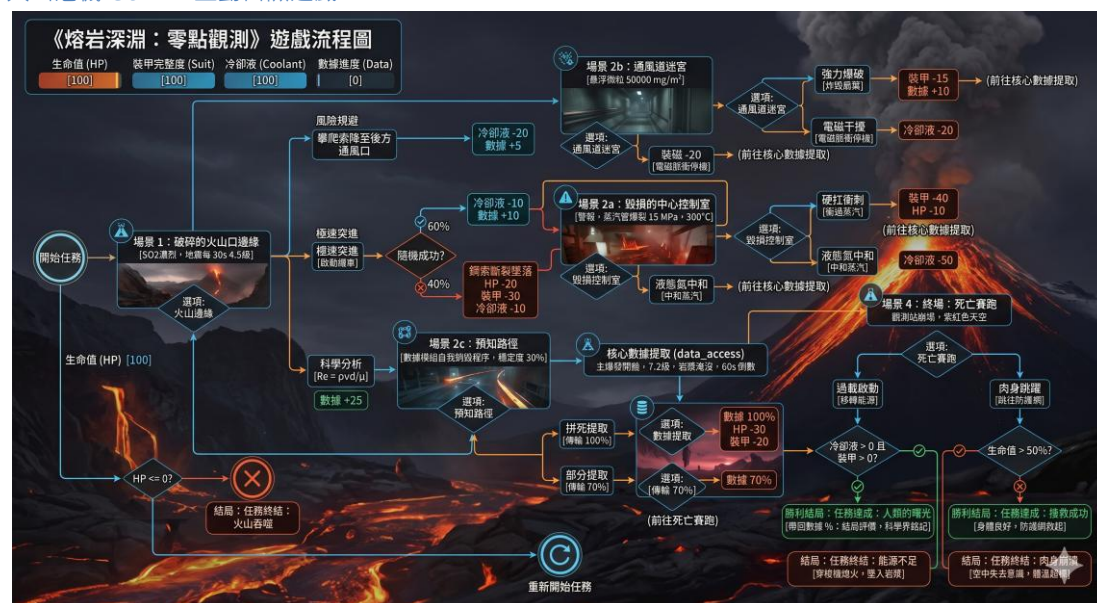


註：圖生成於 2026/04 GPT。

另一方面，多人合作模式強調小組合作與共同決策。學生可分別扮演科學家、工程師或環境觀察員等角色，共同解決問題。例如，在「火山爆發危機」情境中（圖 4），學生需分工分析地震數據、解讀火山氣體變化及規劃居民撤離方案，再透過討論整合資訊並做出決策，而 Gen-AI 則根據團隊選擇生成後續事件。此模式有助於培養科學溝通、合作學習及科學論證能力。

圖 4

火山危機 Gen-AI 互動冒險遊戲



註：圖生成於 2026/04 Gemini。

與 Gen-AI 的互動過程中，學生不再只是被動接受知識，而是以「參與者」的角色進入問題情境，並在持續探索與決策中建構知識。學習過程中，Gen-AI 甚至可進一步扮演對話夥伴或情境角色，提出反駁、質疑或補充資訊，促使學生深化其科學理解與推理能力。透過 Gen-AI 的混合角色應用，學生亦能體驗不同決策所帶來的結果差異，進而理解科學推論中的不確定性與條件性，而此亦可作為連結科學本質教學的重要策略。此外，Gen-AI 支持的文字冒險亦可結合遊戲化元素，例如任務進度、角色能力或評分機制，以進一步提升學生的學習動機與沉浸感。

整體而言，將 Gen-AI 融入科學教學（如學習夥伴、圖像找碴與文字冒險）有助於促進學生在論證、探究與決策中的主動參與，並強化其認知投入與批判思考能力。然而，其實際成效仍取決於教學設計是否能妥善定位 Gen-AI 的角色、適度控制回饋強度，以及有效引導學生對 Gen-AI 輸出進行檢核、質疑與反思。未來研究除了可進一步探討不同 Gen-AI 互動模式對認知投入、情意投入與社會互動的影響外，更值得關注的是：當 Gen-AI 逐漸成為學生長期互動的學習夥伴時，學生的科學思考、知識建構與學習自主性是否會產生改變？而教育又應如何在 Gen-AI 協助與人類自主思考之間取得平衡，以避免學生過度依賴科技，卻仍能培養其批判思考、科學探究與面對不確定問題的能力。

參考文獻

- Bernabei, M., Colabianchi, S., Falegnami, A., & Costantino, F. (2023) . Students' use of large language models in engineering education: A case study on technology acceptance, perceptions, efficacy, and detection chances. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100172.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100172>
- Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., Gašević, D., & Siemens, G. (2024) . Impact of AI assistance on student agency. *Computers & Education*, 210, 104967.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104967>
- Derakhshan, A. (2025) . EFL students' perceptions about the role of generative artificial intelligence (GAI) -mediated instruction in their emotional engagement and goal orientation: A motivational climate theory (MCT) perspective in focus. *Learning and Motivation*, 90, 102114.
<https://doi.org/10.1016/j.lmot.2025.102114>
- Díaz, B., & Nussbaum, M. (2024) . Artificial intelligence for teaching and learning in schools: The need for pedagogical intelligence. *Computers & Education*, 217, 105071.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105071>
- Guo, K., Zhong, Y., Li, D., & Chu, S. K. W. (2023) . Effects of chatbot-assisted in-class debates on students' argumentation skills and task motivation. *Computers & Education*, 203, 104862.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104862>
- Lim, J., Lee, U., Koh, J., Jeong, Y., Lee, Y., Byun, G., Jung, H., Jang, Y., Lee, S., & Moon, J. (2025) . Development and implementation of a generative artificial intelligence-enhanced simulation to enhance problem-solving skills for pre-service teachers. *Computers & Education*, 232, 105306.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105306>
- Liu, M., Zhang, L. J., & Zhang, D. (2025) . Enhancing student GAI literacy in digital multimodal composing through development and validation of a scale. *Computers in Human Behavior*, 166, 108569.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108569>
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Jong, M. S.-y. (2024) . The influence of ChatGPT on student engagement: A systematic review and future research agenda. *Computers & Education*, 219, 105100.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105100>

- Lu, G., & Ba, S. (2025) . Exploring the impact of GAI-assisted feedback on pre-service teachers' situational engagement and performance in inquiry-based online discussion. *Educational Psychology*, 1-26.
<https://doi.org/10.1080/01443410.2025.2489784>
- Luo, W., He, H., Liu, J., Berson, I. R., Berson, M. J., Zhou, Y., & Li, H. (2024) . Aladdin' s Genie or Pandora' s Box for Early Childhood Education? Experts Chat on the Roles, Challenges, and Developments of ChatGPT. *Early Education and Development*, 35 (1) , 96-113.
<https://doi.org/10.1080/10409289.2023.2214181>
- NRC. (2012) . *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
<https://doi.org/doi:10.17226/13165>
- Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017) . Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12 (1) , 22.
<https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Sallam, M. (2023). ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: Systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare*, 11(6), Article 887.
<https://doi.org/10.3390/healthcare11060887>
- Urban, M., Děchtěrenko, F., Lukavský, J., Hrabalová, V., Svacha, F., Brom, C., & Urban, K. (2024) . ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study. *Computers & Education*, 215, 105031.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105031>
- Zhai, X., He, P., & Krajcik, J. (2022) . Applying machine learning to automatically assess scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 59 (10) , 1765-1794.
<https://doi.org/10.1002/tea.21773>