

## 目 錄

|        |     |     |
|--------|-----|-----|
| 總召集人的話 | 李隆盛 | III |
|--------|-----|-----|

### 本期專題：AI 時代的科學學習契機與挑戰



|                                       |         |    |
|---------------------------------------|---------|----|
| 因材網 e 度陪孩子讀懂會考「大魔王」：AI 學伴如何引導孩子走進學科素養 | 李政軒、郭伯臣 | 1  |
| 看見趨勢：機器人在科學與 STEM 教育的角色及應用            | 黃國禎     | 9  |
| 從答案機到思考夥伴：生成式 AI 在科學教育中的六種角色          | 許庭嘉     | 17 |
| 當 AI 走進孩子的視野：中小學教師如何看待 AI 眼鏡的教學潛力     | 吳聲毅     | 25 |
| 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     | 31 |

### 教學現場

|                                                  |     |    |
|--------------------------------------------------|-----|----|
| GenAI 融入教學培養學生 AI 素養：以壓克力夜燈設計 STEAM 活動為例         | 高靖岳 | 39 |
| 基於 LLM 大語言模型與 ESP32 微控制器之 AIoT 跨領域專題課程：AI 語音智慧小車 | 何仁傑 | 47 |
| 從「玩轉」到「前瞻實驗室」：一門高中跨校選修的三度迭代                      | 曾慶良 | 55 |

## 特約專欄

|                                         |                |    |
|-----------------------------------------|----------------|----|
| AI 時代的能源素養與 SDGs 教學轉化：以<br>日本「原子力科學館」為例 | 劉淑雯<br>黃明宏、黃譯平 | 67 |
| 森棚教育數學題：只要肯找                            | 游森棚            | 82 |

## 關於本刊

出版單位：國立臺灣科學教育館

發行人：劉火欽

總召集人：李隆盛

編輯委員：

|         |     |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| ◆ 物理科   | 吳仲卿 | 余進忠 | 戴明鳳 | 朱慶琪 |     |
| ◆ 化學科   | 王伯昌 | 林如章 | 周金城 | 黃琴扉 |     |
| ◆ 生物科   | 王美芬 | 蕭世輝 | 張育傑 | 辛懷梓 | 郭淑妙 |
| ◆ 地球科學  | 許民陽 | 王郁軒 | 謝隆欽 | 盧孟明 |     |
| ◆ 科技科   | 張玉山 | 汪殿杰 | 林育冲 | 徐新逸 |     |
| ◆ 數學科   | 李源順 | 游森棚 | 嚴志弘 | 高欣欣 |     |
| ◆ 跨領域學科 | 李名揚 | 劉淑雯 | 吳 嫻 | 李芝瑜 | 王淑音 |

特約專欄：游森棚 黃琴扉 陳正改 劉淑雯

策劃：李耕雲

主編：吳中益

編輯：佟冠誼 林博雅

網頁設計編輯：施曉恬

投稿規範請來信詢問：[article@mail.ntsec.gov.tw](mailto:article@mail.ntsec.gov.tw)

## 總召集人的話

人工智慧 (artificial intelligence, AI) 時代的到來，所引發的學習契機主要在於促進個別化、可及性和能力發展，而挑戰則圍繞著倫理、公平和維護以人為本的教育。因此，如何在運用 AI 的效率與保障批判性思考、誠信和包容性之間取得平衡，將高度影響學習的未來。

本期《科學研習》科技領域專題，主題為 **AI 時代的科學學習契機與挑戰**。全刊共登載十篇文章，分為下列三個單元：

### 專題主題：AI 時代的科學學習契機與挑戰（5 篇）

先是〈因材施教 e 度陪孩子讀懂會考「大魔王」：AI 學伴如何引導孩子走進學科素養〉一文介紹教育部因材施教 AI 學伴「e 度」如何協助學生突破會考數學、自然探究與科教館展場的學習瓶頸。扮演「不代勞、只陪伴」角色，e 度不直接給答案，而是透過蘇格拉底式提問與知識結構鷹架，引導孩子釐清觀念、主動思考，成為陪伴探索的智慧助手。接著，〈看見趨勢：機器人在科學與 STEM 教育的角色及應用〉分析機器人在科學與 STEM 教育中的角色轉變，從早期單一工具演進為跨領域探究與「俱身互動」的重要媒介。文中歸納了國際研究的七大應用趨勢，並提出以 7C 核心能力為導向的教學設計架構，強調結合專題導向學習 (PBL) 與多元評量，深化學生的科學理解。

〈從答案機到思考夥伴：生成式 AI 在科學教育中的六種角色〉提出生成式 AI 在科學教育中的六大功能角色，包含參考工具、評價工具、生產工具、提升效率工具、促進思考工具及創造認知衝突工具。強調應以學生主體性為核心，配合成長思維與人機協作學習循環，讓 AI 成為引導思考的夥伴而非取代學習的答案機。〈當 AI 走進孩子的視野：中小學教師如何看待 AI 眼鏡的教學潛力？〉探討 AI 眼鏡在中小學教育的應用潛力。透過訪談 10 位具科技融入教學經驗的教師，分析 AI 與 AI+AR 眼鏡在戶外生態觀察、科學探究、生活科技、語言學習及特殊教育的應用場景。文中同時指出在隱私治理、AI 依賴性、操作分心、健康安全、設備維護及教師培訓等六大面向的挑戰，強調應建立完善的教學設計與規範，讓 AI 眼鏡真正成為輔助學習的利器。〈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〉論述生成式 AI 融入科學教育的應用與挑戰，提出將 AI 定位為「學習夥伴」，並結合「圖像找碴」與「文字冒險遊戲」等創新教學設計，引導學生進行科學探究、論證與反思，兼顧科技帶來的互動潛力與教育倫理。

以上五篇文章，都強調 AI 新興科技不應僅作為快速取得答案的工具，而應成為引導學生進行深度思考、探究互動與培養核心素養的鷹架。

### 教學現場：AI 融入中學教學（3 篇）

〈GenAI 融入教學培養學生 AI 素養：以壓克力夜燈設計 STEAM 活動為例〉分享以國中生活科技的「壓克力夜燈設計」為例，將生成式 AI 融入 STEAM 跨域自造教育中。透過結合 OECD 的 AI 素養架構與教育部的生成式 AI 使用規範，規劃包含電路實驗、AI 造型輔助設計、實作加工、AI 評量回饋與省思發表的完整教學活動。〈基於 LLM 大語言模型與 ESP32 微控制器之 AIoT 跨領域專題課程：AI 語音智慧小車〉分享智慧載具與語音控制技術的整合應用，詳細說明如何結合 AIoT 演算法建立語音辨識指令系統。內容從課程設計理念出發，解析從語意理解到硬體控制的技術邏輯，為科技領域教學提供了具體的實作路徑與技術藍圖。〈從「玩轉」到「前瞻實驗室」：一門高中跨校選修的三度迭代〉分享高中開設跨校選修「前瞻實驗室：Gen AI 與量子電腦的 XR 創作設計」的八年迭代歷程。課程因應生成式 AI 的衝擊，從教導機器學習程式碼轉為著重 Prompt 設計、雲端量子電腦實作與 Makar XR 沉浸式創作，並導入自我決定理論以支撐學生的自主、勝任與歸屬感。

以上三篇文章，都強調 AI 素養不僅是技術應用也含批判性思考、人機互動與倫理；都展示了教師如何結合跨領域教學（STEAM 或 AIoT）與 AI 工具，引導學生在真實情境中解決問題、進行創意創作，並反思 AI 帶來的影響。

### 特約專欄：抽象知識的轉化（2 篇）

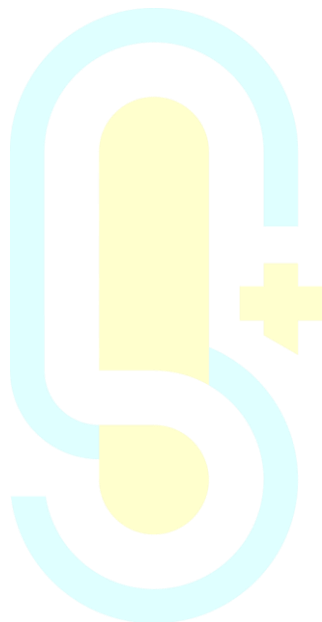
〈AI 時代的能源素養與 SDGs 教學轉化：以日本「原子力科學館」為例〉著眼於 AI 時代對穩定電力與能源轉型的迫切需求，並以日本茨城縣的「原子力科學館」作為核心案例，詳細介紹其如何透過沉浸式劇場、巨型霧箱、實物元素週期表及互動設施，將肉眼看不見的原子與放射線知識轉化為可感知的科學體驗，進而連結聯合國永續發展目標（SDGs）與 STEAM 教育。森棚教官的數學題〈只要肯找〉探討二位數在 2 的冪次序列中的分佈規律。作者以數字「12」為例，引導讀者思考其能否以末兩位、中間位或首位等不同形式出現。這不僅是單純的數字排列組合，也連結到整數次方在數論中的結構特性。

以上兩篇文章都展現了透過互動與提問，讓抽象知識轉化為具體學習體驗的策略，都能激發學習者的好奇心與深度思考能力。

綜上，AI 時代的學習不只有追求快速答案，更有激發探索、思考與創造的契機。透過跨域教學、生成式 AI 與互動科技，教育能培養學生的核心素養與批判精神，同時面對倫理、公平與人本挑戰。這是一場兼具希望與責任的教育革新，值得我們一起投入。



總召編輯委員—李隆盛





# 因材網 e 度陪孩子讀懂會考「大魔王」： AI 學伴如何引導孩子走進學科素養

李政軒<sup>1</sup>、郭伯臣<sup>2</sup>

國立臺中教育大學<sup>1</sup>卓越講座教授兼校務中心主任、<sup>2</sup>卓越講座教授及校長

會考數學考場裡，小鈞翻到非選第二題，筆尖停了下來。題目裡有三個相同的五邊形沙發、Y 字型的擺放方式，還有一塊正六邊形地毯。圖看得懂，文字也看得懂，可是要從哪裡畫輔助線、怎麼把沙發和地毯之間的距離轉成數學關係，他一時沒有頭緒。不是沒有學過幾何，也不是完全不會計算；真正困住他的，是那個最安靜、卻最關鍵的第一步：我到底該怎麼開始想？如果這時候，教育部因材網 e 度（教育部因材網，2026）在小鈞身邊，他不會急著把答案遞給小鈞，而是先陪他看見問題的入口：「這個圖形的中心在哪裡？」、「三個相同的五邊形，圍繞中心形成了什麼角度關係？」、「哪一條輔助線，能讓原本複雜的圖形慢慢變得清楚？」（圖 1）有時候，孩子需要的不是更快的答案，而是有人陪他找到第一步。

今年國中教育會考後，這道數學非選第二題成為許多人口中的「大魔王」。報導指出，這題空白率達 27.18%，是 108 課綱實施以來空白率最高的非選題。臺師大數學系教授謝豐瑞分析，這題考的不只是計算，而是學生能否理解圖形結構、畫出正確輔助線，並運用 30 度、60 度、90 度直角三角形邊長比或畢氏定理找出地毯邊長（林曉雲，2026）。換言之，孩子面對的不是一個公式，而是一段從情境、圖形到推理表達的素養歷程。

圖 1

因材網 e 度引導學生解讀 115 年國中教育會考數學非選第二題，透過提問協助學生觀察圖形中心、角度關係與輔助線，逐步進入幾何推理



註：圖片來源為國立臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心，2026。

## 因材網 e 度把 AI 變成孩子的學習夥伴

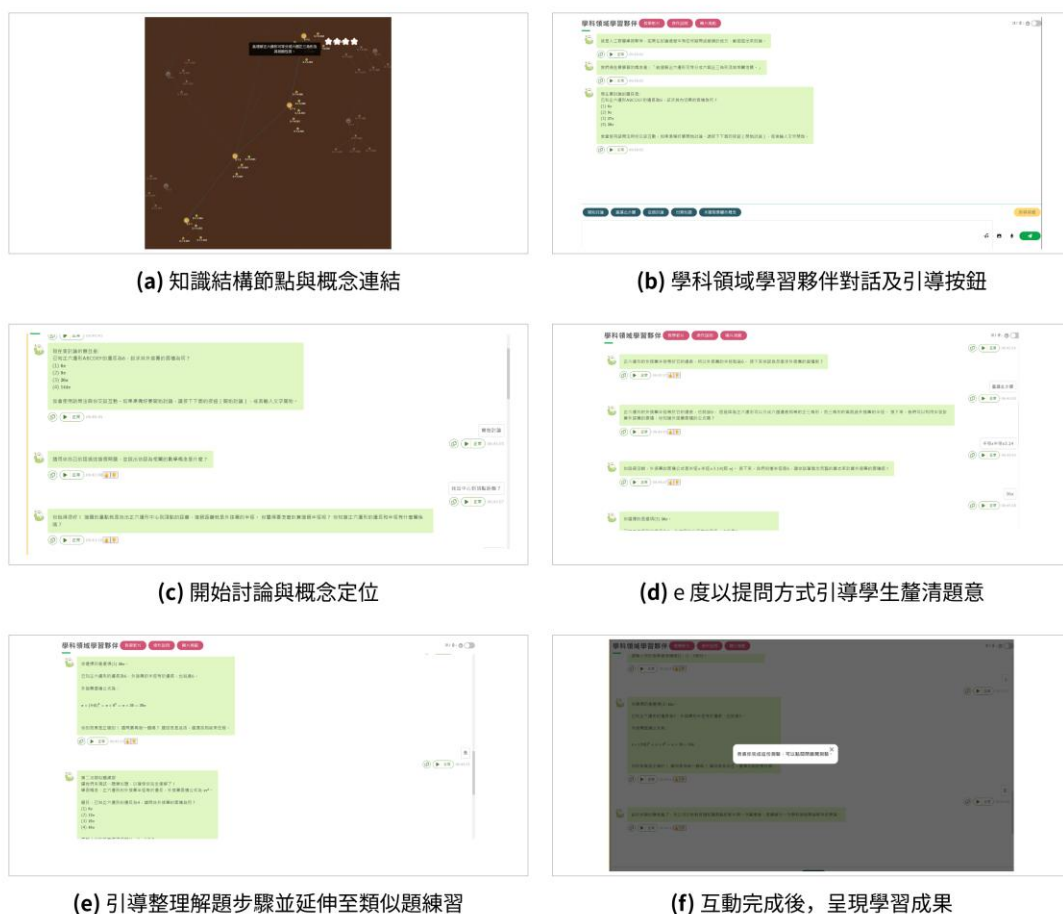
e 度是教育部因材網中建置的 AI 學習夥伴。它的設計重點，不是讓學生把題目丟給 AI、等待答案出現，而是把 AI 放進學習歷程中，成為陪孩子理解問題、釐清概念、整理思路的夥伴。對小鈞這樣卡在會考「大魔王」前的孩子來說，e 度真正珍貴的地方，不是幫他省下思考，而是陪他重新開始思考。

目前 e 度主要可分為「學科領域學習夥伴」與「通用型學習夥伴」。其中，學科領域學習夥伴會扣合因材網既有的學科內容、知識結構與診斷結果，協助學生釐清尚未理解或容易混淆的概念。當學生在概念類似題中答錯時，e 度不會只是告訴學生「錯了」，而是會搭配知識結構，引導學生回到相關的先備知識，重新補強理解；若學生能正確回答類似題，e 度則可依照知識結構，進一步引導學生銜接尚未學習或更具挑戰性的概念。在互動介面上，e 度也提供固定的學習引導按鈕，包括「開始討論」、「重讀此步驟」、「從

頭討論」、「出類似題」與「本題需要哪些概念」。這些按鈕像是學生求助時的快捷入口，當孩子不知道如何開口描述自己的困惑時，可以先透過按鈕選擇想要的支持方式，再進入與 e 度的對話（圖 2）。這樣的設計降低了學生提問的門檻，也讓 AI 對話更貼近學習歷程中的常見需求。換言之，學科領域學習夥伴不只是陪孩子解一道題，而是陪孩子看見自己目前站在哪一個學習節點上：如果還不熟，就回到先備概念再走一次；如果已經掌握，就往下一個概念繼續前進。對學生而言，e 度像是一位拿著知識地圖的學伴，陪她/他在「我不會」與「我可以再試試看」之間，找到下一步可以走的路。

圖 2

因材網學科領域學習夥伴 e 度結合知識結構與固定引導按鈕，陪學生補強先備概念並延伸學習



註：學科領域學習夥伴可依據學生在概念類似題中的作答情形，回溯相關先備知識或銜接後續概念；介面中的「開始討論」、「重讀此步驟」、「從頭討論」、「出類似題」與「本題需要哪些概念」等固定按鈕，則提供學生快速進入學習對話的入口。

另一類是「通用型學習夥伴」，比較像常駐在因材網中的學習小助教。它會運用蘇格拉底式提問，並結合不同學科領域的教學方法，協助學生整理想法、提出問題、規劃探究、練習表達。例如在自然探究活動中，通用型學習夥伴可以配合 5E 學習循環，引

導學生從參與、探索、解釋、精緻化到評量。換句話說，e 度不只陪孩子面對單一題目，也能陪孩子走過一段完整的學習任務。目前 e 度也逐步發展出不同的「精靈」角色。例如，自主學習精靈可協助學生在學習前設定目標、選擇策略，學習後再進行監評與調整；繪圖精靈不是直接替學生產生圖片，而是先引導學生說出人物、環境、色彩等構思元素。這些精靈共同指向同一件事：「AI 不只是工具，而是能陪孩子在不同學習任務中前進的學伴。」

為了讓 AI 回應更穩定，e 度的發展也持續參考不同大型語言模型在學科任務上的表現。以因材網一到九年級題庫進行測試時，Gemini 2.5 Flash 在數學、英文與自然科學題目上的平均正確率分別為 98.91%、97.12%與 93.96%；GPT-4.1 與 GPT-4o 也作為模型比較與調校的重要參考。這些測試提醒我們，教育場域中的 AI 不能只追求會說話，更要能在學科內容上保持正確、穩定與可引導。

因此，e 度的核心價值，不在於讓學生更快拿到答案，而在於讓學生有機會被提問、被提醒、被陪伴。當孩子面對素養題、探究任務或科教館展場中的陌生現象時，e 度可以成為那個溫和卻不代勞的聲音，先看看你知道什麼，再想想下一步可以怎麼走。

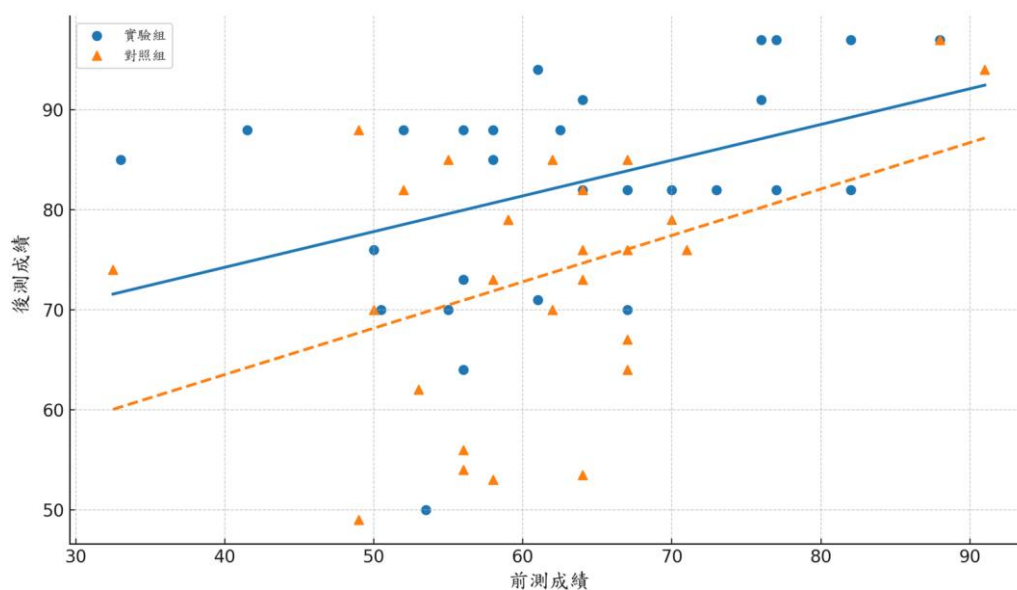
## e 度在自然探究學習中的成效

如果說前述的會考「大魔王」讓我們看見孩子在素養題中卡住的瞬間，那麼自然探究課程中的實徵研究，則進一步讓我們看見 AI 學伴進入真實教學現場後，可能帶來的學習支持。以國小自然科「岩石與礦物」單元為例，學生搭配「自然探究精靈 e 度」的追問與提示，整理觀察、釐清概念，並嘗試用自己的話說明現象。讓它在學生觀察、討論與解釋之間，提供一種即時而個別化的思考鷹架。作者們曾採準實驗設計進行研究，比較使用 e 度的實驗組與傳統 5E 探究教學的對照組。結果顯示，兩組學生在學習後皆有進步，但導入 e 度學伴的實驗組，整體後測表現優於對照組。

圖 3 橫軸是學生學習前的表現，越往右代表前測分數越高；縱軸是學生學習後的表現，越往上代表後測分數越高。圖中的每一個點代表一位學生，藍色圓點是實驗組，橘色三角形是對照組。兩條趨勢線則像是幫我們看整體方向的路徑。藍色的實驗組趨勢線整體高於橘色的對照組趨勢線，表示在相近的起點下，使用 e 度學習的學生，學習後的表現大致較好。換句話說，e 度並不是只讓學生覺得新奇或好玩，而是在自然探究學習中，可能真的補上了某些原本課堂中不容易即時提供的支持。

圖 3

e 度介入自然探究學習後，學生前後測成績之關係



註：橫軸為前測成績，縱軸為後測成績；每個點代表一名學生，藍色圓點為實驗組，橘色三角形為對照組。兩條趨勢線顯示，在相近的起始能力下，實驗組學生的後測表現整體高於對照組，顯示 e 度可能有助於支持學生在自然探究學習中的概念理解。

更值得注意的是，在前測分數較低的區間，實驗組也呈現較明顯的提升趨勢。這提醒我們，AI 學伴的價值不只在於幫助原本學得快的孩子走得更遠，也可能成為低起點學生進入學科理解的一座橋。當孩子一時說不出自己的困惑，或不知道如何把觀察轉成解釋時，e 度可以透過提問、提示與回饋，陪他們把模糊的想法慢慢說清楚。

因此，AI 學伴帶來的改變，不只是多了一個可以問問題的工具，而是讓探究學習多了一個支點。教師仍然是課堂設計者、問題引導者與概念統整者；e 度則像一位在學生身邊巡迴的小助教，協助孩子在需要時獲得提示，在迷路時重新看見方向。當教師的教學判斷與 AI 的即時陪伴相互配合，素養學習就不只是「做活動」，而有機會真正走向理解、表達與遷移。

## e 度陪孩子走進科教館探究現場

幾個月後，小鈞走進國立臺灣科學教育館物理科學展示區（國立臺灣科學教育館，2026）。眼前不是密密麻麻的試題，而是一面會留下影子的「留影牆」（圖 4）。他站在牆前揮了揮手，影子短暫停在牆面上，像是光替他留下了一小段時間的記憶。身旁的孩子們覺得新奇，笑著輪流拍照。小鈞也覺得好玩，但他心裡又冒出另一個問題：「為什麼影



子會留下來？為什麼過一會兒又消失了？」

圖 4

國立臺灣科學教育館物理科學展示區「留影牆」展品



### 留影牆

只要有亮光就有影子，影子只能夠跟著主人一起動作，在這裡你可以留下影子數秒，試試看跟自己的影子握手吧！

註：

1. 孩子在強光照射後，能在牆面上短暫留下自己的影子，進一步觀察光、影子、材料與時間之間的關係。這類互動展品能引發學生好奇，但也需要適當引導，才能從好玩走向理解原理。
2. 影像來源為國立臺灣科學教育館，2026。

這樣的時刻，正是科學學習最珍貴的入口。孩子在展場中看見現象、感到驚奇，卻不一定能立刻說出背後的原理。此時，他打開平板中的 e 度，這位 AI 學伴不會急著給他一段標準答案，而是像在會考「大魔王」題目目前一樣，先陪他把問題看清楚。他可能會問：「你觀察到影子停留多久？」「牆面受到光照後，哪裡發生了變化？」「如果光變強或變弱，影子的停留時間會一樣嗎？」在一來一往的提問中，孩子原本只是覺得「好玩」的展品，慢慢變成可以觀察、比較、推論與解釋的科學問題。圖 4 中的「留影牆」對孩子而言，第一眼是有趣的互動裝置。但在 e 度探究精靈的陪伴下，這個展品可以被重新打開。孩子不只是問「為什麼影子會留下來」，也可以進一步思考光照時間、牆面材料、亮度變化與影像消失之間的關係。換句話說，e 度把展場中的驚奇，轉化成一連串可以觀察、比較與解釋的探究問題（圖 5）。

圖 5

e 度探究精靈引導學生探究「留影牆」現象



註：透過提問，e 度協助學生從觀察影子停留時間開始，進一步思考光源強弱、牆面材料、能量轉換與影像消失等問題，讓展場中的互動體驗轉化為可探究的科學學習歷程。

這也是 e 度探究精靈可以走進國立臺灣科學教育館場域的原因。展場中的每一個互動裝置，都是一個等待被打開的學習情境；而 e 度則能陪孩子從「我看到了什麼」走向「我想知道為什麼」，再進一步連結光、影子、材料、能量與時間等科學概念。對教師而言，e 度也可以成為展場學習中的輔助夥伴，協助學生記錄觀察、提出假設、整理想法，讓校外教學不只是參觀路線，而是一段可以被引導的探究歷程。

回頭看，小鈞一開始卡在會考「大魔王」前，困住他的不是最後的答案，而是第一步該怎麼想。到了國立臺灣科學教育館，他面對的也不只是有趣的展品，而是另一種真實世界中的素養題。當孩子能在 AI 學伴的陪伴下，把題目讀懂、把現象看懂、把心中的疑問說出來，學科素養就不再只是考卷上的能力指標，而會成為孩子理解世界的一種方式。

因此，因材網 e 度的價值，不只是陪孩子答題，而是陪孩子在每一次困惑前停一下、看一看、想一想。從會考考場到國立臺灣科學教育館展場，從一道幾何題到一面留影牆，

AI 學伴最動人的地方，也許就在於它不急著替孩子走完路，而是陪孩子找到下一個願意前進的理由。遇到學習問題了嗎？不要懷疑，打開教育部因材網，按下 e 度。孩子需要的不是一個立即出現的答案，而是一位願意陪她/他慢慢想清楚的學伴。

## 參考文獻

林曉雲（2026，6 月 6 日）。會考數學非選第 2 題「大魔王」 40% 考生「抱蛋」。自由時報。

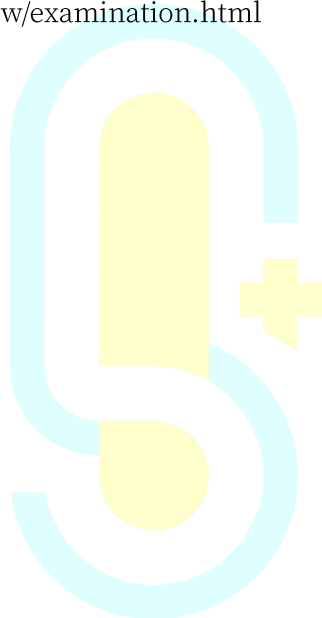
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/5066380>

教育部因材網（2026，6 月 30 日）。因材網。<https://adl.edu.tw/>

國立臺灣科學教育館（2026，6 月 30 日）。國立臺灣科學教育館。

<https://www.ntsec.gov.tw/article/detail.aspx?a=64>

國立臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心（2026）。國中教育會考一歷屆試題。<https://cap.rcpet.edu.tw/examination.html>



# 看見趨勢：機器人在科學 與 STEM 教育的角色及應用

黃國禎

國立臺中教育大學講座教授兼副校長

## 前言：從「俱身互動的教具」到「跨領域學習環境」

近年來，機器人逐漸進入科學教育現場，從早期作為輔助教具，到現在成為 STEM (science, technology, engineering, and mathematics；科學、科技、工程與數學)、運算思維、專題導向學習 (project-based learning, PBL) 與跨領域探究的重要媒介。機器人在 STEM 與科學教育中的重要性，不僅在於其作為程式設計或工程實作工具，更在於它能提供具體的「俱身互動」(embodied interaction) 學習經驗 (Su et al., 2025)。根據俱身認知理論 (embodied cognition theory)，學習並非只發生在大腦中的抽象符號處理歷程，而是與身體動作、感官經驗、物理環境及社會互動密切連結。當學生操作機器人、組裝零件、調整感測器、觀察機器人的移動軌跡，或透過程式控制機器人完成任務時，他們是在身體行動與環境回饋之間建構科學概念 (Farina, 2021)。例如，學生不只是理解「速度」、「距離」、「角度」與「因果控制」等抽象概念，而是透過機器人的移動、轉向、碰撞、偵測與修正，將這些概念轉化為可觀察、可操作、可反思的學習經驗。因此，機器人可被視為連結身體、工具與概念理解的媒介，使學生在動手做、即時觀察與反覆調整中發展問題解決、運算思維與跨領域整合能力。這也呼應近期機器人融入 STEM 教育的研究觀點：機器人能透過實體操作、協作任務與情境化問題解決，強化學生的學習參與、概念理解與高層次能力發展。

因此，在科學教育中使用機器人，重點不只是讓課程變得新奇有趣，而是讓學習者在真實任務中看見科學概念如何被應用。例如，學生可以透過 LEGO 或 Arduino 探究力、運動、感測、控制與工程設計，也可以透過機器人任務學習資料蒐集、模型修正與團隊合作。這樣的活動尤其適合培養 21 世紀的能力，包括創造力、批判思考、合作、溝通、問題解決、後設認知與科技素養。

本文嘗試透過歸納國際上對於機器人在科學教育應用的觀點，論述機器人融入 STEM 及科學教育的角色及應用方向。

## 機器人在科學教育應用的國際觀

從國際研究趨勢來看，機器人在科學教育中的應用已由早期的輔助教具，逐漸發展為支援 STEM 整合學習、運算思維培養、專題導向學習與高層次能力發展的重要教育科技。Chiu 等人（2024）回顧 1996 至 2020 年間 56 篇發表於 SSCI (Social Sciences Citation Index, 社會科學引文索引) 期刊的機器人應用於科學教育論文後指出，國際研究主要形成三個主題群：國小科學教育中的機器人、以機器人為基礎的 STEM 活動，以及機器人促進運算思維。這顯示機器人已不只是單一學科中的操作工具，而是被廣泛用於跨領域問題解決、程式控制、合作探究與科學概念具體化。Darmawansah 等人（2023）的系統性回顧亦指出，robotics-based STEM education 多集中於 K-12 教育情境，LEGO 是最常見的工具，專題導向學習是最常被採用的教學策略，而學習與可遷移能力則是最主要的教育目標。進一步而言，近期研究已將機器人教育與 21 世紀核心能力、性別平等、教育背景差異與永續發展目標連結起來。Su 等人（2025）指出，機器人融入 STEM 教育不僅有助於培養學生的 7C 能力，也需要關注學習態度、學習滿意度、性別與教育背景等因素，以促進更具包容性與公平性的 STEM 學習環境。其中 7C 核心能力指的是創造力 (creativity)、批判思考 (critical thinking)、合作 (collaboration)、溝通 (communication)、問題解決 (problem-solving)、後設認知 (metacognition) 與科技素養 (technological literacy) 等 21 世紀關鍵能力。整體而言，國際觀下的機器人科學教育已從「是否有效」的工具導向，逐步轉向「如何設計有意義的學習經驗」的教學導向，強調透過真實任務、身體操作、社會互動與反思歷程，培養學生面對複雜科技社會所需的跨領域素養。

## 機器人在科學教育的應用趨勢

由研究發表看，共有下列七個應用趨勢：

### 一、科學教育機器人應用快速成長

1996 - 2010 年間，科學教育機器人研究數量仍相當有限；2011 年後，隨著教育科技、STEM 教育與機器人平台逐漸成熟，研究數量開始增加。2016 -- 2020 年是成長最明顯的階段，共有 42 篇研究發表。這顯示機器人應用於科學教育已從零星創新實驗，逐漸成為教育科技與科學教育研究的重要議題。

## 二、應用主題逐漸成形

關鍵字分析顯示，科學教育機器人應用大致可分為三個主題群：國小科學教育中的機器人、以機器人為基礎的 STEM 活動，以及機器人促進運算思維。這三個主題反映了機器人教育的發展路徑：從提高學習參與與具體操作開始，逐漸走向跨領域 STEM 任務，最後延伸到程式設計、除錯與運算思維培養。

## 三、跨領域應用最普遍，但學科深度仍需補強

在應用領域方面，Chiu 等人（2024）指出，跨領域應用，尤其是 STEM 教育，最為普遍，其次是一般科學教育與電腦科學教育。Darmawansah 等人（2023）也發現，在 R-STEM（robotics-based STEM education，機器人導向 STEM 教育）研究中，科技／程式設計是最主要的內容焦點，而科學、工程與數學雖然也被納入，卻常扮演支援或情境化角色。這表示現有研究多能促進跨領域統整，但仍需進一步深化特定科學概念與工程設計概念的學習品質。

## 四、多元參與及創造力議題需要被重視

現有應用多著重於證明機器人是否能提升學習成就、學習動機、學習態度或學習興趣，但較少深入探討不同性別、年齡、文化背景、能力差異或弱勢學生如何參與機器人學習。Su 等人（2025）補充指出，包容性機器人 STEM 課程有助於降低性別落差並促進女性參與 STEM，同時也提醒教師必須注意不同教育背景學生的支架需求。

## 五、由「工具」到「學習同伴」的角色轉移

在機器人角色方面，機器人最常扮演「工具」的角色。學生透過操作機器人進行探究、測試、設計與解決問題，符合科學教育重視主動探究與實作的特性。然而，文獻也指出機器人可扮演教師、學習夥伴或被教導者。若能讓學生「教機器人」、與機器人共同完成任務，或比較不同機器人回饋形式，將能促進更深層的解釋、反思與後設認知。

## 六、專題導向學習最常被採用

專題導向學習是最常見的教學策略。Darmawansah 等人（2023）指出，在 39 篇 R-STEM 研究中，PBL 是最常被採用的教學介入方式，其次包含問題導向學習與寓教於樂活動。這與機器人學習的特性相符，因為機器人任務通常需要學生在較長時間內完成規劃、設計、實作、測試、除錯與成果展示。



## 七、由認知與情意的評量到學習歷程分析

在評量方式方面，常見方法包含問卷、觀察、訪談與作品評量。這些方法有助於了解學生的學習態度、動機、科技接受度、自我效能、學習經驗與學習成效。然而，若要更完整理解學生如何在機器人任務中發展問題解決與運算思維，未來應增加過程資料，例如錄影分析、程式歷程、除錯紀錄、同儕互動、眼動或腦波等多元資料。

## 建議

### 一、機器人不只是工具，而是學習生態的一部分

機器人的教育價值並不等於機器人本身的功能多寡。若課程只是讓學生「照著步驟組裝」或「完成指定程式」，學習很容易停留在操作層次。相反地，若教師能設計具挑戰性的真實問題，讓學生運用科學概念解釋機器人行為、利用數學資料進行判斷、透過工程設計改善結構，並以程式控制進行測試，機器人才會成為跨領域知識整合的媒介。

### 二、PBL 與經驗學習可作為課程架構的重要元素

Darmawansah 等人 (2023) 指出 PBL 是 R-STEM 研究中最常見的教學介入；Su 等人 (2025) 則以 Kolb (2014) 的經驗學習理論說明機器人 STEM 活動可包含具體經驗、反思觀察、抽象概念化與主動實驗四個循環階段。這兩者可以整合為一個實用的教學架構：先從真實問題出發，讓學生以機器人進行具體操作；接著引導學生記錄現象與失敗原因；再回到科學概念與程式邏輯進行抽象化；最後重新設計、測試與展示。

### 三、程式設計是重要的教育目標，但不應取代科學探究

目前 R-STEM 研究中，程式設計與控制是最常見的內容焦點。這具有合理性，因為機器人需要透過程式才能運作，學生也能在除錯過程中發展運算思維。然而，若課程過度偏向程式技巧，可能使科學概念被邊緣化。教師在設計任務時可明確標示「科學概念目標」與「程式控制目標」之間的對應，例如利用光感測器理解光強度、利用超音波感測器討論距離量測、利用馬達控制探討速度與摩擦。

### 四、性別與教育背景不是附帶變項，而是設計考量

Su 等人 (2025) 發現，性別在部分學習需求上沒有顯著差異，但教育程度與學習態度會影響 7C 能力表現。這提醒教師不應預設男生一定更擅長機器人或程式，也不應



忽略高低年級、不同背景學生在先備知識與自我效能上的差異。課程設計應提供多層次任務、分段式提示、可視化範例與同儕合作機制，使不同背景學生都能在挑戰中逐步建立成功經驗。

## 五、評量應從「結果評分」走向「歷程分析」

傳統評量常著重最後作品是否成功，但機器人學習的價值往往出現在失敗、除錯、協商與修正的過程中。若學生能說明為什麼機器人沒有依預期行動，如何根據資料或觀察修正程式，如何與同儕協商不同設計方案，這些都代表重要的學習成果。因此，建議採用作品、歷程檔案、學習單、口頭說明、反思札記與同儕互評等多元評量方式，並對應 7C 能力建立明確規準。

## 六、以 7C 為導向的機器人 STEM 活動設計

表 1 以 7C 核心能力為導向，整理機器人融入 STEM 教學時可採用的活動設計架構。此表將課程流程分為問題情境、概念連結、設計與實作、測試與除錯，以及發表與反思五個階段，並分別說明教師任務、學生任務與可評量的核心能力。透過此架構，教師可避免將機器人課程簡化為工具操作，而是將機器人活動設計為結合科學概念、工程設計、程式控制、合作探究與反思評量的完整學習歷程。

表 1

以 7C 核心能力為導向的機器人 STEM 活動設計架構

| 設計階段  | 教師任務                                        | 學生任務                    | 可評量的 7C 能力     |
|-------|---------------------------------------------|-------------------------|----------------|
| 問題情境  | 提出真實且有意義的科學在生活中應用的問題，例如自動避障、環境監測、健康照護或節能任務。 | 理解問題條件，討論可行策略，提出初步設計想法。 | 問題解決、溝通、批判思考   |
| 概念連結  | 明確連結科學概念、數學表示、工程限制與程式控制。                    | 把任務拆解為感測、判斷、控制與回饋等子問題。  | 運算思維、後設認知      |
| 設計與實作 | 提供材料、範例與安全規範，安排小組分工。                        | 組裝機器人、撰寫程式、測試感測器與馬達控制。  | 合作、科技素養、創造力    |
| 測試與除錯 | 引導學生記錄失敗現象與可能原因。                            | 根據資料修改結構或程式，進行多次測試。     | 批判思考、問題解決、後設認知 |
| 發表與反思 | 安排成果展示、同儕提問與教師回饋。                           | 說明設計理念、科學依據、程式邏輯與改進方向。  | 溝通、合作、創造力      |

例如，在 STEM 活動中，教師可讓學生設計一個「提醒行動或偵測環境狀態」的機器人。學生需先理解情境需求，再選擇合適感測器與控制方式，最後以資料和觀察證據說明作品如何解決問題。這樣的任務不僅能培養程式與工程能力，也能連結 SDG 4 所強調的優質教育，以及 SDG 5 所強調的性別平等與包容性參與。

## 結論

整體而言，機器人已成為科學教育中具有潛力的學習媒介。它能將抽象的科學與科技概念轉化為具體的操作經驗，也能促進學生在設計、實作、測試與修正中發展問題解決能力。從 1996 年至 2020 年的研究趨勢來看，機器人教育已從早期的輔助工具，逐漸發展為 STEM 教育、運算思維與跨領域探究的重要平台。然而，機器人本身並不會自動帶來良好學習成效。真正關鍵的是教師如何設計有意義的學習任務、如何引導學生觀察與反思、如何安排合作與討論，以及如何運用多元評量了解學生的學習歷程。若能結合 PBL、經驗學習、社會建構觀點、包容性設計與 7C 能力評量，機器人教育將不只是科技課程的一部分，更能成為培養未來公民科學素養與跨域問題解決能力的重要途徑。

對教師與研究者而言，機器人應用於科學教育的核心不應停留在「教學生操作工具」，而應轉向「運用工具促進科學理解與能力發展」。教師在設計機器人課程時，可先確認欲培養的科學概念、探究能力與跨領域素養，再選擇合適的機器人平台、感測器、程式設計任務與問題情境。對課程設計者而言，STEM 不應只是科學、科技、工程與數學活動的簡單拼貼，而應明確安排各學科之間的功能關係，例如以科學概念解釋現象、以數學資料支持判斷、以工程設計回應限制，並透過程式控制將想法轉化為可執行的行動。對研究者而言，未來研究可更重視學習者差異、長期學習歷程、課堂互動、失敗與除錯經驗，以及教師如何依不同學生需求與教學情境提供支架。對政策制定者與學校而言，推動機器人教育不應只聚焦於設備採購，更需要同步投資教師專業發展、教材與評量工具設計，以及支持跨領域教師共同備課與實踐的專業社群。

## 參考文獻

- Chiu, M.-C., Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2024) . Roles, applications, and research designs of robots in science education: A systematic review and bibliometric analysis of journal publications from 1996 to 2020. *Interactive Learning Environments*, 32 (5) , 1834–1859. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2129392>
- Darmawansah, D., Hwang, G.-J., Chen, M.-R. A., & Liang, J.-C. (2023) . Trends and research foci of robotics-based STEM education: A systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 12. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3>
- Farina, M. (2021) . Embodied cognition: dimensions, domains and applications. *Adaptive Behavior*, 29 (1) , 73-88.
- Kolb, D. A. (2014) . *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Su, W.-S., Hwang, G.-J., Yin, C., & Chang, C.-Y. (2025) . Exploring gender and educational background effects on 21st-century competencies in robot-integrated STEM education: The role of learning attitudes and satisfaction. *Educational Technology & Society*, 28 (4) . [https://doi.org/10.30191/ETS.202510\\_28\(4\).SP11](https://doi.org/10.30191/ETS.202510_28(4).SP11)



# 從答案機到思考夥伴： 生成式 AI 在科學教育中的六種角色

許庭嘉

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系特聘教授

## 前言

生成式人工智慧 (generative artificial intelligence, GenAI) 能依據使用者的提示詞，產生文字、圖像、程式碼、題目與回饋。它進入教育現場後，最容易引發的爭論是「學生可不可以用 AI」。然而，同一套工具既可能協助學生理解艱深概念，也可能代替學生完成作業；既可能提供即時回饋，也可能產生似是而非的內容。因此，真正需要討論的並非單純的允許或禁止，而是 AI 在學習活動中應扮演什麼角色、哪些工作仍必須由學生完成，以及教師如何看見學生的學習歷程。大型語言模型在教育應用上仍涉及準確性、透明度、隱私與可重現性等實務及倫理挑戰 (Yan et al., 2024)。聯合國教科文組織提出的生成式 AI 教育指引 (Miao & Holmes, 2023) 與學生 AI 能力架構 (Miao et al., 2024)，都強調以人為中心、維持人的判斷與行動主體性，並培養學生安全、負責且具批判性的使用能力。

本文將生成式 AI 可在科學教育中的角色分為六大類：參考工具、評價工具、生產工具、提升效率工具、促進思考工具，以及創造認知衝突的工具。分類的目的不是替工具貼上固定標籤，而是協助教師依據學習目標設計使用方式，使 AI 成為學習鷹架，而不是取代學習的捷徑。

## 先問「扮演什麼角色」，再問「使用哪個工具」

生成式 AI 的教育價值，主要取決於任務設計。例如，學生請 AI 產出一份實驗流程圖，是作為生產工具。若學生先自行撰寫，再請 AI 依據「主張、證據與推理」規準指出不清楚或需要補強之處，AI 此時是以科學審查者或回饋者的互動身分，執行評價工具的功能。要培養學生留意 AI 不一定完全正確，必須確實查核。教師在設計活動前，可以先問三個問題：第一，這項活動真正要學生學會什麼？第二，哪些思考與判斷必須由學生完成？第三，學生要留下哪些證據，證明自己曾經查核、修正與反思？

科學學習還涉及不同的學科文化 (disciplinary culture)。每個領域對「什麼算是證據」、「如何提出解釋」及「專業人員應負什麼責任」，都有不同慣例 (Bayer,

1991; Becher & Trowler, 2001; Hughes, 2013)。物理重視模型假設、量綱與數學一致性；化學重視反應機制、測量與安全；生物重視變異、系統關係與多重因果；地球科學常須整合不同來源的間接證據；工程則必須在安全、效能、成本與永續之間進行取舍。因此，本文的六種功能角色（圖 1）應維持固定名稱，但教師可以依學科文化賦予 AI 不同的具體互動身分：參考工具可作為資料整理者；評價工具可作為科學審查者；生產工具可作為科學素材生成者；提升效率工具可作為備課與流程助理；促進思考工具可作為蘇格拉底式提問者或設計顧問；創造認知衝突的工具則可作為反例提出者、反方角色或利害關係人。這些互動身分可以隨學科與任務調整，但都應以學生的學習、查核與判斷為中心。

圖 1

生成式 AI 在科學教育中的六種角色



### 一、參考工具：作為理解的第一站，而不是最後依據

學生可以使用 AI 解釋陌生術語、比較相近概念、整理閱讀重點或產生概念圖。例如，在學習「熱」與「溫度」時，學生可先請 AI 以國中程度解釋兩者差異，再要求它以粒子模型重新說明。然而，AI 的答案只能視為暫時性的參考。教師可要求學生回到教科書、指定文章、圖表或實驗資料，標出支持或修正 AI 說法的證據，並回答：「AI 省略了哪些條件？」或「哪一句說得太絕對？」如此一來，AI 雖降低了理解教材的門檻，仍不能取代原始資料與科學查證。

## 二、評價工具：提供形成性回饋，而不是最後裁判

生成式 AI 可以依據教師提供的評分規準，協助檢查答案是否完整、推理是否跳躍、圖表標示是否清楚，或口頭說明是否符合聽眾需求。例如，學生先完成探究報告，再請 AI 分別檢視主張、證據與推理，指出一個最需要補強之處。學生接著必須判斷回饋是否合理，並說明採納或拒絕的原因。研究顯示，生成式 AI 具有擴大即時回饋的潛力，但回饋品質仍受提示、情境與模型限制影響，不能取代教師的專業判斷 (Lee & Moore, 2024)。尤其在開放性科學問題中，合理答案可能不只一種，評價標準更應由教師事先界定。

## 三、生產工具：快速產生可操作的學習素材

生成式 AI 能產生案例、圖片草圖、模擬情境、角色卡、程式碼、資料表或不同難度的題目。教師教導生態系平衡時，可以請 AI 產生一個外來種入侵的虛構案例，讓學生辨識變因、預測食物網變化，並提出需要蒐集的資料；教授工程設計時，可以產生不同使用者需求與限制條件，讓學生比較方案。學生也能將自己的解釋轉換成流程圖、海報或簡短動畫腳本。重點是：AI 產出的素材是「供分析的物件」，不是自動成立的科學事實。資料、圖像標示、引用與計算仍須逐項查核，並揭露 AI 參與的部分。

## 四、提升效率工具：節省重複工作，把時間留給深度互動

教師可運用 AI 草擬術語表、分層閱讀材料、選擇題干擾選項、課堂投票題、討論提示與下課前快速檢核題；學生則可用它整理筆記、轉錄口頭內容、調整文字結構或建立複習題。這些使用方式能降低大量重複性工作，但「快速」不等於「有效」。教師仍需檢查概念、難度與語句是否適合學生，也不能把個人資料、未公開研究資料或敏感內容輸入公開系統。真正有價值的效率提升，是讓教師把省下的時間用於追問學生、診斷迷思、提供個別化建議與設計更有意義的科學活動，而不是製造更多作業。

## 五、促進思考工具：成為會追問的蘇格拉底式教練

AI 最具學習價值的角色之一，是不急著給答案，而是追問學生的理由。教師可以要求學生先自行作答，再使用以下提示：「請先不要告訴我答案，請用三個問題檢查我的假設、證據與推理；若我回答不完整，只提供提示。」在數學與物理問題中，AI 可以詢問適用條件與單位；在生物解釋中，可以追問機制與替代原因；在實驗設計中，可以要求學生辨認控制變因與可能誤差。學生最後仍須自行提出答案，並保留「初始想法→AI 追問→修正答案」的紀錄。如此，AI 不是替學生思考，而是讓思考過程變得更清楚。



六、創造認知衝突的工具：提供反例、矛盾證據與不同立場

科學概念的改變，往往始於學習者發現原有想法無法完整解釋現象。概念改變理論指出，適度的不一致與反例，可以促使學生重新檢視既有概念 (Posner et al., 1982)。生成式 AI 可被設定為「第三方挑戰者」，產生反例、限制條件、競爭性解釋或不同利害關係人的觀點。例如，學生認為「較重的物體一定落得較快」時，AI 可以提出真空與空氣阻力不同的情境；學生把生物適應理解成個體有目的的改變時，AI 可以提供族群變異與自然選擇的反例；地球科學課可讓 AI 提出兩種對同一組代理資料的解釋；工程課則可讓 AI 分別扮演安全主管、使用者與成本管理者，製造必須取捨的設計衝突。

然而，認知衝突不是愈強愈好。若反例太艱深、AI 內容本身錯誤，或學生缺乏必要背景，活動只會造成混亂。教師應提供適度且可克服的挑戰，搭配術語、圖表、實驗資料、同儕討論及最後的全班統整。AI 負責提出「值得懷疑的可能性」，學生負責依據學科文化判斷什麼證據有效、哪個解釋較合理。

表 1

生成式 AI 在科學教育中的六種角色與設計重點

| 功能角色      | 可設定的具體<br>互動身分       | 科學學習例子                          | 可保留的<br>學生證據          | 必要界線                        |
|-----------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 參考工具      | 資料整理者、概念<br>解說者      | 比較「熱」與「溫<br>度」，再以原文或<br>實驗資料查核。 | 來源段落、差異標<br>註與修正說明。   | AI 是入口，不是<br>學術來源。          |
| 評價工具      | 科學審查者、回饋<br>者、方法檢核者  | 依「主張—證據—<br>推理」規準診斷探<br>究報告。    | 原稿、AI 回饋及<br>採納／拒絕理由。 | 規準由教師設定，<br>結果由人判斷。         |
| 生產工具      | 科學素材生成者、<br>案例製作者    | 生成生態案例、工<br>程限制條件或概念<br>圖草稿。    | 學生驗證、改寫後<br>的版本。      | 生成內容不是自動<br>成立的事實。          |
| 提升效率工具    | 備課與流程助理、<br>格式整理助理   | 草擬術語表、投票<br>題、複習題與快速<br>檢核題。    | 教師審核後的素材<br>或學生整理紀錄。  | 不輸入個資與敏感<br>資料。             |
| 促進思考工具    | 蘇格拉底式提問<br>者、設計顧問    | 先作答，再由 AI<br>追問假設、證據與<br>機制。    | 初始答案、追問、<br>修正答案。     | AI 只提示，不提<br>供可直接繳交的答<br>案。 |
| 創造認知衝突的工具 | 反例提出者、反方<br>角色、利害關係人 | 產生反例、競爭解<br>釋或工程設計取<br>捨。       | 衝突分析、證據比<br>較與決策理由。   | 挑戰須適度可克<br>服，並由教師統<br>整。    |

註：六種角色可以在同一活動中組合，但應明確區分 AI 的支援責任與學生的學習責任。

## 讓 AI 鷹架逐步淡出，並保留學習證據

同一項 AI 功能在不同學習階段，可以扮演不同角色。初學階段可多使用參考工具、生產工具與提升效率工具，協助學生建立基本語言、概念與表徵；中間階段則增加評價工具與促進思考工具的運用，要求學生比較、查核與修正；後期再逐步減少 AI 輸出，讓學生獨立完成核心解釋、實驗決策或口頭答辯。這種「逐步淡出」可避免學生只在 AI 陪伴下表現良好，卻無法獨立完成任務。

一個簡單的學習流程是：先嘗試、再求助、查核證據、修正說明、最後反思。學生可以提交第一版答案、經過挑選的 AI 對話片段、查核來源，以及簡短的修改理由。反思不必寫成長篇心得，只需回答：「我原本怎麼想？哪一項證據或追問改變了我的想法？我採納或拒絕了什麼建議？下一次我會先採取哪一個策略？」這些過程證據，比單看最後作品更能顯示學生是否真正學會。此一循環如圖 2 所示。

圖 2

成長思維導向的人機協作學習循環



## 以成長思維使用 AI：成為能學習的人，而不是依賴工具的人

成長思維 (growth mindset) 是相信人的能力並非完全固定，而能透過有效策略、練習、回饋、求助與修正逐步發展 (Dweck & Yeager, 2019)。它並不是只要對學生說「再努力一點」，也不是不論結果如何都稱讚努力。若學生使用同一個無效方法反覆嘗試，挫折只會增加。成長思維真正關注的是：學習者能否診斷自己卡在哪裡、選擇新的策略、運用回饋，並再次嘗試。

生成式 AI 可能強化成長思維，也可能削弱它。若學生一遇到困難就要求 AI 直接完成，長期下來容易形成「我的工作是指令，思考是機器的工作」的依賴模式。相反地，若學生先嘗試，再請 AI 協助診斷問題、提供提示、比較策略與提出反例，AI 便能放大學習能力。教師可培養學生四種習慣：第一，把「我不會」改成「我目前還不會，卡在什麼地方」；第二，要求 AI 提供策略或問題，而非完整答案；第三，對 AI 建

議做出有理由的採納、拒絕或修正；第四，隨能力提升逐步減少支援，最後能獨立完成核心任務。

教師的回饋語言也很重要。與其說「AI 寫得比你好」，不如指出：「你的核心概念已經正確，下一步要補上證據與因果機制」；與其只稱讚「很努力」，不如說明：「你比較了兩種解釋，並根據實驗資料修正原先的假設。」這些具體回饋讓學生看見能力如何因策略而改變。UNESCO 的學生 AI 能力架構也將學生定位為負責任的使用者與共同創造者，強調批判判斷與人的主體性，而非被動接受 AI 輸出 (Miao et al., 2024)。

## 結語

生成式 AI 不是單一角色的工具。生成式 AI 在科學教育中的功能角色可以固定區分為參考工具、評價工具、生產工具、提升效率工具、促進思考工具，以及創造認知衝突的工具。本文前四類功能角色的分類概念，受到黃龍翔教授於 2026 年「第十七屆全球華人探究學習創新應用大會」主旨演講〈從 AI 開始參與探究—從學生生成構想 (students generate ideas, SGI) 到元任務覺察 (meta-task awareness, MTA) 〉的啟發。作者再依科學教育中促進思考與概念改變的需要，增列「促進思考工具」與「創造認知衝突的工具」，形成本文的六種功能角色。

本文並進一步將六種功能角色對應至資料整理者、科學審查者、科學素材生成者、備課與流程助理、蘇格拉底式提問者、設計顧問、反例提出者及利害關係人等具體互動身分。最值得追求的不是讓 AI 更快產生完美答案，而是請老師們透過學習設計，使學生的提問、查核、判斷、修正與反思變得可見。每一項活動都應回到三個問題：AI 可以支援什麼？學生必須親自完成什麼？什麼證據能顯示學習確實發生？當學生以成長思維面對 AI，他們不只是「會使用工具的人」，而是能持續學習、檢驗與改進自己的人。

## 參考文獻

- Bayer, A. E. (1991) . Academic tribes and territories: Intellectual enquiry and the cultures of disciplines. *The Journal of Higher Education*, 62 (2) , 223–225.  
<https://doi.org/10.1080/00221546.1991.11774116>
- Becher, T., & Trowler, P. R. (2001) . *Academic tribes and territories: Intellectual enquiry and the cultures of disciplines* (2nd ed.) . Open University Press.
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019) . Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14 (3) , 481–496.  
<https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Hughes, M. (2013) . Book review essay: The territorial nature of organization studies. *Culture and Organization*, 19 (3) , 261–274, DOI:  
<https://doi.org/10.1080/14759551.2013.802168>
- Lee, S. S., & Moore, R. L. (2024) . Harnessing generative AI (GenAI) for automated feedback in higher education: A systematic review. *Online Learning*, 28 (3) , 82–104. <https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4593>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023) . Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024) . *AI competency framework for students*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982) . Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2) , 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., Li, X., Jin, Y., & Gašević, D. (2024) . Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review. *British Journal of Educational Technology*, 55 (1) , 90–112. <https://doi.org/10.1111/bjet.13370>



# 當 AI 走進孩子的視野：

## 中小學教師如何看待 AI 眼鏡的教學潛力？

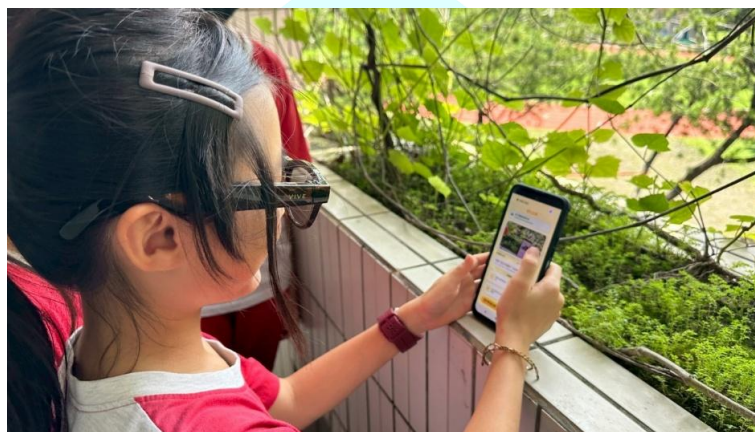
吳聲毅

國立清華大學師資培育中心教授

想像一堂自然課，學生走出教室，在校園中觀察植物。他看見一片形狀特殊的葉子，不必先拿出平板、解鎖、開啟應用程式，再將鏡頭對準植物；只要注視眼前的葉片並開口詢問：「這是什麼植物？為什麼它的葉子長成這個形狀？」佩戴的 AI 眼鏡便可能協助拍攝、辨識、記錄，甚至繼續回應學生提出的問題（圖 1）。

圖 1

學生透過 AI 眼鏡與 APP 進行植物探究活動



另一個場景發生在生活科技教室。學生雙手正拿著電線與工具，AI+AR 眼鏡則在視野中提示下一個接線位置，並在可能發生短路時提出警示。教師不必同時站在每一組學生旁邊，學生也不需要反覆在操作器材、課本與平板畫面之間來回切換。

這些情境尚未全面成為中小學教室的日常，卻因為科技的發展已逐漸進入教師對未來教學的想像。為瞭解中小學教師們如何看待 AI 眼鏡在教育角色、適用情境、可能問題與導入條件。本研究蒐集 10 位中小學教師的開放式問卷意見進行歸納。這些教師大多具有科技融入教學經驗，部分教師曾參與 VR、AR 或教育部新科技學習計畫。

### AI 眼鏡究竟是什麼？

一般人提到智慧眼鏡，容易將 AI 眼鏡、AR 眼鏡與 VR 頭盔混為一談。事實上，這些設備雖然都屬於穿戴式科技，人與環境的互動方式卻不相同。

本研究所謂之 AI 區分為兩類。第一類是 AI 眼鏡，主要具備語音辨識、拍照辨識、即時問答與影像記錄等功能；第二類是 AI+AR 眼鏡，除了 AI 功能之外，還能將文字、圖片、模型、情境提示及操作步驟透過鏡片疊加在真實視野中。簡單來說，AI 眼鏡較像是可以「聽、看、問、記」的穿戴式 AI 助理；AI+AR 眼鏡則進一步讓數位資訊出現在使用者眼前。

## 教師看見的第一個改變：讓雙手、視線與學習回到現場

本研究調查內容中反覆出現三個關鍵詞：解放雙手、第一人稱視角與即時回饋。這三項特性共同指向一項重要改變：學生可能不再需要為了操作數位設備而暫停原本的學習行動。

以科學實驗為例，學生使用平板查閱實驗步驟時，必須暫時放下器材，低頭查看畫面，再回到操作。若學生忘記其中一個步驟，便需要再次停止實驗。AI+AR 眼鏡則可能把必要資訊放在視野的一角，學生可以一邊操作，一邊查看提示。教師也可以透過語音或第一人稱視角，了解學生正在看什麼、做到哪一個步驟。

第一人稱記錄也可能改變學習評量。過去教師通常只能看到學生最後完成的作品，較難掌握中間如何觀察、嘗試、犯錯與修正。AI 眼鏡若能記錄學生的操作歷程，教師便有機會分析學生在哪個環節停頓、如何尋找資料，以及如何根據回饋修正策略。這些資料可作為課後反思、歷程評量及教學改進的依據。

不過，即時資訊並不必然帶來較好的學習。如果眼前同時出現大量文字、圖像與提示，學生反而可能不知道該注意哪一項資訊。2026 年的一項後設分析整合 27 項實驗及準實驗研究，發現 AR 整體上具有小至中度降低認知負荷的效果，但不同研究間的差異很大，而且介入頻率與回饋形式會影響結果。這表示 AI 眼鏡能否減少學習負擔，關鍵不只是把資訊放到學生眼前，而是資訊是否在正確時間、以適當方式出現。

## 教師認為最具潛力的五類教學情境

### 一、戶外教育與生態觀察：讓「所見」成為「所學」

戶外教育是教師們最常提到的應用情境。學生進行校園生態調查、社區踏查、古蹟參訪或地質觀察時，常需要攜帶平板、相機、學習單及其他工具。AI 眼鏡如果能整合拍照、辨識、語音提問與記錄，便能減少設備操作對觀察活動的干擾。例如，學生



看見不熟悉的植物時，可以先觀察葉形、顏色與生長位置，再請 AI 協助辨識。若 AI 提出某一植物名稱，學生還可以繼續追問：「判斷依據是什麼？」「有沒有外觀相似的植物？」「如何進一步驗證？」如此一來，AI 不只是提供名稱，也能成為延伸探究的起點。

教師也提到社會領域的應用。學生參訪廟宇或古蹟時，眼鏡可以辨識燕尾脊、馬背或石雕等建築特徵，並提供語音解說。戶外的道路、建築與文化景觀因而不只是被觀看的對象，而可能成為可提問、可比較及可記錄的教材。

但教師同時強調，學生不應一看到事物就直接詢問 AI。較理想的順序應是「先觀察、先思考，再使用 AI 驗證」。如果學生省略觀察與推理，只追求快速答案，AI 眼鏡反而可能削弱探究能力。

## 二、科學探究與自然實驗：邊看、邊問、邊驗證

自然科學是另一個高度有潛力的學科。教師提出的應用包括動植物辨識、實驗步驟提醒、現象記錄、安全警示，以及對抽象概念的視覺化。例如，當學生觀察一株植物時，AI+AR 眼鏡可將光合作用、葉脈輸送或氣孔開合的動畫疊加於真實葉片上。當學生組裝電路時，眼鏡可以辨識零件，在實物上標示下一個連接位置。這種邊看邊做的方式，可能使抽象知識、圖示與實際操作產生更直接的連結。

延展實境相關研究也顯示，當學習內容涉及空間關係、結構或視覺化推理時，AR 及其他 XR 技術較可能降低認知負荷並改善學習表現；但前提是科技呈現方式必須與任務目標一致。因此，並非所有自然課都需要 AI 眼鏡。它最適合用在學生必須同時觀察真實物體、理解空間關係並執行操作的活動。

## 三、實作、自造與生活科技：把 AI 變成操作鷹架

木工、電路、機器組裝、烹飪及創客活動，都需要學生一邊理解程序，一邊進行手部操作。受訪教師認為，這類課程最能發揮 AI 眼鏡解放雙手的優勢。一位曾教授國中生活科技的教師提到，學生練習家庭室內配線時，經常因接線錯誤造成短路。如果眼鏡能辨識學生手上的線材與元件，並以 AR 逐步提示位置，便可能減少錯誤及危險。

AI 眼鏡在此扮演的角色，可以稱為數位工作教練。它不是替學生接線、組裝或操作，而是在學生卡住、遺漏或可能發生危險時提供鷹架。較理想的提示也不一定直接告訴學生答案，而可以先提出問題，例如：請檢查正負極方向、目前使用的零件是否符合圖面規格等讓學生仍須進行判斷。

#### 四、語文學習與國際交流：即時翻譯不是終點

在語文學習方面，教師提出即時字幕、語音辨識、發音回饋、情境單字、文本翻譯及跨國交流等可能應用。學生看到教室裡的窗戶、冰箱或桌椅時，眼鏡可以呈現相對應的外語詞彙；與外國學生交流時，也可能提供字幕或翻譯。這類功能有助於降低初學者參與外語活動的焦慮，也能協助學生把語言與真實環境連結。不過，即時翻譯如果始終存在，也可能使學生跳過聆聽、推測與組織語句的過程。

因此，AI 提示需要具備逐步撤除的設計。初期可以提供完整翻譯；學生能力提升後，改為只提示關鍵詞；最後則在學生主動要求時才提供協助。AI 眼鏡的價值不是讓使用者永遠不必學習語言，而是提供適量鷹架，使學生有勇氣進入原本過於困難的交流情境。

#### 五、特殊教育與融合教育：從便利工具走向教育平權

特教支持也是教師高度關注的方向。AI 眼鏡可以把教師的語音即時轉換為字幕，協助聽障學生；也可能放大黑板或課本文字，支持弱視學生。對需要程序提示的學生，眼鏡可以逐步呈現任務要求，降低記憶與組織負擔。

一位老師將智慧眼鏡形容為特殊教育的「輔助神經」，認為它可透過字幕、局部放大及視覺提示，使特殊需求學生更容易參與一般課程。教師甚至提出同理心教育的應用，例如讓學生體驗色覺辨識差異，或從行動不便者的視角觀察校園障礙。

既有系統性回顧也指出，AR 在融合教育中具有支持特殊需求學習者的可能性，但實際效果仍會受到學生需求、介面設計及教師支持方式影響。因此，AI 眼鏡不應被視為能自動解決所有特教問題的工具，而應與個別化教育計畫、專業評估及教師觀察相互配合。

#### 教師期待中的警訊：導入校園前的六道關卡

教師雖普遍認同 AI 眼鏡的潛力，卻也提出許多實際問題。這些問題不是科技發展成熟後就會自然消失，而是需要學校、教師、家長、研究者及設備業者共同建立規範。

## 一、拍攝隱私與資料治理

AI 眼鏡的鏡頭朝向使用者正在觀看的方向，旁人未必知道自己是否正在被拍攝。當學生在教室、校園或戶外活動中使用眼鏡，可能記錄同學面孔、教師聲音、學生作品及校園空間。

因此，學校必須回答：何時可以錄影？是否需要明顯的拍攝指示？影像會儲存在裝置、校內伺服器或企業雲端？誰可以存取？保存多久？學生及家長如何表示同意或撤回？

## 二、AI 錯誤與科技依賴

AI 可能辨識錯植物、誤解學生語音，或用看似合理的方式回答錯誤資訊。學生若因為資訊直接出現在眼前，就降低查證意願，科技便可能成為取代思考的捷徑。

教師明確指出，智慧眼鏡應是輔助工具，而不是學生依賴的答案來源；教學設計必須要求學生提出證據、比較來源及說明判斷。

## 三、新奇感與分心問題

剛開始接觸 AI 眼鏡時，學生可能把注意力放在錄影、語音操作或同學反應上，而不是學習任務。短期的興奮也不能直接被視為學習動機提升。

過去 AR 教育研究雖經常發現學習表現及動機的正面結果，但也持續指出操作困難與技術問題是主要挑戰。因此，評估 AI 眼鏡不能只問學生「喜不喜歡」，還要觀察其是否真正改善理解、操作、提問與合作。

## 四、健康、配戴與活動安全

中小學生的臉型、瞳距及鼻樑大小不同，成人尺寸的眼鏡未必適合兒童。近視學生也可能需要度數鏡片或其他配戴方案。長時間觀看視覺提示是否造成疲勞，以及戶外行走時是否因資訊遮蔽視野而增加風險，都需要進一步評估。

## 五、成本、網路、續航與維護

AI 眼鏡不只是一次性的硬體採購，還包含帳號、網路、雲端服務、充電、維修及設備管理成本。一位教師認為，中度使用至少需要約 4 小時的續航力，才足以因應真實教學現場。另一位教師則列出借用管理、充電保存、視力、安全、隱私及資安等多項問題，並強調教師仍須重新設計課程，不是把設備帶進教室就會有效。

## 六、教師培訓與教學設計負擔

如果學校只辦理設備操作研習，告訴教師如何拍照、錄影與呼叫 AI，仍不足以支持教學應用。教師真正需要學習的是：哪些學習問題適合使用 AI 眼鏡？提示應該何時出現？學生如何驗證 AI 資訊？如何評量學習歷程？如何處理錄影與資料？

因此，教師需要的不只是硬體說明書，而是示範教案、課程共備、技術支援、學生使用規範及資料治理機制。研究也顯示，AR 在教育中的長期價值，取決於科技是否能與教學方法、課程內容及學校組織條件整合，而不只是設備功能是否先進。

## 結語：重要的不是看見更多，而是看得更深入

從這些教師的意見來看，AI 眼鏡在中小學教育中的最大潛力，不只是把螢幕縮小後戴到臉上，而是改變學生取得資訊與參與學習的方式。它可能讓學生不必一直低頭操作設備，而能把目光放回植物、器材、環境、教師與同學；也可能讓抽象知識直接連結真實物體，使學生在觀察與操作當下獲得提示。對教師而言，第一人稱記錄、即時資料與操作歷程，則可能成為理解學生學習困難的新窗口。

然而，眼鏡越接近人的視線，教育設計就越需要謹慎。如果資訊不斷出現在眼前，學生可能減少觀察與思考；如果拍攝及資料使用缺乏規範，便利也可能伴隨隱私風險；如果學校只有設備、沒有課程與教師支持，再先進的眼鏡仍可能被收進櫃子。

因此，AI 眼鏡真正值得期待的，不是讓學生隨時看見更多答案，而是讓適切的資訊在真正需要時出現，協助學生提出問題、採取行動、檢驗證據與反思歷程。未來教育現場需要思考的，也不只是「要不要使用 AI 眼鏡」，而是如何設計一個讓 AI 適時介入、也適時退場的學習環境。當 AI 能夠看見學生正在看的世界，教師更重要的任務，將是幫助學生學會如何理解這個世界、質疑眼前的資訊，並形成自己的判斷。

# 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。



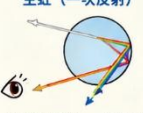
副虹：外層是紫色，內層是紅色

主虹：外層是紅色，內層是紫色

**為什麼會相反？**

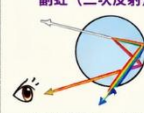
陽光進入雨滴後，經過兩次反射和折射：

**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。

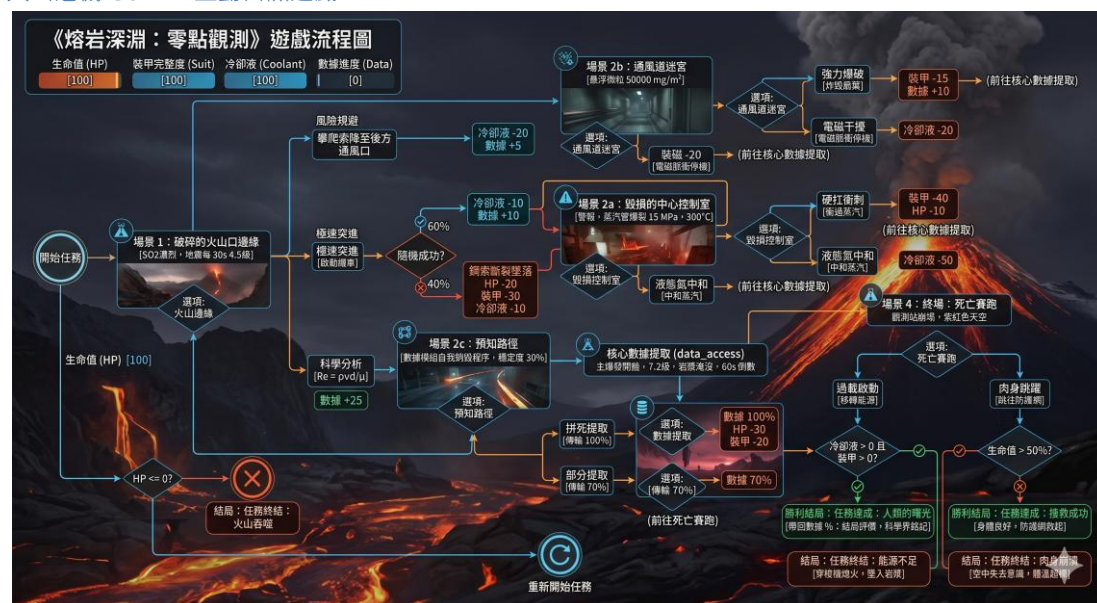


註：圖生成於 2026/04 GPT。

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>

# GenAI 融入教學培養學生 AI 素養： 以壓克力夜燈設計 STEAM 活動為例

高靖岳

新北市立永和國民中學生活科技教師

## 前言

為國家培育具國際競爭力的未來人才，學生應具備 AI 素養，以因應人工智慧快速發展所帶來的學習、生活與工作情境變化，並進一步提升學習成效（行政院，2026）。OECD（2025）在 AI 素養培養上提出四個領域，包括參與 AI（engaging with AI）、與 AI 共創（creating with AI）、管理 AI（managing AI）與設計 AI（designing AI），藉以培養學習者面對 AI 時所需的知識、技能與態度。其內涵亦指出，教師與教育工作者在發展學習者 AI 素養的過程中扮演關鍵角色，應透過將 AI 概念整合至具體的課堂實踐，引導學生理解、應用並反思 AI 科技。因此，如何在既有課程活動中融入合適的 AI 工具與學習策略，已成為當前教學者需要具備的重要專業能力。這不僅涉及教師原有的學科教學專業，也包含教師自身的 AI 素養。尤其在 AI 輔助學習與創作的情境中，教師更需要引導學生保持人類決策與知識建構的能動性（agency），對 AI 工具所產生的觀點、內容與建議進行批判性思考。換言之，AI 時代的教育不應只是強調工具使用，更應重視學習者能否慎思明辨、合理判斷，並對 AI 產出做出負責任的選擇。

教育部（2026）發布的《中小學使用「生成式人工智慧」注意事項》指出，教師與行政人員應提醒學生避免在生成式 AI 工具中輸入個人機密資訊，並理解 AI 工具產生的內容可能存在偏誤，其辨識結果不可視為絕對正確或唯一證據。同時，學生也應避免過度依賴 AI，並注意不得侵犯智慧財產權或違反學術倫理。教學現場若使用生成式 AI 工具，應以教育目的為核心，透過提問啟發學生思考，引導學生進行問題解決，並以維護教學品質與資訊安全為重要原則；教師亦應審慎選擇適合教育情境與學生年齡的商用平台。考量 Google 針對年輕使用者提供相關安全防護機制，且 Google Classroom 課程平台可支援教師與家長共同參與學習管理與監督，本文中案例選擇運用 Google Gemini 開發可引導學生思考與創作的聊天型機器人（chatbot），並將其導入生活科技教學活動中。透過此一設計，學生不僅能在壓克力燈設計與製作歷程中獲得 AI 輔助，也能在使用、判斷、修正與反思 AI 產出的過程中，逐步培養 AI 素養。



## AI 素養導向的課程規劃原則

單元「壓克力燈設計」原為國中九年級生活科技課程中的活動，依據科技領域課程綱要之學習內容，原可對應「生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用」以及「生 P-IV-7 產品的設計與發展」。本單元透過麵包板電路實驗，引導學生理解 LED、電阻、電源與基本電路控制，再進一步進入壓克力燈的產品設計與製作歷程。

在導入生成式 AI 科技後，本活動亦可延伸對應「生 A-IV-6 新興科技的應用」與「生 S-IV-3 科技議題的探究」，並以 STEAM Maker 跨域自造教育策略，結合電路、材料加工、美感設計、數位工具與 AI 素養，規劃具趣味性與創造性的實作課程。在生成式 AI 的應用方面，教師提供圖片轉換線條稿的 AI 工具，例如教師自訂的 Gemini Gem。學生可上傳或提供圖片，取得初步線條稿，並進一步透過提示詞修改、組合與優化圖案，使線條稿更符合壓克力燈製作需求。此階段學生不只是單純接收 AI 產出，而是需要判斷 AI 產出的線條是否適合雕刻或描線、是否符合主題與加工限制，因此可對應 AI 素養中的「參與 AI」。當學生進一步運用提示詞與 AI 互動，將 AI 生成的線條稿與自己的構想加以組合、修改並應用於作品時，則可進一步展現「與 AI 創造」的能力。在 STEAM Maker 策略的部分，意指將作品設計相關的科學原理，以探究實驗活動促進學生理解，並學習科技知識以規劃加工處理，融入工程教育的設計思考與最佳化流程，以美感與藝術引導作品創作與表達，數學的知識應用融合在科學計算、製作規劃、工序邏輯與幾何美感當中，例如：比例、縮放、相似形的概念與圖稿放樣在壓克力板上（表 1），實際教學活動主要為「單一學科內跨領域方法」（intradisciplinary approach），透過連結該學科內不同概念、知識與技能，形成較完整的學習經驗（Roehrig, et al., 2021）。

表 1  
課程的 STEAM 知識內涵表

| STEAM 面向       | 本單元中的具體內涵                             |
|----------------|---------------------------------------|
| Science／科學     | LED 發光原理、電流方向、電阻限流、壓克力導光。             |
| Technology／科技  | 麵包板電路、LED 元件、電源模組、加工工具、生成式 AI。        |
| Engineering／工程 | 從需求設定、設計圖、零件製作、結構組裝、測試修正到作品完成的工程設計歷程。 |

| STEAM 面向       | 本單元中的具體內涵                         |
|----------------|-----------------------------------|
| Arts／藝術        | 線條稿設計、主題表現、造型創意、構圖美感、視覺焦點與燈光展示效果。 |
| Mathematics／數學 | 比例、縮放、幾何美感與應用在活動中的相關計算與規劃         |

也將 AI 應用於形成性評量，學生可將作品照片、設計說明或製作歷程提交至教師提供的作品評量 AI 工具，例如教師自訂的 Gem。AI 依據教師設定的評量規準，針對作品的電路功能、線條設計、加工品質、美感表現與改良方向提出回饋。學生再根據 AI 所提供的優點與改善建議，思考作品是否需要修正，以及哪些建議適合採納、哪些建議需要保留或拒絕。並依據作品證據與評量規準判斷 AI 建議的適切性，因此可對應「管理 AI」的能力，也明白 AI 的限制。

## 活動規劃與 AI 工具說明

在本單元中，所導入的 AI 輔助以 Gemini Flash 模型與 Nano Banana 模型協助，學生以 iPad 作為載體，並結合 Padlet 線上軟體輔助做版面紀錄，本示例設定要自己銲接電子零件，且製作相關造型零件，不憑藉數位加工，親手完成作品的原型，因此在零件製作與作品組裝階段需要較多的時間。AI 輔助評分之後還有修正的時間，因此，有兩節課的規劃（表 2）。

表 2  
課程活動計畫表

| 課程階段             | 是否導入 AI | 實際課程活動                                         | 課程設計理由                                                                      |
|------------------|---------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 電路實驗<br>(3 節) | 否       | 學生認識 LED、電阻、電源與基本接線方式，並學習限流電阻值計算，且能完成簡易開關發光電路。 | 電路實驗是壓克力燈作品能否正常發光的基礎，透過實際操作建立學生對電路元件與接線的理解，因此本階段不導入 AI，以保留學生動手實作與觀察判斷的學習歷程。 |
| 2. 造型設計<br>(1 節) | 導入 AI   | 學生提供圖片或輸入主題，取得初步線條稿，並透過提                       | AI 可降低學生在造型發想的起步門檻，但學生仍須根據                                                  |

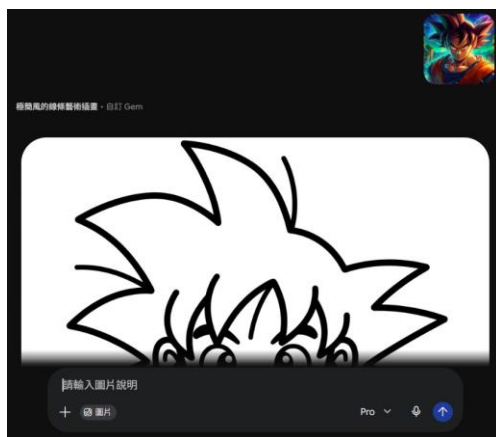
|                     |       |                                                                                        |                                                                                 |
|---------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                     |       | 示詞修改、組合與優化線條稿，使其符合壓克力燈製作需求。                                                            | 材料、加工方式與作品需求進行判斷與修改，培養參與 AI 與 AI 共創的素養。                                         |
| 3. 零件製作<br>(3 節)    | 否     | 學生依據確認後的線條稿與設計圖，進行壓克力板描線、刻線、切割、砂磨或相關加工，並準備底座、LED、電池盒與其他零件。                             | 零件製作重視材料感知、工具操作與加工安全，需學生親自依照設計圖將構想轉化為實體零件，因此本階段不導入 AI，以強化學生的實作能力。               |
| 4. 作品組裝<br>(1 節)    | 否     | 學生將壓克力板、底座、LED 電路、電源與相關零件組裝成完整壓克力燈作品，並確認結構穩定與外觀完整。                                     | 作品組裝需要學生依據實際零件尺寸、材料狀況與電路配置進行調整，是培養問題解決與整合實作能力的重要階段，避免 AI 偏誤造成任務的困難，因此不導入 AI。    |
| 5. 測試與評量<br>(2 節)   | 導入 AI | 學生完成作品後，將作品照片、設計說明或製作歷程提交至教師提供的作品評量 AI 工具。AI 依據教師設定的評量標準，提供作品優點與改善建議，學生再判斷是否採納並進行修正思考。 | AI 依照教師標準，提供即時快速的形成性回饋，協助學生檢視作品。但 AI 回饋不可作為唯一評分依據，仍需依教師標準、作品證據與實際測試結果進行修正作品的判斷。 |
| 6. 發表與學習省思<br>(1 節) | 否     | 學生發表作品理念、設計歷程、電路配置、製作困難、AI 使用經驗、作品修正與學習收穫，並完成學習省思。                                     | 發表與省思階段重視學生自身經驗的整理與表達，需由學生回顧真實學習歷程，說明自己如何使用 AI、如何判斷 AI 建議，以及如何完成作品。             |

在輔助設計的用意在於協助學生跨越較高的創作門檻，過往學生所取用的素材大多為動漫角色，較少學生能夠親自創作，當導入 AI 工具輔助，學生畫完草稿將圖片或照片提供給 AI（圖 1），並且透過 AI 可延伸出合適對應的造型，過程中也提醒學生要

注意到資訊保護與隱私的部分，而最後學生會思考製作上的困難度與時間，而取決出合適原型製作的方案。

圖 1

極簡風格的線條藝術插畫 AI 工具

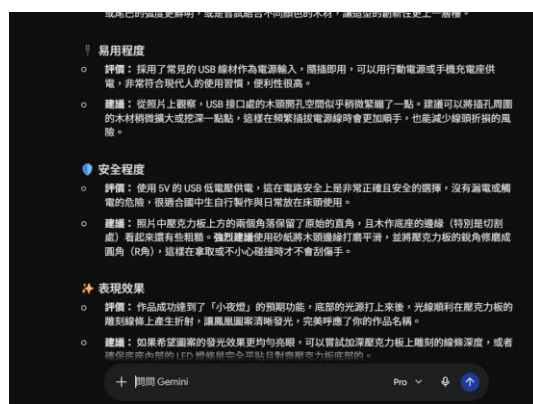


註：AI 應用程式為 <https://gemini.google.com/gem/13LB5PAQsOqiu--suwQ5ir071xda-hkvi?usp=sharing>

在輔助評分的部分，AI 能協助學生觀察與思考作品創作需要注意的事項，然而需要注意的是教師需要先測試語言模型的回應效果是否合適（圖 2），且在系統指令中，要提供評量的重點與方法，由於 GenAI 的原理是透過演算法的資料迭代所產生相對合理的結果，但也並非全然正確，相關的警語寫在工具的使用說明當中，也建議使用的模型。這類的工具會更依照語言模型的特色反應，因此，相同的系統指令在不同的 LLM 當中表現有所差異，例如在 ChatGPT 與 Gemini 也明顯不同，這個階段的學習，更需要學生透過參與並且管理 AI 所產生的互動反應，用以思考原型創作並且理解 AI 在評分與互動的特徵。

圖 2

輔助產品表現評量 AI 工具



註：AI 應用程式為 [https://gemini.google.com/gem/1WA5sCbazWqBFEX\\_3vJ-Cr0Pr1P8RcN\\_L?usp=sharing](https://gemini.google.com/gem/1WA5sCbazWqBFEX_3vJ-Cr0Pr1P8RcN_L?usp=sharing)

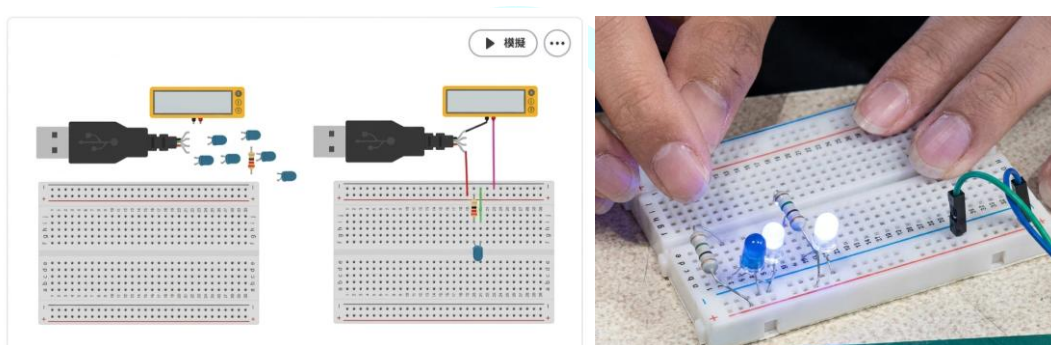
## 學生學習任務說明

擔心導入 AI 可能造成「大腦外包」時，因此，在教學設計上，應避免將 AI 僅用於知識獲取或創意發想階段，而要以「方案實踐」為核心來規劃學習活動，說明如下：

- 一、在「簡單電路原理」與電、控制的應用面向，學生需理解基本概念，透過電腦軟體模擬與檢核，也完成麵包板接線測驗。學生在實際操作與數據對照中，找到物理量關聯的證據，也透過 LED 的視覺刺激與元件的溫度感受，具體理解原理（圖 3）。動手實作與多感官驗證的學習經驗，是 AI 無法取代的。

圖 3

電腦模擬電路與麵包板實驗



- 二、在設計活動前，教師提供實作示範，作為設計創作的基礎。學生以此與 AI 延伸思考更合適的方案，避免學生因不理解 AI 回應而無從著手。同時，透過設計與製作，讓學生以 AI 作為解決問題的工具。過程中，允許學生運用 AI 輔助設計，亦可參考網路作品；但作品原型的實作與完成，仍須由學生親自負責（圖 4）。

圖 4

教師示範與學生作品





三、作品完成後的省思：學生完成後，將 AI 的建議與評分對話連結，作為參與 AI 的作業。同時，學生需在 Padlet 板面上撰寫活動的省思與 AI 應用心得。檢視後發現，多數學生能針對完整學習歷程進行反思，仍有少部分學生會直接使用 AI 工具生成心得（圖 5）。後續課堂討論中，教師進一步引導學生理解 AI 工具的運作原理，並說明當提示詞相似且較為精簡時，AI 往往會產出結構與語氣相近的回應格式，並提醒認知卸載與大腦外包的風險。

圖 5

學生活動的省思紀錄



## 教學省思與建議

AI 屬於科技領域中的新興科技範疇，能模仿人類造詞造句以生成文章，也能生成音樂節奏與影像；然而，這些產出皆是透過算力與演算法運作而成，並不代表 AI 具備思考能力。因此，面對 AI 科技所帶來的社會衝擊，仍需進一步反思。透過本教學活動，學習者得以實際體驗 AI 科技的使用，並有機會理解，AI 提供的分析與創作構想固然可供參考，卻未必適切。學習者應保有批判性思考與決策權，才能避免能力退化。在教學實踐上，透過實作活動，建立學生對 AI 的近用與初步分析能力；再透過任務設計，引導學生反思 AI 的使用方式，進而培養正確使用 AI 的倡議與行動，使課程落實以人為本的設計與實踐。然而，推動此類課程亦需事前周全評估工具使用環境與軟體介面，以進行更深入的引導與討論。



## 參考文獻

行政院（2026，6月3日）。AI 人才方舟計畫—打造中小學 AI 智慧教育新生態。

<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/ae453210-3923-4d44-8fea-8d340af1ffe1>

教育部（2026）。中小學使用「生成式人工智慧」注意事項 2.1（教師、行政人員及家長版）。

推動中小學數位學習精進方案入口網。<https://pads.moe.edu.tw/download.php>

Organisation for Economic Co-operation and Development（OECD）。

（2025）。 *Empowering learners for the age of AI: An AI literacy framework for primary and secondary education*（Review draft）。[https://ailiteracyframework.org/wp-content/uploads/2025/05/AILitFramework\\_ReviewDraft.pdf](https://ailiteracyframework.org/wp-content/uploads/2025/05/AILitFramework_ReviewDraft.pdf)

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E.（2021）。Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>

# 基於 LLM 大語言模型與 ESP32 微控制器之 AIoT 跨領域專題課程：AI 語音智慧小車

何仁偉

國立臺灣師範大學附屬高級中學生活科技科教師

## 前言

隨著 108 課程綱要之推行，科技領域強調培養學生之「運算思維」(computational thinking)、「設計思考」(design thinking) 與「問題解決能力」(教育部，2018)。過往科技教育多聚焦於傳統機電整合、電路實作與基礎程式控制；然而，在全球邁入物聯網 (IoT) 與人工智慧 (AI) 深度融合之 AIoT (智慧物聯網) 時代，設備與載具已不再僅是被動接收指令的「執行器」，而是演化為具備感知、語意理解與邊緣決策能力之智慧系統 (陳侑成，2022)。

為回應此一科技變革趨勢，中學階段之科技專題實作應突破過往單一硬體開關控制之局限，轉而透過 AIoT 技術促進軟硬體系統與智慧載具之深度整合，以期培養學生具備因應未來科技所需之跨領域系統整合實務與人機互動設計的核心素養。

## 回顧 Arduino/ESP32 微控制器教學之瓶頸與挑戰

審視過往中小學之微控制器專題 (如 Arduino 或 ESP32 遙控載具)，其教材設計多屬於「硬體導向」為範例。學生主要透過實體按鍵、紅外線感測器、超音波感測器或藍牙 App 進行載具控制，此類專題模式雖能奠定學生在基礎電路與程序邏輯的基礎，然而在控制機制上多受限於「一對一」的僵化指令，難以因應真實情境中多元且複雜的人機互動需求。

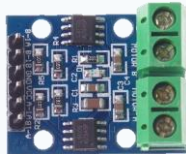
在生成式人工智慧 (generative AI) 與大語言模型 (large language model, LLM) 技術迅速普及之當代，傳統專題教學模式顯然無法引導學生體驗從「語法精確匹配」跨越至「語意容錯與廣義理解」之技術轉移，導致學生對邊緣載具控制之認知仍停留在傳統被動式遙控之層次。因此，教學模式亟需從「單一語法指令導向」轉型為「多元語意控制架構」，亦即由 AI 負責高階且複雜之語意意圖解析，並由邊緣微控制器執行精確之機電控制，以實現高度人性化之人機互動機制。

## 課程架構與機電整合設計

基於前述之教學背景與轉型需求，作者曾設計並實作一套具備語音指令辨識能力之「AI 語音智慧小車」專題。系統採用 web-based 網頁平台架構，學生可透過網頁介面即時進行語音輸入並進行載具控制。在硬體架構方面，本專題參考「START！智慧小車」之底盤設計，選用 ESP32 微控制器作為核心邊緣控制主板，並整合 L9110S 馬達驅動模組與 TT 直流減速馬達，打造低成本且高度擴充之機電控制系統。本專題所使用之微控制器、驅動模組與相關機電零組件規格摘要如表 1 所示。

表 1

AI 語音智慧小車相關機電零組件規格表

| 名稱                   | 圖示                                                                                   | 數量  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ESP32 (Wemos D1 R32) |    | 1 個 |
| L9110S 馬達驅動板         |   | 1 個 |
| TT 直流減速馬達 (1:120)    |  | 2 個 |
| TT 直流減速馬達車輪          |  | 2 個 |
| 牛眼輪                  |  | 1 個 |
| 杜邦線 (公母)             |  | 6 條 |
| 杜邦線 (公公)             |  | 4 條 |

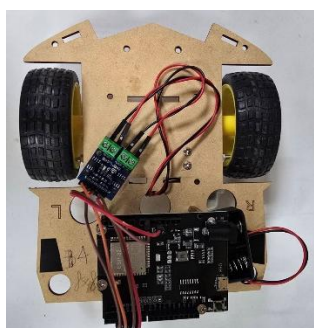
| 名稱               | 圖示                                                                                 | 數量  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| M3 六角雙母細牙銅柱 20mm |  | 6 個 |

將上述元件組裝於雷射切割木質底盤後，整體「AI 語音智慧小車」之硬體結構如圖 1 所示。為完整呈現小車之空間佈局與機電配置，圖 1 分別由三個不同視角展示其車體結構；圖 2 呈現 AI 語音小車實際運作影片的 QR Code。

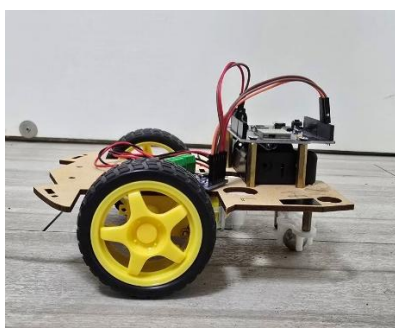
圖 1

AI 語音小車教材示意圖

(a) 俯視圖 (機電布局)



(b) 側視圖 (底盤與結構)



(c) 立體圖

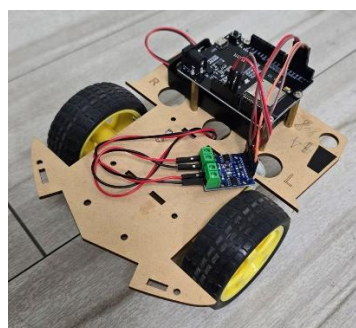


圖 2

AI 語音小車實際運行影片



註：請掃描 QR Code 或複製連結觀看完整演示影片

<https://youtube.com/shorts/ttLtHW5MnRI>

## 基於 LLM 與 API 通訊協定之結合

在控制介面設計上，本系統採用 HTML 架構開發 web-based 互動平台，整合「語音辨識」、「手勢辨識」與「鍵盤遙控」三種多模態控制模式。以下針對本教材「語音辨識」技術之架構與實務應用進行深入說明。

在語音辨識模式下，使用者僅需啟用麥克風裝置進行語音輸入，系統於擷取音訊並解析意圖後，即發送相應指令驅動智慧小車執行特定動作。相較於傳統僅能匹配固定關鍵字之語音控制，本系統導入 LLM 大語言模型之自然語言理解機制，將單一控制動作延伸至多維度的同義詞彙庫。例如，將「前進」指令之語意對映涵蓋「向前」與「直走」等自然口語表達；「後退」指令則能同義識別「倒車」與「退後」等口語訴求。此一 LLM 技術之整合，顯著提升了人機互動之容錯性與自然度，讓使用者得以透過多元化的語言習慣靈活驅動載具。

本教材導入 LLM 技術，結合網頁 API（application programming interface/應用程式介面）通訊協定，實現自然口語指令即時辨識，並將控制命令回傳至 ESP32 微控制器。在語音辨識之技術流程設計上，主要涵蓋「語音訊號擷取」、「語意理解與模糊匹配」與「API 資料傳輸」三階段，以下針對各階段之機制進行深入探討：

### 一、語音訊號擷取 (Voice Signal Capture)

第一階段使用 JavaScript 語法中的 Speech Recognition 指令，即時呼叫使用者端裝置之麥克風進行音訊擷取。系統將使用者輸入之語音訊號轉譯為繁體中文文字字串，並同步呈現於網頁控制平台。如圖 3 所示。

圖 3  
網頁端語音辨識頁面

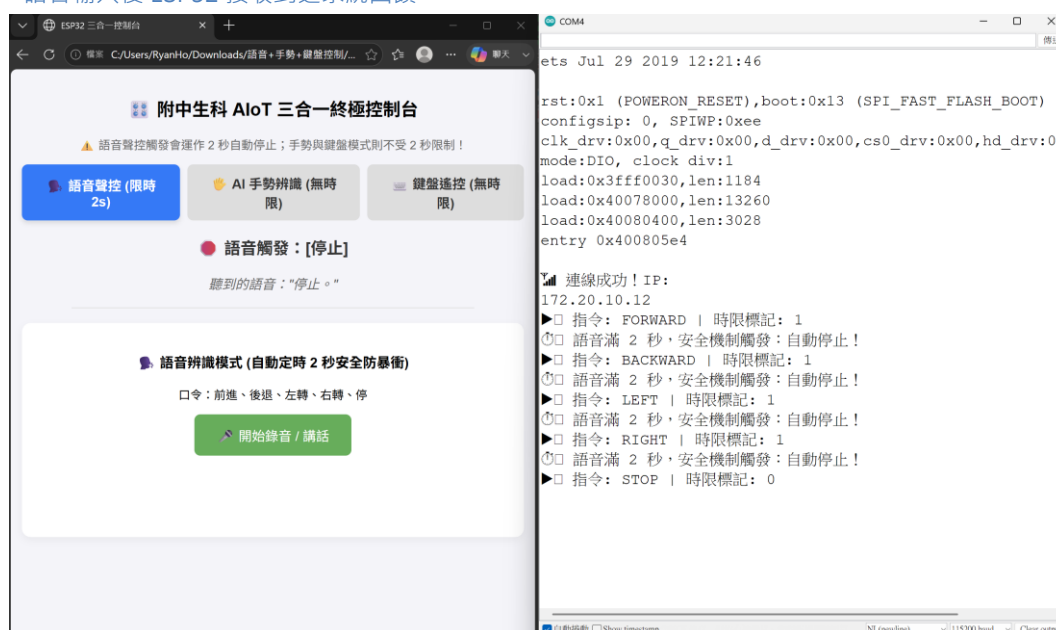


## 二、語意理解與模糊匹配 (Semantic Understanding & Fuzzy Matching)

第二階段將透過條件判斷式 includes () 建立「一對多」之同義詞對應機制，進而實現自然語言理解。例如：當系統辨識到使用者說出「前進」、「向前」或「直走」等同義詞時，系統均統一對應為 FORWARD 動作；若說出「倒車」、「後退」或「退後」，則對應為 BACKWARD 動作，有效提升系統對口語表達之相容性與容錯度。語音指令回傳 ESP32 微控制器之結果如圖 4 所示。

圖 4

語音輸入後 ESP32 接收到之系統回饋



## 三、API 資料傳送 (API Data Transmission)

第三階段當系統將語意解析完成後，系統即呼叫 sendMoveCommand () 函式，透過 HTTP API 以非同步請求方式將控制指令發送至 ESP32 微控制器，進一步驅動 AI 語音小車執行對應之行駛動作。語音辨識語法如圖 5 所示。



圖 5

## HTML 之語音辨識語法與同義詞指令解析

```
// ===== 語音辨識 (帶有 2 秒定時標籤 time=1) =====
let recognition; let isRecording = false; const micBtn = document.getElementById('micBtn');
if ('webkitSpeechRecognition' in window || 'SpeechRecognition' in window) {
  const SpeechRecognition = window.SpeechRecognition || window.webkitSpeechRecognition;
  recognition = new SpeechRecognition(); recognition.lang = 'zh-TW'; recognition.interimResults = false;
  recognition.onresult = function(event) {
    if (currentMode !== 'voice') return;
    const resultText = event.results[0][0].transcript;
    resultDiv.innerHTML = "聽到的語音:\n" + resultText + "\n";

    // 語音指令：最後一個參數傳 "1"，代表啟動 2 秒定時
    if (resultText.includes("前進") || resultText.includes("向前") || resultText.includes("直走")) {
      statusDiv.innerHTML = "語音觸發：[前進] (2秒後自動停)"; sendMoveCommand("FORWARD", "1");
    } else if (resultText.includes("倒車") || resultText.includes("後退") || resultText.includes("退後")) {
      statusDiv.innerHTML = "語音觸發：[後退] (2秒後自動停)"; sendMoveCommand("BACKWARD", "1");
    } else if (resultText.includes("左轉") || resultText.includes("向左")) {
      statusDiv.innerHTML = "語音觸發：[左轉] (2秒後自動停)"; sendMoveCommand("LEFT", "1");
    } else if (resultText.includes("右轉") || resultText.includes("向右")) {
      statusDiv.innerHTML = "語音觸發：[右轉] (2秒後自動停)"; sendMoveCommand("RIGHT", "1");
    } else if (resultText.includes("停下") || resultText.includes("煞車")) {
      statusDiv.innerHTML = "語音觸發：[停止]"; sendMoveCommand("STOP", "0");
    }
  }
}
```

## 學生學習成效分析

本專題適合於國高中科技領域專題課程實施，能有效引導學生打破過往對微控制器「一對一」的僵化指令，建構全新之 AIoT 跨領域系統整合觀念。在人機互動與 AI 技術體驗層面，透過導入 LLM 之語意辨識機制，讓載具得以精準解析「前進」、「向前」甚至「出發」等多元自然口語，此舉不僅能讓學生切身體會自然語言介面 (natural language inference, NLI) 之語意容錯性與靈活性，亦大幅增強學生在專題實作之成就感與主動探索之動機。

而在運算思維與工程問題解決層面，學生在面對語音訊號傳輸與機電反應之實務情境中，能展現出高度之邏輯分析與除錯能力；例如當學生觀察到語音指令發送後小車會持續行駛之現象時，能主動發起小組討論並進程式修正進行調整，展現由問題發現到流程優化之工程思維脈絡。綜上所述，本專題成功將中學階段科技領域加以統合，並有效培育國高中學生具備因應未來科技所需之跨領域系統整合實務與人機互動 (human-computer interaction, HCI) 設計之核心素養。

## 教學實施與注意事項

在教學場域之部署與通訊層面，本系統基於區域網路 (local area network, LAN) 架構進行資料傳輸。因此，現場教學環境之無線訊號傳輸品質與頻寬穩定度為影響人機互動延遲性之關鍵因素，使用者操作之終端控制介面（如筆記型電腦）與 ESP32 邊緣微控制器須連結至同一無線網路或行動熱點，方能順暢完成語音封包之解析與語音指令之即時回傳。此外，因 ESP32 開啟 Wi-Fi 模組進行持續性高強度

資料傳輸時會產生較高之峰值電流需求，供電系統須配置具備高穩定電壓輸出之鋰電池（如 18650 鋰電池），以避免微控制器因電壓突降而導致系統重啟或網路中斷，影響載具行駛的流暢度與穩定度。

而在硬體機電整合層面，傳統塑膠齒輪箱之直流減速馬達（如黃色 TT 馬達）受限於材料剛性與製造公差，其齒輪嚙合誤差常導致兩側輸出軸產生轉速不對稱現象，使載具在直走行駛時產生非預期的偏差。為優化載具之行駛穩定度，建議於實務範例中改採金屬齒輪減速馬達，或於嵌入式程式端導入脈衝寬度調變（PWM）速度補償機制，針對左右側馬達輸出進行微調校正，以維持車體直線運動之精準度。

## 未來展望

本專題將持續秉持「低硬體門檻、高 AI 體驗」之教學核心理念，從軟體普及、感測整合與多模態互動三大教學面向進行課程深度與廣度的拓展，為國、高中科技領域提供更具前瞻性與易推廣性的 AIoT 跨領域教學教材：

### 一、降低學校設備門檻，實踐 AI 教育普及化

本專題最大之教學突破，在於學生無需另外購買市面上昂貴且功能封閉之專業語音辨識晶片。教學上僅需利用課堂現有的電腦設備與低成本 ESP32 主控板，結合 Web API 與雲端 LLM，即可讓學生在極低的硬體預算下，體驗最主流的自然語言控制。未來將進一步模組化此教學流程，協助更多基層學校克服科技教育設備昂貴的痛點，落實 AI 普及化的教育理念，讓每位學生都能輕鬆邁入人工智慧科技的大門。

### 二、融入多元感測元件，深化工程問題解決與運算思維

在後續的進階課程規劃中，本專題的載具可作為彈性極高的教學平台。未來將引導學生於小車上組裝超音波感測器、紅外線循跡模組或光敏元件等硬體。透過將「AI 雲端語音指令」與「邊緣感測器即時數據」的結合，學生已不再只是設計單一遙控車，而是能符應「環境感知與自動避障」等高階情境，藉此培育學生軟硬體整合以解決真實世界問題的工程思維。

### 三、整合手勢辨識與機構設計，實現多模態人機互動

為提升專題實作之跨領域深度，本教案規劃在載具上加裝抬升機械臂和可開合夾爪，並導入 MediaPipe 手勢辨識技術，讓學生在未來能同時運用「語音指令」與「手勢動作」來精準控制小車行駛、手臂抬升與夾取物件。透過將語音與手勢結合的人機

互動專題，能激發學生對智慧製造與機器人開發的興趣，引導其從單純的載具操控，進階成為具備前瞻科技整合能力的 AI 創新者。

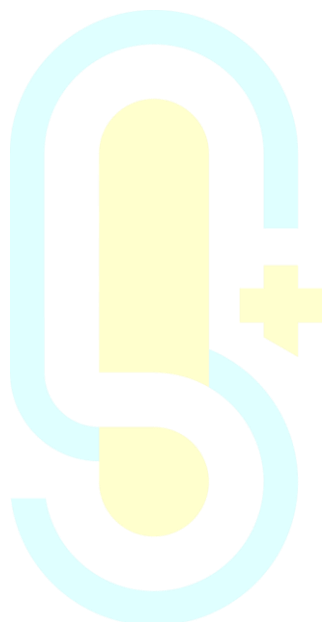
## 參考文獻

教育部（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—科技領域。國家教育研究院。

陳侑成（2022）。AIoT 結合智慧製造技術發展現況與展望。機械工業雜誌，466，23-29。

## 附件

❖ 本教材官網網址 <https://reurl.cc/p8pqz4>



# 從「玩轉」到「前瞻實驗室」： 一門高中跨校選修的三度迭代

曾慶良

臺北市立永春高級中學數學教師、臺北市 3A 教學基地中心主任

## 開場：50 個學生，5 個鏡頭

114 學年第一學期開學第二週，週五下午第 3 節，我打開電腦，準備上「前瞻實驗室：Gen AI 與量子電腦的 XR 創作設計」的第一堂課。Google Meet 視窗裡陸續出現 50 個學生的名字，他們來自臺北市八所不同的高中。

我點開鏡頭，喊了一聲「同學早！」回應我的是滿屏黑頭像，只有五個學生開了鏡頭。

那個瞬間我有點懷疑人生。從 106 學年在永春高中開設第一門結合 AI 的多元選修至今，已經是第八個年頭（圖 1）。實體班、跨班、跨校共學營都帶過，卻從沒遇過這麼安靜的開場。我心裡冒出一個念頭：學生對這門課真的有興趣嗎？還是只是被「Gen AI」「量子電腦」這幾個關鍵字騙進來，下課就要退選了？

冷靜下來想，這也合理：一門全新的線上跨校課，學生彼此不認識、跟我也是第一次見面。鏡頭黑掉不是冷漠，是陌生。

於是我臨時改劇本。把備課用的 Google Flow 拉出來，現場輸入「a futuristic classroom with holographic displays」，三秒鐘生成一張未來感教室概念圖丟到聊天室，請大家猜這張圖裡藏了我剛剛講過的幾個關鍵字。三分鐘後聊天室刷了 47 則訊息，鏡頭也陸續開到 30 個。

我才放下心，這門課暫時還死不了。

圖 1

課程三度演進時間軸：從 106 學年原型到 114 學年「前瞻實驗室」



## 一門課的前世

「前瞻實驗室」不是憑空冒出來的課。它的前身叫「玩轉 AI、量子電腦與動畫設計」，從 106 學年開始在永春高中內部試行，到 111 學年才整理成跨校協同的完整版本：高一上下學期、每週兩節、共 2 學分。

那個版本的課程分四大模組：(1) AI 人工智慧（第 1-7 週）從歷史開講，帶 Python 環境，教監督式學習（最短距離分類器、KNN、決策樹）、非監督式學習（K-means、階層式分群）、增強式學習（Q-Learning、CNN）；(2) 量子電腦（第 8-12 週）從量子物理、量子糾纏態談起，介紹量子邏輯閘以及 Deutsch's、Grover's、Shor's 三大演算法；(3) 動畫設計（第 13-17 週）用 Storyboardthat 畫分鏡，搭配 Google Toontastic 3D、GeoGebra、Animaker 製作 2D/3D 動畫；(4) 最後三週做學習歷程 APP 上架與成果展示。

這個架構陪我走過三屆學生，反應一直不錯。但我每年心裡都有一點不安：AI 模組的內容跟產業界的距離越拉越遠。我教 KNN 跟 K-means 的時候，外面工程師已經在談 Transformer、Attention、RAG 了。

113 學年下學期，這個不安變成具體的衝擊。

## ChatGPT 把我的教案打回原形

113 學年下學期某一堂課，我請學生用 K-means 寫一個簡單的客戶分群程式。一名學生五分鐘就交了，比我預期快了三倍。我走過去看他的螢幕，他開了 ChatGPT，把我的題目原封不動丟進去，複製貼上程式碼，跑出結果。

我問他懂不懂程式裡每一行在做什麼，他誠實地搖頭：「不懂，但它跑出來了。」

我沒生氣，只是有點挫敗。問題不在學生是否作弊（其實也不能算作弊，因為我沒有禁止他用 ChatGPT），而是我突然意識到：我花了七週教學生「寫一個 KNN 分類器」，ChatGPT 五秒鐘就能寫出來，而且比我教的範例還精簡。如果這門課的學習目標停留在「會寫機器學習程式」，那這門課已經沒有存在的必要。

那個暑假我做了一個決定：把整門課拆掉重做。

新版的核心理念重新設定：與其教「機器學習的演算法細節」，不如教「人類如何在 Gen AI 時代繼續成為有價值的決策者」。所以課程的提問從「你會不會寫一個分類器？」變成「你會不會選對 AI 工具、設計對 prompt、判斷 AI 結果可不可信、把 AI 產出的素材整合成一個完整作品？」

我還做了兩個改動。第一，動畫設計模組整個翻新：GeoGebra、Toontastic 在 AI 影片生成出現後實在沒競爭力，學生用 Google Flow 30 秒可以做出比 Toontastic 三節課還精緻的成果。所以我把這個模組升級為 XR 創作設計，學生改成做沉浸式體驗，這是 Gen AI 暫時還不能完全取代的領域。第二，量子電腦模組不僅保留，反而加重—原因後面再說。

114 學年 8 月，這門課改名上架：「前瞻實驗室：Gen AI 與量子電腦的 XR 創作設計」，掛在臺北酷課雲跨校網路選修平台，每週五第 3、4 節，2 學分，開放全市 50 個名額。

## 新版的三模組與背後的 SDT

新版 18 週的課，重新規劃成三模組三週一輪（圖 2-4）：(1) Gen AI 創作（第 1-3 週）培養圖像生成、影片生成、文案與專案管理能力，主工具是 Google Flow、ChatGPT、Gemini、Claude、Canva AI；(2) 量子電腦（第 4-6 週）教疊加態、糾纏態、量子電路模擬，主平台是 IBM Quantum Composer / Lab 和 Quirk；(3) XR



創作（第 7-9 週）做 AR / VR 互動設計、360 度全景、3D 模型整合，平台選 Makar XR。第 10 週開始進入專案整合，三大模組變成學生最終專題的工具箱。

圖 2

「前瞻實驗室」三模組架構與專案整合



圖 3

18 週課程地圖：三模組三週一輪 + 專案整合



圖 4

PBL 專案導向學習四階段循環



但這次最大的改變其實不在課表，而在課表背後的设计哲學。

我引入了 Ryan 與 Deci (2000) 的自我決定理論 (self-determination theory, SDT)，把三項心理需求當成課程設計的隱形支柱：自主感、勝任感、歸屬感 (圖 5)。

自主感的落實是：每個模組最後一週開放學生自選專題方向。我不再規定全班做同樣的作業，改成「在這個範圍內，你想做什麼」。勝任感是：每個任務都做基礎、進階、挑戰三種版本，由 AI 出題工具依學生程度生成對應難度，讓沒底子的人不會被嚇跑，有底子的人也不會無聊。歸屬感最難搞，因為跨校學生互不認識。我的做法是強制混校分組，第一堂課就告訴大家：「你旁邊那個你不認識的人，就是這學期跟你一起完成跨領域作品的夥伴。」

圖 5

自我決定理論 (SDT) 驅動課程設計：三項心理需求作為教學支柱



這些聽起來蠻抽象的，但落實到每堂課的節奏上其實很具體。每堂兩節 100 分鐘的課，我固定切成三段：前 30 分鐘講解、中間 50 分鐘實作、最後 20 分鐘分享討論。講解絕對不超過 30 分鐘—這是我給自己畫的紅線。只要超過 30 分鐘的單向講授，線上課堂的鏡頭就會一個一個關掉。我試過幾次，每次都一樣。

## Gen AI 模組：從教 KNN 改成教 prompt 的那一刻

第 1 週是 AI 概念導論。我不再從感知器、神經網路那套講起，改從學生用過的 ChatGPT 切入：「你們昨天有用 AI 嗎？做了什麼？」幾乎全班都舉手，但用途很有限，大多是查作業答案、聊天或生成圖片。

我設計了一個簡單的對比練習：同一個問題「請告訴我量子糾纏的應用」，用三種方式問。第一種直接丟一句話；第二種加身分設定：「你是高中物理老師，請用 15 歲學生能懂的方式說明」；第三種加產出格式：「請用三個生活類比，每個類比附一個圖像化描述」。把三組答案放在一起比較後，學生第一次具體看見 prompt 的設計如何影響結果。那節課的學習單只有一個任務：選一個自己感興趣的主題，寫出三個層次的 prompt，再比較結果（圖 6）。

圖 6

Gen AI 模組工具地圖：能力 × 工具對照

| 能力 × 工具                      | 圖像 / 視覺生成                                      | 文案 / 對話                                    | 設計 / 視覺整合                              |
|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| 第 1 週<br>AI 概念與<br>Prompt 設計 | <b>Google Flow</b><br>每日 50 點額度<br>概念圖生成<br>主力 | <b>ChatGPT</b><br>三層次 prompt<br>比較練習<br>入門 | <b>Canva AI</b><br>版型化整合<br>視覺整合<br>輔助 |
| 第 2 週<br>AI 圖像生成<br>實作       | <b>Google Flow</b><br>2030 教室<br>概念圖生成<br>主力   | <b>Gemini</b><br>多模態整合<br>資訊聚合<br>參考       | <b>Canva AI</b><br>作品集<br>版面設計<br>輔助   |
| 第 3 週<br>AI 專案管理<br>與文案      | <b>ChatGPT</b><br>博覽會諮詢<br>時程規劃<br>主力          | <b>Claude</b><br>宣傳文案<br>撰寫<br>主力          | <b>Canva AI</b><br>海報設計<br>輸出<br>主力    |

💡 「選工具」比「用工具」更重要

|                                       |                                       |                                        |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>ChatGPT</b><br>偏理性、結構化，適合任務拆解與流程規劃 | <b>Claude</b><br>偏文學、感染力強，適合長文寫作與品牌文案 | <b>Gemini</b><br>偏整合、資訊聚合，多模態與跨資料源意見發表 |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|

第 2 週進入 AI 圖像生成。主工具是 Google Flow，每天 50 點免費額度足夠課堂使用。我給的題目是：「為你心目中 2030 年的高中教室生成一張概念圖。」課堂結束前作品傳到共用相簿。有一組做了「漂浮在大氣層的玻璃溫室教室」，視覺很震撼；另一組做了「沉到海底、可以即時觀察珊瑚的潛艇教室」，配色細膩到讓人懷疑是不是專業設計師代工。那節課最後我沒講評，就讓他們互相看互相讚嘆——有時候教學就是這樣，老師閉嘴比較好。

第 3 週進到 AI 專案管理與文案。我安排一個團隊任務：用 ChatGPT 規劃「校園科技博覽會」的兩週籌備時程，用 Claude 寫對外宣傳文案，用 Canva AI 設計海報。

學生很快發現各家 AI 有各自的脾氣—同一份文案，ChatGPT 偏理性結構化，Claude 文學味重，Gemini 比較會做資訊聚合。學會「該用哪一個」比學會「會用」更重要。

三週課程結束後，學生仍不會寫一行機器學習程式碼，但已開始能判斷哪些任務適合使用 AI、如何驗證 AI 答案的可信度，以及哪些部分不能由 AI 取代。這比我以前教 KNN 難得多。

## 加重量子電腦教學的比例

有幾位老師私下問過我：「Gen AI 都這麼強了，高中還需要教量子電腦嗎？是不是應該砍掉，換成 AI Agent？」

我的回答是：正因為 Gen AI 這麼強，才更應該教。

理由有兩個。第一個是時間軸：Gen AI 是現在式，量子電腦是「進行式中的未來式」。未來十年最大的算力突破，幾乎所有產業預測都指向量子。學生現在 16 歲，他們進入職場時，量子電腦會像今天的 GPU 一樣常見。第二個理由更重要：Gen AI 教學生「使用黑箱」，量子電腦逼學生「面對機制」。一個只會用 AI 卻完全不懂底層原理的世代，是危險的。

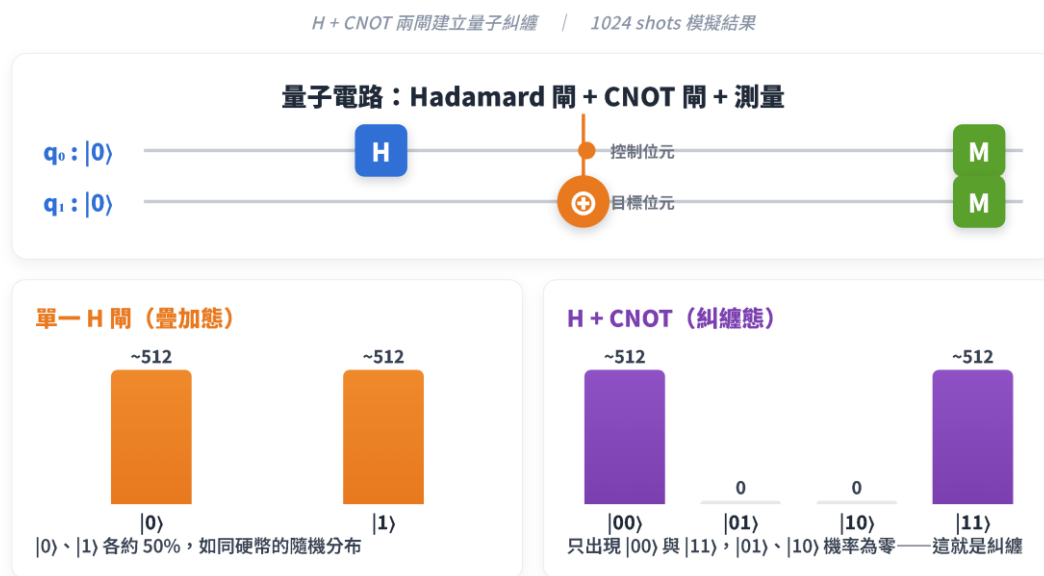
所以新版量子電腦模組濃縮在三週，主工具改成 IBM Quantum 雲端平台 (quantum.cloud.ibm.com)。免費註冊就能用 100 個量子位元的處理器，這在五年前根本不可能。

第 4 週講概念。我用了一個比較土的比喻開場：古典電腦像「翻書」，你得一頁一頁找答案；量子電腦像「把整本書攤開，每一頁同時看」。這個比喻不完全精確，但夠用—量子物理本來就很難用生活語言講清楚。學生眼睛一亮，問題就跑出來了。

第 5 週進實作。我帶學生上 IBM Quantum Composer，這是圖形化拖放介面，不寫程式碼。我們做一個極簡的疊加態：把 H 閘 (Hadamard) 拖到  $q_0$ ，加上測量閘，跑 1024 次，看到  $|0\rangle$  跟  $|1\rangle$  各約 512 次，跟硬幣一樣 50/50 (圖 7)。學生第一次看到這結果都會問同一句話：「老師，這不是隨機亂猜嗎？」我說：「對，但你下週會發現，這個『隨機』不是亂猜，是真的同時存在兩種狀態。」

圖 7

IBM Quantum 貝爾態 ( Bell State ) 電路示意與 1024 shots 模擬結果



第 6 週做貝爾態 (Bell State)。H 閘加上 CNOT 閘串起來，創造兩個量子位元的糾纏。跑出來只會出現  $|00\rangle$  跟  $|11\rangle$ ， $|01\rangle$  跟  $|10\rangle$  機率為零——這就是糾纏的證據。學生看著結果直方圖，第一次感受到什麼叫「物理直覺崩塌」。有一個學生事後在學習日誌裡寫：「我覺得我的世界觀有點裂縫了。」這種反饋我教書這麼多年，第一次看見。

114 學年寒假，我還帶選修課裡選出來的六位學生去中原大學參訪量子電腦實驗室，從教室裡的雲端模擬，走到真實的低溫量子硬體前面。那一趟是整學期學生印象最深的事，回來後好幾個學生主動問我寒假能不能繼續做量子的延伸專題。這種主動，是課表逼不出來的。

## XR 模組：學生教我的事

第 7-9 週是 XR 創作模組，平台選 Makar XR。這是臺灣自主開發的 XR 編輯器，免費教育版帳號，最大優點是「不寫程式」就能做 AR、VR、MR 內容 (圖 8)。

第 7 週的入門任務是 AR：學生上傳一張自己的照片當辨識圖，匯入一個 3D 模型，設定點擊互動。下課前，每個學生都做出「用手機鏡頭對著自己照片就會跳出 3D 角色」的小作品。讓學生立刻看到成果，有助於維持他們的學習動機。

第 8 週做 AR 互動設計，第 9 週做 VR 場景。學生在 VR 模組裡的作品比我預期的有意思很多。有一組做「臺北捷運博愛座 VR 體驗」，讓使用者戴上 VR 進入捷運車廂，



模擬不同身體狀況的人對博愛座的需求；另一組做「永春高中 VR 校園導覽」，把學校五棟建築物 360 度拍下來，加上熱點介紹，讓新生入學前能先「走」一遍校園。

圖 8

學生 XR 創作代表作品案例（結合議題意識的沉浸式創作）



老實說，技術不難，Makar XR 已經把門檻降得很低。我欣賞這些作品，主要是因為學生把自己的觀察和議題意識帶進了創作。他們運用 AR/VR 回應自己在乎的真實問題，而不是只拿來炫技。

這是 XR 模組教給我的一件事。幾年帶課下來，我反而從學生身上學到很多。當技術門檻夠低、創意空間夠大時，學生常會帶來老師意想不到的作品。

學期結束時，這些作品會送去跨校 XR 創作競賽。過去幾年陸續拿到特優與佳作，作品也成為學生學習歷程檔案裡很有分量的一頁。

## 那些上課當下才發現的坑

寫到這裡很美好。但這門課第一個學期，其實踩了不少坑。

第一個坑也是最大的：程度光譜大到爆炸。同一堂課裡，有學生已經會用 Python 寫小爬蟲，也有學生連 Google 帳號都還沒申請。一開始我硬要全班步調一致，結果是「快的人無聊、慢的人崩潰」。後來我學會用 ChatGPT 當「分流出題工具」，同一個概念生出基礎版、進階版、挑戰版三種任務，學生自選等級。這招很簡單，但花了我大概一個月才想到—很多時候老師卡關，不是因為問題複雜，是因為自己沒先把工具用熟。

第二個坑是鏡頭黑幕，前面已經講過了，這裡不重複。



第三個坑是「軟體安裝地獄」。有些學校的電腦不能裝軟體，學生只能用手機上課；有些用家裡的舊筆電，跑 Python 環境光等就要 15 分鐘。後來我把整門課全面雲端化，Google Colab、IBM Quantum、Makar 線上版，只要有瀏覽器就能跑。代價是有些進階操作做不了，但對線上跨校這個取捨值得。

第四個是跨校組隊。學生互不認識，前三週幾乎沒互動，分組討論變成五個人對著螢幕沉默。我祭出強制混校分組加破冰任務表，第四週起明顯改善。不過坦白說這還是我目前最頭痛的部分，每屆新生來都要重新摸索一次。

還有一些小坑就不一一細說了，比如截稿日撞期、線上會議錄影檔太大丟不上 OnO、家長以為我們是補習班來抗議的—這些都是線上跨校課的特殊「副作用」，不放在本文的篇幅裡。

114-1 學期結束時的滿意度問卷顯示，「非常滿意」占 84%、「滿意」占 12%，合計 96% 的正向回饋。其餘為「普通」3%、「待改善」1%（圖 9）。我反而更重視這 4% 的意見；學生寫下「老師可以再多一點實作時間」「希望期末發表能改成展覽形式」等建議，都是下一輪調整課程的重要依據。

圖 9

學生課程滿意度問卷統計：正向回饋 96%



## 寫在最後

開了八年的 AI 多元選修後，我最大的轉變，是重新理解教師這個角色。

最早幾年我比較像個傳統老師—我會、學生不會，我教、學生學。中間幾年比較像教練—學生練習我看著、出錯我糾正、有疑問我解答。

到了「前瞻實驗室」這個階段，我自己也說不太上來是什麼角色了。比較像一個跟學生一起做實驗的人（圖 10）。Gen AI 怎麼用最有效？量子電腦的應用場景在哪？XR 創作的商業模式長什麼樣？這些問題其實我也沒有標準答案。我和學生的差別，只是多一些背景知識與教學經驗，也較能判斷該選哪一種工具。

圖 10

教師角色轉變



但這樣也挺好的。當老師不再非得是「答案的擁有者」，課堂的能量反而完全不一樣。學生不再只是等答案，會跟著我一起問問題、一起試錯。有時候答案是學生先找到的——這幾年我已經習慣了。

「讓每位高中生，都能親手觸碰未來科技的力量。」這是我寫在課程首頁的一句話。當初只是想拿來當 slogan，沒有想太多。但開了一年下來，我發現它也能成為一項檢驗標準。每堂課結束時，我會問自己：今天 50 個學生裡，有沒有人因為這堂課，第一次摸到了一點點未來？

有就好。沒有也別氣餒，下週再試。

## 參考文獻

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55 (1), 68–78.



# AI 時代的能源素養與 SDGs 教學轉化：

## 以日本「原子力科学館」為例

劉淑雯<sup>1</sup>、黃明宏<sup>2</sup>、黃譯平<sup>3</sup>

<sup>1</sup>臺北市立大學退休助理教授、<sup>2</sup>國小退休主任、<sup>3</sup>長庚醫院醫研部經辦

### 前言：AI 時代下的「能源」新思維

近年來，人工智慧（AI）快速改變全球科技發展，也重新定義了「能源」的重要性，從大型語言模型的訓練、生成式 AI 的普及，到高速運算與雲端資料中心的擴建，這一波一波科技巨浪，皆仰賴穩定且充沛的電力才得以推動。

臺灣憑藉著完整的半導體產業鏈與頂尖的晶片製造技術，已然成為全球 AI 生態系的核心樞紐，而能源供應的穩定與電力系統的韌性，則成為攸關產業發展及國家競爭力的關鍵。當大眾的目光聚焦於 AI 晶片的算力、製程與能源轉型時，我們更應理性追問：支撐未來科技發展的電力究竟從何而來？各類能源的特性、效益與潛在影響，我們是否已有了充分且客觀的理解？

能源議題不只是單純的工程技術專業，亦深刻交織著環境永續、社會公平、公共安全、經濟發展與世代責任的多維度思維。其中，核能是最具代表性「看不見」的能量，它源自原子核內部的能量轉換，抽象且難以直接感知，因而長期伴隨期待、疑慮與價值辯論。如何能將艱深的科學概念轉化為可理解、可探究的知識，並引導學習者從多元觀點思考能源選擇，是 AI 時代科學教育與公民素養培育的重要課題。

本文以日本「原子力科学館」為例，透過參訪與觀察，簡介其如何藉由展示、互動體驗與生活情境，協助大眾及參觀者理解原子、核能與能源科技，並進一步探討聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）將能源議題延伸為融合 STEAM 教育、科技素養與永續公民培育的跨領域學習，期盼提供教育現場更多面向的教學參考與啟發。

### 從好奇到能量，認識原子與核能的多元應用

「我並沒有什麼特別的才能，只是懷抱著無比的好奇心。」（I have no special talents. I am only passionately curious.）這句愛因斯坦（Albert Einstein，1879–1955）的名言，道出了科學探索最珍貴的精神。

被譽為「現代物理學之父」的愛因斯坦，不僅改變了人類對宇宙時空的理解，更透過質能關係式  $E=mc^2$ ，揭示質量與能量可以相互轉換的基本原理，開啟了人類重新認識原子世界的大門。這項理論不僅成為現代核子科學的重要基礎，也讓人們理解，在肉眼看不見的原子內部，蘊藏著極為巨大的能量。

隨著二十世紀核子科學的快速發展，原本停留於理論層次的研究，逐漸轉化為影響現代社會的重要科技。今日，核能的應用早已不限於發電，而是廣泛存在於醫療、工業、農業、環境保護與太空科技等領域。例如，核子醫學中的正子斷層掃描與癌症放射治療、工業上的非破壞檢測、食品與醫療器材滅菌、農作物育種、以及太空探測器的深空任務，都展現核能科技在日常生活與尖端科技中的多元價值。

然而，相較於其他能源形式，「核能」源自原子核分裂所釋放的能量，因為無法肉眼直接觀察，「看不見」的特性讓人感到陌生，甚至產生誤解或恐懼。因此，如何將抽象的原子概念轉化為可觀察、可體驗、可理解的學習歷程，不只是科學傳播的重要課題，更是能源議題的一大挑戰。

## 「原子力科学館」的發展歷程與教育基地的定位

一座理想中的社教機構或科學博物館，若能將這些肉眼看不見、概念極其抽象，甚至在社會上充滿爭議的能源議題，轉化為一般大眾與小朋友都能聽得懂、看得明白的展示，還能引發人們深度思考的歷史故事，那麼，坐落於日本茨城縣的「原子力科学館」（暫譯：原子力科學館）是一處值得借鏡的典範。

該館所在地的東海村，曾於 1999 年經歷日本首起嚴重的「JCO 臨界事故」（Japan Nuclear Fuel Conversion Co., Ltd.，日本核燃料轉換株式會社，因人為違規操作而引發核分裂鏈式反應災難），加上後來發生的福島第一核電廠事故，這些重大歷史科技事件，深刻影響和重塑了公眾對於科技安全與風險的認知。

在充滿痛點與社會爭議的環境下，由日本「公益社團法人茨城原子力協議會」營運的原子力科學館，因此以中立的角色，將核能與放射線的專業知識，轉化為大眾可理解的學習內容，並透過教育推廣，深化社會認識及促進科學技術的發展，致力成為一處結合科學教育與公共溝通的場域（公益社團法人茨城原子力協議會, n.d.）。

此公益社團法人前身為「茨城原子力開發協議會」，成立於 1959 年，不僅是日本核能研究與技術發展之先驅，其組織成員涵蓋了茨城縣內 44 個市町村，以及核能與相關產業領域的企業與團體，形成一個政府單位、產業與民間的合作網絡，為推動公共對話

的重要平台，奠定了該館堅實的專業技術後盾，同時也凝聚和具備了難得的社會信任。此協議會於 1963 年設立「茨城縣立原子力館」以推廣核能知識，並在 1996 年全面更新內容，以現今之名成為綜合性的展館，是日本放射線與核能教育的重要基地。

## 隨著愛因斯坦出發，看見核能的世界

走進原子力科學館，彷彿隨著愛因斯坦展開一場神奇的探索旅程。館內不僅呈現技術知識，更透過互動設計，將「看不見的能量」轉化為可體驗的學習歷程，使參觀者逐步建立對能源、科技與社會之間關係的整體理解（圖 1）。

圖 1

「原子力科學館」以愛因斯坦為代言人，歡迎大眾進入科學理解與公共思考的核能教育場域



註：照片係作者拍攝及提供。

館內以五大展區構成一條完整的學習動線（以下展區名稱暫譯）：「原子旅行」（Atomic Travel）認識原子，解開對原子的疑問並理解其原理；「放射線的真相」（Radiation Box）看見放射線的真相，學習放射線的性質與影響；「自然小鎮」（Nature Town）探索並理解自然界中的放射線及其影響；「科技街」（Tech Street）瞭解核能與輻射在醫療、工業與日常生活中的應用。最後，「心聲音場」（Voice Field）則聚焦核能的未來與人類的選擇，思考和探討對於核能應用的看法，以及發表我們未來生活模樣的心聲和意見。這樣的架構，不僅是知識分類，更是一種精心設計的學習歷程。

### 一、認識原子與原子力

在「原子旅行」展區中，觀眾在沉浸式劇場的動態影像之中，由虛擬的愛因斯坦博士引領下，探索由原子核與外圍電子組成的原子結構，並且認識我們所處的世界，無論生物或非生物，皆由「原子」所構成。

當原子核處於不穩定狀態並釋放能量與粒子時，即產生「放射線」。放射線具備穿透物質並傳遞能量的特性，除了自然存在於環境中，也廣泛應用於癌症治療、行李安檢



及能源發電等現代科技領域。這些應用展現了放射線在醫療、公共安全與能源系統中的多重角色（圖 2）。

圖 2

圓柱形劇場空間中，以弧形螢幕、動態的視覺效果，沉浸在原子結構之中。



註：照片係作者拍攝及提供。

在館內的參觀動線中，一面巨幅展牆「広大な宇宙空間から ミクロの世界へ 旅をしよう」（從浩瀚宇宙走向微觀世界，展開認識原子的旅程），引導參觀者進入尺度轉換的學習情境。

在展示牆中央，以「人體尺寸與兩人對話」作為基準點，向左右兩側分別延展出「小さな世界 体の中へ」（進入身體之中看見微小世界）與「大きな世界 宇宙へ」（邁向太空放眼無垠宇宙）。以「人」為出發點的不同方向，將浩瀚宇宙與微觀世界納入同一條連續的軸線之中，亦表現出尺度與能量在不同層級間的連續性，構成雙向的學習探索。

展示內容的尺度，則以日常可感知的經驗奠基數學量化的理解。標示以「10 的次方」（Powers of Ten）為單位，將  $10^0$  m（1 公尺，約兩人交談的距離）作為認知起點，隨著視覺引導逐步縮小至  $10^{-1}$  m（手掌）、 $10^{-3}$  m（頭髮直徑）、 $10^{-6}$  m（細胞）、 $10^{-9}$  m（DNA）與  $10^{-10}$  m（原子），參觀者得以從人體尺度進入不可見的微觀層級；另一側，視線則由人體延展至街道、地球、星系等宇宙尺度。此種以科學記號（ $10^n$ ）為核心的展示策略，將抽象的數學概念轉化為具體的視覺與空間經驗，使學習者在宏觀與微觀之間建立連續的尺度感及認識微小的原子（圖 3）。

圖 3

館內的「10 的次方」展牆，引導觀眾從浩瀚宇宙走向微觀世界，展開認識原子的旅程



註：照片係作者拍攝及提供。

原子核中的質子數目決定了元素的種類，亦是元素週期表排列的依據。展區中設置了「實物」元素週期表，不同於傳統週期表僅有符號與數據內容，此互動式展品中每個抽象元素，皆輔以真實照片或生活中的具體應用物件，將符號轉化為可感知的物質形態。展區更深入淺出地以擁有 6 個質子的「碳 (C)」元素為例，說明它如何因原子的空間排列方式不同，既可形成柔軟導電的石墨，亦能成為堅硬透明的鑽石，引導觀眾理解元素結構與實體物質的動態關聯。

在此實物展示的基礎上，緊鄰其側的「原子與放射線」圖解，呈現相同元素在結構上的中子數差異，進一步直觀的導向更微觀的科學理論，說明碳同位素如何區分為穩定的「碳-12」與具放射性的「碳-14」。這種並置的展示設計，扣合了參觀者對「物質由何構成」的好奇心，並在視覺與直覺上突顯放射線並非憑空而來的抽象符號，而是物質在微觀世界中具體且真實存在的轉變過程，成功地將化學的元素規律與物理的能量現象相互交融（圖 4）。

圖 4

結合元素樣品圖示與放射線解說板的互動式週期表，呈現抽象知識與具象體驗的並置



註：照片係作者拍攝及提供。

## 二、「看見」放射線的真相

看不見、摸不著的「放射線」，因其神祕與無形，常成為引發大眾不安與恐懼的科學名詞。為了打破這層隔閡，在「放射線的真相」展區中，空間刻意採用深色背景與聚焦光源引導視線，突顯出本區的核心設備「霧箱（cloud chamber）」。

這座大型霧箱是原子力科學館的核心展品，其規模約為東京上野國立科學博物館展品的兩倍大，堪稱世界頂級水準。透明的箱體裡充滿了接近飽和狀態的酒精蒸氣，當帶電的放射線穿過箱體時，會使空氣分子發生「離子化」。這些離子就如散落的種子，吸引酒精分子凝結成細小液滴，於是放射線的路徑便以白色飛跡顯現，原本無法看見的放射線，因而轉化為可觀察的現象。

在霧箱中可以觀察到不同放射線的特徵：較粗且短的是阿爾法線（ $\alpha$  線），細而彎曲的是貝塔線（ $\beta$  線），而長直的軌跡則可能是來自宇宙射線的繆子（muon），還會出現像陣雨噴發般壯觀飛跡的宇宙線淋浴（cosmic ray shower）。這些瞬間出現的線條，不只是展示效果，而是自然界持續發生的真實現象。這項動態演示裝置，將平時不可見的放射線化為「肉眼可見」的軌跡，進而幫助參觀者理解其科學原理和透過視覺消除因未知所帶來的焦慮（圖 5）。

圖 5

展區牆面提問「放射線是什麼？」，引導觀眾在「霧箱」中「看見」放射線



註：

1. 巨型霧箱利用酒精蒸氣凝結原理，讓原本隱形的自然界放射線與外太空宇宙線在黑箱中化為具體的白色線條，提供科學的視覺證據。
2. 照片係作者拍攝及提供。

### 三、從放射線到核分裂轉化為能源的科學展示

除了直觀的放射線軌跡觀察，展區也透過生活化的比喻，解說「放射」的基本概念，幫助參觀者建立科學的認知。展區巧妙地以露營活動常見的「篝火」為例：「放射性物質」好比營火本身、向外傳播的光與熱可比作「放射線」，而發光發熱的能力則是「放射性」。藉此形象化地介紹放射線強度會隨距離增加而減弱的物理特性，同時，也強調放射線不僅廣泛存在於自然界中，更早已安全應用於醫療診斷、工業檢測與日常生活，引導觀眾從未知的陌生與恐懼中，走向基於科學事實的理解。

放射性元素釋放的能量，翻轉了人類對能源的理解，並在能源供應、科學研究與醫療應用中扮演著關鍵角色。其中，「鈾-235」的原子核由 92 個質子與 143 個中子組成，核子總數為 235。它是眾多放射性元素中，少數能引發熱中子連鎖反應的可裂變同位素。當鈾-235 捕獲中子而引發核分裂時，其原子核會分裂成兩個較輕的裂變產物，並同時釋放出數個中子與龐大能量。這些能量在核能發電中會被轉換為熱能，用以推動蒸汽渦輪機產生電力，這正是核能發電的核心科學基礎。

在展館中，一座「推倒骨牌」的互動裝置，生動模擬了核分裂的連鎖反應，將抽象的核子技術化繁為簡：當骨牌依序傾倒，象徵著裂變反應的持續與擴散；而當操作者動手插入「控制棒」時，便能有效阻隔或中斷傾倒鏈。這一實際操作，深刻揭示了核能工程的關鍵不在於盲目釋放能量，而是在於「精確控制」的核心價值。透過動態體驗控制棒吸收中子、調節反應速率的過程，參觀者即能理解「核能」並非一股失控的毀滅性力量，而是一套需要、且完全能被人類科技精確管理的嚴謹系統（圖 6）。



圖 6

多米諾骨牌 (DOMINO GAME) 互動式展品



註：

1. 按下底部按鈕啟動骨牌推倒，藉由「骨牌效應」(Domino effect) 來形象化模擬核連鎖反應 (nuclear chain reaction) 的物理現象。在核分裂過程中，一個中子撞擊不穩定原子核並釋放出更多中子，進而引發下一次分裂，導致反應規模呈指數級連鎖擴大。參與者通過互動遊戲，直觀地理解核連鎖反應的原理。
2. 照片係作者拍攝及提供。

#### 四、探索隱藏在日常生活中的科學密碼

在我們生活的地球上，「放射線」無處不在，天然環境中普遍存在著放射性物質，例如隱藏在地殼中的鈾 (uranium, U) 與釷 (thorium, Th) 等元素。這些物質的分布與濃度會因地理區域而異，並在自然環境或生活空間中自發性地釋放放射線。而各地的天然背景輻射強度不一，主要取決於當地地質環境中的元素成分與濃度 (圖 7)。

圖 7

「從世界各地土地中觀察放射線」說明地球本身就蘊含著天然的放射性物質



註：

1. 這些物質持續自發性地釋放出放射線，且隨著各地區的地質構造不同，環境中的輻射濃度數值也會有所差異。
2. 照片係作者拍攝及提供。

此外，我們吃的食物、日常用品乃至周遭環境，也都含有微量的放射線。「自然小鎮」展區設置了「放射線測量站」及測量儀器，供參觀者親自操作及檢測海帶、食鹽等物品，透過數值變化直觀理解放射線的存在，並建立科學性的認識。

相較於一般人常將放射線與核電廠或實驗室連結，此展區則以日常生活為場景，透過實際操作將抽象概念轉化為可感知的學習經驗。這些體驗使放射線不再只是令人不安的名詞，而成為可測量、可理解的自然現象，並進一步連結至醫療、工業與農業等多元

應用情境。促進參觀者體認放射線並非遙不可及，而是存在於日常生活之中，並在此過程中培養科學判斷能力，以科學方式重新理解物質、能量與生活之間的關係（圖 8）。

圖 8

在館內參觀的小學生操作設備，檢測自然環境中的放射線。



## 五、以模擬實境理解放射線在現代社會的角色和應用

參觀者在前述展區中親眼見證了放射線的飛跡，並理解其在自然界中的真實存在後，隨即步入「科技街」展區。此展區進一步將範疇擴展至現實的生活場景，透過模擬醫療診斷、安全檢查、工業檢測與能源發電等多元領域，將抽象原理轉化為具體的經驗，引導觀眾認識放射線與核能技術如何實質應用並促進現代化的社會。

例如，模擬超市的日常購物環境中，木製陳列架上擺放著各式蔬果與農產品。當參觀者駐足於這座模擬超市前、點擊互動螢幕時，驚奇地發現，原來放射線與我們的生活如此步履相隨。結合牆面上的「農業的利用」與「滅菌的利用」等科學說明牌，將抽象的核能技術具象化，生動傳達了放射線在農業改良、食品保鮮，以及醫療物資滅菌等日常生活領域的廣泛與多元應用（圖 9）。

圖 9

館內模擬場景，讓參觀者理解放射線在生活上的各種應用。



在「醫療應用」上，介紹放射線於癌症診斷與治療的角色，說明其在精準醫療中的重要性，使觀眾理解放射線不僅與疾病相關，更是對抗疾病的重要工具；在「行李檢查」區，操作 X 光與加馬射線掃描裝置，可透視行李內部結構，直觀理解射線的穿透原理，並連結至公共安全的實際應用；「日常用品」



展位呈現放射線在滅菌處理與工業化學中的應用，說明其如何在醫療器材與生活用品中提升安全與品質（圖 10）。

圖 10

展示放射線在醫療、工業、能源等領域的應用，並引導思考其利弊。



註：照片係作者拍攝及提供。

在此展區，除了醫療與安檢等日常應用外，「研究利用」與「發電利用」兩大主題更引領參觀者未來能源的科技視野，延伸至科學發展與未來能源的想像，構成理解核能技術的重要脈絡。

在「研究利用」（即實驗室）展位中，放射線被呈現為一種科學研究的工具。透過展示，參觀者可理解放射線如何應用於微觀世界的觀測、新材料開發及化學反應研究，並延伸至農業改良與環境監測等領域。此區強調，放射線不僅服務於既有技術，更持續推動科學探索與技術創新（圖 11）。

圖 11

實驗室（LABORATORY）模擬互動展位



註：

1. 展位透過實驗室情境佈置、科學圖表與設備陳列，生動展示放射線在科學研究領域的實際應用。
2. 照片係作者拍攝及提供。

「發電利用」展位聚焦於能源轉換與電力供應。透過模擬裝置與圖像解說，參觀者能理解核能如何轉化為穩定電力，並進一步認識發電系統的運作流程。展區同時連結日常生活經驗，使抽象的能源概念具體化為可理解的社會基礎設施，並在此基礎上，「核融合發電」專區介紹國際合作計畫與相關科學原理，說明核融合作為高效率、低碳能源的潛力，並引導參觀者思考人類能源發展的長期方向（圖 12）。

圖 12

以原子能研究為主題的展區，介紹原子反應爐 ( atomic reactor ) 的結構與用途。



註：照片係作者拍攝及提供。

## 六、我們的未來心聲音場

在現代社會的運作中，核能以其巨大的能量，默默的成為支撐我們社會繁榮的基石；然而，這份「無聲無形」力量的背後，同時也伴隨著安全性與放射性廢棄物管理等嚴峻的科技挑戰。

面對這把科學的雙面利刃，展區建構了此處互動與討論的園地。在參觀前設展區的認知基礎上，聚焦於核能的現存挑戰，進一步深化對核能安全的認知。在理解與汲取核能相關知識中，深入思考和共同探討未來能源與人類生活的關聯性，並以下列二項提問，透過來訪者現場投票，積累大眾對未來模樣的聲音與理性的意見（圖 13）：（1）核能和輻射技術仍在發展中！您會支持哪些措施？（2）為了在未來繼續過著富裕的生活，我們該做些什麼？您最想在哪方面投入精力？

圖 13

聚焦核能的挑戰與未來能源的可能性，鼓勵參觀者思考人類與核能的關係



註：圖片摘自 [http://ibagen.or.jp/j\\_tenji/j\\_tenji05/](http://ibagen.or.jp/j_tenji/j_tenji05/)

## SDGs 觀點的能源議題與教學轉化

充足的能源，深刻關乎我們每個人的日常生活。聯合國「2030 永續發展目標(SDGs)」(United Nations, 2015) 明確指出，能源議題不單是科技發展的範疇，更深涉環境保護、社會公平、經濟發展與全球合作等多重面向。基於此，能源議題不止於發電原理或能源種類的單向認知，更應引導大眾及學習者深刻理解能源、科技、環境與社會之間相互依存的動態關係。筆者認為，在教育層面需要積極將其擴展為 STEAM 跨領域學習，並轉化為更加廣泛的 SDGs 教育理念，培育永續發展與全球公民素養，賦予下一代面對未來永續挑戰所需的知識、能力與態度。

從這個角度回望原子力科學館的展陳內容，筆者發現館方並未直接以永續發展作為主題，卻已將的 SDGs 目標融入整體展示與教育設計之中。參觀者從原子的基本概念開始，逐步理解放射線、能源科技、生活應用、環境影響與未來社會，形成一條由科學理解、科技應用到公共思辨的完整學習歷程，這將使得「永續發展」不只是牆上的 SDGs 圖示和口號，而成為實際發生的學習經驗。SDGs 觀點的能源議題與教學轉化方向如下：

### 一、「SDG 4 優質教育」建立 STEAM 探究能力與素養

SDG 4 強調提供公平且優質的教育，培養終身學習能力。在原子力科學館中，運用沉浸式劇場、互動展示、霧箱觀察、放射線測量及體驗活動，引導參觀者主動提問、觀察、驗證與思考。

例如，「原子旅行」展區運用環繞式劇場帶領觀眾進入微觀世界，使抽象的原子概念轉化為具體經驗；「放射線的真相」展區則透過霧箱讓肉眼無法觀察的放射線留下飛跡，使學習者從親眼觀察建立科學理解。這些展示皆符合 STEAM 教育所強調的探究歷程，也實踐 SDG 4 倡議的探究式學習與科學素養。

## 二、理解「SDG 7 可負擔且潔淨的能源」

「原子力」(核能)是該館展示的核心主軸,「科技街」展區介紹核能發電、核融合研究及能源科技發展,並連結醫療、工業與研究等應用情境,使參觀者理解能源不只是供應電力,更是支持現代社會運作的重要基礎。

「核能」是能源系統中的重要一環。場館中的展示內容,引導參訪者理解不同能源技術各自的特性、限制與未來發展方向,培養及增進能源議題的理解能力。這是 SDG 7 希望建立的能源素養,透過這樣的展示,學習者能思考不同能源之間如何取得平衡,以及未來如何發展更安全、更有效率、更低碳的能源系統。

## 三、看見「SDG 9 產業、科技創新與基礎建設」如何改善生活

館內大量展示放射線在醫療、工業、材料分析、農業及基礎研究上的應用,使參觀者理解基礎科學和應用科技創新來改善人們的生活品質。

從醫學上的放射治療、機場 X 光安檢、醫療器材滅菌,到核融合技術研究,皆展現科學研究與工程創新的成果。此展示使 SDG 9 所強調的科技和創新能力,不只促進產業技術和經濟發展,更成為具體可理解的生活經驗,也讓學習者理解這些創新的科技並非憑空出現,而是建立於長期研究的歷程與跨領域合作之上。

## 四、能源議題是「SDG 13 氣候行動」關鍵的挑戰

全球面臨劇烈的氣候變遷與溫室氣體排放的淨零目標,使能源議題與環境、氣候行動的連結日益密切。展館內雖未直接討論氣候政策,但透過未來能源、核融合研究及能源利用等展示,引導參觀者理解能源選擇對環境所造成的長期影響。

尤其在我們的未來「心聲音場」展區中,引導大眾思考能源供應、安全、環境保護與社會需求之間的平衡,使能源教育逐步轉化為永續發展教育,也呼應 SDG 13 強調的氣候行動與永續思維。

## 五、共同建構「SDG 17 夥伴關係」的能源意識

原子力科學館除了展示內容之外,由公益社團法人茨城原子力協議會負責營運的模式,即是一項 SDG 17 夥伴關係具體實踐的範例。協議會成員包涵地域內最基層的市町村、研究機構、企業及民間團體,形成跨政府、跨產業、跨教育及跨社區的合作網絡。透過地方政府、科學機構、企業與教育單位共同投入,使能源議題不再只是學校的教育



課程，而成為社會共同參與及重視的公共教育。這樣的合作模式，展現公共博物場館在推動終身學習、社會溝通及永續發展中的重要角色。

## 六、從 STEAM 走向 SDGs 的教育轉化

綜覽原子力科學館整體的展示，從微觀的原子世界到自我的生命個體，由現今的生活到未來的生存和發展，勾勒出「原子 → 放射線 → 能源 → 科技 → 社會 → 永續」這條清晰的教育歷程。

這不僅是認識核能或放射線的科學展示，更是一場從科學證據出發，理解不同能源技術的優勢與限制，並兼顧環境、經濟與社會的多元面向，從 STEAM 走向 SDGs 的教育轉化。當來訪者或學習者在此場館中探究、理解與對話的歷程中，審視科技、社會與環境相互依存的關係，參與系統性的批判思考，公民參與、合作、溝通，將科學理解轉化為 SDGs 永續行動與全球公民責任的認知，則能促進和實踐永續發展的目標。

## 在閱讀中活化思考，讓大腦也開始「發電」

《超級電力》(Super Power) (第 2 版)

作者：菲利浦邦廷 (Philip Bunting)

譯者：彭卉薇

繪者：菲利浦邦廷

出版社：格林文化事業股份有限公司 2024/09/01



(圖文來源：<https://www.eslite.com/product/10012023502682626204000#2>)

從孩子熟悉的角度引導他們理解「電」與「能源」，一冊易讀易懂的科學繪本，就是最好的起點！《超級電力》正是這樣的一本書。

這本書從孩子最常提問的好奇出發，例如：「燈泡為什麼會亮？」「電是怎麼來的？」透過幽默的插圖和簡單清楚的文字，把原本看不見、也不容易理解的電力概念，在閱讀中一步一步轉化為具象的圖像與故事，讓孩子在笑聲與驚奇中建立科學基礎，並進一步思考能源、環境與未來的可能。

這本書沒有艱深的科學解釋，並且，書中不只介紹「電怎麼來」，還帶領讀者看見更大的脈絡：從發電方式、節約用電，到再生能源與環境保護。精緻的圖文內容，也自然

呼應了永續發展目標中「潔淨能源」的概念，促進閱讀者理解電力不只是人們生活中便利的能源，更是和地球的未來息息相關的重要議題。

這本書適合作為能源議題的引入教材，可以從生活經驗出發，延伸到能源轉型、環境影響，甚至公共討論。在親子共讀中，圖文內容可以轉化為引發孩子思考的提問，例如：「如果沒有電，生活會有什麼改變？」、「我們可以用什麼方式發電？」；對教學者或指導者來說，這些問題也是 STEAM 和 SDGs 跨領域學習最好的開始，不只是指導學生們理解知識，更是開始活化大腦思考：

- 一、我們為什麼需要能源？
- 二、能源可以從哪裡取得？
- 三、我們要選擇什麼樣的能源方式，才能兼顧生活與環境？

## 結語

在能源轉型與氣候變遷的背景下，「核能發電」再度成為全球高度矚目的社會議題。而近年來各地電力的需求，增強了重啟核電廠的全球趨勢，此亦顯示「核能」不僅是一項能源技術，更是一個交織了科學、工程、環境與社會爭議的跨領域學習入口。

日本「原子力科学館」將「看不見的能量」轉化為「可理解經驗」的場域，不僅是知識傳遞的空間，更是促進社會理解與信任生成的對話平台。藉由筆者實地參訪的觀察，試探其核能安全教育的展示設計，以及蘊含在 STEAM 教育中的意涵，期盼本文如同微妙的原子在結構改變中釋放無限能量，為能源議題引言和作為思考與對話的起點，激發出更多關於教育、學習及未來永續發展的創新和可能。

## 參考文獻

公益社団法人茨城原子力協議会。(n.d.)。原子力協議会について。

[http://ibagen.or.jp/k\\_aboutus/](http://ibagen.or.jp/k_aboutus/)

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>



## 森棚教官數學題：只要肯找

游森棚

國立臺灣師範大學數學系教授

隨便先說一個二位數，比如 12。

請問在 2 的正整數次方中，12（視為二個數碼的數字）可以出現在什麼地方？

可以是 .....12 嗎？（即 12 能否出現在最末兩位）

可以是 .....12\* 嗎？（即 12 能否出現在百位數和十位數，其中 \* 表示一個數碼）

可以是 .....12\*\*嗎？

可以是 12..... 嗎？

可以是 \*12..... 嗎？

可以是\*\*12..... 嗎？

