

論壇

探究取向之教材設計與發展

時 間 2024 年 10 月 28 日（星期一）上午 10 時

地 點 視訊會議／Google Meet

主持人 吳俊憲 國立高雄科技大學師資培育中心教授

陳世文 國立東華大學教育與潛能開發學系副教授

與談人 吳錦惠 台南應用科技大學幼兒保育系助理教授

李美惠 教育部國民教育中央輔導團自然科學領域分團

副召集人

李捷葳 龍騰文化事業股份有限公司企研處協理

洪逸文 國立臺灣師範大學附屬高級中學教師

傅麗玉 國立清華大學學習科學與科技研究所教授

盧政良 高雄市立高雄高級中學教師（依姓氏筆劃）

前言

吳俊憲：近年來各國教育改革均重視學生探究素養的發展，以探究為取向的教材設計與發展亦備受矚目，已成為《十二年國民基本教育課程綱要》（以下簡稱十二年國教課綱）的方向與重要目標，中小學實務現場的教學與學習也正朝向此變革而努力。期許各位教育先進對於不同教育階段（如中學教育、小學教育等）、不同學習領域（如科學領域、社會領域等）教材如何強化探究取向的設計與發展，提出多元之分析視角與革新建議，以符應當前強調學生主動探究的教育思潮。

探究取向課程設計的困境與回應

盧政良：首先是探究取向融入課程設計的部分，我查了相關的文獻，是因為目前在教學現場確實存在普遍的一些困境，大家會質疑為什麼做探究取向的教學設計？教學現場是不是有這樣的需求？會不會教？甚至應該說教師認為值不值得教？這都是我們經常遇到的問題，此外，學生與家長的認知也是相當重要的因素。

我常常舉個例子，大概在十二年國教課綱的前兩年，我習慣帶著學生逐步檢視學習表現與學習內容，並向他們說明課堂的活動與安排。有時候，即使經過好幾個禮拜，還是會有比較認真的學生忍不住問我：「我們什麼時候開始要上課？」、「什麼時候要發課本？」這反映了在教育現場普遍存在的觀念，認為教師在黑板前面講解題目，學生在座位上抄寫，才是真正的上課模式。不過經過這幾年的努力，學生們逐漸體會到學習的樣態轉變，包括大考的趨勢，也逐漸增加探究取向的素養試題，逐步受到更多人的接受。此外，許多教師透過參與探究實作年會或自主學習發表會等相關活動與研習，逐漸體認到以往學科教學中探究能力的培養是不足的，而在十二年國教課綱的學習表現中探究能力占了非常大的篇幅，因此大家逐漸建立了這樣的認知。然而，不可否認的是，還是有些教師習慣以比較傳統的方式教授學科知識，甚至在大考之後，一些補習班會激烈批評素養導向的試題，質疑其合理性。相反地，很多教學現場的教師反而認為，這些批評者沒有真正用心理解課綱所希望培養學生的能力。整體而言，我覺得這方面的狀況其實正在逐漸進步中。

資訊與通訊技術工具融入課程設計

接下來我們要如何融入課程設計呢？實際上，我們教學時數非常有限，尤其以物理科而言，十二年國教課綱常受到討論，因為課程內容並未減少，但授課時數卻變少了，這使得教學面臨很大的進度壓力。

近幾年來，我也觀察到許多夥伴的經驗分享，他們運用 ICT (information and communications technology) 工具設計探究取向的課程，能在較短的時間內，讓學生充分經歷探究的歷程，取得不錯的成效。此外，我也注意到大考試題的趨勢，目前有愈來愈多探究類型的題目。我常用這類型試題作為範例融入課程中，讓學生透過手機或平板進行實際演練，親自觀察與體驗，進一步加深對現象的理解與感受。

從理論到實作：運動學教學實例

舉例來說，107 學年度學測自然科第 55~56 題，就是評量學生如何利用智慧手機量測加速度的試題。學生平時透過課本和習題，計算過無數次的加速度，但如何實際進行量測，卻很少有機會操作。當年這兩題的鑑別度是負值，引起了不少熱烈的討論。有些老師因此質疑試題品質，但我們徵詢過測評專家的意見，他們認為鑑別度呈現負值並不一定表示題目設計有問題，也有可能反映出教學現場的教學方式值得檢討與改進。

因此，我們持續在課程中進行相關努力，透過 ICT 工具讓學生能以手機或平板等數位載具，在課堂上快速進行這類簡短的探究體驗，甚至鼓勵他們在課後自行發展更深入的探究主題，形成完整的學習歷程記錄。

目前國際間廣受重視的 IBDP (International Baccalaureate Diploma Programme) 課程，便明確要求學生在掌握學科知識的同時，能完成小型的探究專題。這樣的教學理念，正與我們現今推動的「探究取向」或「探究與實作」課程精神高度契合。

以運動現象的探究為例，過去我們在教授運動學時，教師大多只能透過靜態的黑板解說與計算，頂多輔以肢體語言比劃來協助學生理解。但現代科技進步之下，我們可以讓學生使用智慧型手機拍攝運動影片，再透過影片分析，精確擷取物體每個位置的點位，轉化成具體且動態的資料圖形，讓學生更加直觀地理解運動學概念。舉一個具體的例子，學

生從國中開始學習位置—時間圖（ $x-t$ 圖）、速度—時間圖（ $v-t$ 圖）以及加速度—時間圖（ $a-t$ 圖），當我們要求學生或老師從已知的 $x-t$ 圖繪製出 $v-t$ 圖時，經常出現許多錯誤。我們在課堂上鼓勵學生主動嘗試繪製，不強調立即的正確與否，而更重視過程中的觀察與思考，讓學生從錯誤中快速修正、調整原有的概念，甚至進一步自行繪製 $a-t$ 圖。透過這樣的方式，學生不僅能在短暫的課堂活動中快速體驗到探究過程，更能建立起真正的理解。

此外，我們也將這類主題發展成素養導向評量試題，乃至教育部的「因材網」（<https://adl.edu.tw/HomePage/home/>）上也提供了許多互動式試題，讓學生透過 ICT 工具培養探究的能力。探究能力還包含理論建模與數值計算，現今的數位科技提供了相當大的便利性。例如過去在教學斜拋運動或阻尼振盪這些抽象概念時，教師往往只能停留在理想狀態的簡諧振盪。但現在透過數位工具的融入，我們能快速地將真實世界中存在阻力的阻尼振盪現象呈現給學生，並強調程序性知識與認識論知識，提醒學生真實情況與理想理論之間的差距，進一步學習如何透過修正理論模型，為未來的大學學習奠定更扎實的基礎。

理論模擬與數據擬合

數據擬合與理論模擬同樣也是深受學生歡迎的課程活動。例如，我們只需要利用半節課的短暫時間，就能讓全班同學分別取得不同長度的單擺，進行週期測量，並將測量結果即時上傳到雲端，讓學生立即練習數據擬合與分析如圖 1。許多科學理論與概念的發展並不僅限於理論推導，我們也經常透過「數據驅動」（data-driven）的方式，直接透過數據進行理論建模與數據擬合，進而獲得真實的科學知識。

以 ICT 工具融入的月相探究課程為例，就是一個典型的探究與實作課程設計。這個課程原先是由臺師大任宗浩教授與建中林炯伊老師所發展的數學素養導向課程，後來我們將其轉化為探究與實作的課程形式。

學生透過掃描 QR Code (<https://reurl.cc/zARpb7>)，獲取大約 50 張不同日期的月相照片，接著探討如何精確量測月球發光的面積，並將所得數據整理分析（詳網址：<https://reurl.cc/NqdbZm>）。最後呈現出的數據圖形竟然是一條相當精美的正弦函數（sin 函數）如圖 2。這樣的課程經驗讓學生了解到，生活中隨處可見的自然現象其實都可以透過科學的方式進行量化分析與理解，達到真正的素養導向學習。

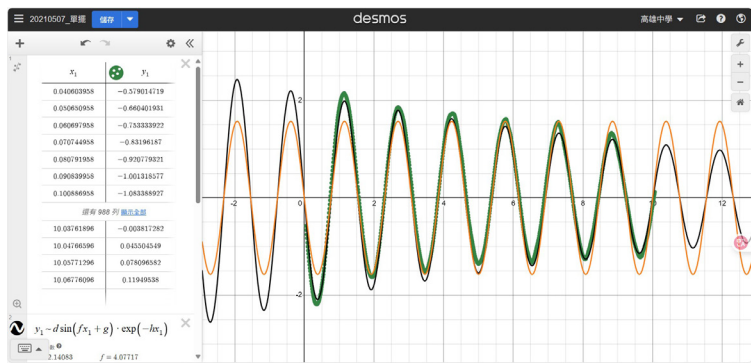


圖 1 單擺振盪數據擬合

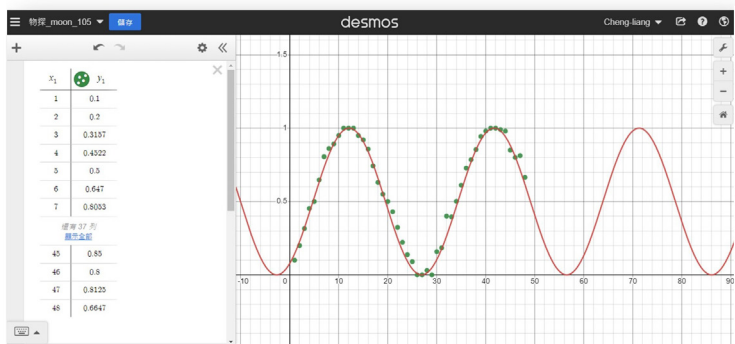


圖 2 實作活動月相的探究——Desmos 數據擬合與建模

ICT 與 AI 在教學中的應用

最近我們也逐漸將 AI 技術引入課程，讓學生能進行更深入的探究與討論。目前 AI 工具的進步已經相當驚人，學生甚至只需要口語下指令，就能透過 AI 計算出熱傳導過程中的熱量損耗比例，並準確估算出損耗占全部熱量的百分之幾，詳網址：<https://chatgpt.com/share/6d2f9499-36c4-43d1-9dd9-8b00af6da63d>。這種能夠有效使用 AI 工具輔助探究的能力，已經成為學生非常重要的學習素養之一。

在教材編輯方面，現在除了傳統的教科書之外，我們更積極善用社群力量，透過雲端共編的方式，集思廣益，共同設計並發展新的探究主題。透過這種方式，我們的課程能更貼合課綱所期望培養的學生核心能力。此外，我們也使用如 Eduaide、Gamma 等 AI 工具，快速產出電子化的教學媒材，甚至可以靈活地將最新的時事議題融入明天即將授課的內容，這是非常具有價值與創新意義的教學策略。

至於實施層面，我們會善用各種線上平臺，搭配雲端共編與小組討論方式，促進學生更多元、更深入的互動。儘管學生在討論過程中難免會產生爭執、意見不合，甚至與隊友有合作問題，這種團隊協作中的摩擦，正是學習團隊合作的重要歷程。雖然教師偶爾會覺得處理這些紛爭有些繁瑣，但我們也深刻理解，這是學生學習團隊合作與人際溝通能力中不可或缺的一環。

評量方面，我們則採用更多元、更全面的評量方式，從不同面向評估學生的學習成效與素養能力。

課綱帶動的教學轉型

我覺得這波課綱的推動非常成功之處在於，許多教師愈來愈習慣主動查閱領綱中的「學習表現」與「學習內容」來掌握教學重點。尤其十二年國教課綱特別強調探究能力，這也讓教師重新反思以往的教學方法，是否

真的能培養出這些素養與能力？多數教師已經意識到過去的教學模式並不足以達成這個目標，因此更迫切地需要發展更多素養取向的課程設計。

透過 ICT 工具的融入，我們現在的學習成果呈現方式不再只是紙本報告，而是可以發展成多模態（multimodality）的作品，利用多媒體應用製作，並透過不斷的滾動式修正來持續精進課程內容。如何將這些元素有效串聯呢？這也正好與 OECD 2030 計畫（OECD Future of Education and Skills 2030 Project）所強調的「內容知識」、「程序性知識」與「認識論知識」相呼應。以往教學中，我們往往只將知識視為單純分類的內容，但透過最近與許多教師、學者交流，以及運用 AI 輔助文獻理解，我們開始嘗試將課程內容拆解成上述三種知識類型，並透過教師設計的真實情境，讓學生更深入地體驗並學習這些不同層面的知識。

最後，我想做一個簡單的總結與建議：以教科書出版端來說，可以更積極地發想或蒐集更多探究取向的課程範例。我相信這些出版業者有能力與資源去推動這些改變，甚至可以進一步將科學史上的經典案例融入教材中。之前我們與國立高雄師範大學周建和教授合作過一些課程，發現歷史上的科學發展其實就是絕佳的探究示例。但出版業者在規劃更完整的配套方案或相關資源時，我們也會擔心最終成本會轉嫁到使用者身上。因此我們特別強調實作的重要性，鼓勵使用較容易取得且成本較低的 ICT 工具與資源。

如同先前提到的 IB 課程裡的內部評量（internal assessments），就非常重視以探究為核心的能力評量。此外，面對 AI 技術的爆發式成長，我們也必須重新思考教科書未來存在的價值與形式究竟該是什麼樣貌，這將是未來課程發展中值得深入探討的重要課題。

未來教科書的角色與發展建議

前陣子，曾經一起寫書的國立屏東大學施副校長，分享近期他在撰寫一本有關 AI 的書籍。提到自己努力撰寫了兩個月後，卻發現先前寫

好的內容幾乎已經失去價值，因為 AI 技術的發展實在太快，每兩個月就有巨大的進步，書中的內容根本無法跟上 AI 的成長速度。

未來，我認為教科書依然具有其存在的必要性和價值，因為其中包含許多經典且具備重要性的內容，同時教科書也象徵著權威性與公信力，甚至是提供試題標準答案的依據。不過，在 AI 快速發展的衝擊之下，未來教科書可能需要重新思考形式上的轉型與定位，以更靈活的方式因應快速變動的科技發展與教育需求。

課綱與探究取向教學的關係

洪逸文：什麼是探究取向？對我而言，我非常的困惑，所以我很感謝有這個機會讓我釐清，雖然我講探究式教學很久了，但是我沒有做過系統性的分析，究竟大家講的探究是什麼？究竟我們在講探究的時候，是在講探究與實作，也就是偏向實作性的；或者是有人引用很多國外學者的探究活動，就是 5E 循環或 POE 這類的東西。但是我覺得臺灣有自己獨特的教育環境，對我而言，很重要的一件事就是從頭開始思考這個問題，如果把我的思考流程呈現出來的話，我們看到圖 3 的這 4 個圖形。

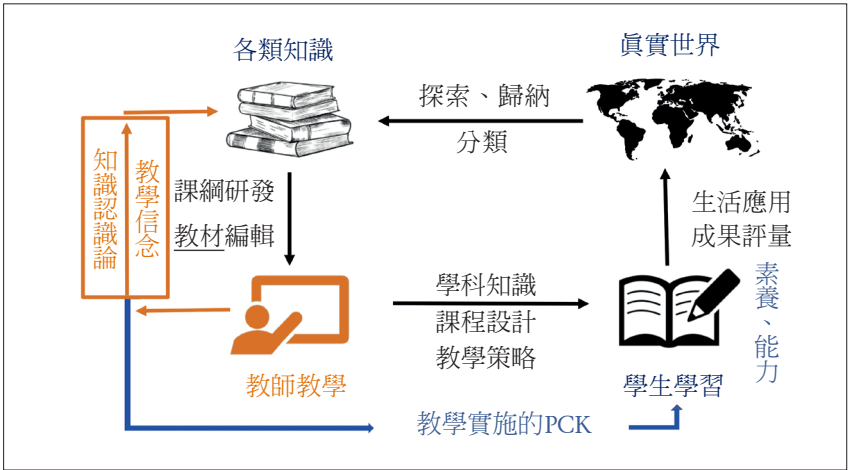


圖 3 如何從探索萬物到學校教育

實際上它代表的是，我們對真實世界有一些探索之後，得到各類的知識，然後教育系統裡面，再透過課綱的研發、教材的編輯，到教師的教學。這邊的教材編輯我特別指的是課本。在教師教學的部分，教師應用學科知識、課程設計、教學策略，到學生學習這塊。可是我在現場看到很多教師在教學的時候，因為受到自己的知識認識論，還有教學信念的影響，教師對知識的看法，大部分會停留在比較偏向學科知識，也就是傳統的知識範疇。換言之，教師實施教學的 PCK (pedagogical content knowledge, 學科教學知識)，會影響到怎麼帶領學生進行學習。

所以我們要談的探究取向，究竟存在哪些項目呢？現在看到的探究取向應該存在於課綱的研發。這次課綱展現學習內容與學習表現，突破了過去的傳統，不再是以知識學習為主。在教師教學方面，課程設計與教學策略也有探究的取向，學生的成果評量也有探究的取向，然而，教材編輯了學科知識，但課本本身如果只傳遞學科知識，甚至那些參考書把這些知識分門別類摘要變成重點整理，是完全沒有探究的概念在裡面。如果這次我們要探討探究取向存在哪些項目，實際上就是在討論這件事情的差異，從課程的研發課綱－教材－課本－教學之間的差異。

如果把課本看成知識內容的靜態展現，而教學是課本裡靜態知識的詮釋，那在學校裡的課程實踐，實際上是要結合這兩者。所以這問題就可拆解成兩件事：如何將探究融入靜態的教學的知識陳述？或者如何在動態的知識教學中實踐探究？

我除了教學之外，也擔任很多年教科書的作者。以地球科學中的大氣分層作為例子，過去我們在教大氣垂直分層的時候，最常見的是，從對流層、平流層、中氣層到增溫層。學生從國小一路學到高中，他們重複的學習這些東西，只是要記憶的東西愈來愈多，他們記了很多的名詞，在教科書編輯中有沒有辦法改變這件事情？也就是我剛剛前面講的，如何在靜態的知識陳述裡面把探究融進去，所以這次在十二年國教課綱的課本，我跟出版業者說希望在每個章節一開始的地方引入探究的概念，就是有討論的活動。我們把討論的活動放在最前面，我希望把探

究活動的版式編排變得更大，排在正文的前面。爲了協助教師教學順利的進行，我們會建議教師教學可以怎麼做，當這個人從 39 公里的高空跳下來的時候，他會經歷什麼樣的溫度、壓力的變化？甚至這件衣服該具備什麼功能才能保護他？我之所以在編輯課本中引入這樣的探究活動，因爲很久以前我的課堂教學就已經實際這樣執行了。

當學生能夠自行閱讀課本，瞭解課本在講什麼的時候，他們甚至可以用 AI 查詢很多東西。那課堂教學如何讓他們覺得，不是只有聽講，而有更進一步的挑戰。但探究取向教學對教師來說常常會有一些疑問，或者是挑戰，比如說教師們常常會說，採用這樣子的教學方式，是不是能完整的學完所有的知識，我想在前面的例子，實際上還是可以兼顧知識學習的完整性，但是如果我們再深入看這個問題，教師的提問能力與採用探究取向的教學會有什麼關係。

最後也是最重要的，也就是臺灣有自己的國情，臺灣有自己的教育環境，我們講的「探究」究竟是什麼？究竟是一種課堂教學應用策略，還是長期完整的學生實作活動？現在看到很多在講探究，實際上是現在課程實施的探究與實作活動，不管是問題導向學習，或者是專題導向的學習，基本上來說，都是比較長期而完整的實作活動，如果我們要做課堂的探究取向教學，我也在大學教科用書，提出這個概念。在課堂如果我們要採用探究取向教學，教師大概要經歷這樣的備課歷程，從覺察到解構，到最後重構，教師不只要熟悉學科知識，還要融入以 PCK 爲主軸的教學設計。

以地科課本而言，高一一定會提到周日運動，指的是日月星辰會由東方升起西方落下，因爲地球自轉而不是天體繞著地球轉，自轉軸對準北極星每天自轉 1 圈，所以星星 1 小時運行 15 度。但是學生在學的時候，重點往往只有「星星 1 小時運行 15 度」，因爲考試會考，所以當我察覺到學生的問題，我如何重構這件事情，因爲我知道學生誤認爲閱讀文本的敘述就是理解，如果我能跟實際的情境結合，設計出關鍵的問題，這個知識的形成是古人不斷的觀察記錄的結果，所以我在上課的時候完

全不講文本，我直接用圖 4 來問學生，請問這是順時鐘旋轉？還是逆時鐘旋轉？學生可以提問這個地點在哪裡？我會告訴他們就是阿里山的夫妻樹。

解答關鍵在學生能不能看出這是北極星，因為北極星在天空中幾乎不動，學生從小學習這件事情，也知道當自己迷路的時候，要找北極星，可是從來沒有真正的理解這句話的意義。對學生而言，這句話只是課本知識的陳述。甚至在某次分享，也有地科教師這樣問我，我怎麼知道它是北極星，這樣的教學模式重現他們發現的歷程，如果我在談探究是課堂教學的特徵，他應該不再只是敘述之事，而是重現某一些發現的情境，而且用問題來引導我們的教學與學習，所以真正的問題探究就是課堂教學，也就是探究取向的課堂教學，真正的關鍵在於怎麼設計提問？

所以在這個過程中，我運用剛剛的教學結構，在覺察、解構到重構的過程中，我覺察到學生的問題，他們通常只是記憶名詞，對這件事情只是字面上的理解，但是他們沒有辦法建立這個關係，所以我解構的部分重新連結這兩件事情，我運用簡報的動畫設計來幫助學生，重新理解這件事，而且我還設計對應的學習活動，在課堂上讓學生分兩邊討論這



圖 4 星軌圖

資料來源：吳昌任、林詩怡提供。

件事情，這是論證的過程。

所以前面的敘述都是在討論探究，特別是課堂上的探究，探究與實作及探究之間有什麼樣的差異，如果探究是指比較長期完整的學生探究活動，教學活動應該怎麼進行，這也是我過去辦工作坊，最常被問到的問題，所以我會告訴教師，過去我們都覺得探究就是從疑問、從現象觀察找到問題，使用某一些概念與相關的知識來解決問題，因為我們習慣把這些東西當作重點，一旦重點放在動詞，所有的重點要引導學生進行探究，是如何引導，當教學的重點從名詞變成動詞的時候，探究取向的教學活動，甚至靜態的知識陳述，我們都有辦法將它轉變成探究取向。

探究課堂讓學生在參與中學習科學

李美惠：我一直思考，科學教育究竟是單純地教導學生科學知識，還是更應該讓學生透過親身參與的過程來獲得科學學習的經驗。這或許是我們社群中幾位教師的想法，不一定代表所有國中教師的看法，也是我目前在推動上遇到的一點遺憾。但我相信，透過適當的社群經營與帶領，將會有愈來愈多的自然科學教師夥伴們認同：應該讓學生在參與中學習科學！

在探究取向融入課程設計、教材編輯、教學實施及學習評量方面，個人課堂經驗分享如下：以「多變的聲音」單元為例，我會示範摩擦高腳杯後發出聲音的高低差異、引發學生探究問題或建立假設，例如，「杯中水量少的聲音會比較高音？」等，引導學生基於小學經驗，整理他們對於聲音三要素的認識。透過其他可能影響聲音高低的探究，像是彈撥橡皮筋或迷你吉他弦線、敲擊物品的聲音，並讓他們與 AI 共創共學，整理所學，回應自己所提的問題或假設論述，探究實作後並進行口頭報告。至於學習評量部分，除了選擇、填充、學習單等傳統方式，學生能否清楚說明他們學到的科學原理，也會納入評量項目。

基於輔導員身分帶領素養導向的課程，以探究實作為基礎。曾經在臺北市某國中辦理的教師研習方式，是由我來為他們的學生上課，而

其他教師則在旁觀課的公開課形式，彼此精進探究課堂。在「水的加熱曲線與上升溫度成正比嗎？」課題，我們將 IBSE (inquiry-based science education，基於探究的科學教育) 教育的流程直接融入到認識比熱、溫度與熱、熱的傳播等國中的熱學單元中，帶領學生進入探究的情境，並引導他們思考回答這個問題需要哪些裝置以及如何進行實驗。學生會在方格筆記本上記錄實驗流程，例如，一開始裝 20ml 的水發現溫度計會撞到杯子，後來改為 60ml 的水，並記錄從 0 到 22 分鐘的溫度變化，繪製成圖表。透過這些記錄，學生可以推論不同時間水的溫度上升多少，並最終思考酒精燈的火力與供熱速率。由於不同組別的實驗設計不同，例如水的量、燒杯的大小、是否加擋板等，實驗數據往往不太相同，這也引導他們進行習慣性的爭論，思考在數據不同的情況下，誰的說法更合理。我希望他們理解，過程和結果是相互關聯的，只要過程與結果能夠相符，就有機會是合理的。相較於結果是不是與教科書相符，我們更重視這樣的推理過程。因此，學生需要統整全班不同組別的實驗結論，例如發現有擋板的酒精燈火力似乎比較大，但實際上是因為有擋板能減少熱散失。這些都是他們模仿科學家探究歷程所得到的結論與摘要。

與生活連結的探究課堂示例

探究課程的實施對象不僅限於教師，更包括學生本身。例如，在教授水溶液時，我會拿出透明塑膠杯盛裝的無色透明水溶液，問學生：「這水能喝嗎？」引導學生探究水溶液的性質，例如，認識電解質與非電解質的差異，以及酸、鹼、鹽、有機化合物的特性等內容。學生可以查閱資料，瞭解這些物質在與其他物質反應時可能產生的現象，如顏色變化、氣泡產生或沉澱物的形成。此外，學生也能自主提出問題，例如想知道幾杯溶液的成分，並思考如何運用實驗室的工具與方法來進行檢測。透過這樣的探索過程，學生能將國中階段學習到的化學分析知識直接應用於實際的探索活動中。

膳魔師相關課題乃衍伸自法國動手做基金會（Fondation La main à la pâte, LAMAP）的師訓研習活動。我首先提供學生一個鋁罐和一個保溫杯，讓他們比較兩者的差異，並思考如何將鋁罐改造為保溫杯。我將法國動手做基金會的簡報與數據資料轉化為適合本地學生的課程，讓他們能夠更容易理解。學生會分享自己設計的保溫杯名稱、初始溫度以及經過一段時間後的溫度變化，如圖 5。這項課程已經實施了 4 屆，主要目的是讓學生學習熱的傳播機制，並對應課綱中的學習重點，例如，「Bb-IV-1：熱具有從高溫處傳到低溫處的趨勢」、「Bb-IV-4：熱的傳播方式包含傳導、對流與輻射」。

課程的重點不僅在於讓學生理解這些概念，更重要的是如何將其融入探索活動，並評估學生在溝通與表達時是否流暢，以及其他同學能否給予適切的回應。我們希望確認學生是否真正掌握課本內容，而不僅僅依賴考試、填充題或選擇題來驗證。膳魔師的課程已經模組化，目前已有多位教師採行此探究方式教授這個單元課程。

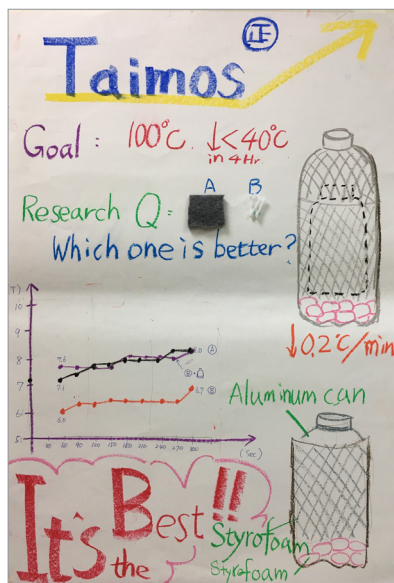


圖 5 從膳魔師到鋁罐保溫

教科書的編寫與教師的需求

目前各領域的版本教科書等教材編寫者，都在思考如何符合十二年國教課綱的探究理念。我目前的做法是引導學生根據實驗結果進行探究，透過實驗，讓學生根據實驗結果得到的關係進行推論，建構概念。教科書的內容提供了一個基礎，但實際上教師在授課時可以針對實驗器材或步驟在安全的考量下進行調整。

現下的教科書編輯也持續在審查者和使用者需求之間調適，審查委員會建議不要有太過死板的提問，但一般教師又希望課程不要太開放，以便給予學生較明確的批改回應。因此，在編寫教科書的過程中，我常感受到這兩者之間的拉鋸。我個人比較喜歡像「鐵釘，一定是鐵做的嗎？」這樣的提問開始課堂教學。在八上理化第一單元，我會提供學生三種不同的鐵釘，引導他們從簡單的描述性標記（大、中、小）轉向更科學化的量化或編號方式，例如測量長度、質量和體積，並記錄與分類。學生需要思考如何蒐集資訊以回答「這個鐵釘到底是不是都是由鐵製成的？」並提出判斷的證據，這可能涉及密度概念，而這個概念其實在小學階段就已學習過，學生對阿基米德的故事也不陌生。

此外，關於數據整理之圖表編製訓練，我會先引導學生釐清表格中的應記載的項目有哪些，再從中提取依變項和自變項的數據發展成關係圖，思考為什麼要連接某些點，為什麼不連接？相比於高中教師，國中理化更偏向實作與理論建構之啟蒙。在編寫教科書時，我們一直在評估課堂時間、內容多寡以及學習成效之間的平衡。

許多教師將研習視為一種負擔。原本「活化教學」每學期安排 8 次研習，但教師們通常會自行調整為 4 次增能研習與 4 次工作分配會議，例如段考後的學習成效檢核與試題分析討論，這些是他們較能接受的形式。然而，若安排融入工具應用的研習，並非所有教師都樂於參加，甚至有些教師認為不需要增能研習便選擇不出席。對於在職教師而言，教材與相關學習單等配套資源的支持相當重要，必須提供可直接操作的工

具與清晰的指引，才能有效促進教學改變。在辦理探究課堂師資增能研習時，參與研習的教師們常會關心課程是否能在 45 分鐘內完成。若要真正落實探究取向，我設計的探究實作時間盡量控制在 20~25 分鐘內，以確保教師能在課程開始與結束時進行適當的引導，避免學生實驗後隨意離開，導致家長誤解教師的教學方式。此外，家長的支持亦十分關鍵，若缺乏家長的理解與認同，教師們可能會更加保守，減少採用此類教學方式的意願。

探究的開放程度需考量教師的經驗

我曾與其他教授討論探究式的開放程度，像剛才提到的「鐵釘」、「膳魔師」、「水溶液」等課程，幾乎是全開放式的，讓學生自己設定問題、尋找資源、進行實驗甚至做出結論，並論證自己的主張是否成立。但很多教師因為探究經驗不足，可能無法有效掌控實驗器材、課堂秩序與活動流程，因而感到退縮。

早期驗證式的探究教師比較有把握，因為他們在師資培育階段即接受相關訓練課程。因此，驗證式的探究應該先落實，再逐步引導教師具備引導式探究的能力。最終，如果能讓學生以自己的問題自己解決的方式進行開放式探究，一個學期進行 1~2 次，這樣探究取向的課程設計與教材才有機會真正實踐。

教科書的審選與實際教學的落差

教科書的選用並非由編寫者單方面決定，在我任職的學校，編寫教科書的人不能參與投票，必須尊重其他教師的選擇。審查教科書的教授總是希望教科書能有更多探究取向、開放式的問題，但這些教科書送到教師手中後，業務人員又會反映這些內容太開放，教師不知道該如何教學，學生也可能在探究活動本上的回答寫得雜亂無章，導致學習成效差異過大。我建議可以有第二個版本的設計，在開放式問題中加入鷹架，

例如，定型文寫法、提供部分的變化動詞或可觀察的現象讓學生填寫，再引導他們進行推論。雖然我個人希望學生的實驗記錄本只需要方格頁面，讓他們記錄主題、實驗內容、日期和學習心得即可，但我認為教科書要做到這樣可能需要很長時間，所以我目前先從自己編寫的教材開始。

國中自然科學教育的挑戰與展望

關於國中自然科學教育目前面臨哪些挑戰，又有哪些值得期待的發展等問題，我的回答是：自然科學需要培養學生的思考智能、問題解決能力，並將其統整在探究能力之中。過去我們比較重視科學認知，國立臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心辦理的國中教育會考命題的依據也多是基於科學認知而進行學力檢測。坦白說，課綱中學生學習表現的「科學態度與本質」真的很難以選擇題式的命題進行評量。雖然十二年國教課綱強調素養導向，連結日常生活情境，但對應十二年國教課綱的會考試題題型仍然皆是單一選擇題。只不過，現在的試題題幹設計更加開放，需要多一些文字來描述問題的情境，除了生活情境，近3年來，學術情境類探究能力的評量題增加不少。分析自2019年以來的會考自然科題本，其字數約為8,800字上下，學生需要在70分鐘內完成，這對他們的閱讀能力是一大挑戰，況且許多解題資訊隱藏在實驗示意圖、表格或關係圖中。在乎成績的學生可能會需要閱讀兩遍甚至更多次。我一直在思考，教科書是否可以透過情境的導入，讓學習與生活產生連結，協助教師們在進行探究教學的同時，也能應對會考的題型，避免家長和同仁質疑探究教學的成效。我們一直希望願意進行探究教學的教師能夠得到全面的支持。

分析會考試題，可發現評量探究能力類的試題會額外提供很多資訊。例如，2024年考題中關於加拿大游泳池尿液含量的推算，由於題目提供的濃度表示採行g/L，與學生習慣的密度單位相同，而非所學得重量百分濃度的表示法，因而另行提供濃度說明。但是學生選擇密度類

選項的比例仍高，以致本試題通過率不如預期。基於此，基礎知識雖然非常重要，但不能因為過多的試題練習訓練僵化學生的思考。我希望這類會透過摘要敘述，引導學生理解如何將探究過程回扣到基本概念的題目，能讓教師願意將探究融入課程中，並在選擇教材時傾向於預留較大探究空間的教科書。

國家教育研究院曾經發展素養試題，並辦理師資訓練。雖然已經運作了幾年，但我認為普及率還不夠，期待能持續舉辦相關研習。例如，臺北市某學校的月考題，一份 100 分的試題，其中有 9 分可能因為試題論述不夠明確而需要送分，這也顯示這位教師想要嘗試新的素養導向題目，但可能因為沒有參加相關研習，導致試題設計不夠完善。

未來希望探究取向能在科學教育領域持續發展，從教學與評量兩向度提供第一線教師實質的支持，讓學生真正從參與中獲得科學學習的樂趣與成長。

十二年國教課綱下的挑戰與教材設計起點

李捷葳：我針對教材編寫設計方面來分享。從龍騰的實務經驗來看，我們大概在 2017 年拿到課綱草案，其實我們蠻認同十二年國教課綱「素養導向」的理念，這確實是個有意義的方向。我們也同步研究了各個國家的教材發展，思考如何將這樣的理念落實到教材中。

與前面幾位老師的分享很接近，尤其是李副召集人的分享，讓我聽了心有戚戚焉。我們對於現場老師的教學情境也非常了解，因此一直在思考，到底如何把素養導向或探究學習表現等理想，真正落實到教材之中。我們花了很多時間投入討論，光是針對課綱中的「3 面 9 項」，企劃團隊就做了大量的討論。

最後，我們先為自己設定一個比較明確的目標：希望在各科目中建立一套完整的生態圈，教材設計聚焦於 PBL（problem-based learning，問題導向學習）的概念，各科再依科目屬性調整呈現。如同剛剛老師們

所提，教科書終究是一本書，但它必須能夠對應不同學校教師的需求與不同學生的程度，這就需要更全面的整體考量。

當時教學現場的老師們一聽到十二年國教課綱內容，其實感到非常惶恐與焦慮，反應非常激烈。因此我們站在教科書編製的立場，究竟可以扮演什麼樣的角色？於是，我們讓各科目的企劃與作者進一步深入探討，期待發展出具有素養導向與探究導向精神的教材，並進一步思考是否需要以「整體生態圈」的方式來輔助教師教學。

整合教材生態圈，回應教學現場需求

以英文科所建構的教材生態圈為例，其實我們每科都建構出這樣的生態圈，從教科書到所有的素養導向教學或是探究活動的設計，我們以此開始往下發展。從必修到選修，從教學內容到命題設計等，我們如何幫學生或教師先提供鷹架？過程中我們一邊編輯、一邊研究、一邊與教師們共同學習。思考我們現在提供這樣結構性的內容，但教師們現場怎麼教學？這個才是最關鍵的，所以我們期待在教材上先提供比較有結構性的呈現，讓教師容易依循。

以地理科來說，我們每單元前會有「結構不完整」的核心提問，讓他們沒辦法直接回答，但又不會難到無法想像這個問題是什麼，光是這樣的問題設計就耗費作者、企劃及編輯的腦力。

除了問題設計以外，在核心提問之後，我們提供像是迷你講課的引言，以及其他單元內容，幫助學生建立對本章節可能發展方向的理解，並對應這個單元我們希望達成的學習目標。除了紙本教科書之外，我們也另外提供輔助這樣教學方法的資源，像是 PBL 的 PPT 教案給老師參考，因為課本上的篇幅非常有限。

教師們若是希望用問題探究式教學的話，我們提供問題結構鷹架與素材鋪排。例如地理的氣候單元中，問題結合非常多的素材，像是不同區域建築的樣貌。看了這麼多生活案例之後，或許學生有初步的想像，

氣候對人居住上的影響是什麼，中間有很多知識架構的學習過程，課程最後收在該單元的探究活動，探討氣候帶給人的影響。

強化探究實作與跨領域應用的可行性

十二年國教課綱有全新的探究與實作課程。以自然科、社會科來說，當時我們在編寫教材時就知道，每個學校或教師想要操作的主題、周邊取材的素材絕對都是不一樣的。

所以我們思考如何編出「一套」教材？最後選擇往「探究方法學」的建立發展，再搭配案例主題的操作，可能是小論文練習、可能是實察的工作，也可當成模板，讓教師們自行換成在地的素材或其他題目操作。

以歷史科來說，作者黃春木教師的概念非常精彩，從歷史思考、學習表現，結合生活經驗與成果產出，這樣的思維也同樣體現在自然科等領域。自然科把探究與實作設計放入必修課程，設計跨科的探究與實作教材。

除了教材，命題或是測驗方向也同步轉變。以社會科來說，從生活技能與情境出發，強調理解取代背誦；也有愈來愈多跨領域命題，不論社會或自然科皆是如此。以素養命題來說，例如地理科空間理解與應用題，不再是傳統地圖判讀，像是這題板橋捷運站地圖這類的生活應用；公民科則納入時事與文化議題，例如以《俗女養成記》的角色、議題切入。

這樣的命題轉變無法靠單兵作戰，需要組成跨領域命題小組共同協力。我們也鼓勵作者參與大考中心與素養命題工作坊，並在內部組成命題工作坊小組，讓這些理念持續擴散深化。

再以生物科為例，從單元核心問題開始，提供活動框架與鷹架，延伸至學生的產品如講義、習作。題目設計也轉向實驗性、學術情境與科學閱讀能力，這些轉變都是從十二年國教課綱草案開始，我們與作者團隊一起努力完成的。

連結國際趨勢與未來素養的課程創新

面對世界不斷變化，我們一開始就以 PBL 為方向，各個科目持續摸索與試行中持續探討教材的可能性。龍騰內部設有教育研發中心，持續做教育趨勢的觀察，像是以 OECD 2030 學習框架為參考對象，這與我國 3 面 9 項的素養方向非常相符，讓我們有信心繼續深化。

2022~2023 年，我們也進一步將 SDGs（聯合國永續發展目標）納入教材設計，結合真實世界議題與跨領域思考，希望能與知識教學融合，並讓教師務實操作。

以《永續行動派：SDGs × 社會科》（黃春木等人，2024）為例，我們設計了可操作的小主題，單元約 15~20 分鐘，活動形式多元，可能是資料查找、數位應用或戶外調查，其實希望用這樣的產品研發，讓我們的教材在素養導向及探究與實作的面向上可以更加完善。

以學生生活文化為脈絡的探究取向教材教法

傅麗玉：當代教科書的發展趨勢已不僅限於教材內容或是課本的呈現，許多教科書出版業者更進一步提供完整的教學設計與教案範本，以利教師教學應用。然而，若教學過度依賴制式教材與現成教案資源，可能弱化教師在教學現場的教材教法設計能力，甚至可能影響其對教材內容與教學方法之專業判斷與調整能力。尤其在強調以學生為核心的探究取向教學情境中，此問題更是值得注意。探究取向的核心在於以學生為中心，強調學生主動探索、發現與解決問題。教學設計必須在學生的學習需求與生活文化脈絡下，橫跨課程設計、教材撰寫、教學實施以及學習評量，缺一不可。

真正有效的探究取向教材，應該讓學生感受到所探討的議題與自身生活、文化經驗息息相關。探究取向教學強調學生的主體，激發學習者主動探索、建構知識與解決問題的能力。有效的探究取向教材設計，必

須建立於學生生活經驗與文化脈絡之上，並涵蓋課程設計、教材編撰、教學實施與學習評量等不同面向，形成一個整合的教學架構。當學生無法與教學內容產生連結，即便教師反覆不斷提問，如「你認為這個溫度會比較低嗎？」或「為什麼這個溫度比較高？」也可能又成爲一種灌輸的型態，無法引起學生的探究思考與參與。

因此，探究取向教材設計的首要原則，是以學生爲核心，以學生關心、熟悉且具意義的議題展開教學設計。這些議題往往來自學生的日常經驗與生活文化，例如臺灣民衆熟悉的地震現象，若作爲地球科學或物理課程的探究主題，就容易引發學生的探究興趣與動機。

此外，在多元文化的臺灣社會中，教材與教學活動更應納入多元文化視角。知識並非單一文化建構的產物，而是來自多元文化脈絡的建構。教材設計應從不同族群文化的觀點出發，透過開放性的問題、真實生活的案例、實驗設計與資料分析，引導學生親身參與知識的建構歷程，促使學生能在真實問題情境中共同建構知識。

在此教學理念下，教師不再是單純的知識灌輸者，而是學習歷程的引導者、陪伴者與對話的鼓勵者。教師需要具備多元文化敏感度與多元觀點的素養，才能設計產出與學生生活文化息息相關的課程。教學方法可融合問題導向學習、合作學習及實驗探究等策略，幫助學生主動提出問題並嘗試解決。教學設計需明確設定學習目標與學習重點概念，並配合多樣化的教學策略，如 PBL、合作學習與跨領域專題探究等，以促進學生主動學習與合作解決問題的能力。

評量方式也必須與探究取向的教學理念配套。評量不僅是學習成果的檢核工具，更是瞭解學生學習過程的重要途徑，幫助教師調整教學與也引導學生調整學習策略。因此，要突破傳統紙筆測驗的形式，以多元評量與形成性評量的方式，例如歷程檔案、實作評量、學生反思日誌、同儕互評等。以利教師全方位觀察學生的學習成果，包括其探究過程、資料分析能力、問題解決策略、表達能力與團隊合作表現等。在臺灣多元文化社會中，學生的知識背景與學習風格各有不同，形成性評量能提供具包容性的學習支援與回饋機制。

從教育的起點，種下探究思考能力的種子

吳錦惠：幼教課程是有一點不一樣的，其實大部分都在探究，因為小朋友沒有辦法固定坐在位子上，原則上教師都是用主題或方案教學，以小朋友的興趣為出發點去設計一些課程，讓小朋友沉浸在他們想要學習的材料裡面。幼教課程比較有差異的部分，理論基礎其實跟其他教育階段是差不多的，主要差別是杜威實作的部分，原則上都是讓小朋友做體驗與實作。

課綱部分幼教是 2017 年《幼兒園教保活動課程大綱》，2011 年托兒所與幼稚園整合之後，新名稱是幼兒園，之後才產生 2017 年的《幼兒園教保活動課程大綱》，也是六大領域，其實所有的課程設計都不是單一科目，全部都是跨領域設計比較多，可能身體動作與健康會跨到認知領域、跨到美感領域、跨到語文領域，課程設計原則上都是用統整課程在上課，不是用單一課程在上課。課程實踐的精神就是與小朋友的生活經驗做連結，因為小朋友的天性就是喜歡遊戲，所以幼幼班和小班，讓小朋友從玩索開始，探索這項玩具怎麼玩，他們探索完之後，才會進入到中班和大班的探究階段。幼教課程實施與中小學教師有點不一樣，最大的差別是不用考試，所以我們比較沒有教學進度的壓力。但是公幼教師課程進度壓力比較大，一般私幼的教師就是把課程慢慢的教好，因為小朋友學習力沒有那麼快的理解，沒辦法那麼快的表達。回應到 2017 教保課綱九大總目標，和之前的課綱比較不一樣，幼教探究課程聚焦在 4 個焦點：（一）讓小朋友有美感經驗的體驗，探究線條、顏色、粗細與形狀，讓小朋友感受與體驗；（二）小朋友的創意思考，會做手工實作，讓小朋友自行研究怎麼做這些東西；（三）文化認同的部分，讓小朋友對於在地的社區有文化的認同，（四）甚至之後關懷整個社區環境，課程也會結合 SDGs 海洋議題的部分，讓小朋友去探究，透過大家所說的回收材料，但是在幼教稱為「鬆散材料」，是沒有結構性或是低結構性的東西，讓小朋友透過這些鬆散材料的蒐集，去創作他們自己認為有

創意的作品，關懷整個海洋生態，然後，也會關心食農教育、貧窮的議題，甚至關懷性別平等的議題，融入到整個課程的設計。

課綱的要求基本上也是要做到素養導向，六大核心素養的養成，並不是在幼兒園教小朋友知識的建立，我們在培養覺知辨識的能力，如何進行表達溝通，如何推理，如何想像與創造，這是幼教課程主要發展的精神。基本上，幼教課程的發展與中小學的課綱，其實是銜接在一起的，甚至於後面的課程發展，也有講到科技素養融入的部分，就是 STEAM 課程的部分。

幼兒園比較常用與探究有關係的教學方式，第一，學習區（角落）的教學，我們會用十字定位法劃分教室，看適合什麼樣學習區，配合這學期進行的主題課程，把探究式的工作盤放到各個學習區，讓小朋友進行學習區操作的時間，教師的工作是進到各個學習區看小朋友怎麼操作所有的玩教具，他們在操作的過程有沒有發現什麼問題，教師很重大的責任就是在觀察與記錄，所以如果你到幼兒園就會發現幼兒園教師會時常在拍照，因為他們在做幼兒觀察，準備撰寫教師日誌。把小朋友的學習情況，利用幼兒午睡時，將資料直接上傳到幼兒園指定的教學日誌區，所以幼教是有要求要做幼兒學習觀察記錄。教師也要輔導特殊幼兒的學習需求，常見有 20 個學習區。

教育部製作的幼教平臺「統整性主題課程」（<https://cf.ece.moe.edu.tw/>），類似心智圖的概念，讓我們設計一套課程，掛上學習指標，裡面有概念網，以學生的興趣與能力作為核心，教師引導小朋友去探索，在過程中小朋友要討論、蒐集、計畫、操作、執行與記錄，所以課程都是統整跨領域的，不是單一領域的教學。另外，方案教學與主題比較不一樣，主題是教師的課程，教師覺得幼兒需要，所以設計這個課程，但方案教學是教師針對幼兒的興趣，設計一套幼兒有興趣的課程，讓幼兒做研究，之後教師可以邀請幼兒做發表，所以教學方式有個別小組與團體討論的方式。另一種教學方式是蒙特梭利，有五大學習區：日常生活區，感官區、數學區、語文區和文化區，全部讓小朋友自行操作。華

德福學校有自己一套身心靈的課程，主打自然與適性，讓小朋友探究學習大自然應該有的運作與適應的能力。最近幾年是科技素養，中小學十二年國教課綱一直談到科技素養，幼教也將 STEAM 科技素養融入，回應到教保課綱主要理念——小朋友天生喜歡遊戲、探索、操作與發現。比如說積木區，小朋友會探索如何蓋大樓、蓋斜坡，用 KAPLA 積木是木片積木，也有用單位積木，讓小朋友做大肢體動作的操作，也有益智區與組合建構區，小朋友可以做齒輪組，自己會走路的玩具，或者是軌道組，這是在幼兒園常見的。

回應到 STEAM 的教育，我們有利用齒輪、磁力、電路組做玩具，比如說「小壁虎會跳踢踏舞」，底下是軟性磁鐵片，再剪 4 塊軟性磁鐵片，黏在小壁虎的 4 隻腳，放在軟性磁鐵片上走路，小壁虎的 4 隻腳都會動，所以幼教教師的手作能力很強。再來，我們利用摩擦力製造會爬樹的猴子，讓小朋友透過美感自己著色繪畫。我們帶小朋友玩空氣，就是吸管紙飛機，圓圈圈要黏在哪裡會飛的比較遠，然後在空中停留比較久。有組裝電路板，以及用橡皮筋的彈力、反作用力等。我們也有帶小朋友做感官盆，有些教師會用乾淨尿布加水之後拆開來，讓小朋友在搓尿布中的材質，摸起來會像雪感，讓幼兒感官體驗探究學習。或者讓小朋友透過顏色配對探究顏色，用食用色素加醋定色玩彩色米。利用基本的科學實驗，用醋加小蘇打，火山就會爆發出來，小朋友會覺得很驚訝，怎麼會這樣呢？也配合民俗節慶的主題。前面提到把尿布泡濕拆開來當成雪，同樣可以用鹽巴當成雪。現在在推 AI，幼教也不例外，我們透過 Adobe 製圖，用口述幼教情境做好圖之後剪成拼圖，讓小朋友玩拼圖的遊戲。2019 年在新竹公托引進 AI 陪伴計畫，比如「凱比機器人」。我們系上有買機器人，也有買腦波儀的儀器，可以來觀察小朋友的專注能力。目前幼教的課程，SDGs 融入幼兒教育，比如說讓小朋友玩開心農場食農教育，開始探究觀察這個種子怎麼長大的，討論如何去除蟲。另外，海洋與性別平等議題，這個工作誰來做？我們會融入到學習區，比如說扮演區，男生扮成護士，女生扮成醫生，讓他們瞭解職業是平等

的，每個人可以從事自己有興趣的職業。海洋課程透過美感教育，讓小朋友做創意自主化，可能用不同的素材，比如說用衛生紙摺一摺變成海浪，或黏土黏成貝殼，以上都是幼教課程探究與實作課程的實踐案例。相信這是教育的起點，教師們種下探究思考的種子，也更能讓幼兒對學習朝向更正向的發展。

結語

陳世文：非常感謝各位師長的寶貴經驗與卓見分享，相信大家獲益良多。從幼兒教育到高等教育各個階段，我們都可感受到教育現場正逐步落實「探究導向」的精神與理念。探究本身具有多元的意涵，它不僅是課堂中的教學策略，也是學生在學習歷程中逐步培養的態度，甚至可說是每位學習者理解知識本質的重要方式。今天與會的師長夥伴們，從不同面向分享探究的實踐方式，有些是透過動態活動進行教學，有些則配合現場實際情況，採用較為穩定的教學資源，如教科書。在目前課綱推動下，雖然教科書對於探究的引導逐步增加，但整體設計仍應持續進展，包含相關法規、教學環境等因素的配合，確實存在一定的挑戰。教科書出版社也積極從教材設計端著手，期盼能為現場教師提供更多支持，逐步促進探究導向教學的普及。正如傅老師所強調「以學生為中心」的理念，除了一般學生之外，也應關注不同族群與文化背景學生的多元需求，這也意指未來在教材與教學活動設計上，可納入更多具有文化多樣性的探究例子，將有助於展現探究學習的多元觀點，並促進教育的公平性與包容性，最後再次感謝大家的參與。

參考文獻

- 黃春木、張淑瑜、周維毅（2024）。永續行動派：SDGs × 社會科。龍騰。
[Huang, C.-M., Zhang, S.-Y., & Zhou, W.-Y. (2024). *Sustainability activists: SDGs & social studies*. Lungteng.]