

讓科學被「看見」：創新課程於視障生科學營隊之設計與實踐

吳憲昌¹、周睿鈺²、黃芷軒³、陳偉立³、王博祺⁴

¹國立彰化師範大學物理學系、²國立彰化師範大學生物學系、³國立彰化師範大學電子工程學系、⁴臺中市豐原區翁子國民小學

E-Mail: wucs@cc.ncue.edu.tw

一、前言

科學探究與實作是提升學生科學素養的重要途徑，但視覺障礙學生在教材設計、教學環境與師資支持上仍面臨諸多限制。隨著融合教育（inclusive education）的推動，視障學生逐漸進入一般學校就讀，雖有助於其融入社會，卻也因教師難以兼顧個別差異，使其在學習過程中容易被忽視。因此，如何在安全且適切設計的情境中，讓視障學生參與科學實驗與學習活動，成為重要課題。多年來，在國科會的支持與彰化師範大學理學院與遠哲基金會彰化辦公室的規劃下，本科科學營隊採分組合作模式，讓一般學生與視障學生共同參與科學探究活動，不僅培養科學研究方法，也強化實作能力。在營隊課程設計與教學執行方面，由具科學與數學背景的教授負責教案規劃，並由特教專業人員提供諮詢與指導，使視障學生能有效融入科學學習情境。此外，團隊強調以概念模型輔助科學現象的教學，結合動手操作與探究導向活動，促進學生科學直覺與概念理解的發展，進而提升其科學素養。透過實驗與探索，學生能體會科學知識與技能的重要性，不僅增進中、輕度特殊學生的學習成效，也有助於視障學生在學業與社交方面獲得支持，提升其社會融入能力，並為未來職涯發展奠定良好基礎。

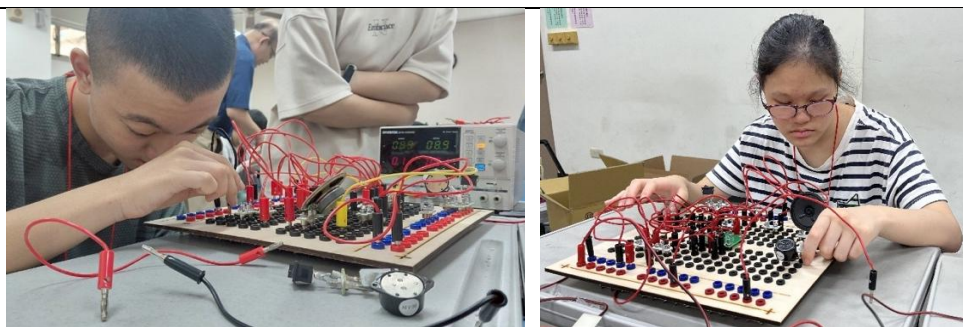
二、讓科學可被看見：融合多感官體驗之科學課程設計

營隊科學課程設計是結合科學專長教師與特殊教育領域教師之跨領域合作，以「教學設計先行」為核心理念，旨在改善視覺障礙學生於學習參與及概念理解上的困境。此理念奠基於通用學習設計（Universal Design for Learning, UDL）與多感官教學原則，強調在課程規劃初期即納入多元學習需求，而非於教學後再進行補救性調整。通用學習設計主張於教學材料、互動歷程及學習表現方式中提供多元途徑，使不同能力與需求之學生皆能以最適切的方式接觸並理解科學內容。依據此原則，課程設計特別強調透過多感官策略，使科學概念由「可見」轉化為「可感知」，以回應視覺障礙學生之學習特性。

以下將會提供三個營隊教材來說明如何將科學課程融入多感官教學原則。

(a) 「視障生麵包板電路實驗教材開發」

嘗試透過可觸覺與聽覺感知的學習媒介實際應用於教學現場，介紹學生抽象的電子電路概念。整體而言不僅是一項教材設計的練習，更是一段重新思考「教與學」本質的歷程。教材開發初期面臨的挑戰是：如何讓視障學生在缺乏視覺輔助的情況下，仍能理解麵包板的結構與電路連接方式？傳統麵包板以視覺辨識為主，例如：孔位排列、電源軌分布與元件插接方向等，加上實際孔位間距極小無法用觸覺清楚分辨，對視障學生而言完全不可能使用。因此在設計上著重於可「觸覺化清晰辨識結構」，以麵包板原始尺寸等比例放大，將原插孔以 4 mm 香蕉插座取代，插座本身夠大且凸出讓視障生能逐一觸覺辨識；利用雷射切割溝在麵包板上分割電源區與操作區並標示正負電源位置；背面焊接點與銅線也都有逐一檢視修剪打磨，以確保使用手指頭舒適不受傷；同時搭配說明與逐步引導，使學生能透過多感官整合建立空間概念。在實際課堂操作採用循序漸進的教學策略，先讓學生觸摸麵包板正反面結構了解基本布局，再逐步引導其完成簡單電路（如：蜂鳴器發聲）。教學過程中必須特別重視語言描述的精確性，例如：以「向右數第三個孔」、「上方橫列為電源區」等具體指令，幫助學生建立穩定的操作模式，也安排隊輔協作與教師個別指導，使學生在安全與支持的環境下進行實作如圖一所示。操作設計上將電路的變化轉化為聲音的音量或是頻率的變化，讓視障生能清晰辨別。



圖一：學生自行操作連接電子零件進行蜂鳴器實驗。實驗使用的積體電路、電阻與蜂鳴器等零件都可以放置於麵包板教具上使用，所有零件與電線都用香蕉插頭與麵包板結合方便視障生操作。

(b) 「神奇河豚的冒險旅程：以多感官經驗連結科學與情緒的教學實踐」

課程的發想，起於一個貼近生活的想像：如果氣球不需要用嘴巴吹，也能自己慢

慢變大，會是什麼樣的情景？這樣的提問，不僅開啟了對氣體生成的科學探索，也引導教師思考，(刪除標點符號)如何讓這個過程被學生「摸得到、感受得到」，進而發展出「神奇河豚的冒險旅程」這門課程。在推動科普教育的過程中，如何讓視覺障礙學生能夠「參與其中並理解科學概念」，一直是營隊教師反覆思考的問題。相較於以視覺為主的教學方式，視障學生更依賴觸覺、動作與身體經驗來建構概念。因此，課程以「可被感知的變化」為核心，將抽象的科學概念轉化為能被觸摸、被感受的學習歷程。課程以酸鹼反應產生氣體為主軸，學生透過操作小蘇打粉與白醋，使氣球逐漸膨脹。不同於傳統使用硬質容器的方式，課程選用十號氣球皮作為主要的反應容器，讓學生能透過手部觸覺直接感知體積的變化。當氣體逐漸生成，氣球慢慢撐開，學生能清楚感受到大小、張力與形狀的改變。部分學生更進一步觸摸反應區域，察覺到些微的溫度變化，並開始比較不同操作方式下河豚形狀的差異，從感知走向理解，其(刪除)教學過程如圖二所示。在教材與操作設計上，授課教師也持續進行調整與優化。例如，在(刪除)實作初期發現，小蘇打粉容易堵塞塑膠漏斗口，影響操作的流暢度。後來改以方形紙張沿對角線摺疊，製作成簡易紙漏斗，有效改善粉末不易倒入的問題，也提高了學生自行操作的成功率。同時，將加入小蘇打粉的步驟轉化為兒語化表述——「餵河豚寶寶吃藥粉」，讓學生能連結生活經驗，降低陌生感與操作壓力。當課程進行到最後，也會提醒學生將氣球皮綁緊，避免「河豚變成臭臭彈」，透過具象且帶有趣味的語言，使安全規範更容易被理解與記住。



圖二：感受河豚的體積與溫度變化的同時，也聽聽看小蘇打粉與白醋反應的過程中，是不是有氣泡產生的聲音呢？

(c) 「感官的覺醒：在咖啡香氣中建構視障學生的科學世界觀」

在台灣街頭巷尾隨處可見的咖啡香中，隱藏著一套從生物分類、微生物發酵到有機化學反應的完整科學體系。對於視覺障礙的學生而言，傳統以圖像、顏色變化為主的科學教育往往存在一道難以跨越的門檻，然而咖啡這項媒材，卻意外地成為了最適合視障

教育的「感官實驗室」。透過指尖觸摸咖啡豆的紋理，以及用鼻子去捕捉分子變化的瞬間，視障學生能以另一種更深刻的方式，理解植物形態學與化學動力學的奧秘，圖三為學生利用嗅覺感官去認識不同處理方式的咖啡豆。這堂課的發想始於一個核心理念：科學不應僅限於視覺。咖啡豆作為茜草科常綠喬木的種子，其形態特徵在視障學生的指尖下顯得格外生動。我們帶領學生探索咖啡豆中間那條獨特的「中心線」，這條線在植物學上是種子發育的痕跡，而在烘焙過程中，它則成為觀測物理膨脹與水分蒸發的重要指標。透過觸摸生豆與烘焙豆的大小差異，學生能具象地理解熱力學對物質體積的影響，這種從指尖傳來的紮實感與酥脆感的對比，比任何點字課本的描述都更具說服力。



依據上述課程設計之理念，其內涵的多感官策略可進一步分為以下幾個面向：

(1) 觸覺材料與實物操作：透過 3D 模型及實體教具，補充或取代圖像資訊，使學生能藉由觸摸教具來探索電子電路概念；(2) 多模態呈現科學內涵：將化學反應轉化為溫度、振動與體積改變等不同形式，讓視覺受限的學生也能透過其他感官有效接收資訊藉此瞭解化學反應；(3) 觸覺與嗅覺的整合活動：在實驗過程中加入嗅覺提示與觸覺回饋，使學生在操作的同時接收多重感官刺激，以加深對科學概念的理解。多感官策略的核心，在於突破傳統以視覺為主的科學教學方式，改以多元感官引導學生建構概念，進而提升學習深度與課堂參與度。本營隊所發展的多感官教學教材，兼具理論基礎與實務可行性，不僅可作為融合教育情境中科學課程設計與教材開發的參考，也能為未來相關研究提供實證與應用的基礎。

三、 當科學被理解：學生學習經驗與教學經驗反思

電路實驗課程從學生的學習表現與回饋來看，多數學生在初期會感到不安與困惑。

然而，隨著操作次數增加與觸覺經驗累積，學生逐漸能掌握基本規則，甚至開始主動探索不同連接方式。有學生表示，透過實際動手操作與清楚的觸覺標記，比起單純聽講更容易理解電路概念。此外視障生對聲音特別敏感，有些電路實驗的發聲頻率在操作時讓很多視障生會覺得不舒服，這是設計時很難察覺的。這些回饋使我們重新思考教材設計的核心價值，對視障學生而言「可操作性」與「實用性」遠比華麗或複雜的設計更為重要，教具不應只是輔助工具，而應成為學習歷程的一部分，讓學生能在反覆操作中建立信心與理解。在教學經驗反思方面，我們也深刻體會到教師角色的轉變。面對視障學生，教師不再只是知識的傳遞者，更是引導者與支持者。如何在適當時機提供協助，又不過度介入學生的探索，是一項需要不斷調整的課題。同時，耐心與細緻的觀察也變得格外重要，因為學生的理解與需求往往體現在細微的操作變化之中，沒有實際接觸視障生很難事先料想到(例如：對頻率的敏感性)。

神奇河豚的冒險旅程教案在實際教學中，教師觀察到一個有趣的現象：部分學生在前段操作仍需要適度協助，但在「捶打河豚」的過程中，卻展現出高度的專注與自主性。學生會謹慎地控制力道，反覆感受氣球回彈的觸覺回饋，甚至堅持自行完成操作。這樣的轉變顯示，當學習活動具備即時且明確的感官回應時，學生更容易投入其中，並逐漸建立操作的信心與主體性。此外，教師也嘗試將課程延伸至情緒調節的層面。透過充氣與捶打河豚的過程，引導學生將身體動作轉化為一種釋放壓力的方式。有些學生在操作時會一邊笑，一邊重複動作；也有學生選擇輕柔地拍打，彷彿在與自己的情緒對話。這些片刻讓授課者會(刪除)意識到，科學活動不只是理解自然現象的途徑，也可以成為安放情緒的一種方式。特別是在寒暑假期間，無論是孩子或成人，都需要一個能夠放鬆與重新充電的出口，而這樣的課程，正提供了一種安全且具意義的可能。

在咖啡課堂體驗中，學生在首次接觸生豆時多感到驚訝與好奇，普遍認為氣味像雜草或綠豆，甚至覺得「不好聞」。不同班級的反應相當一致，成為討論感官差異的起點。當改聞烘焙咖啡豆時，學生開始能分辨果香、巧克力或堅果等氣味，並引發討論：「同一顆豆子為何氣味不同？」進而引導理解微生物代謝與梅納反應在香氣形成中的作用。在生物學上，咖啡處理法可視為微生物發酵過程，雖無法直接觀察，但學生可透過嗅覺來推測咖啡的變化，並練習以科學語言描述，如：莓果、柑橘等風味，深化對化學與微生物作用的理解。課程也延伸至梅納反應的化學概念，並透過生活經驗與嗅覺記憶連結，讓抽象知識更具體。最後的「小小杯測師」競賽中，學生以嗅覺進行咖啡乾香分析，辨識不同產地與處理方式的樣本，並進行討論與推理，展現感官作為科學工具的可

能性。課程結束時，學生帶回自製掛耳包，不僅收穫作品，也建立對自身感官能力的信心與對科學探索的興趣。

本系列課程與教材的實踐顯示，透過適切的設計與多感官教學策略，視障學生同樣能有效參與科學與科技學習，並展現良好的理解力與潛能。無論是電路實作、情境式科學課程，或結合生活經驗的主題探究，皆強調以觸覺、嗅覺與操作經驗為媒介，協助學生建構概念，同時兼顧其情緒與學習需求。此不僅提升了學生的科學素養與學習自信，也凸顯無障礙教學的重要性，說明只要提供適當支持與設計，科學學習即可突破視覺限制，真正落實包容性的教育目標。

四、 結語

整體而言，本文從營隊課程設計、教學實施與學生學習經驗三個面向進行分享與反思。在視障科學課程設計上，建議強化多感官教材的系統性與結構性，將抽象科學概念轉化為可觸摸、可操作的學習內容，協助學生透過觸覺、嗅覺、聽覺與動作經驗逐步建構理解，同時減少過度依賴視覺描述，改以具體且貼近生活的方式呈現概念。在教學實施方面，建議保留充足的操作時間與重複練習機會，並建立即時回饋機制，使教師能適時觀察與引導，協助學生釐清並修正學習上的困難。此外，在教師專業支持方面，建議授課教師應具備基本的視障教育知能與教材熟悉度並於課程實施時提供隊輔協助，以提升現場教學的彈性與應變能力。

活動網址與延伸學習：教學平台與互動社群提供教材、教案及現場教學錄影，供視障學生與在職教師參考與運用，藉此建立廣泛的交流平台，進而提升教學方法與整體教學成效。

1. 遠哲彰化辦公室--視障與聽障營隊科普推廣：<https://www.youtube.com/@---vk1cu/videos>
2. 遠哲科學營-視障與聽障營隊：<https://www.facebook.com/profile.php?id=100057106073691>