

高中雙語教學在化學科的實踐示例： 查理定律—尋找絕對零度

游珮均

桃園市立內壢高中

Email: pcteachem@gmail.com

摘要：本文為作者將 2023 年研發的教案轉化為雙語教案的實踐過程。教案採用「沃土模式 (FERTILE Model)」，秉持「學科為主、語言為輔」原則、降低學生的語言焦慮。教學設計核心結合多項策略：利用建模法與 PhET 模擬器，引導學生從微觀視角探索氣體運動並尋找「絕對零度」；透過數位融入教學克服實物操作限制，並藉由 AI 輔助數據處理，使學生能專注於學科知識。課程實施分組合作學習與數位平台即時反饋，促進同儕互助。在雙語實踐上，除了課室互動，設定明確的學科與語言雙目標，藉由多模態方式引導學生在自然情境中應用英文。作者以此作為一種雙語教學的方式分享給有興趣雙語教學的老師們，在課堂中善用工具並掌握使用雙語的時機，讓學習不斷的發生！

■ 前言

作者在 2023 年於新北市課程發展中心與化學科種子教師們一同進行查理定律的課程教案研發，課程成果亦刊登於《臺灣化學教育》第六十一期 (2025 年 9 月) 文章「查理定律創新教學實踐：從實驗操作到概念理解的探究之路」(沈秀君等，2025)。然時值國家雙語政策的推行，作者遂在 2024 年將此教案轉化成雙語教案，採用沃土模式 (FERTILE Model)，透過營造自然接觸英語環境，降低學生使用語言的焦慮，期待以「學科知識為本、語言為輔」的原則進行教學 (林子斌，2024)。

教學設計理念係以建模法使學生瞭解氣體運動的微觀情形，使用 PhET 模擬器來探索查理定律，引導學生尋找「絕對零度 (Absolute Zero)」。教學策略以分組合作學習，利用同儕互助分享來提高學習的成效；藉由 AI 輔助學習降低數據處理的困難，使學生聚焦在學科知識的習得；採用數位融入教學，以模擬器進行氣體實驗破除實物操作的限制，在課程有限時間內建立氣體與變因間的模型；輔以課堂平台的即時反饋，達成組間互學的成效。在雙語教學方面，除了課室英文互動外，課程同時設立了學科學習目標及雙語學習目標，以多模態的方式進行及表達，使學生可以在自然的環境中融入英文的使用 (見圖 1)。

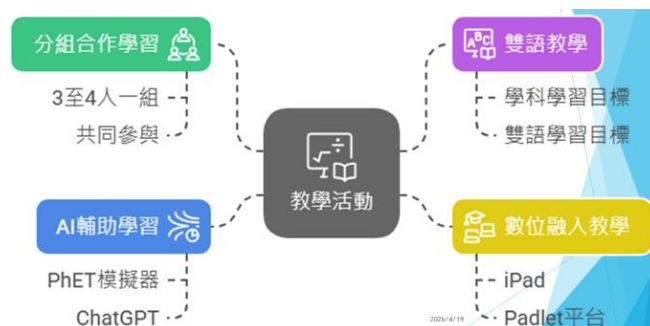


圖 1：教學活動說明

■ 課程設計理念與雙語課程之轉化

一、課程設計理念

科學家在建立科學模型時，有一定的思考過程，稱之為建模歷程 (Modeling process) (邱美虹，2016)。歷程可分為四個階段：模型發展階段、模型精緻階段、模型遷移階段、模型重建階段。本教案因教學時數與學習內容所限，以「查理定律」概念設計進行模型發展與精緻兩階段。

在模型發展階段，課程一開始提問氣球在冰水浴及熱水浴巨觀的現象變化，引導學生氣體的四個因素對現象影響的觀係，學生小組討論反饋微觀粒子的移動、呈現及解釋溫度對氣體體積的影響。

在模型精緻階段，教師引導學生利用數位工具 PhET 模擬器進行實驗，學生討論設計實驗變因，包含氣體的粒子數、分子量、起始的溫度、起始的體積等，自行決定控制變因、操縱變因，收集實驗數據，驗證氣體溫度對氣體體積的關係為正比關係。在 AI 工具輔助整理數據與作圖下，找到直線關係式與絕對溫度的實驗值。最後，歸納各組數據與變因，找出絕度溫度的實驗值接近理論值的實驗條件，發現在氣體分子量小、溫度高的條件較為符合，進而解釋真實氣體與理想氣體的差異，課程設計理念見圖 2。

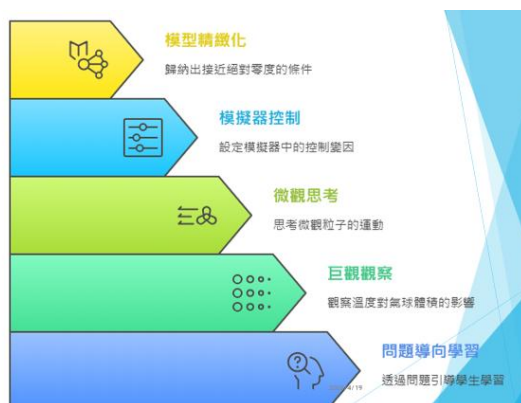


圖 2：課程設計理念

二、雙語課程的設計與沃土模式

在沃土模式是一種強調教師能操作、學生能理解為中心思想的概念，一個以學生學習發生為主的教學方式，因此，在課程進行前需先確認學生的語言準備度與學科的準備度。在語言準備度，可以參酌學生入學的英文成績、在校英文成績，尋求班級英文老師瞭解學生的英文程度，再決定給予英文教學的時機與策略。一開始先由課室英文進行，學科英文的問題則需依學生英文程度由低至高給予是非、選擇、問答三種層次的回答。

在進行雙語教學時，教師們常困惑於英文使用時機，作者建議可採用是非、選擇、問答這三個層次循序漸進。如果學生在是非題反饋佳，就往選擇題提問，若學生無法理解或回應困難，則退回是非題，課堂進行可依學生回饋反覆測試。最重要是讓學習不斷發生，不要製造語言的弱勢與困難。

課程設計需先設定學科目標與雙語目標，以多模態方式進行學習，輔以數位及 AI 工具。下列分項說明。

(一) 設定學科目標

- 1.老師以簡易版查理定律實驗，引導學生能將已習得的科學知識，連結到自己觀察到的現象及實驗數據，接著分析數據，進而提出合理的解釋或實驗結論等。
- 2.老師藉由提問與討論，引導學生能從實驗過程或結果中，建立相關的理想氣體模型(查理定律)，並能評估不同模型的特性和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。
- 3.學生能從模擬實驗結果進行比較，思考模型的限制與條件，進而理解真實氣體與理想氣體的差異。
- 4.老師藉由小組口頭發表，引導同學在小組活動中，透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力，並分享科學發現的樂趣。

(二) 設定雙語目標

- 1.學科專有名詞的設定：一堂課聚焦在約 10 個學科英文名詞學習。一開始可以提供字庫表，出現中文解釋，在之後的課程，則不出現中文解釋，讓這 10 單字反覆於課程出現，讓老師說學生聽，學生在說寫中自然的使用。另外，需確認名詞的正確性，可參照課綱頒佈的內容或是到國家教育研究院樂詞網反覆確認，網址 <https://terms.naer.edu.tw/>。
- 2.英文句型學習的設定：本次課程設定學生能說明趨勢變化，句型為 When sth. increases/decreases, sth. increases/decreases.

(三) 多模態的課程進行方式

雙語課程建議以多模態的方式進行，此次圖像使用照片、圖片，實作使用 PhET 模擬器、AI 作圖，教學時的手勢等，學生可從多元智慧的角度切入學習，有助於理解雙語課程的內容。

(四) 數位工具融入教學、AI 協助學習

在投影片中建立 QRcode 碼，便於學生立即連結跟上學習進度，見圖 3。登錄課程後，使用 Padlet 平台收集學習成果，不需創建課程社群，課堂上可即時回饋。使用 PhET 模擬器可再短時間內進行實作，使學生進行微觀下實驗觀察。ChatGPT 協助數據處理，降低數學運算的困難，聚焦在計算絕對零度的推導。



圖 3：學生課堂使用數位工具學習與討論

■ 雙語教學實踐流程示例

一、分組：請學生掃 QRcode 進入 Padlet 頁面，在組別下方登錄分組，3~4 人一組。

二、學科單字的目標設立：提供 word bank 降低學生對生字的焦慮 (見圖 4)。

Word Bank	
Absolute Zero 絕對零度	Linear equation 直線方程式
Mole 莫耳數	X-axis intercept X軸截距
Pressure 壓力	molecule 分子
Volume 體積	Width 寬度
Celsius temperature 攝氏溫度	Simulation 模擬器

圖 4：課程單字庫

三、引起動機：以氣球在冷熱水浴中的現象，探討溫度對氣體的體積巨觀影響，提供句型選擇使學生完成雙語表達，呈現在 Padlet 平台上，教師在留言區給予愛心回饋，用以檢核學生學習成果 (見圖 5)。

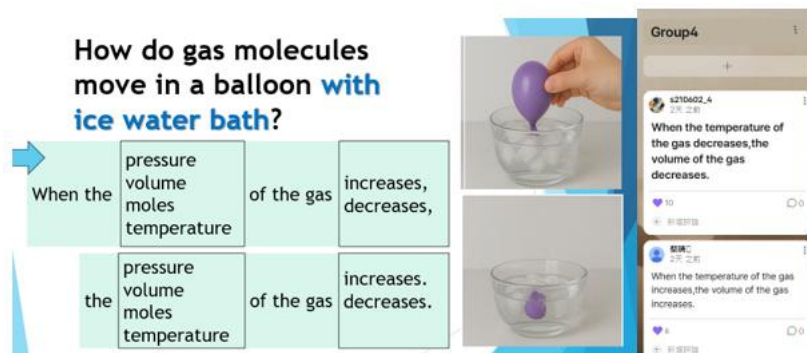


圖 5：雙語句型示例與學生成果

四、請學生討論：以圖片說明氣體在微觀中的運動情形。學生以氣體溫度、體積、粒子數的角度呈現變化前後的差異（見圖 6）。



圖 6：學生小組討論成果與老師即時反饋

五、請學生操作模擬器：學生使用 ipad 掃描 QRcode 連結網站使用模擬器（見圖 7）。

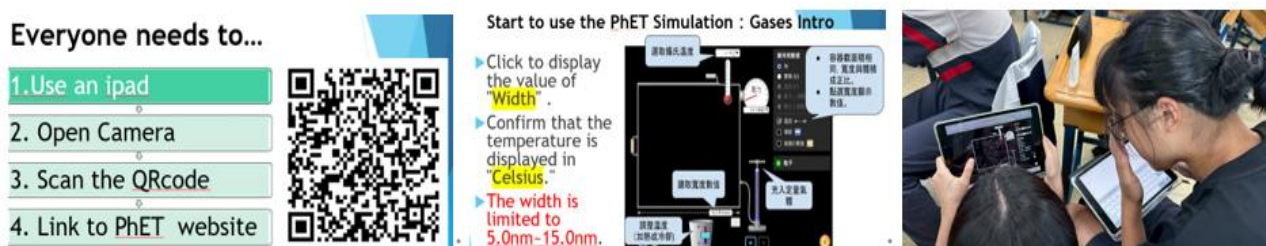


圖 7：課程內容與學生課堂使用數位工具學習

六、請學生進行「誰是絕對零度王？」的任務：使用 AI 作圖找出絕對零度（見圖 8）。



圖 8：誰是絕對零度王課程內容與學生使用 AI 輔助的學習成果

七、討論氣體的四個因素 P 、 V 、 n 、 T 對任務的影響：比較理想氣體與真實氣體的差異。

■ 學習評量與學生回饋

學習評量採用 Padlet 平台，收集學生學習成果，以按讚做當下作業檢核，再依各個學習內容給予雙語與學科學習成果的是否達到學習目標給予對應的分數。

在課程建模方面，以問題導向引導學生學習，學生可以由溫度對氣球體積的影響，瞭解巨觀的變化，思考微觀粒子的運動情形，並在誰是絕對零度王中，設定模擬器中的控制變因，如：氣體粒子的數量、實驗溫度、容器的大小等數值，歸納出接近絕對零度的條件，達到模型精緻化及學科的學習目標。

在數位融入教學方面，使用平板，以掃描 QRcode 的方式可以快速連接網頁及模擬器來回操作，課程逐一導入 Padlet、PhET、ChatGPT 三種數位工具，學生的反饋 5 分中平均得 4.54 分，學生可以順利的使用數位工具。在 PhET 進行模擬實驗及 ChatGPT 進行數據分析，分別學生的反饋 5 分中平均得 4.26 分及 4.19 分，顯示大多數的學生可以瞭解實驗的變化，及數據的處理及學科知識。

在雙語課程方面，學生的反饋 5 分中平均得 4.11 分，大部分的學生可以達成雙語學習設定的目標，並可以英語回應教師的要求，多數學生在反饋中認為雙語課程比想像中容易及輕鬆，說明對雙語課程的認同。

在合作學習方面，學生的反饋 5 分中平均得 4.48 分，大部分的學生可以快速分組，並對於課程不熟悉或不瞭解處在反饋中表達獲得同組同學的協助。

學生對於課程質性回饋見圖 9，在數位工具的使用上多是正向，多數表示對雙語課程的認同，並認為雙語課程能提升學習的成效。

這個小操作不僅讓我跟氣體更熟悉 也學習到了英文單字 實驗操作部分雖然時間有點不夠 但是最後也算出了很接近絕對零度273.15度的數字 讓我很有成就感!

很有趣 結合app和小組討論 讓我更了解課程內容

老師的解說淺顯易懂，簡報也一目瞭然，學了很多英文單字也更明白氣體，利用數據去算出絕對零度，我覺得很有趣。

化學課與英語和平板配合使得學習更加有趣也比較好懂

這門課程內容扎實，幫助我建立完整的知識架構。老師教學方式清楚有條理，讓我更容易理解並應用在實際問題上，收穫很多。

雙語課程 🍌 🍌

認識了好用的軟體，也對絕對零度有更多的瞭解

由於沒什麼聽雙語課的經驗，所以一開始時有點卡卡的，但隨著越來越習慣，也慢慢上手了

圖 9：學生對課程的質性反饋

■ 教學反思

作者認為雙語教學需重新解構課程，以學生為主體來設計教學活動，增加學生學習的發生及雙語的使用。此次教學活動特點如下：

- 1.以探究式教學的方式進行課程教學，可以讓學生思考學科知識，在建模過程當中，重新組織概念發生知識的遷移，以此課程活動設計可加深學生的學習。
- 2.以數位 AI 融入教學，可以作為工具，簡化學習中複雜的內容處理，更為聚焦在課程活動的學習中。
- 3.以雙語教學，輔助多模態的進行方式，引起學生學習興趣，降低學習門檻，若課程時間增加，可讓學生多發表。

以此作為一種雙語教學的方式分享給有興趣雙語教學的老師們，在課堂中善用工具並掌握使用雙語的時機，讓學習不斷的發生！

■ 參考文獻

- 沈秀君、鍾曉蘭、鐘建坪、游珮均 (2025)。查理定律創新教學實踐：從實驗操作到概念理解的探究之路。臺灣化學教育，61。 <https://chemed.chemistry.org.tw/archives/46599>
- 林子斌 (2024)。雙語教育—沃土模式在臺灣教學現場之實踐經驗。臺北市：元照出版有限公司。