

# 國中數理學術性向資優班 自然科學課程雙語教學實踐成效

陳勇祥\*

國立嘉義大學特殊教育學系  
副教授

## 摘要

雙語教學是台灣近年來教育政策的重點，旨在提升年輕一代的國際競爭力。然而，在資優班中實施雙語教學的案例較少，如何兼顧課程挑戰性與學生學習節奏，以設計適合資優學生的雙語課程，是研究的重點。本研究探討一位國中數理學術性向資優班教師規劃並實踐雙語科學課程的歷程。透過 6 次訪談與文件搜集，發現教師初期面臨學生對科學史反應平淡的困境。為提升學生興趣，教師調整策略，將課程主軸轉為「科學原理與科學家的故事」，引導學生討論科學家的發明與成就，促進理解與推理。同時，教師在設計課程時考量外語與科學內容的平衡，不因雙語教學而降低課程難度，確保涵蓋重要的科學概念與議題。為強化互動，教師不限制學生的語言選擇，並結合圖示講解、實作體驗和模擬科學原理，增進概念理解。課程還融入批判思考、問題解決以及情意發展，激發資優生潛能。未來研究可考慮開發資優班雙語科學課程的評量工具，探討教師培訓及雙語教學策略，並研究課程實踐過程中可能遇到的挑戰與對策。

關鍵字：學術性向、資優、雙語課程、科學教育

\* 通訊作者：陳勇祥 coicsen@gmail.com

## 壹、緒論

雙語教育起源於克服語言異質性所引發的國家發展與社會問題。許多國家推動雙語教育，是為促進族群和諧與提升國家競爭力（林子斌，2019）。語言學習不僅能加強文化理解，也能促進知識交流。因為，雙語教學根植於語言學習與學科內容整合的理念，使學生在具體情境使用語言，深化學科內容理解。所以，在自然科學課程實施雙語教學，透過學科內容與語言學習同步進行，再運用雙語教材、圖示解說及實作實驗等多元方式，減少學生對外語的陌生感。此外，教師也提供鷹架支持，逐步引導學生掌握科學術語與表達方式。

### 一、雙語教學政策的推動與啟發

近年來，雙語教學已成為我國重要的教育政策，期望藉此提升青年世代的國際競爭力。雙語教學模式包括沉浸式、語言與內容整合等，目的是讓學生同時學習語言與學科內容，增強英語作為學習工具的能力（Coyle, 2005）。然而，在推動雙語教學時，資優教育需考慮如何在課程設計中融入雙語教學，因為資優生具高度學習潛能，適應雙語教學可強化其面對挑戰的能力。

### 二、教學現場的對話與反思

與資優班教師的對話發現，教師擔心資優生需要快速學習節奏與更具挑戰性的任務，而雙語教學卻可能放慢學習速度、降低難度。實施雙語教學時，必須先理解學生需求，再據此規劃適合資優生的雙語課程，才能確保課程符合其學習需求。

### 三、資優教育的進階發展

資優教育旨在為具不同優勢的學生設計符合其需求的課程。雙語學習不僅是語言學習的一部分，更是進階學習的表現。透過語言學習，資優生能涉獵更廣泛的文化與議題，提升文化意識與國際視野。雙語教

學應融入資優教育的核心理念，強化創造性思考、批判性思考與後設認知，契合資優生的學習需求。這種作法也是多元智能與多元評量的展現，能培養資優生的語言優勢與多元思維。

### 四、從挑戰中思考行動

資優班科學課程的雙語教學對教師提出了高要求，不僅需要科學與雙語教學能力，還需具備資優教育專長。教學過程中，教師需在雙語教學與學生需求之間取得平衡，並兼顧多樣化評量，全面理解學生的學習表現。為推動雙語教學，教師需要與家長達成共識，確保課程設計符合雙語與科學課程的雙重需求。

### 五、實施雙語教學的顧慮與挑戰

實施雙語教學前，教師需面對教材選擇與教學策略的挑戰，特別是在評估學生準備度與分組方面。教學過程中，如何在雙語與學科內容間取得平衡，是教師的主要關注點。資優生的個別需求與學習風格多樣，增加了實施雙語教學的複雜性。教師需根據學生的語言能力與學習表現，調整課程內容與引導方式，以確保雙語教學能激發資優生的學習動機與興趣，並不影響其原有的優勢領域。這種挑戰使教師在實施雙語教學時產生顧慮，因為他們需同時滿足學生對高層次學習的需求與雙語教學的要求。

總結來說，資優班雙語教學需考慮學生的個別需求、課程難度與挑戰性，教師必須靈活調整教學策略，以達成雙語教學的目標，並提升學生的學習效果。

## 貳、文獻探討

### 一、雙語教學的理論與應用

雙語教學是一種以兩種語言進行教學的方式，目標比單純的第二語言教育更廣泛。Garcia 和 Bactens（2009）指出，雙語教學能夠更全面和公平地提供學生多元的學習方式，而不是僅僅教導第二語言。Wright 等人（2015）認為雙語教學的目的不僅限於語言學習，更在於透過兩種語言的媒介，讓學生在學習

學科內容的同時，也能達到語言學習的目的。這表明雙語教學並非簡單的兩種語言的堆疊，而是透過多元語言輸入來增強學生的學科知識與語言能力。

雙語教學不僅僅是使用非母語來教授學科內容，還強調在教學過程中運用教學者自身的文化背景，讓學生能夠認識自我文化並學習其他文化的意涵。Nieto (1992) 提到，這種教學方式不僅能夠讓學生在母語的基礎上學習第二語言，還能透過雙語教學的形式，在潛移默化中培養學生對不同文化和語言的尊重。

在雙語教學中，鷹架支持系統是至關重要的。例如 Coyle 等人 (2010) 指出，雙語教學相較於一般教學，除了指導和講解之外，還需要在教學過程中使用學術專業用語、關鍵用語及一般用語，並應用於討論、探究、提問、修正和反饋等環節。這種多層次的語言應用，能夠幫助學生在理解學科知識的同時，也能提升其語言能力。Genesee 和 Hamayan (2016) 也提出雙語教學課程的鷹架支持策略，如在解說中加入示範，並反覆使用關鍵字和片語來鞏固學生的理解。他們建議使用簡短的句子或段落來統整和詮釋關鍵概念，有助學生理解學科內容。Ballester (2017) 更認為教師應創造開放且尊重的課堂環境，鼓勵學生勇敢表達自己的想法和參與討論，無論使用何種語言。鷹架支持包括營造安全的學習氛圍、提出具有挑戰性的問題以激發思考、並適時提供語言支援和建設性的回饋，以提升學生的課堂參與度和認知能力。

然而，雙語教學的實施過程中仍存在挑戰。陳錦芬 (2023) 以多年協助教育部推動雙語教學的經驗指出，課程內容的選取與教材的編製，以及如何適當運用雙語策略，都是實施雙語教學的關鍵難題。她強調，雙語教學應根據學生的理解能力來調整語言輸入的比例，以促進學習效果。

總結來說，雙語教學不僅涉及學科內容的教授，還涵蓋了語言學習和文化意識的培養。教師在進行雙語教學時，需要提供適當的鷹架支持和策略，以鼓勵學生積極參與並進行深入的思考和討論。隨著課堂議題的變化，教師應靈活調整語言的使用比例，以確保學生能夠在學習過程中充分發揮其潛力並加強互動交

流。

## 二、CLIL 模式的理論與應用

CLIL 雙語教學模式 (Content and Language Integrated Learning) 是學科內容與語言整合的學習方式，且涵蓋知識、溝通、認知、文化等層面 (Coyle, 2005)。如果教學歷程重視知識內容，CLIL 模式符合此一理念。因為，CLIL 模式強調學生在學科內涵的學習過程中，培養以外語來溝通的能力，其優勢在於各種語言及各教育階段都適用，彈性較高 (Ioannou-Georgiou & Pavlou, 2011)。換言之，CLIL 的核心理念是跨語言學科教學，也就是以外語作為學科內容學習的工具，但教學重點不是語言的結構與形式，而是學科知識內容 (Coyle, 2005)。因此，CLIL 模式有語言學習的意義，也有學科教學內容，是可同時強化語言及學科知識的模式。亦即，教師透過 CLIL 模式教導學科內容，同時也能引導學生學習語言在學科內容的應用。

此外，Dale 與 Tanner (2012) 也指出 CLIL 模式的理論基礎來自建構主義與認知學習理論，從中發展出雙語、第二語言等教學法。所以，教師實施 CLIL 模式時，主專長為學科者，應將語言融入學科內容；主專長為語言者，則將學科內容融入語言課程。如此，即可實踐 CLIL 模式的理念。Maljers 等人 (2007) 亦發現多數歐盟國家期待學生習得一種以上的外語，讓學生有能力透過語言與其他國家互動，可強化競爭力及國家經濟。因此，CLIL 模式已在多數歐盟國家實施。這些國家都期待學生多習得一項新的技能，語言即是其中之一。

歸納上述文獻可知，CLIL 雙語教學模式整合了學科內容與語言，可培養學生在學科學習過程，運用外語的能力，而且是各種語言及各教育階段都適用。CLIL 模式基於建構主義與認知學習理論，其核心理念是以外語為學習工具，讓教師在課程設計時，可以融合語言和學科內容。因此，CLIL 雙語教學模式可同時強化語言與學科內容知識的學習，獲得歐盟國家推崇。

### 三、CLIL 模式結合科學之應用

科學教育的核心在於激發學生學習興趣，透過探究、實作、思辨和討論等過程，使學生運用科學方法，展現科學態度。以 CLIL 模式實施雙語科學課程，可以將科學知識內容融入英語教學，讓學生同步學習科學與語言。Mortimer 與 Scott (2003) 強調，教師透過「對話與互動」的方式，引導學生表達想法，並延伸討論或驗證科學理論，促進知識的共同建構。Dale 與 Tanner (2012) 也指出，雙語科學課程需考慮教材是否涵蓋語言學習功能及學科內容，才能真正發揮雙語教學的作用。Llinares 等人 (2012) 更提出科學課程應包含「流程」、「發表」、「解釋」等步驟，幫助學生理解科學研究的基本流程，並培養數據解讀與圖表分析的能力，增進科學語言溝通。因此，雙語科學課程的設計應基於科學領域核心主題，並提供適當的鷹架支持，以引導學生建構知識。Yorc 與 Treagust (2006) 強調，情境支持對雙語科學課程至關重要，讓學生在安全的環境中熟悉科學語言，進而進行批判思考和深入理解科學本質。

總結來說，CLIL 模式結合科學教育，將科學知識與語言學習融為一體，是科學領域實施雙語教學的有效途徑。教師在課程中運用雙語，引導學生對話與思辨，並透過探究和實作延伸學生想法，達成科學知識的共同探究與學習。

### 四、資優生的特質與科學學習

資優生具有追求真理、不服膺權威、獨立思考、高度好奇和創造力等顯著特質 (Renzulli, 1977)，這些特質是課程設計的核心。為滿足資優生的學習需求，課程應具有啟發性與挑戰性，強調問題解決與探究。課程設計應深入探討本質，鼓勵批判思考與獨立見解，並激發學生的好奇心與創造力。因此，Ferrell 等人 (1988) 建議，資優生的教學應聚焦於創造思考與批判思考，透過任務導向與問題解決，引導學生提出並應用創意點子，進行反思與回饋。Dalzell (1998) 進一步

強調，教師應設計高層次認知和創造力的討論活動，促進學生在辯證過程中深化批判思考能力，並激發創新思維，同時強化社會互動。此外，雙語科學課程亦需提供鷹架支持，內容應涵蓋科學議題探究、概念思考及科學原理，並鼓勵學生積極參與與討論。鷹架策略包括營造開放與安全的學習環境，透過挑戰性問題引導思考，並提供語言支援與建設性回饋，以深化學生的科學思考與知識探究能力。

基於上述目的，提出本研究之問題為：

(一) 描述國中數理學術性向資優班教師規劃雙語科學課程並實踐之情形。

(二) 國中數理學術性向資優班雙語科學課程實施過程運用之策略與成效。

## 參、研究方法

### 一、採用質性研究方法及應用於自然科學並有外部評鑑

本研究採用質性研究方法，以深入探討雙語自然科學課程的設計與實踐。質性研究特別適合此議題，因其強調對現象的深度理解，並以參與者的視角呈現經驗的豐富性和複雜性。CLIL 模式為本研究的理論依據之一，強調學科內容與語言學習的整合，有助於學生在學科內容的學習過程，同步提升語言能力。該模式的應用為雙語教學提供理論支持，尤其是在自然科學課程中，透過科學探究和語言運用，增強學生的學科理解和語言運用能力。因此，課程規劃涵蓋科學原理、實作實驗及批判思考活動，並結合雙語教材與圖示輔助教學，且每一單元都以 CLIL 模式設計，確保語言與學科內容同步進行。

外部評鑑是由具備雙語教育經驗的學科專家及資優班資深科學教師組成。這些專家審視課堂觀察資料，並根據課程目標和雙語教學目的進行評估，以審視學習成果、語言運用及科學概念的理解，並與研究者對話，提供客觀且具體的建議。

## 二、研究者的經驗與背景

研究者有十餘年中等教育資優班教學經驗，熟悉課程設計與資優生需求，並具備質性研究與資優教育理論的背景知識，曾發表多篇相關著作。近年來，研究者積極參與資優班教師專業學習社群，深入了解學術性向資優班的運作現象，並發現需透過多元教學對話啟發學生潛能。研究者關注資優班如何與時俱進，並致力於探索課程與教學設計，以期提供實務界參考。此外，研究者在資優教育領域及質性研究具備實踐與學術經驗，並已發表多篇相關論文。研究者不僅熟悉資優生的學習需求與課程設計，亦透過多年來的研究與教學實踐，不斷累積並深化對質性研究方法的掌握。

## 三、研究參與者

### (一) 資優班自然科學領域教師

研究者以立意取樣邀請 J 師，一位任教國中學術性向資優班十餘年的自然科學教師，並取得其同意進入教學場域一年。J 師具備資優教育資格，擁有科學教育與材料工程雙碩士學位，並通過英語 B2 級檢定考試。J 師在規劃雙語科學課程前，參加多場雙語教學專業課程，並積極推動社區間的雙語課程合作。J 師擅長啟發學生的批判思考與自主學習，並重視議題內容的挑戰性。在教師專業成長方面，J 師創辦資優班教師專業學習社群及跨校共備社群，促進教師間的教學交流與質量提升。

### (二) 數理學術性向優異學生

該校的數理學術性向資優班為分散式資源班，採分組教學模式，共 9 位國二學生參與雙語科學課程，全年皆參與。J 師擔任資優班導師，從學生國一開始即規劃雙語科學課程，並多次在說明會、親師座談會等活動中與家長溝通，取得共識。家長支持 J 師的雙語教學理念，並安排學生接受語言培訓。這些學生多數在國小已通過全民英檢初級，經培訓後，5 位達 B2 級，4 位達 B1 級。

J 師評估，學生具備數理與語言能力，適合推行雙語科學課程。

## 四、研究場域

該校位於城區新興熱區，歷經多次轉型，仍為家長首選。隨著校園氛圍開放，教師積極迎接挑戰，並因行政與新血加入，支持變革的風氣濃厚。數理資優班運作良好，學生來源穩定，獲得社區與家長認同，吸引多方資源支持。在友善校園中，J 師與各科教師保持良好互動，展現專業能力，有力支援資優班經營。

## 五、研究工具與實施

在本研究的自然科學課程雙語教學中，課程規劃與設計是重要關鍵。首先，雙語教學涵蓋科學原理、實驗操作，以及科學家故事等內容。這些內容將以英語為主要教學語言，強調學生的語言能力和學科理解同步提升。對於較為複雜或抽象的科學概念，則適時輔以中文解釋，以確保學生對核心概念的全面理解。學習單的設計則包括雙語詞彙表、實驗步驟指導、關鍵問題討論，幫助學生在雙語環境中掌握學科內容並進行反思。同時，採用多元評量策略，包含學生的課堂參與觀察、學習單完成情形、以及雙語表達能力的測試，據此全面評量學生的學習成效和語言應用能力。

除了研究者本身之外，另有訪談大綱、研究札記、學習單、回饋單、課程教材等文件資料。研究者亦負責擬定訪談題目，並進行訪談、轉譯逐字稿、分析與詮釋等工作。

訪談過程以半結構式訪談進行，題綱僅作為指引，不限制受訪者敘說，但需問完所有的問題。訪談分別在每學期的期初、期中、期末進行，共計 2 學期，總計 6 次。

題綱內容，如表 1。

表 1  
訪談向度與題綱內容

向度	題目
課程背景與目標	您如何界定「雙語科學課程」？請描述您規劃雙語科學課程的動機和目標。
課程架構與內容	您如何組織課程單元和學科內容？是否有特定的主題或領域？在課程中，您如何平衡科學知識的深度和廣度？
雙語教學策略	您是如何將雙語元素融入科學課程（例如透過教學語言切換或多語言教材等方式）？您設定的雙語教學目標是什麼？預期效果有哪些？
教學方法與學習活動學生參與及反饋	您採用哪些教學方法來激發學生的學習興趣和參與度？學生在課程中的參與方式如何？學生對於雙語教學的方式和課程內容的反饋如何？怎麼調整課程的內容或教學方法？
評估與成效	您如何評估學生的學習成效？有哪些評估方法或標準？是否能分享學生在課程中的亮點或成功案例？
挑戰與解決方案	在規劃和實施過程中，您遇到了哪些挑戰？如何克服這些挑戰？有哪些調整方式，可以優化課程的實施？

## 六、研究札記

每次訪談後均撰寫研究札記，將過程中感受的情境與體會的觀點，透過回想與反思，記錄當下能反映內在想法的細節。之後，在細節處或某個有特別意義的觀點，予以標註，以作為資料分析的參考。

## 七、資料編碼與分析

為了取得完整且多元的研究資料，以強化研究信實度，除了訪談資料與研究札記之外，也參閱文件資料，例如：學習單、回饋單、課程教材，以厚實多方資料蒐集。

研究資料編碼：研究參與者（J）、訪談資料（T）、研究札記（R）、學習單（L）、回饋單（F）、課程教材（C）。編碼舉例：TJ-3-18 是 J 師第 3 次訪談的第 18 個語句單位、R-5 是研究者第 5 次研究札記、L13 是第 13 次課堂學習單、F9 是第 9 次課堂回饋單、C11 是第 11 次課程教材。

資料分析是以 Carney (1990) 提出之文字化、概念化、命題化、圖表化及理論化等步驟，將質性資料以系統化方式，進行整理與分析。首先是錄音檔轉譯為逐字稿，再整理為文本。學習單、

回饋單、課程教材等文件，亦將其中可具體呈現的質性資料，撰寫為文本，以供後續分析參考。之後進行概念化，將文句單位編寫概念，並分析並詮釋該段落之意義，形成主題概念。接續，統整各主題概念，再檢視其邏輯，將之歸納為具體的命題。最後，整理前述命題並檢視先前分析的主題，以及主題歸納為命題的過程，將之系統化比較與連結，以統整為普遍性概念，再之理論化，以形成結論。

## 八、研究信實度

為強化研究結果的客觀可靠，訪談逐字稿與分析結果，先請研究參與者確認是否符合其意，若不符合者，請其刪去。研究者亦相互檢核與對照不同來源之資料文本，降低自我偏見或觀點偏頗的影響。資料分析過程，也請一位無直接參與本研究的資優班教師，進行外部查核。若有觀點不一致者，即提出與研究者討論。除了上述方式，研究者亦透過研究札記，檢視自身於此歷程秉持之態度，確認能以客觀立場，進行各項資料分析。

## 肆、結果與討論

資優班科學課程以探究導向和挑戰性議題為主，促進跨領域整合與問題解決能力。雙語教學導入後，教師進修英語教學能力，確保學生在雙語環境中能保持探究意願，並能理解科學概念，契合資優教育理念。

### 一、研究結果

#### (一) 初期的困境

基於興趣的引導，對於科學探究的主題，採取探索性的學習取向。因此，教師嘗試先從科學史的講述，導入主角當時的情境，讓學生體會主角在科學探究過程的心境。但教師發現學生對於科學史的講述，反應較為平淡，「我覺得那些科學史的故事，有點脫離現實，這和現在的科學技術和知識差太遠，而且用英文講，更難懂」（TJ-1-06）。

教師認為學生的回饋是他需要深思熟慮之處，使其重新調整教學策略，導引到科學史和現代科學的關係，「為了讓學生更容易理解科學史，需要重新調整教學策略，但考慮到學生對英文可能不夠熟悉，所以要從科學史和現代科學的關係，讓學生產生連繫」（TJ-1-09）。因此，以現代科學引導學生回溯相關的科學歷史、人物和事件，使其連結並產生意義，「這種方法讓他們更能在科學史中，把他們現在所學到的科學知識連結起來，增加很多學習的意義感」（TJ-1-13）。

初期的困境是教師發現學生對科學史講述的回饋平淡，如何改善此一現象。反思過後，認為應該重新調整教學策略，將主軸置於現代科學與科學史的關聯，讓學生在雙語教學中，能對這些探究主題產生興趣，才有機會讓學生理解與連結科學知識，從中獲得學習的意義感。

#### (二) 理解後的轉折

在理解學生對於科學史的反應之後，找到更接近學生興趣的方式，「用雙語教學，又是枯燥

的科學史，學習變得更困難，所以要規劃比較活躍的學習情境」（TJ-1-20）。教師得知此一感受後，改變課程主軸，重新定調為「科學原理與科學家的故事」，「因為要用英語，所以，如果學生覺得無趣，那鐵定進行不下去」（TJ-1-29）。

教師充分理解學生對於用雙語教導科學史的枯燥感，所以重新調整課程主軸，以強化學生的學習意願，「用生動的方式把科學家的故事和科學原理融入教學，讓學生比較容易理解科學家的熱情和探究精神，這些態度對科學學習和挑戰是很重要的」（TJ-1-34）。

在確定課程目標與核心能力之後，詳細訂出學習主題與內容，據此培養學生的科學探索精神，以激發創新思考、批判思考、跨文化交流等能力。這些能力也是資優生在科學領域學習必備的底蘊，讓他們可以繼續挑戰更多不同的科學議題。因此，教師規劃一學年的雙語科學課程，每3週進行1個主題，共執行15個主題，內容如表2。

當教師意識到學生對於科學史的學習感到枯燥之後，重新調整課程設計，改以「科學原理與科學家的故事」，將科學家的研究熱情與探究精神，透過生動的解說方式，讓學生理解科學家充滿探究精神的樣貌描述，以激發學生的認同感，來提升學生的學習動機與興趣。教師也在「科學原理與科學家的故事」中，加入批判思考與跨文化觀點，因為教師認為這些能力和態度對於資優生在科學領域的學習和挑戰，有其重要性。

#### (三) 出現改變的引導方式

以科學原理為基礎，再講述各種有趣的科學發明或創新技術。之後，給學生議題，並引導他們以雙語討論這些科學家的發明事蹟，學生即可較理解科學原理與科學家的思考過程，「在課堂上，當教師引入法拉第這個科學家時，我們並不是單靠既有的知識來理解，而是透過教師的雙語講解，從頭開始探索法拉第如何發現電磁感應」

（F5S4）、「老師先用簡單的英語介紹法拉第的實驗背景，並結合實驗演示，引導我們一步步觀

表 2  
雙語科學課程主題與內容

主題	科學家	事蹟與貢獻	科學原理
都是 DNA 的錯	詹姆斯·沃森	解讀 DNA 的雙螺旋結構，提出基因的分子組成與傳遞方式，影響基因遺傳學、生物技術和基因工程。	DNA 雙螺旋結構
疫苗來救命	愛德華·詹納	提出疫苗的概念，是醫學史的重要成就，阻擋嚴重傳染病的散播。	疫苗免疫
相對論跟誰相對	愛因斯坦	20 世紀的德國科學家，改變人類對時空和重力的解讀，貢獻在理論物理學。	狹義相對論、廣義相對論
懷疑派的化學家	波以耳	波以耳突破玄學與神學的迷霧，以系統化實驗，開創「化學」學科，並重新賦予元素科學定義，被稱「化學之父」。	波以耳定律
你有電磁感應嗎	法拉第	19 世紀的英國科學家，影響電磁學和電動力學，為電力及變壓器的發展鋪路。	電磁感應定律
人生沒有白努力	丹尼爾·白努利	提出流體的流速越快，壓力越小的現象，應用於飛機、投球。也研究機率、天文、流體力學、系統的震盪現象。	白努利定律
蒸汽動力很爭氣	詹姆斯·瓦特	改進蒸汽機，變成動力來源，並提升蒸汽機的效率，應用於各種工業和運輸。	蒸汽
量子力學超大力	馬克斯·普朗克	以量子理論解釋微觀粒子的行為，提出普朗克常數，影響量子力學與現代科學。	量子理論
福爾摩斯的電報	塞繆爾·摩斯	設計摩斯密碼，把文字轉換為信號，並遠距離傳送，改變通信方式與信息傳播。	電報通信
虎克彈彈你	羅伯特·虎克	有物理、生物、地質、天文等傑出成就，也發明天文望遠鏡、改進微觀鏡，影響細胞學和生物學的發展。	彈性材料行為
放射性衰變是啥	瑪麗·居里	深入研究放射性現象，發現鐳元素，並提出放射性衰變概念，為核物理學和醫學應用打下基礎。	放射性衰變
克隆與羊多莉	伊恩·威爾穆特	透過細胞核轉移技術實現動物複製，引發動物複製技術和倫理議題的討論，影響生物學和醫學研究。	細胞核轉移技術
X 射線與倫琴相遇	康拉德·倫琴	發現 X 射線，可以拍攝身體的骨骼影像，開啟影像醫學研究。	X 射線
炫酷量子電動力學	楊振寧、李政道	弱相互作用理論，影響粒子物理學的發展，也解釋元素粒子的行為，並提出關鍵觀點。	弱相互作用
細胞遺傳真有種	湯瑪斯·摩根	從果蠅遺傳實驗，發現基因的連鎖關係，是細胞遺傳學和基因圖譜的基礎。	基因連鎖

察電流與磁場的變化」(F13S7)。

同樣地，「當教師提到摩斯密碼時，並不僅僅是讓我們回憶過去的知識，而是透過雙語教學重新介紹電報的原理和歷史背景。我們在課堂上

學習如何用摩斯密碼進行簡單的訊息傳遞，並討論這種技術如何改變通信方式」(F9S2)。

教學過程中教師用英語帶領學生討論，並在需要時用中文協助釐清疑問，使學生更有自信使



用英語來表達想法和理解。

此一案例啟發教師思考如何用淺顯的英語，引導學生討論科學家的思考過程。因此，先以學生已經學過的富蘭克林電學實驗，提出閃電和靜電放電時的現象，讓學生思考閃電和靜電是否有相似處，「富蘭克林認為閃電是大規模的靜電放電，這種假設性的思考，要如何驗證呢？接著說他先在風箏綁了金屬，再把線連接到鍍金的鑰匙，測試看看能不能吸引雷電」（TJ-3-13）。

使用淺白的英文字句說明上述舉例，學生較能連結科學原理與現象，以及想像科學原理如何運作，讓學生理解科學原理表現的事實現象，「閃電這個字的英文很簡單，接著說它是很有威力的自然現象，也很好懂」（TJ-3-15）、「接著描述天空中的大電流放電，還有雷雨天氣，這些字句的關鍵字都很好理解」（TJ-3-22）。

雖然是用雙語來教科學原理，但從學生已經具備的觀念作為引導，比較容易跨領域連結到其他新的科學概念。此一方式有助學生更深入理解科學原理，「因為他們可以把已有的知識跟新概念相連結。例如：學生已經學過牛頓三大運動定律，就可以利用這些原理來解釋其他科學領域中的現象」（TJ-3-31）。

如果遇到概念本身難度較高，或可能產生迷思概念，或實驗過程不容易用英文解釋的詞，就以中文再解釋一次，「靜電、放電、金屬線、鍍金、帶電物體這些詞的英文比較罕見，就會在英文講完之後，用中文再講一次」（TJ-3-92）。

用中文再解釋，是為了讓學生完全理解困難的概念或複雜的過程，「這是雙語教學必要的策略，可以澄清潛在的混淆概念或迷思概念，讓學生不會錯過重要的關鍵」（TJ-3-40）。

科學實驗是驗證假設的過程，對科學知識的發展非常重要。當實驗結果出現，引導學生思考如何根據結果提出結論，此時必須兼顧英語的難度與思考歷程出現的艱澀概念，是雙語自然課較大的挑戰，「量子理論解釋微觀粒子的行為，有

太多難懂的細節，如果用英文描述，會更難懂，所以，要思考英文的用字難度」（TJ-4-39）。因此，在學生有疑問時，教師適時用中文補充說明，讓學生更清楚理解關鍵概念。此一教學方式，也創造許多改變引導的方式：

#### 1. 想像力激發多元觀點且不受語言限制

講授科學家在實驗過程的思考，是先引導學生注意其中一項特徵、現象或問題，鼓勵他們運用想像力，發想假設和結果之間的可能性，「想像力可以讓學生想到許多不同的觀點，也不受語言限制，想越多越能看出不同現象的推理與理解，再思考原因」（TJ-2-36）、「想像閃電是大量的靜電聚集在雲層，再到實驗室模擬靜電和放電的現象」（TJ-4-32）。

#### 2. 運用堆疊式的重複說明

因為使用英語解說科學概念，教師擔心學生無法清楚理解，所以，以堆疊式的重複說明，一次又一次地說、循序漸進地解釋，「重複說明讓學生的背景知識慢慢形成，多次說明、引導學生注意概念的特徵，再講述整個過程，學生也慢慢體會思考過程如何理解」（TJ-6-40）。

但單純的重複說明，在某些情況讓學生感到厭煩。因此，教師先評估哪些概念需要堆疊式的重複說明，並先分析學生的背景知識涵蓋的範圍，「發現細胞的科學家是虎克，選細胞結構這個主題比較能聚焦科學和發明家的故事。從細胞結構探討生物組成的基本單位，延伸到粒線體、內質網，再深入探討細胞能量的生產和蛋白質合成與運輸的過程」（TJ-4-42）。

另一位科學家波以耳發現聲音必須經由空氣傳播，才能聽見。教師以「真空」這個概念，引導學生討論為什麼聲音需要透過介質傳播的科學原理。因為聲波這個概念，學生普遍熟悉。所以，教師刻意從「真空」這個無法讓聲音傳播的相反概念，引導學生深究原本熟悉但卻從另一角度說明的概念，並全程以英語講述且適時提問，發現學生可以英語回答，內容也正確，「這讓我很訝

異的，從相反的概念來說，反而讓他們躍躍欲試，一直舉手，知道聲波的科學原理是需要透過介質，更舉出水也可以傳播的另一種答案」(TJ-6-42)。

經過多次以堆疊式講述科學概念之後，學生也漸漸習慣此一方式，但教師仍擔憂學生對概念的理解是否正確，因此引導他們說出某些概念的理解過程，從中找出可能出現的困惑或迷思概念，「因為科學背景知識很龐雜，要用很多策略，才知道堆疊式解說到底有沒有效，或者反而造成迷思，這都要討論」(TJ-5-35)。

### 3. 雙語教學更需要互動

教師認為用雙語來教科學，更要透過互動才能促進思考的深度與廣度。而且，思考的加深與加廣，也是從學生的反饋中激發出來的，「用兩種語言解釋科學概念，要一直問，一直評估，才能讓他們想得深、想得多」(TJ-3-50)。

鼓勵學生主動參與，是雙語教學過程重要的策略。邀請學生分享想法與觀點，是營造情境讓他們養成在兩種語言中交流的關鍵方式，「教學本來就要互動，這可以促進想法交流，尤其是科學和雙語結合，情境規劃方式有重要影響」(TJ-2-55)。

以學科內容融入語言來整合教學，重點在於學科內容知識的傳授，外語扮演的角色是傳遞知識的媒介。但因對象是數理資優生，教學目標設定為以高層次思考，引導學生沉浸於科學家的情事情境，探討其提出的科學原理，以及衍生的科學知識，「羅伯特·虎克提出彈性材料行為，通常只是理論講述，但如果選擇一位有故事的科學家，引導學生分析他提出的理論，再討論當時的時代背景中，虎克如何檢驗他提出的定律，就可以讓學生產生屬於自己的見解」(TJ-4-60)。

#### (四) 確定課程主題與外語的主客地位

##### 1. 課程主題與外語定位

教師主張雙語教學中，內容知識是主要的焦點，語言是達成內容學習的工具。教師認為實施雙語教學之前，要先確立外語與課程主題的主客

地位，「因為這門課程中，科學原理是主體，外語雖然有全球化語言的優勢，但在這門課程是語言工具的成分居多」(TJ-5-57)。而且，課程的主題核心概念還未成形之前，過多以外語解釋的內容，較難架構成概念層次，「語言是互動的媒介，但如果很難懂的概念，又用很難懂的語言去講，那概念怎麼形成」(TJ-6-54)。

##### 2. 雙語教學策略

教師認為自己對於雙語教學原則的領悟，是在缺乏具體指導的情境中，自主探索出來的經驗，尤其是課程內容與外語的比重原則，在沒有嚴格規範的情況下，自己根據學生的學習表現去調整兩者的比例，「在學習內容比重應大於語言的前提下，教師對雙語教學的拿捏，有其自我遵循的法則。這也許不是放諸四海皆準，但對目前正在發展雙語教學的我們，是沒有人教我們的情況下，自己摸索出來的」(TJ-6-58)。

雙語教學有其運用彈性，可讓教師根據自己的經驗覺知與學生反應的評估，靈活規劃教學流程，「雙語教學也是很個別化的方式，跟資優教育結合，可以符合不同能力學生的學習需求，讓教學變得更有適應力和效果區分性」(TJ-5-60)。

##### 3. 文化與語言學習

雙語教學除了語言學習，還涵蓋文化意識與文化互動層面。這兩者亦有交互催化作用，讓教師可以在資優班的雙語教學中，適時融貫文化意識與情境交際議題，以強化資優生運用語言去闡述與理解文化，並與文化產生互動，「這是資優生未來很需要的能力，在雙語科學就能做到，也是語言和科學的平衡，讓學生的能力更多元」(TJ-5-75)。

教師認為科學教育可以加入在地思維與國際交流，雙語教學就可發揮此一作用，讓學生增加與國際的互動。因此，在「放射性衰變是啥」談到居里夫人的科學之路，教師從科學家的探索精神和科學方法，來討論居里夫人所處的社會情境，引導資優生理解從事科學工作要面對的社會文化

風氣，讓學生思考該人物在面對諸多挑戰與未知情境的決定是什麼，以評估對科學的發展，「那是影響人類知識發展的必經過程，也是理解科學家思維的方式，因為對未知的恐懼，又面對社會文化的挑戰，學生可以討論這些科學家是如何改變人類對知識發展的態度，這是資優生很需要的情意教育」(TJ-6-74)。

科學方法是科學教育的重要內涵，教師認為資優生已進行多次科展及獨立研究，此一部分應是熟悉的項目，但以科學家的發明過程，引導學生思考科學方法的實施步驟，發現學生仍漏掉某些重要步驟，「正好雙語自然課程的實施，可以帶領學生閱讀國外的科學報告，讓學生知道科學教育沒有國際之分，同樣都有相近的科學步驟」(TJ-3-73)。

實際解讀國外的科學報告之後，發現學生要選擇感興趣的科學領域，就遇到困難了。因為過去的學習模式都是中文閱讀，一旦語言轉換，熟悉的領域也變得陌生，「生物學、化學、物理學、地球科學，看起來好像很簡單，但是換成英語，就得慢慢認識」(F21S4)。

之後，教師引導學生以中英雙語進行口頭報告，內容可自選生物學、化學、物理學、地球科學等領域的重要科學家，說明他們的貢獻，以及如何運用科學方法來解決他們提出的問題，發現探索性的實驗讓學生產生較高的好奇，「學生喜歡那些有探索性的議題，像是電磁學怎麼發展、生物習性的判斷是怎麼從挖出來的環境去描述，然後提出問題、思考假設、怎麼做實驗，都用中英文去講」(TJ-6-19)。

#### 4. 課程難度與雙語教學的平衡

在資優班進行自然課程是期待學生透過科學家的故事，理解他們如何持續不懈地探究科學的態度與精神，以及從中發現的科學原理或提出的發明物，讓學生能更深入學習科學原理。但最重要的原則是不能因為實施雙語而降低課程難度。所以，教師在過程中不斷思考的焦點是如何讓學

生習慣使用兩種語言來討論科學原理，而且要有科學思維和邏輯，「多一項語言的學習是好事，但終究是自然課，探究科學原理過程中要有的科學方法和問題解決能力，都要用中英雙語來解釋這些步驟，而且最好是用實際案例來理解它們如何應用」(TJ-4-22)。

#### (五) 金字塔教學模型的應用

為達成最大教學效能，依循金字塔教學模型，於設計課程階段即決定授課範圍的知識內容，以確定課程能涵蓋重要的科學概念與議題，「為了塑造自然學習語言的情境，我們的課程議題都是生動的科學家故事，這樣才能鼓勵他們很自然地運用雙語」(TJ-3-66)。

為確保學生對科學概念的理解，不受語言限制，教師並不刻意強調一定要使用多少比例的英文。這個教學決定是過程中可達成以目標概念為引導的重要方法，「因為沒有限制語言，所以不會影響我們對科學的思考，才能從問題去想，把想法勇敢表達出來」(F30S2)。

#### (六) 課後於通訊軟體之群組進行議題對話

教師致力於培養學生自然而然地說英語的習慣，所以透過課堂討論、小組對話，鼓勵學生使用英語表達自己的想法與意見，「因為課堂內外的溝通同樣重要，不是課堂中講英文，課後就不講。所以，我鼓勵學生課後在 LINE 群組中繼續探討他們學到的主題，而且盡量用英語，這樣才能把學到的東西，應用到真實情境」(TJ-5-32)。延伸議題對資優生的學習有加廣的作用，尤其是在以英語授課的情境，學生能理解又能展現興趣的議題，是教師用以拓展學習範圍的素材，「真空中無法傳播聲音，太空也應如此，這是聲波傳遞需要介質的鐵證，而且學生用英語來解釋聲波是透過介質的分子或分子之間的碰撞去傳遞的，這是理解後的反應」(TJ-6-32)。據此議題再擴大，教師以聲波在水中跟空氣中的傳播速度比較，引導學生思考何者較快，以及理由為何。結果發現學生能以英語解釋科學原理，「The propagation speed in water

is faster than in air due to more frequent collisions among water molecules」(F4S8)。

教師顧慮學生對議題過於熟悉會厭煩，因此加深議題理論的難度，並在抽象用詞過多的段落，適時以中文說明，「怕學生覺得無趣，所以用了高中才會學到的理論，但難題來了，那麼難懂的过程，講英文效果不好，直接說中文也可以」(TJ-5-16)。雙語教學不是全英語教學，雙語並用才是較為妥適的方式。教師認為雙語教學是一種方法，在某些特定情境還是以中文說明，學生的理解才更清晰，「雙語可以滿足資優生不同的需求，但仍有差異，有些學生會有挫折和困難，關鍵概念和難度高的用語，還是用中文」(TJ-6-15)。

教師努力培養學生使用英語表達自己的想法和意見的習慣，不僅在課堂中，也鼓勵課後於LINE群組，以英語溝通與討論課堂所學議題。在英語授課情境中，要探討延伸議題來拓展學習範圍，但顧慮學生的英語程度，必要時還是以中文解釋，以確保學生能充分理解。教師也強調雙語教學不是全英語，應該是雙語並用更適合，尤其是講述科學原理的關鍵概念與高難度用語時，中文可發揮重要作用。

#### (七) 雙語教學搭配圖示及實作與實驗

以英語進行堆疊式的說明時，會使用不同的教學方式。因為，資優生的學習風格和需求不同，單一方式無法適用所有學生。所以，當需要以堆疊式的說明，來建構完整的原理時，教師會另搭配圖示，讓學生從不同角度理解概念，「先講解愛因斯坦發現的相對論原理，再用圖示讓學生想像火車在軌道上行駛，看到的現象來做比喻」(TJ-4-15)。

教師也透過實作方式，模擬相對論的原理，以強化概念理解，「透過一顆球，來模擬光子極快的速度運動，說明光速不變原理」(R4)。實驗更是科學過程必備，教師不因雙語教學而偏廢實驗，反而認為在以英語講授科學原理的過程，

做實驗產生的自然變化，正可佐證，「我用一個小的模型，來模擬兩個不同速度運動的物體，但學生要用小車和小型跑道做實驗，去觀察速度，再討論時間膨脹的原理」(TJ-2-15)。

教師在雙語自然課講述科學原理的方式，是以概念一層一層堆疊，「講解科學原理或科學概念時，我會用反覆堆疊的方式，把重要概念的關鍵字，用英語反覆講、重複講，在不同的段落中，繼續講，讓他們印象深刻」(TJ-6-62)。

之後，再加入圖示、實作、實驗等多元形式，讓講授形式不單調，學生也不因英語能力的差異而停滯或困住。例如教師以愛因斯坦「時光機」，解說近光速旅行讓時間膨脹的原理，導出相對論和引力波，是引導學生以已有的數學概念，加上相對論的假設，「老師講光速旅行那一段，讓我們用慣性座標轉移去計算，再比較相對論的兩個假設」(F3S9)。

教師發現當其講述科學原理與科學概念時，會用堆疊式的方式，把重要概念的關鍵字，用英語反覆堆疊、重複講述在不同的段落中，以強化學生的理解。另外，也以多元的教學方式，來滿足資優生不同的學習風格和需求，包括圖示解釋、實作模擬、實驗推理等。這些引導方式，讓雙語教學方法也變多元，學生也不因英語能力的不同而使學習進展受阻。

#### (八) 加入批判思考與問題解決於科學主題

科學主題的討論，需要運用批判思考與問題解決能力。教師以此為立基，思考雙語加入科學課程之後，應該以更淺白的用語，以及簡化的解說方法來引導學生。因此，教師尋找「科學家在發明過程遭遇的問題或困境」，引導學生討論與探究，並鼓勵學生從批判思考的觀點，分析科學家遭遇的事件如何解決，「梅曼探討激光過程最大的挑戰是要把光的高度放大，才能產生光束，但他反向操作，用人工合成的紅寶石加閃光燈去脈衝」(TJ-5-13)、「梅曼跟大家不斷討論輸入能量的觀點不一樣，很勇於與眾不同，最後找到

雷射光的方法」(TJ-5-26)。此一案例讓教師發現該位科學家的故事隱含「當局者迷與批判思考」的意味,當然把握此一議題,對資優生進行機會教育,「這些科學家提出來的理論,在當時可能會跟教會中的權威人士產生牴觸。所以,我讓學生去對照中西不同文化,想想那些科學思維,可能會遭遇的挑戰」(TJ-4-67)。

教師讓學生從科學家遭遇的困難,學習體會不同立場,以跳脫自己的觀點,思考科學之路,可能遇到的問題與解套,「從兩個角度來看梅曼遇到的困難和挑戰,他跟一般科學家一樣,遇到難題同樣迷惘,但是他反問自己方法是否唯一?把同時期也在探討同樣概念的科學家的想法,拿出來檢討,結果發現其他技術可以產生激光。這種與眾不同,可能招來批判,但也可能是轉機」(R6)。

此外,科學思維的養成,不單以表象解釋,才有機會發現與眾不同的觀點,以培養獨立思考能力,「培養科學思維的過程,需要超越表面,而且要深入觀察、深入探討背後的原理和機制」(TJ-5-53)。教師認為這樣的教學方式,可以培養資優生的科學思維,「去懷疑,去假設,再找證據,然後對各種可能的情況,理性分析和批判思考」(TJ-6-47)。教師知道在科學課程中導入雙語教學,讓課程的難度變高,雖然以更簡單的用語和解釋方式,引導學生探討科學主題,但對於應有科學思維訓練的議題,以及需要深入觀察與分析的原理,仍帶領學生以懷疑、假設、尋找證據和批判思考的方式,去深入探討,以培養資優生的獨立思考。

#### (九) 導入情意發展與社會氛圍以激發潛能

科學家的故事也帶有情意發展的寓意,以此觀點引導資優生思考生命的可能,也點出科學研究,亦應思考其是否受當時社會氛圍與環境影響之可能,「科學家在發明過程一樣遇到很多困難和挑戰,我們如果從更寬廣的角度來看科學的發展,就會發現在不同的環境中,有不同的可

能」(R2)。此段以英語講述,極為流暢且易於引導,因為故事意涵平易近人、用語淺白,讓學生更能領悟自己的各種可能,「因為梅曼的科學故事可引導學生檢視資訊、反思問題,突破自己的限制,不要自我懷疑,失去自信」(TJ-3-48)。

教師認為科學家的故事,除了培養學生的科學思維之外,也蘊含情感與生命發展的寓意,「這種題材可以讓資優生想想生命的各種可能性和不同樣貌,是很有情意作用的」(TJ-5-72)。因為,情感發展與自信啟發的思維,也是科學教育重視的要素,「從科學家的故事,看到更多自我認識,也是幫助資優生發現自己的想法,以及正向情感的關鍵」(TJ-5-68)。此外,從科學家不畏環境與他人眼光的故事中,也幫助資優生探索自我與社會的關係,「知道科學家的優秀與他人支持有關」(TJ-5-81)。這是科學課程需要講述的議題,也是以英語表達相對容易的內容,「讓他們知道自己的優秀,但也要擁抱生命中不同的挑戰,這用英語說,都說得很好」(TJ-5-92)。

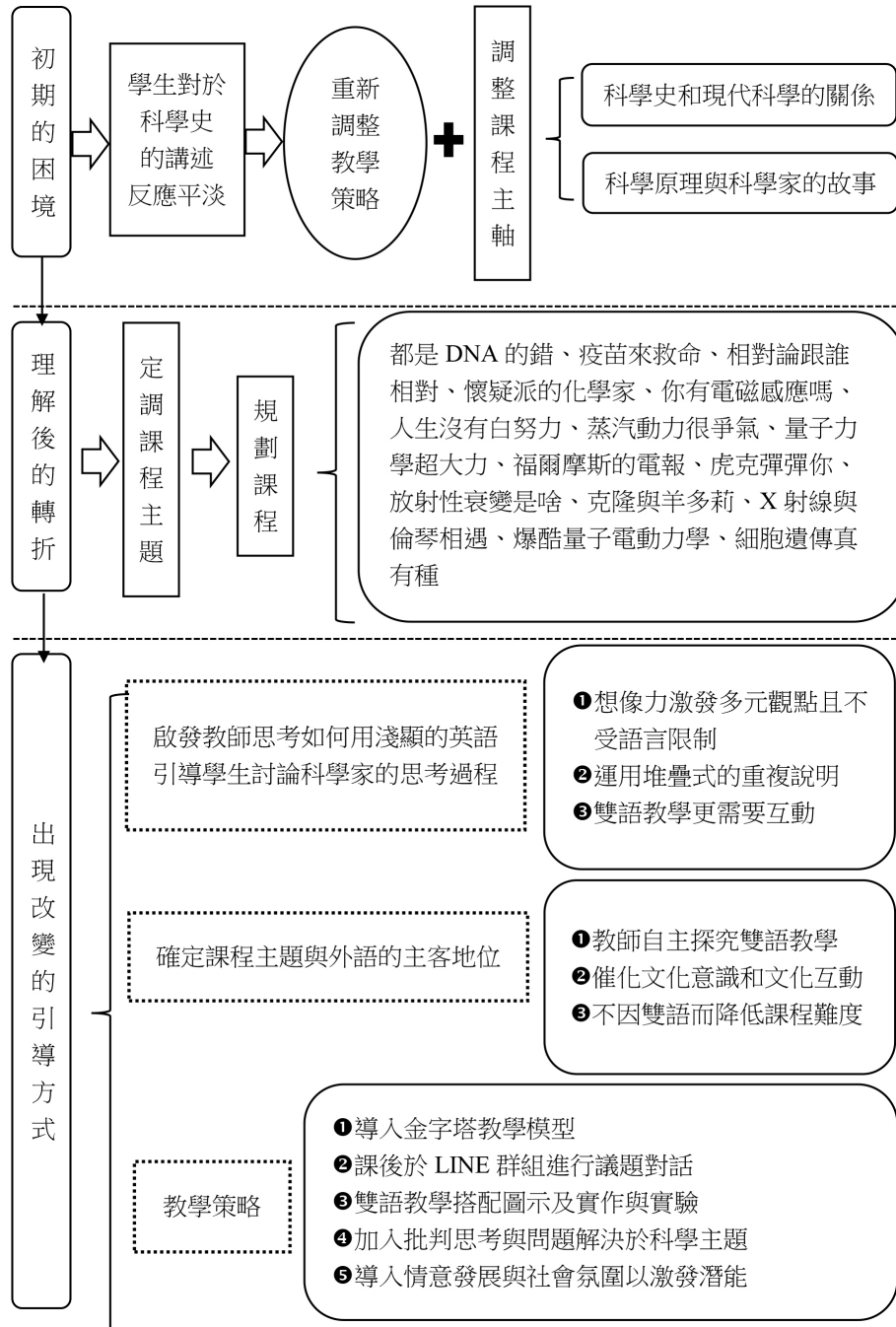
課程最後導入情意發展議題,具有自我認識與自信啟發及面對困難與克服困境的寓意。教師也說明在科學研究領域可能受社會氛圍與環境影響而自我懷疑或失去自信,仍鼓勵學生不忘科學本質的探究精神及科學態度,讓學生反思自我,期待他們突破限制。這不僅培養了科學思維,也陶冶了情意。

綜整本研究之雙語科學課程的初期困境、理解後的轉折、出現改變的引導方式等實踐歷程與導入之策略,如圖1。

## 二、討論

在雙語科學課程中,教師運用了 Coyle 等人(2010)所強調的鷹架支持策略,先以中文講解複雜的科學原理,再用英語重述,以降低學生的理解難度。這種「語言的適應性」策略符合 Genesee 和 Hamayan (2016) 的觀點,透過熟悉語言的支撐,使學生能更自信地面對英語學

圖 1  
雙語科學課程之初期困境與理解後轉折及改變引導方式的實踐歷程與導入策略



習，特別對於資優生而言，此策略能激發他們對科學探究的興趣與熱情。此外，教師將科學原理與科學家的故事結合，以具體化抽象理論，正如 Mortimer 與 Scott (2003) 所指出的，通過「對話與互動」促進學生的深度思考。這種素養導向的教學方式，讓資優生在多元文化視角下拓展科學視野，符合 Llinares 等人 (2012) 提出的科學教育應包含「流程」、「發表」與「解釋」等步驟，促進學生的科學溝通能力。

在課程設計中，教師需靈活選擇適合資優生需求的教學策略與教材。這與陳錦芬 (2023) 的觀點一致，即課程設計應考慮學生的理解能力，適時調整語言輸入比例，確保學習效果。當教師將課程重心轉向科學原理與故事時，不僅增強了課程的趣味性，也如 Dale 與 Tanner (2012) 所言，促進學生對科學知識與語言應用的共同學習。然而，如何有效評量學生的學習成果仍是教師面臨的挑戰。Yore 與 Treagust (2006) 強調情境支持的重要性，教師需創設安全且鼓勵思考的環境，使用挑戰性的問題來激發學生的批判思維與自主學習能力。這種跨學科的雙語教學模式，不僅提升了課程的複雜性，還為資優生提供更廣泛的探究機會。

## 伍、結論建議與限制

### 一、結論

#### (一) 轉折契機：利用學生反饋調整教學策略

在雙語科學史課程的初期，學生的反應顯得平淡無奇，這引起了教師的重視。學生對於用英語講授的科學史內容感到枯燥，難以引起共鳴。教師在仔細觀察學生的學習反應後，決定調整教學策略，將課程的重點從單純的歷史敘述轉向科學史與現代科學的聯繫。這一轉變使學生能夠在理解現代科學原理的同時，更好地將其與歷史背景結合起來，從而提高了學習的興趣和積極性。這樣的策略調整不僅增加了學生的參與度，還讓

課程內容變得更加生動有趣，最終將課程主題重新定位為「科學原理與科學家的故事」，使學生能夠更好地理解 and 應用所學的知識。

#### (二) 簡化與舉例：提升學生理解能力

為了讓學生更好地掌握科學概念，教師開始使用更簡單易懂的英語表達，並透過具體的例子來說明複雜的原理。在雙語教學的過程中，教師引入了與科學家發明相關的議題，這些例子不僅使學生更容易理解科學原理，還幫助他們理解科學家的思考過程。教師發現，透過這種方法，學生能夠更清楚地連結科學理論與實際現象，並且能夠想像科學原理如何在真實情境中應用。這種教學策略有效地降低了學生對雙語教學的抗拒感，增強了他們的學習動機，使他們更積極地參與到科學討論中來。

#### (三) 定位內容與語言的角色：優先考慮學科知識

在雙語教學中，教師強調學科知識應該是教學的核心，而語言則作為輔助工具來促進學習。為了確保雙語教學不會影響學生對科學知識的深度理解，教師根據學生的表現，靈活調整了內容與語言的使用比例。這種策略確保了課程的難度和挑戰性不會因為雙語教學的引入而有所降低，同時支持學生在發展語言能力的同時，深入掌握科學概念。教師還強調，在雙語教學中，語言的使用應該服務於內容的學習，而不應該成為學習的障礙。這種方法不僅提高了學生的語言能力，也增強了他們在科學學習中的自信心。

#### (四) 金字塔教學模型的應用：確保全面覆蓋

為了確保雙語科學課程能夠涵蓋所有必要的科學概念和議題，教師採用了金字塔教學模型。這一模型的應用使得課程設計既能夠保持科學內容的深度，又能夠同時發展學生的雙語能力。在設計課程時，教師選擇了具有挑戰性的科學主題，並將這些主題與雙語學習相結合，以確保學生在智力上受到足夠的挑戰。此外，教師還注重課程內容的組織，確保學生在學習過程中能夠逐步深

入，從而達到對科學概念的全面理解。

#### (五) 適時使用母語：解決複雜概念

在雙語教學中，教師認識到有些科學概念的複雜性可能會超出學生的語言能力範圍，因此在必要時會使用學生的母語來進行輔助解釋。這種策略特別適用於那些難以用英語清楚表達的概念，或是可能引起誤解的內容。透過母語的輔助，學生能夠更全面地理解這些困難的科學概念，避免了可能出現的誤解或錯誤觀念。這種做法確保了學生在雙語環境下仍然能夠保持高水準的學科理解，同時也避免了語言障礙對學習效果的影響。教師強調母語的適時使用是必要策略，尤其是面對有挑戰性的學習內容，有助學生獲得更扎實的知識基礎。

#### (六) 堆疊式重複解說：強化概念理解

為加深學生對複雜概念的理解，教師運用堆疊式重複解說教學法。這種方法透過多次、循序漸進解釋同一概念，幫助其在反覆過程逐漸掌握複雜的知識點。教師發現這樣的重複講解能有效鞏固學生的理解，尤其涉及較抽象或艱深的科學理論時。隨著學生逐漸適應這種教學方式，他們更有自信，且能靈活表達自己的想法。此外，這種重複解說方式還有助於發現學生在學習過程中可能出現的理解誤區，從而及時進行糾正，保證了學習效果的持續提升。

#### (七) 視覺輔助、實作與模擬：促進批判性思考

教師在教學過程中結合了視覺輔助、實作與模擬等多種方式，來強化學生對科學概念的理解。同時，這些方法還被用來引導學生進行批判性思考和問題解決。透過這種方式，學生不僅能夠更加直觀地理解科學原理，還能夠在真實情境中應用所學的知識。此外，教師還將情感發展和社會背景融入到科學討論中，這不僅有助於培養學生的科學探究能力，還促進了他們對多元文化和不同視角的理解。這樣的教學策略使得學生能夠在更廣闊的視野中看待科學問題，從而激發他們的創造力和批判性思維，為未來的學習和生活奠定

堅實的基礎。

## 二、建議

### (一) 教學實務

理解學生的需求與興趣為首要，據此調整教學策略，再導入關聯性的教材，以激發學生對雙語科學課程的學習動機。

當學生遇到難以理解的科學概念或專有名詞，先使用中文解釋，以確保學生能完全理解。之後再用英語解釋，並提供具體事例或生活中能觸及的現象，幫助學生更好理解科學原理和現象。

此外，課程應確保具有挑戰性，不因實施雙語而降低議題難度，且需給予圖示及模擬示範，以視覺化方式強化概念理解與對科學原理的理解，再引導學生思考對該主題的評論與可能性，以培養批判思考與問題解決能力。

重視情感與互動氛圍並強化互動，以幫助學生實際應用與體驗科學的不同可能，讓他們在足夠的鷹架支持中，表達科學思維與語言能力，以激勵潛能展現。

### (二) 學術研究

未來研究可進一步發展雙語課程評量工具，涵蓋評估教材選擇、課程結構、教學方法的系統建構，以及設計學習成效評估與建立具體評分標準，確保評量能精確對應學習目標。同時，可探討資優班教師在雙語課程規劃中的培訓需求，研究雙語教學策略在課程實踐中的挑戰與應對策略，並建構一個適用於不同學科的雙語課程實施模組。此外，應深入研究跨語言支持、學科與語言的整合方式，並探討多元化的雙語教學模式，以增進教學的靈活性與效果。最後，建議建構一個教學設計與教材分享平台，促進教師之間的經驗交流，提升雙語教學的整體質量，從而豐富學生的學習體驗，確保雙語教育的有效性與持續發展。



## 參考文獻

### 一、中文部分

- 林子斌 (2019)。新加坡教育國際化的助力：雙語教育之發展與啟示。《教育研究月刊》，305，116-125。
- 陳錦芬 (2023)。臺灣雙語教學之教學方針與策略。《教育實踐與研究》，36 (1)，163-188。

### 二、英文部分

- Ballester, E. P. (2017). CLIL in low proficiency primary school settings: The role of L1 use and focus on form. *English as a Global Language Education Journal*, 3, 15-37.
- Camey, T. F. (1990). *Collaborative inquiry methodology*. Windsor, Ontario: University of Windsor, Division for Instructional Development.
- Coyle, D. (2005). *CLIL planning tools for teachers*. Nottingham, UK: University of Nottingham.
- Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL: Content and Language Integrated Learning*. Cambridge University Press.
- Dale, L. & Tanner, R. (2012). *CLIL Activities: A resource for subject and language teachers*. Cambridge University Press.
- Dalzell, H. J. (1998). Giftedness: Infancy to adolescence-A developmental perspective. *Roeper Review*, 20, 259-265.
- Ferrell, B., Kress, M., & Croft, J. (1988). Characteristics of teachers in a full day gifted program. *Roeper Review*, 10, 136-139.
- Garcia, O. & Baetens, B. H. (2009). *Bilingual education in the 21st century: A global perspective*. Malden, MA: Wiley-Blackwell Pub.
- Genesee, F., & Hamayan, E. (2016). *CLIL in context: Practical guidance for educators*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ioannou-Georgiou, S., & Pavlou, P. (2011). *Guidelines for CLIL implementation in primary and pre-primary education*. Cyprus: Cyprus Pedagogical Institute.
- Llinares, A., Morton, T., & Whittaker, R. (2012). *The role of language in CLIL*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maljers, A., Marsh, D., & Wolff, D. (2007). *Windows on CLIL: Content and language integrated learning in the European spotlight*. European Platform for Dutch Education.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Nieto, S. (1992). *We speak in many tongues: Language diversity and multicultural education*. Washington, DC: National Education Association.
- Renzulli, J., S. (1977). *The enrichment trial model: A guide for developing defensible programs for the gifted and talented*. Mansfield, CT: Creative Learning Press.
- Wright, W. E., Boun, S., & Garcia, O. (2015). Introduction: Key concepts and issues in bilingual and multilingual education. In W. E. Wright, S. Boun, & O. Garcia (Eds.), *The handbook of bilingual and multilingual education*, 1-16. New Jersey: Wiley Blackwell.
- Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy-empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 291-314.

# A Case Study of a Teacher Implementing Bilingual Science Curriculum in Junior High School Academic Aptitude Class for Mathematical and Scientific Disciplines

Yung-Hsiang Chen

Associate Professor, Dept. of Special Education,  
National Chiayi University

## Abstract

**Purpose:** Bilingual education has become a significant policy in Taiwan's education sector in recent years, with educational authorities aiming to enhance the competitiveness of the nation's youth through its implementation. **Methods:** This study documented the process in which a junior high school teacher specializing in mathematics and science education for academically gifted students planned and implemented a bilingual science curriculum, detailing the circumstances, strategies employed, and outcomes achieved. The research primarily focused on investigating the experiential journey of the teacher in planning and implementing a bilingual science curriculum. Through six in-depth interviews, the researcher collected data on the process phenomena, which were then utilized to construct and interpret the phenomenon. **Results:** In the initial stages, the teacher encountered the challenge of student apathy toward the narration of scientific history. After a reevaluation of teaching strategies and a shift in the curriculum focus, a more engaging approach aligned with students' interests was identified. The curriculum was subsequently reoriented towards "Scientific Principles and the Stories of Scientists". By guiding students through discussions of the achievements of scientists within the context of scientific principles, students demonstrated improved comprehension and the ability to visualize and reason. The teacher also considered the roles and prominence of the curriculum theme and the use of the foreign language. The integration of bilingualism did not compromise the curriculum's level of difficulty. **Conclusions and Implications:** In the implementation of bilingual science curriculum, it was imperative to adapt teaching strategies based on student responses and identify guidance approaches. Additionally, the use of simple sentences and concrete examples facilitated students' comprehension of scientific principles and the thought processes of scientists. This approach helped students establish connections between scientific principles and observable phenomena, enabling them to envision how these principles operate.

**Keywords:** academic aptitude, gifted, bilingual curriculum, science education