



科學探究怎麼做？ 借鏡法國IBSE的經驗

文／陳世文

科學探究是相當重要的科學素養。我國 12 年國民基本教育自然科學領域中特別強調學生發現、思考和解決問題的探究能力；法國更將科學探究列為中小學科學教育的核心主軸，致力推動科學探究長達 20 年之久。本文簡要介紹法國實施中小學科學探究的做法，以幫助讀者了解法國如何推動科學探究及值得我們借鏡之處。

前言

我國 12 年國教課綱預定從 107 學年度開始實施，在科學領域上相較以往更加強調思考智能及問題解決之「探究能力」的培養，以促進學生想像推理、論證思辨的能力，以及觀察計劃、分析執行、統整表達的素養。作者於 2016 年與現任國教院課程與教學研究中心洪詠善主任、測驗與

評量研究中心任宗浩主任、臺北市金華國中黃振祐主任共四位臺灣代表到法國巴黎國際語言研究中心（Centre international d'études pédagogiques, CIEP）參加由 La main à la pâte (LAMAP) 基金會辦理為期 1 週的 2016 年第 7 屆「動手做科學」國際研討會，該次研討會共有來自 22 個國家 44 個研究者及教學者參加（見圖 1），從研討會當中了解法國探究導向科學教育(In-



圖 1. 來自 22 個國家 44 位參與者共同參加法國 2016 年第 7 屆「動手做科學」國際研討會

quiry-Based Science Education, IBSE) 的推展模式，並透過法方另外安排 1 週之參訪活動，參觀法國小學科學探究教學及相關設施環境等，對於法國推動 IBSE 留下深刻印象，因此本文介紹法國 IBSE 的實施方式，以期借鏡法國經驗，提供未來我國科學探究課程設計及教學活動上更多參考，幫助教師對於科學探究課程的實施有更深了解與省思。

法國的 IBSE 是什麼？

法國所推行的 IBSE，法文稱為「La main à la pâte」(簡稱 LAMAP)，譯成中

文是「動手和麵團吧！」之意，這個名稱傳達三層涵義：

- 一、**聯結「生活化」的科學**：科學應該是與真實生活情境結合的學科，而不是灌輸艱澀難懂知識的學科，用揉麵團的方式來聯結科學與生活情境，引發學生學習的興趣，以培養應用科學所學知識來解決生活中所遭遇問題的能力。
- 二、**重視「做中學」的科學**：從字面上來看，「動手和麵團」意指科學學習應該透過實際動手做的過程，從實務操作中去培養實驗技能、建立科學知識、體驗試誤學習(圖 2)，而不是記憶書本知識，通過考試測驗，就表示學會了。



圖 2. 在「動手做」科學探究培訓課程中，學員透過實務操作，解決科學問題

三、強調「在地化」的科學：法國麵包舉世聞名，用「動手和麵團」作為科學探究的代表名稱，一方面能結合國家的食物特色，一方面亦具教育意義，讓人印象深刻。

西元 1995 年，當時法國僅約 3% 教師在幼兒園及國中小學落實科學教學，也很少針對科學教師辦理培訓課程，在學校沒有提供科學實驗的參考教材，同時也沒有教師社群組織的聯結。為了改善法國科學教育的現況，法國諾貝爾物理獎得主 Georges Charpak 將探究導向學習模式引入法國，在法國法蘭西科學院的支持下，與 Pierre Léna 和 Yves Quéré 二位院士共同推動法國的科學探究，目的是藉由對法國國中小學進行長期研究與調查，發展一套科學的教育模式，以提升國中小科學及科技的教育品質。在 1995 ~ 1996 年期間，進行全國 344 個班級小規模的教學實驗，到了 2000 年，拓展到全國有 5,000 個班級參與，同時法國教育部頒布正式科學教學的官方計畫，並成立「La main à la pâte」籌備中心。2002 年教育部頒布了新正式課程，列入國小課程綱要，2003 ~ 2010 年，國家陸續出版教學參考手冊、DVD 光碟影片，提供給教師進行科學探究的教學資源。2006 年進一步頒布了中學階段（lower secondary school）科學與科技（science and technology）實驗課程，至 2011 年通過國家正式法令，由法國法蘭西科學院、巴黎高等師範學院和里昂高等師範學院於 2012 年正式共同成立「La main à la pâte」基金會，持續在法國以及對全世界推廣動手做的科學教育模式。以陪伴及發展科學教師的專業能力，幫助教師實施教學現況調查及教學問題的解決，以激

發學生的科學探究的精神，增進對世界的了解、表達和參與的能力。

在逾 20 年的推動歷程中，除了法蘭西科學院院士、LAMAP 基金會的努力之外，包括歐盟委員會、法國教育部、法國高等教育和研究部、法國外交和歐洲事務部等國家以及國際組織的共同支持與參與，全力推動 IBSE，試圖研究探究導向的科學課程、製作科學教學資源、重視教師科學探究培訓、致力提供平等學習機會以及讓科學家和企業參與科學教育的發展等目標，並明列表 1 所示之十項原則，作為推動探究導向科學教育之實施依據。

從法國動手做的十大原則中，可以看出其具有下列「有效學習」、「持續教學」、「注重歷程」、「協同合作」和「提供支持」五項特色：

- 一、有效學習：強調真實情境的學習以及動手做過程中論證及推理的必要性。
- 二、持續教學：教學活動應該有系統性、序列性以及持續性的進行。
- 三、注重歷程：活動不是只有動手完成實驗，還需要記錄、書寫和口語表達。
- 四、協同合作：大學、教育學院、工程學院、家長社區都是合作夥伴。
- 五、提供支持：官方資源提供、教師社群分享、專長學者諮詢支持教師教學。

法國的IBSE怎麼推？

自 2015 年開始，法國 LAMAP 基金會更在全國設立 9 個科學之家（House of Science），科學之家設置於大學，由國家提供 50% 經費，整合大學教學設施及人力資源，協助科學教師將創新帶入他們的科學教學實踐當中。每個地區的科學之家為當地幼兒園到中學的科學教師提供專業

表 1 法國 IBSE 的實施原則

項次	原則
1	學生在真實、具體的世界中觀察物體或現象，並進行實驗。
2	在探究過程中，學生使用論證和推理，蒐集和討論他們的想法及結果，並且建立他／她們的知識，以補充活動本身學習上的不足。
3	按照教學模組所進行的教學活動是有次序性的組織，這些教學活動與官方課程聯結，並為學生提供獨立學習的機會。
4	相同主題每周至少教學兩個小時，並持續數周。在整個學校課程計畫中確保活動和教學能夠持續進行。
5	每名學生都要有一本實驗紀錄本，用他／她自己的語言來紀錄和修正。
6	主要目標是學生能夠逐步應用科學概念和技術，同時加強口語和書面表達的能力。
7	家庭和社區能夠參與課堂上完成的工作。
8	一般大學和科技工程學校等在地科學合作夥伴，能提供技能支持教學活動。
9	當地的教育學院能夠向教師提供他們的教育上和教學上的經驗。
10	教師可以從網站（ www.fondation-lamap.org ）下載教學模組、活動構想以及各種教學問題的答案，以及跟同事、培訓教師和科學家交流意見。

資料來源：法國 LAMAP 網站（<https://www.fondation-lamap.org/en/international>）

發展的課程，同時也提供在職培訓課程及實務教學的機會，讓教師能夠增進科學教學知能，並且與其他學校教師進行教學交流與經驗分享（如圖 3），同時也提供教師 IBSE 課程教學的資源和教材教具的借用，讓教師進行 IBSE 教學上獲得更多資源的支持（如圖 4，頁 10）。其以教師專業發展為目標，發揮下列九大功能：1. 生活科學入門；2. 連結跨領域；3. 探究新主題，例如科技；4. 建立教師學習社群；5. 搭建教育人員、科學家、實驗室和產業之間的橋梁；6. 提供教師認證專業發展課程；7. 了解教師科學教學需求，8. 持續教師專業發展；9. 評鑑影響力。

在法國期間，我們參訪位於法國南錫（Nancy）洛林大學的科學之家，其提供當

地教師豐富的課程教材和教學資源。在課程方面，洛林大學的科學之家為幼兒園、國小和國中三個階段共設計了 21 套課程



圖 3. 科學之家亦提供教室讓師培中的教師可以進行教學演示



圖 4. 科學之家提供動物及人類頭蓋骨之教材供學生認識不同物種特徵

主題，每個主題設計 8 節課，一共 168 節課的科學探究課程，包括教案、教材、學習手冊等資料，做為推動 IBSE 的課程教材，這些主題如表 2 所示，詳細的教案內容可參見下列網址 <http://lamap-espe.univ-lorraine.fr/page/les-parcours-scientifiques>。

在教材方面，洛林大學的科學之家為這些課程主題提供了教具及實驗器材，供學校科學教師借用進行科學探究教學，教具室內鐵架上整齊陳列每個探究主題的教具箱（如圖 5），每個教具箱中包括教師手冊、課程教案、學習單等資料，可供教師借閱參考（如圖 6）。科學之家還設有

表 2 洛林大學科學之家的 IBSE 課程主題

階段	適用階段	主題
1	幼兒園	顏色；浮與沉；蝸牛；幼兒園代碼
2	國小	生活的特性；廢物和回收；健康教育；四季變化
3	國中	天空和地球；消化和呼吸；電力；物件技術；水和交通；水資源；陰影和光；從種子到植物；洛林風景；螢幕、大腦和嬰兒；氣候和能源；1，2，3 代碼！；火山和地震



圖 5. 教具室的架上整齊陳列各種主題的教具箱



圖 6. 教具箱中附有課程手冊、學習單、簡易教具、實驗器材等

生物實驗室，內有昆蟲飼養室，由生物專家負責飼養培育，例如館內有飼養不同種類的竹節蟲，學生若要了解竹節蟲的生長環境、身體構造等，教師不用大費周章到野外尋找竹節蟲，可以直接安排學生到科學之家實驗室來觀察，由專家進行導覽解說，實際進行科學探究課程的教學（如圖 7）。從科學之家的規畫和目標可以看出法國在 IBSE 課程設計與教材研發上是有系統性地循序漸進及長期發展的，這些教學資源提供教師相當完整且實用的教學支持，讓教師清楚國家推動 IBSE 的發展方向，也讓教師感受到國家對於推動 IBSE 的重視程度。



圖 7. 科學之家的生物實驗室養殖竹節蟲，做為 IBSE 課程教材

此外，除了前述的科學之家外，在法國各地再設置 22 個前導中心（Pilot Centre），在科學之家的指導下，負責研發在地特色課程主題及教材內容，並串聯科學教師社群網絡，做為教學問題交流及省思反饋的角色。由此可見，法國在推動 IBSE 所規劃的組織架構和網絡相當綿密完整。相較於法國，臺灣科學教育的推動組織，教育部設有中央輔導團，由大學教授擔任召集人，央團成員包括各學科有經驗

且優秀的教師，地方政府亦有縣市國教輔導團，許多校長及教師協助辦理科學教育政策業務的推動，推動組織架構亦相當完整，再加上臺灣科學教師培訓制度紮實，學科知識及教學經驗都具有相當水準，教學環境和設備都優於法國。作者深信在推動 IBSE 上，臺灣均較法國更具潛力及發展優勢。

法國的 IBSE 怎麼教？

在參與 LAMAP 辦理之動手做科學的研討會培訓課程中，作者認識到法國在推動 IBSE 上具有一套科學探究教學模式，此教學模式可以大致包括「聯結情境」、「形成假說」、「多元探究」、「記錄比較」、「確認假說」、「形成結論」和「發表分享」7 個步驟（如圖 8 所示，頁 12），每個步驟循序漸進且緊密相扣，可以做為教師未來實施 IBSE 的教學參考。

- 一、**聯結情境**：IBSE 的實施需要與學生的生活情境聯結。科學探究的起點是提供對於生活中現象和問題的思考，它可能是讓學生觀察一個會產生驚訝反應的現象，也可能是讓學生產生好奇心，引發更多思考的問題情境，如果 IBSE 的實施與學生的生活經驗脫節，科學探究的效果就會受到影響。
- 二、**形成假說**：形成假說是 IBSE 相當重要的一環，科學探究絕對不是聽完教師的指令，就開始做實驗，必須從觀察的現象中去思考問題形成假說，因為假說能夠引導探究和解決問題的方向，教師需引導學生對於現象觀察形成假說，重要的是，這個假說是探究過程中能透過實驗設計、運用既有實驗器材被驗證的，而不是天馬行空的



圖 8. 法國 IBSE 的教學模式

假說。教師可以鼓勵學生利用先備知識進行預測，形成假說，切勿直接告訴學生：「今天的探究活動，我們要探討的假說是 XXX。」這就變成「教師」指定的科學探究，而不是學生自己的科學探究了。

三、多元探究：科學探究的方式應該是多元的，不是只限於動手做實驗這件事，也不該只是重複「觀察現象－實驗測量－變因控制－記錄結果」的線性探究模式，在探究過程中，教師應該允許學生試誤學習的機會，鼓勵他們嘗試利用不同的測試方法去檢驗結果，它可以利用模型類比取代動手操作實驗，或是閱讀文獻資料，比較歸納不同資料得到新的發現。

四、記錄比較：在科學探究過程中，利用科學筆記本記錄對於現象的觀察、問題的思考、想法的修正、研究的發現都是相當重要的，科學筆記本的歷程紀錄可以幫助學生對於問題脈絡的思考、記錄探究數據、進行差異的比較和推理，亦可協助後續探究結果的討

論和發表，這也是為什麼科學探究中需要一直強調科學筆記重要性的原因。

五、確認假說：探究過程中，所有實驗設計和變項的操縱都應該要呼應前述的假說，什麼是探究過程中的操縱變項和控制變項，都要加以釐清，並且從科學筆記本的紀錄內容去檢視和確認實驗設計是否和一開始的探究假說符合，如果有所不同，雖然實驗設計可能正確，但是卻不是在驗證原有假說，此時便需要修正或調整。

六、形成結論：根據探究過程中所發現的結果和所記錄的數據形成研究結論，不同組別對於相同的科學探究主題可以形成不同研究假說，得到不同的結論，但是每組所形成的結論應該要能夠回應一開始的探究假說。

七、發表分享：探究實作不是只有「動手做」，還應該要「動口說」，小組成員在實作之後，組內成員需要進行討論並形成共識，接著教師可以請各組分別發表與分享整個探究歷程，包括形成什麼假說？用什麼方法驗證假說？如何操控實驗變項？過程中有什麼修正？獲得什麼結論？對於現象的科學解釋是什麼？教師和學生可以從發表分享過程中，比較不同組別的研究發現或想法，也能從中檢視是否學到應該學到的科學知識。

法國IBSE告訴我們什麼？

一、為什麼要IBSE？

在學校科學課程中有科學實驗，也有科展競賽。我們已經在學校實施科學探究了，為什麼需要再特別強調 IBSE 呢？不

可否認，科學課程中的科學實驗和科學展覽都是科學探究的形式，但是這種科學探究與學生的生活經驗和真實情境沒有產生聯結。學校科學課程中的科學實驗，通常是安排在教科書的中後段，在教完科學知識之後，再來做實驗，而且教科書裡直接告訴學生實驗目的是什麼？實驗問題是什麼？實驗需要那些器材？實驗步驟怎麼做？實驗探討那些問題？都已經全部寫出來，這種「食譜式的科學探究」沒有提供學生自我思考的空間，只是要學生照本宣科重做一次，就算學生有新的探究發現，教師也會認為是實驗誤差。科展雖然需要探究現象背後的科學問題，但是它主要仍以學科為中心去探究問題，就像物理課中解決物理問題、數學課解決數學問題一樣。但是，學生在真實生活中，不會像是圖 9 左（詳見頁 14）的模式，只遇到物理科問題或只遇到數學問題，而是像圖 9 右（詳見頁 14）的模式一樣，他們所遭遇的問題，可能需要同時運用數學、物理、化學等不同學科知識去解決。因此，真實情境中的問題不會區分這是屬於那個學科，而是需要統整不同學科知識共同解決，真實的科學探究應該要像問題導向的科學探究，才能培養學生解決生活問題的能力。

二、時間不夠怎麼辦？

臺灣科學教師要實施科學探究教學時，會發現 IBSE 的立意很好，但是學校每週科學課只有 3-4 節課，光是要上完進度、複習考試、應付學校行事的時間都不夠了，怎麼進行 IBSE？這個問題是科學教師實施 IBSE 最可能遇到的問題，這也是法國教師最困擾的問題。科學探究需要許多時間讓學生思考、操作和討論，以學校擁擠的作息表，要有充裕的時間進行探究

確實不易。因此教師需要「找時間」，例如在一學期中利用正式上課或是社團活動時間安排 2 節課進行 1 次簡單的科學探究活動，讓學生能夠感受探究樂趣，等學生熟悉科學探究的教學模式之後再逐漸增加次數。如果真的沒有額外時間，也可以調整教科書中進行實驗的時機，在講述科學知識前先進行科學實驗，並避免依照教科書上的食譜內容進行探究，而是教師能夠參考 IBSE 的教學模式設計探究課程並進行教學，來克服沒有時間進行 IBSE 的問題。

三、IBSE教學怎麼提問？

在科學探究過程中，教師應該避免直接告訴學生答案，而是用問題去引導學生進行思考。因此，如何提問就顯得相當重要。教師在提問時，應該了解不同問題類型和使用時機。在科學探究過程中，常見的問題有五類：

- (一) 二分性問題：「Yes/No」問句，要學生回答「是」／「否」的封閉答案。
- (二) 選擇性問題：「Or」問句，學生選擇 A、B 或 C 的答案。
- (三) 確認性問題：「Wh-」問句，學生回答什麼、多少、那裡、何時等答案。
- (四) 說明性問題：「How」問句，學生說明過程的答案。
- (五) 解釋性問題：「Why」問句，學生解釋現象背後的原因。

從二分性問題到解釋性問題，是封閉到開放的軸線，教師可依教學情況或學生程度使用不同類型的問題進行提問。對於程度不佳或是不熟悉探究的學生，教師剛開始可以問二分性的問題，再逐漸朝另一軸端的問題來提問；對於程度較佳或是表達能力較好的學生，教師可以多使用解釋性問題讓學生回答；如果遇到學生如果不

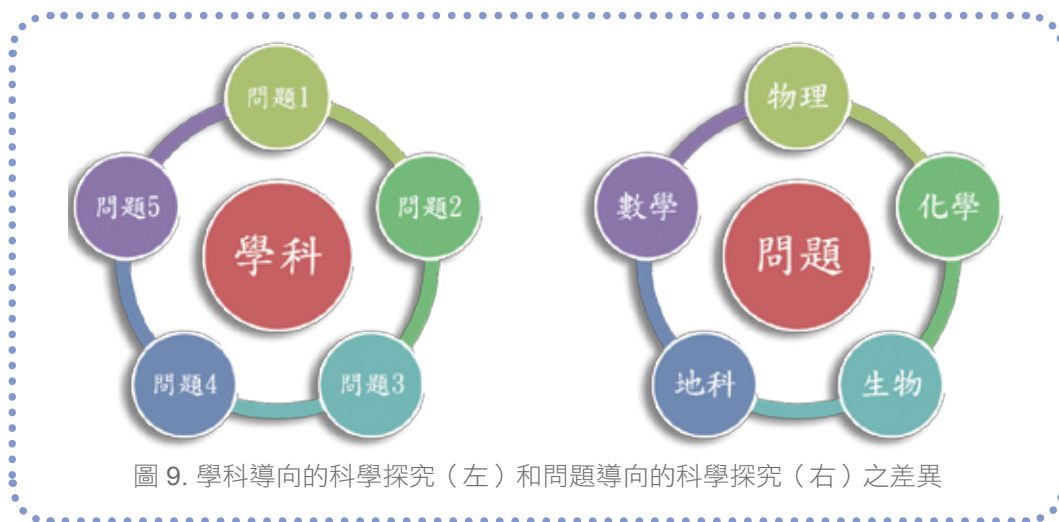


圖 9. 學科導向的科學探究（左）和問題導向的科學探究（右）之差異

易回答時，教師可以嘗試轉化問題類型，例如：「為什麼會造成這個現象？」可以轉化成「你如何說明這個現象？」來引導學生回答，提高學生表達的意願。

四、IBSE要怎麼評量？

這是許多科學教師在實施 IBSE 上疑惑的問題。IBSE 不像紙筆測驗能夠得到明確的評量分數，要從 IBSE 的歷程中有效地評量學生的探究能力確實不是易事。不過我們可以從知識、技能和態度三個向度來評量。

- (一) 參與程度（態度）：學生發言的次數、學生參與探究的時間長短、學生的科學筆記內容多寡等，都可以做為學生參與科學探究程度的評量指標，參與程度愈高，學生探究的態度表現愈積極。
- (二) 操控程度（技能）：科學探究過程中，變因設計是重要的評量向度。教師可觀察學生是否留意到實驗中操縱變因和控制變因的設計，以及他們能否嚴謹地且精確地控制實驗變因，有效測量到自變項對依變項的影響，操控程度愈佳，表示學生探究能力愈佳。
- (三) 概念理解（知識）：在探究過程中，

教師可從學生的表達上診斷其是否有科學知識上的迷思概念，雖然學生可能尚未學到正確的科學知識，但是他們能夠運用先備知識進行推理或歸納，或是在經過科學探究之後能夠建立正確的科學知識，表示他們有較佳的概念理解。

我們可以怎麼做IBSE？

從前述的內容可知法國在推展科學探究上有四項值得借鏡之處：

- 一、國家長期重視且持續推動，自 1995 年至今，法國 IBSE 已經推動近四分之一世紀，可見法國在科學教育上將 IBSE 視為正確且值得長期推動的方向。除了法蘭西科學院之外、法國教育部、法國高等教育和研究部、法國外交部等國家部門也共同參與。甚至自 2010 年開始舉辦第一屆動手做科學探究研討會，將法國 IBSE 的實施模式和成效向世界各國推廣，這些做法均顯示法國教育對於 IBSE 的重視及持續推展的決心。
- 二、推動科學探究的組織架構相當完整，



由法蘭西科學院結合二所師範學院共同成立 LAMAP，做為 IBSE 的推動中心，並結合各地大學師資、設施和資源，成立 9 所科學之家和 22 所前導中心，串聯大學、中小學的人力和硬體共同推動、參與和研發。

三、提供完整之課程教材及教學資源，各科學之家發展具有地方特色的科學探究課程，並且提供完整的教材教具，讓教師進行持續專業發展（continuing professional development, CPD）的培訓。

四、發展科學探究的教學模式，並提供參考手冊及 DVD，也成立教師社群網站供教師討論教學心得和省思，這些資源可以提供教師進行 IBSE 上的教學支持以及共同推展的夥伴，讓教師可以解決 IBSE 教學問題及提升專業成長。

基於於法國推行 IBSE 的經驗，有下列三項可供我們未來借鑑：

一、以探究導向的科學教育作為長期重視與推行之方向

從動手做基金會研究與推動 IBSE 的經驗可以看出，由國家科學院院士主動關注中小學科學教育，並主動引領國家相關單位、各方專家與實務教師長期規劃與投注資源，超越短期績效取向，而更加重視長期的成效影響力，其重視基礎研究且長期規劃與投入資源研發支持資源。我國 12 年國教將科學探究列為自然科學課程發展的核心素養，值得做為長期持續推展的方向，探究導向的科學教育推動可以擴大更多單位組織的參與和合作，如由教育部、科技部、中研院等機構之各方專家學者共同合作推動，做為國家長期推展科學教育的方向。

二、探究導向的科學教育需要多元條件的配合

要推動探究導向的科學教育，需要課程、教學、評量等條件的配合。在課程上，12 年國教高中階段已明定科學探究與實作課程，目前雖無官方出版之教科書，但如此也可讓教師在課程設計上有更多的彈性空間，因學校特色和學生需求制宜，而不受固定教材限制，國中階段可在五分之一節數的跨領域統整課程中實施，結合科學、科技、數學、藝術等領域進行探究實作。國小階段可透過大概念（big idea）課程設計實施科學探究活動，克服探究時間不足的問題。教學上教師多以提問引導的方式促進學生思考，取代直接給答案、背公式的教學方式。考試評量上增加探究導向的試題，減少教師面對升學主義和家長期望的干擾。

三、持續辦理 IBSE 工作坊提升科學教師專業成長

在推行 IBSE 上，科學教師扮演相當重要的鷹架角色，因此科學教師專業成長能力的提升便顯得極為重要。因此，未來應該持續辦理 IBSE 工作坊，提升教師專業素養，辦理工作坊之主要目的不是為了培訓科學教師的 IBSE 教學能力，而是協助教師熟悉 IBSE 的教學模式，並且凝聚教師社群的力量，激發更多科學探究的課程主題和教學創意，同時也借重科學教師豐富的教學經驗進行思考和反饋，試圖克服推動 IBSE 的問題和困難，共同提升臺灣 IBSE 的教學成效。📌

陳世文
花蓮縣國小候用校長