

培育國小在職教師使用 「POE & 科學解釋文字鷹架」 設計實驗以因應十二年國教的改革

盧秀琴*、蔡幸如

摘 要

我國十二年國教強調「核心素養」的培養，著重探究與實作，但國小學生在探究與實作過程中科學解釋能力普遍不足，教師必須扮演關鍵性引導的角色，故培育在職教師相關的教學能力是重要的。本研究選擇某教育大學修習「昆蟲學特論」課程的 14 位在職教師為研究對象，培育他們使用「POE & 科學解釋文字鷹架」設計實驗與微型教學，包含：講授昆蟲學總論以奠定昆蟲學的概念，講授「POE & 科學解釋文字鷹架」理論與示範教學，每組在職教師模仿設計實驗與微型教學，每組在職教師再自行尋找材料進行設計實驗與微型教學。本研究以「POE & 科學解釋文字鷹架」教學評量表（TAPS）和學習單評量表（LAPS）進行評量。研究結果顯示：1.共 7 組在職教師模仿設計實驗與微型教學，發現有 5 組符合「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法，有 2 組成效不佳；主要原因為設計的預測題目過多或引導實驗教學不佳。2.共 7 組在職教師自行設計實驗的微型教學比模仿設計的進步，主要是設計的學習單更完整，更有效的引導學生觀察。3.共 7 組在職教師撰寫自行實驗的學習單比模仿實驗的進步，主要是科學解釋文字鷹架的主張進步最多，證據、推理也有進步。

關鍵詞：POE（預測－觀察－解釋）& 科學解釋文字鷹架、教學評量表、微型教學、學習單評量

*盧秀琴：國立臺北教育大學自然科學教育系所教授。通訊作者。

E-mail：luchowch@tea.ntue.edu.tw

蔡幸如：國立臺北教育大學自然科學教育系所研究生。

E-mail：caixingru@gmail.com

Nurturing Primary In-service Teachers to Use “POE & Scientific Explanations with Text Scaffolding” to Design Experiments and Micro-teaching in Response to the Reform of the 12-year National Education

Chow-Chin Lu^{*}, Hsing-Ju Tsai

Abstract

It emphasizes cultivate core literacy and focuses inquiry and implementation of the 12-year national education. Primary students are generally lacking in scientific explanations skills in process of inquiry and implementation, and it is important to cultivate in-service teachers for playing a guiding role. In this study, 14 in-service teachers took “Advanced Entomology” course at an education university were selected as research subjects, and they were trained to use “POE & scientific explanations with text scaffolding” to design experiments and micro-teaching. This study was conducted using the Teaching Assessment of “POE & Scientific explanations with text scaffolding” Scale (TAPS) and Learning sheet Assessment of POE & Scientific explanations with text scaffolding (LAPS). This study showed that: 1. there are 7 groups of teachers’ imitative designed experiments and micro-teaching, and found that 5 groups reach the goal, and 2 groups were ineffective because there are too many prediction problems in the design or poor lead teaching. 2. Total 7 groups of in-service teachers’ micro-teaching of self-designed experiments are better than imitative designed experiments, because the learning sheet is more complete, more effective to guide students to observe. 3. Total 7 groups of in-service teachers’ writing learning sheet of self-designed experiments are better than imitative designed experiments, because “claim” have really

improved in the scientific explanations with text scaffolding, and the evidence and reasoning have also improved.

Keywords: POE (predictive–observation–explanation) & scientific explanations with text scaffolding, teaching assessment, micro–teaching, learning sheet assessment.

*Chow–Chin Lu: National Taipei University of Education, Department of Science Education, Professor. Corresponding author.

E-mail: luchowch@tea.ntue.edu.tw

Hsing–Ju Tsai: National Taipei University of Education, Department of Science Education, Graduate student.

E-mail: caixingru@gmail.com

壹、前言

一、研究動機與重要性

我國十二年國教總綱強調三面九項，三面為加強「自主行動、溝通互動、社會參與」等，而在「自發、互動、共好」三面向再細分為九個項目，提供更完整的課綱圖像，以培養能具備在各面向均衡發展的現代國民（教育部，2016）。自然科學領域「核心素養」關注學習與生活相結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展；「核心素養」其中一個內涵是提供學生探究學習、解決問題的機會並養成相關知能的「探究能力」，強調學習科學的方法應激發學生對科學的好奇心與主動學習做為起點，引導其從既有經驗出發，進行主動探究與學習（教育部，2016）。因應十二年國教的改革，國小教師應加強探究式教學法，POE（預測－觀察－解釋，Prediction–Observation–Explanation）探究式教學法在自然科學領域實施有一段時間，實驗設計要求學生要根據自己原有的科學知識，針對情境問題進行預測並說明這樣預測的理由；然後進行實驗觀察，再針對實驗結果提出適當的解釋，如此能建立正確概念與修正自己的另有概念（White & Gunstone, 1992）。但 Driver, Guesue 和 Tiberghien（1985）認為學生的科學解釋較為狹隘，學生運用科學證據來做有力的科學解釋尚稱不足。Pallrand（1996）認為科學解釋能力是一種重要的科學過程技能，學生能做好科學解釋即代表學生對該科學現象有所了解，也提供教師了解學生的真正想法。因應學生的科學解釋能力不足，McNeill, Lizotte, Krajcik 與 Marx（2006）提出科學解釋文字鷹架，是一種以科學解釋做為導向的文字鷹架，即在學習單中提供文字提示，要求學生針對實驗結果寫出兩個證據做為連結主張與證據的支持。盧秀琴與劉蓓娟（2017）提出「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法，即在 POE 實驗設計時，增加科學解釋文字鷹架三格式，即主張（claim）、證據（evidence）、推理（reasoning）的寫法，進行預測、實驗觀察、解釋後，進一步提出自己對實驗的主張，根據這個主張上網找出兩個證據來支持這個主張，最後寫出合理的一段推理文字以連結主張與證據。

由於國小學生的科學解釋能力普遍不足，教師必須扮演關鍵性引導的角色，但一般科學教師不熟悉 POE 的實驗設計和引導學生進行科學解釋，因此培育在職教師相關這方面的能力是重要的；本研究採用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法，培育國小在職教師設計實驗與微型教學，在職教師要能設計「POE & 科學解釋文字鷹架」的學習單，才知道如何引導國小學生做進一步的解釋；從在職教師微型教學的評量才能知道在職教師的教學弱點在哪裡，進而提出改進策略。本研究藉由「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法的實徵研究，希望能協助在職教師設計實驗與教學，並推廣於十二年國教國小自然科學領域的教學，讓在職教師在自然科學領域的「探究與實作」中，扮演關鍵性的引導角色，協助國小學生注重學習的策略與方法，真正培養十二年國教的「核心素養」與「學習重點」。

二、研究目的與問題

本研究因應 12 年國教改革以提升國小在職教師的探究式教學，以「昆蟲學特論」一學期的課程，培育國小在職教師使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法設計實驗並微型教學。因此，本研究探討的問題為：

1. 探討在職教師如何使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法模仿設計實驗與微型教學？
2. 探討在職教師如何使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法自行設計實驗與微型教學？
3. 探討在職教師撰寫「POE & 科學解釋文字鷹架」學習單是否提升科學解釋能力？

貳、文獻探討

一、十二年國教總綱與自然科學領綱

我國十二年國教總綱課程目標為啓發生命潛能、陶養生活知能、促進生涯發展、涵育公民責任，總綱以「核心素養」連貫各教育階段與統整各領域／科目的發展，故「核心素養」是實現十二年國教總綱理念、課程目標的關鍵要素（教育部，2016）。「核心素養」強調彰顯學習主體，引導學生參與學習活動，妥善開展與自我、與他人、與社會、與自然的和諧共存能力。總綱以三面九項的「核心素養」指導學生以適應現在生活及未來挑戰，十二年國教自然科學?綱強調課程的縱向連貫及各科目之間的橫向統整，是一種「跨科、跨領域」的表述，並活化各教育階段學校環境與學生的教學關係與評量方式，轉化成實踐行動的能力與經驗（國家教育研究院，2014）。國小自然科學領綱著重於素養導向、探究教學、學生主動學習，重視自然科學領域的核心概念，去除片段瑣碎的內容，以課程統整為主軸，並強調「探究與實作」的學習；核心素養的學習重點包含：1.學習表現，包含探究能力和科學的態度與本質；2.學習內容，包含學科和跨科的核心概念（教育部，2016），其中探究能力包含思考智能與問題解決。我國即將實施十二年國教課程綱要，強調科學教師要使用探究式教學法來教學，課程設計需加入「探究與實作」，所以必須培養國小在職教師探究式教學法，才能引導國小學童進行探究、思考、解釋、提出主張，提升思考智能與問題解決的能力。

二、POE 教學法與實徵研究

由 White 與 Gunstone（1992）提出 POE 教學法三步驟：（一）預測—每個學生必需提出個人的預測以及支持此預測的理由，教師可提供選項或開放式的提問。（二）觀察—學生在實驗時寫下觀察結果，某些實例顯示假如學生不立即寫

下觀察結果，他們將因聽取別人的意見而改變自己親眼所見的現象。(三)解釋——讓學生調和預測和實驗觀察之間的矛盾，此時教師應鼓勵學生思考任何可能性並加以解釋，能真實呈現他們對科學概念的了解程度。POE 教學策略可以呈現學生整體實驗活動的真實紀錄，形成性評量能了解學生的另有概念；在了解學生的理解內涵及原有概念後，就能探索學生如何進行自然現象的解釋與說明 (Gunstone, 1995)。有許多 POE 教學策略與科學解釋的實徵研究，例如：以序列性 POE 探究國小教師之科學解釋的研究 (周偉苓, 2014)，以序列性 POE 探究大學生之科學解釋的研究 (劉月智, 2007)，以序列性 POE 探究國小科學教師之科學解釋的研究 (巫少岑, 2007)；都顯示大學生或國小科學教師之科學解釋能力有待提升。盧秀琴與徐于婷 (2016) 發現國小師資生使用 POE 在國小試教仍舊產生困難，他們面對國小學生很少使用科學概念來解釋實驗結果，不知道如何引導學生去歸納與解釋。Bowen 與 Roth (2002) 說明國小教師若未能察覺學生無法解釋的現象，並提出即時的鷹架協助，教學活動將無法達到預期的效果。McNeill 等人 (2006) 進行 POE 的教學研究，發現學生多以自身的生活經驗做解釋，並非使用科學概念或證據來做解釋，無法將觀察結果、資料與所學過的科學概念連結。

三、「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法與實徵研究

由於 POE 教學發現學生的科學解釋能力仍舊不足，於是有關「科學解釋」相關的教學研究持續產生，例如：以序列性 POE 探究學生的科學解釋能力 (許良榮、羅佩娟, 2009)，以文字鷹架對七年級學生科學解釋能力的影響 (簡錦鳳, 2008)。McNeill 等人 (2006) 以 Toulmin (1958) 的論證架構模型為基礎，簡化成科學解釋能力，為主張、證據、推理三項，進而提出「科學解釋文字鷹架 (scientific explanations with text scaffolding)」。McNeill 等人 (2006) 認為「科學解釋文字鷹架」是一種以科學解釋做為導向的文字鷹架，是指在學習單中所提供的文字提示，要求學生寫出兩個證據並提出連結主張與證據的推理，目的在協助學生克服使用證據來推論的困難。黃贊樺 (2011) 探討「POE 結合科學解釋文字鷹架」教學，對八年級學生光學概念改變與科學

解釋能力的影響；結果發現學生的形成主張、證據、推理三方面皆有進步，但在於區別適當和不適當的證據則仍有困難。黃惠鈺（2009）採用類似的科學解釋文字鷹架設計，對國小五年級學生進行探究教學；結果發現學生的科學解釋能力有所進步，但推理部分還是常使用自身經驗且含有錯誤概念。盧秀琴與劉蓓娟（2017）提出「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法，對 8 位國小在職教師進行培育，發現這些在職教師能使用此教學法設計實驗，微型教學引導學生提出主張和上網找證據有明顯進步，但推理方面則還要加強。

參、研究方法

一、研究設計

本研究採個案研究法，以某教育大學修習「昆蟲學特論」課程的 14 位國小在職教師為研究對象，分為 7 組進行培育。首先，教授講授昆蟲學理論課程與帶領陽明山戶外教學，奠定在職教師的昆蟲學知識、技能與情意；其次，教授介紹「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法理論並示範教學，讓在職教師了解此教學法的理論、如何設計實驗，並應用於實際教學中。最後，各組模仿和自行設計「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法的實驗並進行微型教學，以精熟教學法。本研究採用自編的「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量表（Teaching Assessment of POE & Scientific explanations with text scaffolding, TAPS）以評量在職教師的微型教學能力，以「POE & 科學解釋文字鷹架學習單」評量表（Learning sheet Assessment of POE & Scientific explanations with text scaffolding, LAPS）以評量各組在職教師所寫每一個實驗之學習單；藉此探討國小在職教師的「POE & 科學解釋文字鷹架教學」微型教學及科學解釋能力進步的情形。

二、課程設計與教學

課程設計分為三階段，第一階段由教授講授昆蟲學總論，以奠定在職教師

的昆蟲學概念，包含：介紹 12 目（鞘翅目）的昆蟲，說明昆蟲演化、構造與功能、生活史、繁殖行為、防衛方式、生態角色、昆蟲與食性的關係。之後教授帶領在職教師到陽明山國家公園冷水坑與二子坪蝴蝶步道進行昆蟲生態觀察，引導在職教師了解各種昆蟲的生理構造、功能、棲地環境的關係，並培養情意態度，共 7 週。第二階段由教授講授「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法理論並以「不同種類蝴蝶翅膀顏色的成因探討」示範教學，說明 POE 教學後如何引導學生提出主張，根據主張上網找出兩個證據，再以推理模式連結主張與證據；之後利用焦點團體法和各組在職教師討論，每組在職教師由教授所給予的昆蟲科學展覽教材，模仿教授的示範教學，以「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法設計實驗並微型教學以驗收成果，共 6 週。第三階段各組在職教師為了驗證自己的設計能力，自行尋找材料，進行「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法的設計實驗並微型教學，共 5 週。當每組在職教師進行微型教學時，以 TAPS 進行評量，每組在職教師寫完每一個實驗的學習單時，以 LAPS 進行評量。

三、研究對象

本研究以某國立教育大學自然科學教育研究所修習「昆蟲學特論」課程的 14 位國小在職教師為研究對象，依照自己的喜好分組，每組 2 人，一共 7 組；其中有 12 位是理科背景，裡面有 10 位是自然科教師，分為第 1, 2, 4, 5, 6 組，第 3 組為一般教師；有 2 位是教育學系背景，為第 7 組，擔任一般教師。每一組都使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法，模仿與自行設計一個昆蟲實驗課程，進行微型教學和完成實驗學習單；授課教師在此課程形成 LINE 群組，有任何質疑、提問、建議，都在 LINE 群組中討論，達到共識；有些在職教師會私 LINE 給授課教師，討論自己設計實驗所產生的問題，尋求解決策略。

四、研究工具

(一)「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量表 (TAPS)

本研究採用盧秀琴與劉蓓娟（2017）設計的評量表，目的在測試在職教師的「POE & 科學解釋文字鷹架」的微型教學能力，內容包含：預測、實驗觀察、科學解釋、科學解釋文字鷹架與評價等 4 個向度，每個向度各有 5 題，每題評量共有 5 個選項，選擇「優」表示撰寫正確、完整、有創意，給予 5 分；選擇「良」表示撰寫正確、完整，給予 4 分；選擇「普通」表示撰寫正確，給予 3 分；選擇「差」表示撰寫部份正確，給予 2 分；選擇「很差」表示撰寫錯誤，給予 1 分；本評量表設計總評與回饋空格，讓評審者寫出優點及待改進之處。聘請兩位專長於科學教育的大學教授與兩位國小資深自然教師進行 TAPS 的審查，主要針對評量題目的適切性、向度、措辭及評語方式提供修正意見，依據專家意見修訂題目而建立內容效度，TAPS 的內部一致性信度為 .952。TAPS 採用精釋法評量及 Spearman 等級相關係數分析，以建立評分者信度。步驟說明如下：1. 首先研究群根據需求發展檢核表，2. 評量表由 A 組專家和 B 組專家進行評分，每一組討論達到共識後給一個成績。3. 將兩組專家的評量成績進行 Spearman 等級相關係數分析。4. Spearman 值 = 0.71 ~ 0.80 表示高度的吻合度，Spearman 值 = 0.81 ~ 1.00 則幾乎完全吻合。本研究聘請的兩組專家，A 組 4 位，有 1 位專長科教的大學教授、1 位專長生物的大學教授與兩位國小資深自然科教師，B 組 4 位，有 1 位專長科教的大學教授、1 位專長生物的大學教授與兩位國小資深自然科教師。評量表的題目如附錄一。

(二)「POE & 科學解釋文字鷹架學習單」評量表 (LAPS)

本研究採用盧秀琴與劉蓓娟（2017）設計的評量表，目的在於加強學習者撰寫 POE 實驗的預測、觀察、解釋和科學解釋文字鷹架等能力。內容包含：預測、觀察、解釋、主張、證據、推理等評量指標，每個評量指標再依評量內容因素分為：生產性、精緻化、邏輯一致性做評量。每個內容因素採三點量表評分，選擇「優良」表示撰寫正確有創意，給予 2 分；選擇「待改進」表示撰

寫不完整，給予 1 分；選擇「未呈現」表示沒有撰寫，給予 0 分；本評量表設計整體評語空格，讓評審者寫出優點及待改進之處。聘請兩位專長於科學教育的大學教授與兩位國小資深自然教師進行 LAPS 的審查，主要針對評量題目的適切性、向度、措辭及評語方式提供修正意見，依據專家意見修訂題目而建立內容效度，LAPS 的內部一致性信度為.959。LAPS 如同上述聘請的 AB 兩組專家評量，每組各四位，採用精釋法評量及 Spearman 等級相關係數分析，以建立評分者信度。評量表的題目如附錄二。

五、資料蒐集與分析

依據研究目的及待答問題蒐集所有資料，將質性資料依種類、屬性進行編碼，將這些代碼組織成範疇與次範疇，進行次數分配的統計與歸納，並蒐集不同來源的資料進行三角校正，再將這些範疇整理成概念，最後將這些概念形成主張。將量化資料的 TAPS, LAPS 評量結果進行 Spearman 等級相關係數分析，以求評分者信度，除求平均數外，並求 t 檢定考驗；詳細說明如表 1 和表 2 所示。

表 1

本研究的資料代號及編碼

代號及編碼	意義說明
LS1-1	學習單 (LS)，模仿設計 (1)，第一組學習單設計，以此類推
LS2-1	學習單 (LS)，自行設計 (2)，第一組學習單設計，以此類推
TAPS1-1	「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量，模仿設計 (1)，第一組，以此類推
TAPS2-1	「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量，自行設計 (2)，第一組，以此類推
LAPS1-1	「POE & 科學解釋文字鷹架學習單」評量，模仿設計 (1)，第一組，以此類推
LAPS2-1	「POE & 科學解釋文字鷹架學習單」評量，自行設計 (2)，第一組，以此類推

表 2

本研究所探討的研究問題、資料蒐集方法與資料分析方式說明

研究問題	資料蒐集方法	資料分析方法
1.探討在職教師如何使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法模仿設計實驗與微型教學？	1.7 組模仿設計實驗資料與微型教學影片 2.7 組模仿設計的「POE& 科學解釋實驗學習單」 3.TAPS 評量表	1.將所有資料分類、編碼與轉譯，組織成範疇與次範疇 2.TAPS 評量表評分與統計分析 3.TAPS 評量的質性資料進行三角校正與詮釋分析
2.探討在職教師如何使用「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法自行設計實驗與微型教學？	1.7 組自行設計實驗資料與微型教學影片 2.7 組自行設計的「POE& 科學解釋實驗學習單」 3.TAPS 評量表	1.將所有資料分類、編碼與轉譯，組織成範疇與次範疇。 2.TAPS 評量求平均數與t檢定 3.TAPS 評量的質性資料進行三角校正與詮釋分析
3.探討在職教師撰寫「POE & 科學解釋文字鷹架」學習單是否提升科學解釋能力？	1.每組撰寫模仿設計的 7 張學習單，共 7 組 2.每組撰寫自行設計的 7 張學習單，共 7 組 3.LAPS 評量表	1.將所有資料分類、編碼與轉譯，組織成範疇與次範疇。 2.LAPS 評量求平均數與t檢定 3.LAPS 評量的質性資料進行三角校正與詮釋分析

肆、結果與討論

一、在職教師模仿設計實驗與微型教學

(一)在職教師模仿設計昆蟲實驗

授課教師給予 7 組在職教師不同的昆蟲教材，並以焦點討論法和 7 組討論如何建立教材大綱和設計實驗內容，討論結果歸納整理如表 3 所示。

表 3

共 7 組在職教師與授課教師經由焦點團體法討論模仿設計昆蟲實驗

組別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組
教材內容	蟋蟀口器構造、蟋蟀進食影片	蟋蟀翅膀構造、蟋蟀發聲影片	水黽腳的構造，水黽在水面滑行影片	物理性光澤蝴蝶鱗片構造、飛行影片	蜜蜂六隻腳的構造、功能說明影片	社會性蜂與獨居蜂的蜂巢構造影片	甲蟲的翅膀構造，甲蟲飛行影片
教學大綱	直翅目蟋蟀的口器與食性	直翅目蟋蟀翅膀構造與發聲	半翅目水黽腳的構造與滑行	鱗翅目蝴蝶鱗片的構造與功能	膜翅目蜜蜂腳的構造與功能	膜翅目蜜蜂與獨居蜂蜂巢的觀察	鞘翅目昆蟲翅膀構造與飛行
設計實驗內容	觀察蟋蟀的口器類型，討論如何吃食？	認識蟋蟀翅膀的弦器和彈器，提出蟋蟀發聲的原理	觀察水黽的六隻腳構造，討論水黽滑行的特殊能力	觀察端紫斑蝶鱗片構造，提出物理性光澤的證據	觀察蜜蜂的前足與後足，了解其不同的功能	觀察蜜蜂與獨居蜂蜂巢，了解兩種蜂如何孵育下一代	觀察獨角仙翅膀的構造，了解甲蟲飛行的原理

從表 3 發現，共 7 組在職教師都能根據教授所指定的教材，建立教材大綱和設計實驗內容；有 6 組是針對昆蟲的構造與功能做設計，有 1 組討論社會性蜂與獨居蜂的蜂巢和繁殖行為。蒐集 7 組在職教師設計實驗和學習單內容做分析，發現有 5 組能符合「POE & 科學解釋文字鷹架」的教學精神，以設計最好的第 5 組為例舉證說明如圖 1 所示。

由圖 1 發現，第 5 組為資深的自然科教師，熟悉學生的背景知識，發現其實驗設計的優點有：1. 學生預測如何分辨蜜蜂的前、後腳時，有呈現蜜蜂的前腳和後腳照片做說明，並引導說明這樣辨別的原因。2. 實驗觀察有說明將蜜蜂標本置於顯微鏡下，如何觀察蜜蜂前腳與後腳的特殊構造和功能。在職教師使用 ppt 教導學生認識蜜蜂的前腳與後腳，強調前腳的清潔鉤和後腳的花粉梳。3. 實驗觀察的解釋有引導說明如何寫出蜜蜂前腳與後腳的特色與功能。4. 科學解釋文字鷹架分成主張、證據、推理 3 格，每格內容都有一段文字說明，且增加提示詞，例如：觀察蜜蜂前腳與後腳的特色。第 5 組的實驗設計和教授示範的實驗設計雷同，該有的項目和圖片都有。另外有 2 組模仿設昆蟲實驗的效果

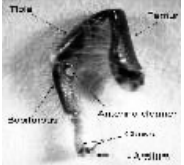
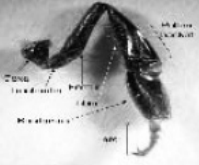
實驗名稱	1  2 		觀察蜜蜂的前足與後足，了解其不同的功能。
學生預測 (P)	1. 分辨哪一張圖片的腳是蜜蜂的前腳？試著說明你這樣辨別的原因。 2. 分辨哪一張圖片的腳是蜜蜂的後腳？試著說明你這樣辨別的原因。		預測： 1. 我選擇 () 號是前腳，因為_____ 2. 我選擇 () 號是後腳，因為_____
實驗觀察 (O)	蜜蜂標本觀察 將蜜蜂標本置於顯微鏡下，觀察蜜蜂的前腳與後腳，說明前、後腳的特殊構造和功能。		
	構造（繪圖並強調）	構造（繪圖並強調）	
	圖 1：蜜蜂的前腳	圖 2：蜜蜂的後腳	
實驗觀察的解釋 (E)	針對你所觀察到的，說明蜜蜂前腳與後腳的特色與功能		
	前腳的特色：	後腳的特色：	
	前腳的功能：	後腳的功能：	
科學解釋文字鷹架	項目	說明	學生作答
	主張	根據實驗觀察的結果寫出你對這個實驗的主張。 (觀察蜜蜂前腳與後腳的特色)	
	證據	提出兩個證據去支持你的主張；若不只兩個，可以盡量寫出來。	
	推理	寫一個句子來連貫主張與證據，你所提的證據如何支持你的新解釋。	

圖 1

第 5 組「POE & 科學解釋文字鷹架」模仿設計實驗的學習單 (LS1-5)

不佳，主要原因是因為預測題目過多，無法聚焦該主題的內容，且沒有空格讓學生說明原因；實驗設計沒有進行實驗活動，只有觀察昆蟲影片，可能造成科學解釋產生困難，科學解釋文字鷹架只列出主張、證據、推理 3 格，但沒有文字的引導等。

(二)在職教師模仿設計實驗的微型教學

共 7 組在職教師模仿設計實驗的微型教學，聘請兩組專家使用 TAPS 評量，整理如表 4 所示。

表 4

7 組在職教師模仿設計實驗的微型教學之 TAPS 評量結果分析

組別 / 實驗	預 測		實驗觀察		科學解釋		科學解釋文字鷹架與評價		總 分	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1/ 實驗一	17	18	18	18	20	19	17	16	72	71
2/ 實驗二	16	16	18	17	17	17	14	14	65	64
3/ 實驗三	15	15	16	16	16	16	15	15	62	62
4/ 實驗四	17	17	16	15	18	18	16	16	67	66
5/ 實驗五	20	19	19	19	18	19	18	19	75	76
6/ 實驗六	19	20	17	16	19	18	20	21	75	75
7/ 實驗七	14	14	15	14	15	15	14	14	58	57
平 均	16.93		16.71		17.50		16.36		67.50	
Spearman 等級相關係數	.955		.963		.881		.991		.991	

從表 4 得知，兩組評分的 Spearman 等級相關係數為 .955, .963, .881, .991, .991，符合評分者信度的考驗；TAPS 評量整體表現平均 67.50 分，獲得 70 分以上是第 1, 5, 6 組，都是自然科教師，比較有探究式教學經驗，在預測、實驗觀察、科學解釋、科學解釋文字鷹架與評價等四個環節都能引導學生；獲得

60 分以下是第 7 組，是一般教師和教育學系背景，學習單設計預測題目太多而無法聚焦，引導學生時也沒有搭文字鷹架。將 7 組模仿設計實驗的微型教學詮釋分析如下：

1. 預測方面：

第 1, 5, 6 組會先鋪設昆蟲的情境，再提供預測的題目，例如：第 6 組先展示兩種蜂巢圖片，說明是由不同種類的蜂類築巢，再讓學生預測哪一種蜂巢是獨居蜂的？哪一種蜂巢是社會性蜂的？（TAPS1-6）。表現較差的第 7 組，只有呈現甲蟲幼蟲和鞘翅，就讓學生預測「甲蟲幼體是否有翅膀？甲蟲的鞘翅有何功用？前翅、後翅結構如何？」（TAPS1-7）」造成學生預測失焦，不知道實驗目的是什麼。

2. 實驗觀察方面：

第 1, 2, 5 組會使用教具模型說明實驗步驟，再引導學生進行實驗並說明觀察的重點，例如：第 1 組播放蟋蟀進食的影片引導學生觀察，再以解剖顯微鏡觀察蟋蟀口器，引導學生畫出口器的細部構造（TAPS1-1）。表現較差的第 4 組有觀察端紫斑蝶的鱗片構造，但沒有說明鱗片有什麼差異（TAPS1-4）？第 7 組則沒有做實驗，只有展示甲蟲模型、觀看「甲蟲飛行」影片，學生難說明甲蟲靠裡面膜翅展開飛行（TAPS1-7）。

3. 科學解釋方面：

第 1, 4, 5, 6 組有引導科學解釋，並針對題目提醒撰寫的內容，例如：第 5 組說明「針對你所觀察到的，說明蜜蜂前腳與後腳的特色與功能」，並提醒學生要寫特色和功能（TAPS1-5）。表現較差的第 7 組只有呈現科學解釋一個大空格，沒有引導學生要如何撰寫。

4. 科學解釋文字鷹架與評價方面：

表現較好的第 1, 5, 6 組會讓學生發表預測結果，在實驗過程中隨時澄清概念，學生發表科學解釋文字鷹架後會播放自己所撰寫的答案做為總整理，例如：第 1 組的科學解釋文字鷹架總整理（表 5）。表現較差的第 2, 3, 7 組則沒有讓學生發表自己寫的內容，沒有引導學生如何撰寫科學解釋文字鷹架，也沒有呈現自己答案的總整理。

表 5

第 1 組的科學解釋文字鷹架總整理

項目	撰寫說明	參考答案
主張	根據觀察的結果寫出你對這個實驗的主張	1.蟋蟀有一對大顎、一對小顎、上唇、下唇六個部位，是屬於咀嚼式口器構造。 2.蟋蟀口器在頭部正面的下方，屬於下口式口器。
證據	提出兩個證據去支持你的主張；若不只兩個，可以盡量寫出來	1.從顯微鏡可看到 2 個大顎、2 個小顎、上唇、下唇六個部位的咀嚼式口器構造；和蟋蟀口器圖片相同。 2.從影片可以看見蟋蟀把食物吃光光，是屬於咀嚼式口器的吃法。
推理	寫一個句子來說明你所提的證據如何支持你的新解釋	蟋蟀口器的構造屬於咀嚼式口器，所以會把食物吃光光。

二、在職教師自行設計實驗與微型教學

(一)在職教師自行設計昆蟲實驗

共 7 組自行尋找材料設計實驗，然後微型教學，整理 7 組自行設計的教材內容、教材大綱與實驗內容如表 6 所示。

表 6

共 7 組在職教師自行尋找教材，設定教材大綱以設計昆蟲實驗

組別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組
教材內容	探究蝗蟲後足的秘密	蜻蜓飛行與抓蜻蜓訣竅	臺灣紅娘華與大紅娘華	蝶與蛾的幼蟲身體構造觀察	分辨白蟻與螞蟻的差異	分辨紅火蟻與螞蟻的差異	分辨各種甲蟲的幼蟲
教學大綱	直翅目蝗蟲後足的功能觀察	蜻蛉目蜻蜓飛行的實驗設計	半翅目昆蟲的介紹與觀察	鱗翅目幼蟲的介紹與觀察	等翅目與膜翅目昆蟲的介紹與觀察	膜翅目不同種類的螞蟻觀察實驗	鞘翅目昆蟲的幼蟲介紹與觀察
實驗內容	觀察蝗蟲後足的構造，探究蝗蟲後足的功能	觀察蜻蜓如何飛行，探究蜻蜓的生活習性	比較紅娘華的若蟲及成蟲？公與母？	蝶或蛾的幼蟲，為什麼叫「毛毛蟲」？	螞蟻及白蟻的觸角、口器、體型有什麼差異？	觀察紅火蟻的外型特徵以區別一般的螞蟻	認識鞘翅目昆蟲的各種幼蟲之多樣性

由表 6 發現，第 1, 2 組相似於模仿設計，觀察昆蟲的構造，討論其功能的設計外；其它 5 組則傾向於觀察不同昆蟲的差異，教導學生如何區別看起來相似的昆蟲，這符合國小學生的觀察與分類之學習目標。蒐集 7 組自行設計實驗和學習單分析，發現有 6 組能符合「POE & 科學解釋文字鷹架」的教學精神，第 7 組實驗設計的預測題目還是太多，甲蟲幼蟲種類也太多，無法讓學生聚焦預測。本研究以設計最好的第 1 組為例，舉證說明如圖 2 所示，第 1 組自行設計的學習單，其預測、實驗觀察、解釋和科學解釋文字鷹架，都有前後呼應，並展示腳的圖片讓學生預測，使用顯微鏡觀察蝗蟲的前腳和後腳，使用影片介紹蝗蟲後腳的功能。

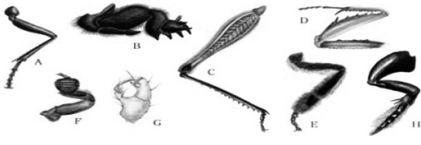
實驗名稱	「探究蝗蟲後足的秘密」 		
學生預測 (P)	1. 觀察昆蟲各種腳的圖片，哪一隻腳是蝗蟲的後足？為什麼？ 2. 你認為蝗蟲後足有什麼功能？		
實驗觀察 (O)	1. 將蝗蟲的前足和後足置於顯微鏡上觀察，最後畫出蝗蟲的後足結構。 2. 從影片介紹，說明蝗蟲的後足有哪些功能？		
實驗觀察的解釋 (E)	說明蝗蟲後足的功能（條列式說明） 圖 1：畫出蝗蟲後足的構造		
科學解釋文字鷹架	項目	說明	學生作答
	主張	根據觀察的結果寫出你對這個實驗的主張	
	證據	提出兩個證據去支持你的主張；若不只兩個，可以盡量寫出來	
	推理	寫一個句子來說明你所提的證據如何支持你的新解釋	

圖 2

第 1 組「POE & 科學解釋文字鷹架」自行設計實驗的學習單 (LS2-1)

(二)在職教師自行設計實驗的微型教學

共 7 組在職教師自行設計實驗的微型教學，聘請兩組專家使用 TAPS 評量，整理如表 7 所示。

表 7

共 7 組在職教師自行設計實驗的微型教學之 TAPS 評量結果分析

組別 / 實驗	預 測		實驗觀察		科學解釋		科學解釋文字 鷹架與評價		總 分	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1 / 實驗一	24	23	23	23	22	23	24	24	93	93
2 / 實驗二	20	20	24	24	20	20	21	21	85	85
3 / 實驗三	16	15	15	14	17	17	15	16	63	62
4 / 實驗四	15	16	20	20	19	19	19	19	73	74
5 / 實驗五	19	19	20	19	19	19	16	16	74	73
6 / 實驗六	21	22	19	18	20	19	18	18	78	77
7 / 實驗七	14	14	16	15	15	15	15	16	60	60
平 均	18.43		19.29		18.86		18.43		75.00	
Spearman 等級相關係數	.964		.991		.944		.972		.964	

從表 7 得知，兩組評分的 Spearman 等級相關係數為 .964, .991, .944, .972, .964，符合評分者信度的考驗；TAPS 評量整體表現平均 75.00 分，比模仿設計的進步，進步較多的是第 1, 2, 4 組，其次是第 6, 7 組。第 1, 2 組都是有理科背景的自然科教師，微型教學預測前會先建構相關知識，並引導學生說出預測的原因；實驗觀察讓學生比對觀察結果和預測結果是否相同；最後引導學生上網找證據，如何連結主張進行推理。第 5 組微型教學稍微退步主要原因是對於白蟻與螞蟻的差異講得不夠清楚，且本身有一些另有概念存在。第 3, 7 組都是一般教師沒有教過自然科，微型教學得分較低，其預測題目過多，以看影片取代做實驗，引導科學解釋不夠明確，造成學生撰寫不易。將 7 組自行設計實

驗的微型教學詮釋分析如下：

1. 預測方面：

自行設計比模仿設計進步的組別都能先建構昆蟲相關知識再讓學生預測，並提供昆蟲圖片幫助預測，最後讓學生發表預測的原因，例如：第 6 組先介紹紅火蟻的危害，然後呈現紅火蟻與一般螞蟥圖片，讓學生預測「哪一張圖片是紅火蟻？哪一張圖片是螞蟥（TAPS2-6）」？第 7 組設計的預測題目太多：「1. 請圈出隱翅蟲和其他鞘翅目最大的區別？2. 吉丁蟲和其他甲蟲最大的區別？3. 肉食性瓢蟲和植食性瓢蟲的差別？（TAPS2-7）」教學時沒有建構充足的知識就預測，導致學生預測有困難。

2. 實驗觀察方面：

自行設計比模仿設計進步的主要原因是職教師能使用網路影片和圖片引導學生觀察後再做實驗，並提醒實驗觀察的重點及隨時提問引導學生思考，將實驗結果去對應自己的預測。例如第 2 組教學：「觀看蜻蜓巡邏和翅膀飛行影片，再做實驗觀察蜻蜓的翅膀，討論蜻蜓如何飛行，並引導翅膀可以分開擺動（TAPS2-2）」。表現較差的第 3 組選擇圖片不恰當，無法看出紅娘華的公母差異，選擇觀看紅娘華生長環境影片不恰當，應該觀看紅娘華性別、若蟲、成蟲的影片（TAPS2-3）。評審者建議應該使用紅娘華活體，直接觀察其性別和若蟲、成蟲的差異。

3. 科學解釋方面：

自行設計比模仿設計進步的主要原因是職教師已熟悉 POE 教學步驟，在實驗觀察後引導學生思考如何解釋實驗觀察的結果，學習單有放置引導語提醒學生，例如第 1 組的引導語「1. 蝗蟲後足的結構有哪些特色？2. 蝗蟲後足的結構有何功能？（TAPS2-1）」。第 7 組的微型教學簡略，解釋只有一個大格沒有引導語，也沒有統整說明，學生撰寫感覺困難。

4. 科學解釋文字鷹架與評價方面：

自行設計比模仿設計進步的主因是能使用文字鷹架引導學生提出主張，根據實驗結果上網找出 2 個證據以支持主張，並引導寫出一句推理的話將主張和證據結合在一起；例如第 4 組：「蝴蝶幼蟲有什麼是蛾幼蟲所沒有的？蛾幼蟲有什麼是蝴蝶幼蟲所沒有的？這跟演化有關，請上網查出證據

(TAPS2-4)」。第 7 組的微型教學主題失焦，只有圖片沒有昆蟲幼蟲實體，造成學生撰寫困難，例如：「分辨水棲型幼蟲、蠕蟲型幼蟲、蛭型幼蟲、無足型幼蟲？(TAPS2-7)」

(三)在職教師模仿與自行設計實驗的微型教學評量之比較

針對在職教師模仿與自行設計實驗的微型教學之比較，使用 TAPS 評量分數進行 t 檢定作檢核，整理如表 8 所示；表示在職教師自行設計實驗的微型教學比模仿設計實驗的有顯著提升，但自行設計的標準差比較大，是因為第 5 組有另有概念稍微退步，第 1, 2 組進步很多所影響。

表 8

在職教師模仿與自行設計實驗的微型教學 TAPS 評量之 t 檢定

微型教學	模仿設計		自行設計		<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
	M	SD	M	SD			
	67.50	6.54	75.00	11.21	-7.50	3.029*	.010

三、探討在職教師撰寫「POE & 科學解釋文字鷹架」學習單

(一)撰寫模仿設計實驗的學習單之分析

共 7 組在職教師撰寫模仿設計實驗的學習單，一共有 7 個模仿實驗，聘請兩組專家使用 LAPS 評量，將每一組共 7 次評量的平均分數，整理如表 9 所示。

從表 9 得知，兩組評分的 Spearman 等級相關係為 .893, .881, .942, .991, .927, .981, .929，符合評分者信度的考驗；LAPS 評量整體表現平均 29.7 分，獲得 30.0 分以上有第 1, 3, 5, 6, 7 組，其中第 3, 7 組是一般教師；在職教師所撰寫學習單在「生產性、邏輯一致性」獲得 2 分的較多，表示他們能寫出完整內容且富邏輯推理，但在「精緻度」獲得 1 分的較多，表示他們撰寫的內容跟相關的科學原理或科學知識還不夠緊密結合。至於科學解釋文字鷹架方面，

表 9

共 7 組在職教師撰寫模仿設計實驗的學習單之 LAPS 評量結果分析

組別	預測 P		觀察 O		解釋 E		主張		證據		推理		總分	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
第一組	5.0	5.1	5.0	5.0	5.0	5.1	5.7	5.7	5.7	5.6	5.3	5.3	31.7	31.9
第二組	4.7	4.7	4.4	4.6	4.4	4.4	4.3	4.3	4.1	4.3	4.4	4.4	26.4	26.7
第三組	5.0	5.1	5.1	5.3	4.9	5.0	5.3	5.3	4.9	5.1	5.4	5.6	30.6	31.4
第四組	4.9	4.9	4.7	4.7	4.4	4.4	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	27.1	27.1
第五組	5.0	4.9	5.4	5.4	5.0	5.1	4.9	4.9	4.9	4.9	5.3	5.3	30.4	30.4
第六組	5.4	5.4	5.1	5.1	5.0	5.0	4.7	4.7	5.0	5.0	4.9	5.1	30.1	30.4
第七組	5.1	5.1	5.0	5.3	4.6	4.7	5.1	5.0	5.6	5.6	5.1	5.1	30.6	30.9
平均	5.0		5.0		4.8		4.9		5.0		5.0		29.7	
Spearman 相關係數	.893		.881		.942		.991		.927		.981		.929	

在職教師撰寫主張與證據是可以的，但是推理的連結還要加強，寫得很像主張。將 7 組在職教師撰寫的學習單詮釋分析如下：

1. 預測方面：

各組在職教師能根據自己的知識做預測，並能說明理由，例如第 5 次實驗的撰寫：「我選擇 2 號是蜜蜂的後腳，因為比較粗壯，有裝花粉籃的位置（LAPS1-3）」。也有比較精緻的撰寫，例如：「2 號是蜜蜂的後腳，因為後腳有花粉籃，位於脛節的位置（LAPS1-6）」。

2. 觀察方面：

各組在職教師能畫出實驗的顯微鏡圖片，並用文字描述實驗結果，例如第 1 次實驗的撰寫：「畫出蟋蟀的口器構造，並說明蟋蟀是屬於咀嚼式口器（LAPS1-4）」。也有詳實撰寫口器：「蟋蟀口器的細部構造有 2 個大顎，2 個小顎，1 個上唇，1 個下唇，蟋蟀會把食物全部吃光，是屬於咀嚼式口器（LAPS1-5）」。

3.解釋方面：

各組在職教師能針對實驗結果寫出科學原理，例如第 3 次實驗的撰寫：「水黽腳上的剛毛具有厭水性，所以能在水中滑行（LAPS1-7）」。而擔任教學的那一組比較能把科學原理寫得精緻化，例如：「水黽是利用脛節的數千根剛毛（同一方向排列），剛毛具有超疏水性能產生蓮葉效應，增加腳的負載力而能在水上滑行，不會沉入水中（LAPS1-3）」。

4.科學解釋文字鷹架的主張方面：

各組在職教師能根據觀察的結果寫出對這個實驗的主張，例如第 6 次實驗的撰寫：「社會蜂和獨居蜂的蜂巢不一樣，養育方式也不一樣（LAPS1-2）」。有的組別撰寫詳細，具有精緻化的水準，例如：「獨居蜂會在竹管內築巢，一間一間，依序往外產卵；社會性蜂會築六角形的巢房，而且會形成巢脾（LAPS1-1）」。

5.科學解釋文字鷹架的證據方面：

各組在職教師能提出與主張相關的 2 個證據來支持主張，例如第 6 次實驗的撰寫：「社會蜂后在六角形巢內產卵，獨居蜂會在竹管裡往外產卵，先產雄蜂寶寶，再產雌蜂寶寶（LAPS1-2）」。結果說錯了，正確應該是先產雌卵再產雄卵，因為雄卵比較快羽化成雄蜂。有的組別撰寫詳細，具有精緻化的水準，例如：「社會性蜂是群居的，工蜂建築六角形蜂房，一起養育蜜蜂，有王室（女王蜂）、大巢房（雄蜂）和小巢房（工蜂）；獨居蜂要獨自養育寶寶，一間一間隔開，先產雙套染色體的雌蜂卵，發育慢，在裡面；接著產單套染色體的雄蜂卵，發育快，在外面，可以羽化先離開（LAPS1-1）」。

6.科學解釋文字鷹架的推理方面：

各組在職教師慢慢能寫出一個句子來連結主張與證據的推理，例如第 6 次實驗的撰寫：「社會蜂築六角形蜂房，獨居蜂在竹管內築線狀蜂房（LAPS1-2）」。有的組別能分析證據以支持主張的新推理，例如：「可以從築巢形狀判斷是哪一種蜜蜂，具有六角形蜂房的巢脾是社會性蜂所築，單一管狀巢形是獨居蜂所築（LAPS1-1）」。

(二) 撰寫自行設計實驗的學習單之分析

共 7 組在職教師撰寫自行設計實驗的學習單，一共有 7 個自行實驗，聘請兩組專家使用 LAPS 評量，將每一組共 7 次評量的平均分數，整理如表 10 所示。

從表 10 得知，兩組評分的 Spearman 等級相關係數 .846, .991, .963, .898, .982, .972, .964，符合評分者信度的考驗；LAPS 評量整體表現平均 31.9 分，比模仿設計進步 2.2 分，除了第 2 組外，其他 6 組都獲得 30.0 分以上，在「精細度」進步很多；在科學解釋文字鷹架方面，主張進步最多。將 7 組在職教師撰寫自行實驗設計的學習單詮釋分析如下：

1. 預測方面：

各組在職教師都能根據自己的知識做預測，並說明理由，例如第 2 次實驗的撰寫：「抓蜻蜓訣竅可以利用蜻蜓的巡邏地點習性，因為捕獵動物都常利用其出沒路徑，比較容易抓到（LAPS2-1）」。

表 10

共 7 組在職教師撰寫自行實驗設計的學習單之 LAPS 評量結果分析

組別	預測 P		觀察 O		解釋 E		主張		證據		推理		總分	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
第一組	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9	5.4	5.4	35.3	35.1
第二組	4.9	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.7	27.7	27.9
第三組	5.4	5.6	5.1	5.0	5.1	5.1	5.6	5.6	4.6	5.0	5.6	5.6	31.4	31.9
第四組	5.3	5.3	5.4	5.4	4.6	4.9	5.4	5.4	4.6	4.7	4.9	4.9	30.1	30.6
第五組	5.6	5.6	5.6	5.9	5.7	5.7	5.4	5.3	5.3	5.3	5.6	5.6	33.1	33.3
第六組	5.6	5.6	5.3	5.3	5.0	4.9	5.4	5.6	5.1	5.1	5.3	5.3	31.7	31.7
第七組	5.6	5.4	5.6	5.7	5.3	5.1	6.0	6.0	5.7	5.9	5.3	5.3	33.4	33.4
平均	5.4		5.4		5.2		5.5		5.1		5.2		31.9	
Spearman 相關係數	.846		.991		.963		.898		.982		.972		.964	

2.觀察方面：

各組在職教師都寫得很詳盡，不只用文字描述觀察結果，也配合畫圖的方式仔細描繪細節，例如第 1 次實驗的撰寫：「蝗蟲後足腿節上有規則斜紋的收縮肌，彈跳時靠收縮肌的收縮帶動，可以跳得很遠（LAPS2-7）」。

3.解釋方面：

各組在職教師都能針對預測的題目與觀察實驗結果，提出正確的科學概念，例如第 6 次實驗的撰寫：「分辨紅火蟻與一般螞蟥，紅火蟻身體有 2 節明顯的腰節，觸角有 2 節錘節，螞蟥身體只有 1 節腰節，但觸角有 3 節錘節（LAPS2-3）」。

4.科學解釋文字鷹架的主張方面：

各組在職教師撰寫主張時比較能針對實驗題目，根據實驗觀察結果寫出對這個實驗的主張，例如第 4 次實驗的撰寫：「蝴蝶幼蟲沒有毛的比較多，有肉角狀突起；蛾幼蟲有毛的比較多，有些腺毛會引起過敏反應（LAPS2-3）」。

5.科學解釋文字鷹架的證據方面：

各組在職教師能提出正確且與主張有關的 2 個證據來支持，例如第 4 次實驗的撰寫：「1.蛾和蝶的幼蟲都具有頭胸腹的構造，胸部有 3 對真足，腹部有 4 對偽足，尾有 1 對偽足；2.蛾的幼蟲比蝶的幼蟲在種類和數量都多，且很多蛾的幼蟲有腺毛，因此被稱為毛毛蟲（LAPS2-3）」。

6.科學解釋文字鷹架的推理方面：

各組在職教師能寫出一個句子來連結主張與證據，並避免與主張寫的是相似的句子，例如第 4 次實驗的撰寫：「鱗翅目昆蟲的幼蟲稱為毛毛蟲主要是因為蛾類幼蟲的種類和數量較多，多數身上有毛（LAPS2-3）」。

(三)在職教師撰寫模仿與自行設計實驗的學習單評量之比較

針對在職教師撰寫模仿與自行設計實驗的學習單之比較，使用 LAPS 評量分數進行 t 檢定作檢核，整理如表 11 所示；表示在職教師撰寫自行設計實驗的學習單比撰寫模仿設計實驗的有顯著提升，尤其是科學解釋文字鷹架方面。

表 11

在職教師撰寫模仿與自行設計實驗的學習單 LAPS 評量之 *t* 檢定

學習單	模仿設計		自行設計		<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
	M	SD	M	SD			
	29.7	1.96	31.9	2.30	-2.20	7.871***	.000

四、綜合討論

十二年國教國小自然科領綱著重素養導向、探究教學、要求要有「探究與實作」的課程（教育部，2016）；本研究因應十二年國教，培育國小在職教師使用「POE & 科學解釋文字鷹架」探究式教學法設計實驗並微型教學，結果發現資深的自然科教師最能獲得學習，尤其有理科背景的教師，在引導「預測」時較能放置該主題的正確圖片引導學生思考；但教育學系背景的一般教師則對 POE 教學失焦，兩次微型教學都放置很多圖片，預測很多題目，卻無法掌握該課程的主題要表達什麼。其次，進行實驗觀察的微型教學，發現有理科背景的自然科教師較能抓到要觀察的重點，聚焦於要觀察的內容並呼應預測的結果；一般教師或教育學系背景的一般教師，實驗觀察內容出現多而雜亂，較難聚焦於主題的實驗觀察。本研究的科學解釋著重於科學解釋文字鷹架，發現資深的自然科教師比較能領略如何搭文字鷹架，例如：請上網尋找支持你的主張之證據，最好有科學原理的內涵，然後靈活的列舉示例；一般教師可能本身對於自然課程的理解較薄弱，大都只能照本宣科，不敢多加著墨。根據 PISA（2015）想要培育學生了解科學議題、解釋科學現象與科學舉證等科學能力，正好呼應十二年國教的改革，如果自然科教師想要勝任「POE & 科學解釋文字鷹架」探究式教學，引導實驗觀察的技能尚不足，應該還要加強應用過程技能的教學策略，例如：觀察、比較與分類、組織與歸納（Abungu, Okere, & Wachanga, 2014），才能有效的引導學生看到實驗觀察的重點，其背後的科學原理和應用性。許良榮與羅佩娟（2009）認為理工、非理工背景大學生在「解釋」方面未達顯著差異，表示理工科學生本身也存在一些另有概念。本研究發現非理科背景的第七組撰寫學習單非常用心，LAPS 評量分數不低，他們經過

撰寫「科學解釋文字鷹架」的學習單後，增加很多背景知識，將來可能更了解要如何引導學生根據實驗結果來形成主張，根據主張上網找 2 個證據加以驗證，最後能做合理的推理與說明。本研究還發現不管是不是理科背景的在職教師，本身或多或少都存在一些另有概念，經由多次的「POE & 科學解釋文字鷹架」探究式教學後，逐漸修正過來，所以此教學法有澄清另有概念的價值性存在（盧秀琴、徐于婷，2016）。

伍、結論與建議

一、結論

（一）在職教師能使用「POE & 科學解釋文字鷹架」探究式教學法

本研究發現在職教師接受「POE & 科學解釋文字鷹架」一整學期的培訓後，他們設計的實驗符合十二年國教「探究與實作」的精神（附錄三提供楷模案?），其預測、實驗觀察、解釋和科學解釋文字鷹架，都能前後呼應；微型教學也能先建構學生的背景知識再引導學生預測並說明原因，實驗觀察時能引導學生比對實驗結果和預測結果是否相同，最後能引導學生提出自己的主張，並根據主張去尋找證據。

（二）在職教師能提升引導「POE & 科學解釋文字鷹架」的科學解釋能力

本研究培訓在職教師撰寫「POE & 科學解釋文字鷹架」的學習單，發現在職教師逐漸熟悉「POE & 科學解釋文字鷹架」的教學模式，能夠修正自己的另有概念，並聚焦於實驗題目和實驗結果提出自己的主張，上網找證據並寫出合理的推理，這些經驗將有助於他們將來引導學生的探究式學習，提升科學解釋能力。

二、建議

(一)培育理科的自然科教師可以加入十二年國教「核心素養」的宗旨

本研究發現理科的自然科教師很快就能抓住「POE & 科學解釋文字鷹架」探究式教學法的精神，應用於實驗設計與微型教學。所以，培育他們時可以加入十二年國教「核心素養」的宗旨，引導學生參與「科學議題性」的探究與實作，開展與自我、與他人、與社會、與自然和諧共存的能力。

(二)培育非理科的一般教師應建構自然基礎知識和熟悉自然領域探究教學

本研究發現非理科的一般教師掌握自然科教材有困難，抓很多資料但無法聚焦，所以「POE & 科學解釋文字鷹架」實驗設計效果不好；但他們想要轉為自然科教師，不想擔任導師。所以，培育非理科的一般教師應協助他們建構自然領域方面的基礎知識才能融會貫通，並熟悉自然領域課程的上課方式，從主題去引導探究學習而不是教很多自然方面的知識。

誌謝

本研究能夠順利完成，首先感謝科技部的經費支持（MOST 105-2511-S-152-010-MY3）；再者，感謝 14 位國小在職教師的協助，完成所有的實驗設計、微型教學和接受評量；最後，感謝研究團隊協助分析，才能完成本論文。

參考文獻

一、中文部分

巫少岑（2007）。以序列性 POE 探究國小科學教師之科學解釋的研究—以「大氣壓力與表面張力」為例。國立臺中教育大學（未出版之碩士論文），臺中市。

[Wu, S. Q. (2007). *The study of scientific explanation of scientific teachers by Sequential POE – taking “atmospheric pressure and surface tension” as an example*. Unpublished master's thesis, Department of Science Education and Applied Science, National Taichung University of Education, Taichung.]

周偉苓（2014）。以序列性 POE 探究國小教師之科學解釋的研究—以「重心、平衡」為例。國立臺中教育大學（未出版之碩士論文），臺中市。

[Chou, W. J. (2014). *The study of scientific explanation of scientific teachers by Sequential POE – taking “gravity and balance” as an example*. Unpublished master's thesis, Department of Science Education and Applied Science, National Taichung University of Education, Taichung.]

教育部（2016）。十二年國教自然科學領域課綱草案。取自：[http:// www.naer.edu.tw/files/15-1000-10469,c639-1.php?Lang=zh-tw](http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10469,c639-1.php?Lang=zh-tw)。

[Ministry of Education (2016). *Draft curriculum for the natural sciences field of the 12-year national education*. January 11, 2017 Retrieved from <http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10469,c639-1.php?Lang=zh-tw>]

許良榮、羅佩娟（2009）。以序列性 POE 探究學生的科學解釋能力：以「大氣壓力與表面張力」為例。屏東教大科學教育，30，42-55。

[Xu, L. R., & Lo, P. J. (2009). Exploring students' scientific explanation ability with sequential POE: taking “atmospheric pressure and surface tension” as an example. *Science Education of Pingtung University*, 30, 42-55.]

國家教育研究院（2014）。十二年國民基本教育自然領域綱要內容之前導研究

報告。2015 年 4 月 27 日取自 [http:// www.naer.edu.tw/sod.ncl.edu.tw/.../newbook.jspx](http://www.naer.edu.tw/sod.ncl.edu.tw/.../newbook.jspx)

[National Academy for Educational Research (2014). Twelve-year National basic education Natural field outline contents leading research report. April 27, 2015 Retrieved from [http:// www.naer.edu.tw/sod.ncl.edu.tw/.../newbook.jspx](http://www.naer.edu.tw/sod.ncl.edu.tw/.../newbook.jspx)]

黃惠鈺（2009）。科學解釋寫作策略融入探究教學對五年級學童科學解釋的影響。國立嘉義大學（未出版之碩士論文），嘉義市。

[Huang, H. Z. (2009). *The impact of scientific explanation of fifth-grade students with scientific explanation of writing strategies is integrated into inquiry teaching*. Unpublished master's thesis, National Institute of Science Education of Chiayi University, Chiayi.]

黃贊樺（2011）。探討科學解釋文字鷹架融合 POE 策略對概念改變與科學解釋能力之影響—以光學單元為例。國立交通大學（未出版之博士論文），新竹市。

[Huang, Z. H. (2011). *Exploring the impact of POE & scientific explanations with text scaffolding on conceptual change and scientific explanation ability – taking light units as an example*. Dissertation of Science and Technology and Digital Learning, National Chiao Tung University, Hsinchu.]

劉月智（2007）。以序列性 POE 探究大學生之科學解釋的研究—以「大氣壓力與表面張力」為例。國立臺中教育大學（未出版之碩士論文），臺中市。

[Liu, Y. Z. (2007). *The study of scientific explanation of college students by Sequential POE – taking “atmospheric pressure and surface tension” as an example*. Unpublished master's thesis, Department of Science Education and Applied Science, National Taichung University of Education, Taichung.]

盧秀琴、徐于婷（2016）。國小師資生在自然領域的專業成長—以探究式教學為例。師資培育與教師專業發展期刊，9(1)，115–142。

[Lu, C. C., & Hsu, Y. T. (2016). Pre-service elementary school science teachers' professional development in teaching science: the case of inquiry teaching. *Journal of Teacher Development and Teacher Professional Development*, 9

(1), 115–142.]

盧秀琴、劉蓓娟（2017年1月7日）。培育國小在職教師設計「POE結合科學解釋理論」的教學。發表於第3屆「國小自然領域教材教法之創新與實踐」學術研討會，國立臺北教育大學，臺北市。

[Lu, C. C., & Liu, Y. J. (2017, January 7). *Cultivate the teaching of “POE combined with scientific interpretation theory” by in-service teachers.* Published in the 3rd “Innovation and Practice of Teaching Materials for Natural Sciences” of Taipei City, National Taipei University of Education Taiwan ROC.]

簡錦鳳（2008）。文字鷹架對七年級學生科學解釋能力的影響。國立臺灣師範大學（未出版之碩士論文），臺北市。

[Jian, J. F. (2008). *The influence of the text scaffolding on the scientific explanation ability of seventh-grade students.* Unpublished master's thesis, Master's degree in in-service training at the National Taiwan Normal University Institute of Science Education, Taipei City.]

二、英文部分

Abungu, H. E., Okere, M. I. O., & Wachanga, S. W. (2014). The effect of science process skills teaching approach on secondary school students' achievement in chemistry in Nyando district, Kenya. *Journal of Educational and Social Research*, 4(6), 359–371.

Bowen, G. M., & Roth, W. M. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32(3), 303–327.

Driver, R., Guesue, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching, In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*, p.193–201, Milton Keynes, Cambridge, UK: Open University Press.

Gunstone, R. F. (1995). Constructivist learning and teaching of science. In B. Hand, & V. Prain (Eds.), *Teaching and Learning in Science: The Constructivist*

- Classroom* (pp.2–30). Sydney, Harcourt Brace.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191.
- Pallrand, G. J. (1996). The relationship of assessment to knowledge development of science education. *Phi Delta Kappan*, 78(4), 315–318.
- PISA (2015). *PISA 2015 PISA results for focus*. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>
- Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*, p. 44–64. London, England: Falmer Press.

【附錄一】

「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量表 (TAPS)

「POE & 科學解釋文字鷹架教學」評量表 (TAPS)		評分				
		5	4	3	2	1
預 測	1.教師能提問開放式問題，啟發學生進行高層次思考。					
	2.教師的提問用語明確，學生能跟隨教師的提問進行個人的預測。					
	3.學生在預測過程中，教師能適時引導，讓學生持續完成預測。					
	4.教師設計的學習單，能讓學生把預測結果和理由做完整的紀錄。					
	5.在實驗前，教師能讓各組學生分享自己的預測結果及理由。					
實驗觀察	1.在實驗前，教師能將實驗步驟及注意事項講解清楚。					
	2.在實驗前，教師能事先告知學生實驗觀察的重點在哪裡，並且有設計表格、空格以記錄觀察內容。					
	3.教師能引導學生正確進行實驗活動，並且仔細的觀察，並對應自己的預測。					
	4.教師設計的學習單，能讓學生將觀察到的現象，並做完整的紀錄。					
	5.學生能記錄觀察實驗結果和原先的預測是否相符合。					
科學解釋	1.在實驗後，教師能請學生將觀察結果與預測做對照。					
	2.教師能引導學生比較實驗結果和預測是否符合，引發討論。					
	3.教師設計的學習單，能讓學生根據討論結果寫下合理的解釋。					
	4.教師能引導討論，讓學生從實驗結果的解釋歸納正確的科學概念。					
	5.教師能引導討論，讓學生提出的解釋合乎邏輯推理。					
科學解釋 文字鷹架 與評價	1.引導學生填寫主張內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。					
	2.引導學生填寫證據內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。					
	3.引導學生填寫推理內容的精緻性與邏輯思考，符合優秀程度。					
	4.引導學生填寫的科學解釋能達到指出因果關係的能力。					
	5.引導學生填寫的科學解釋能達到應用圖表提出解釋的能力。					
總評與回饋						

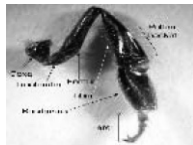
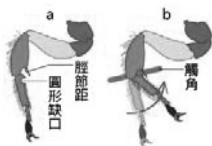
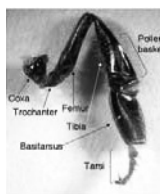
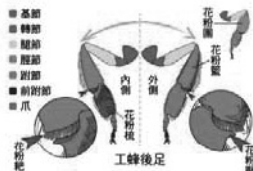
【附錄二】

「POE& 科學解釋文字鷹架學習單」評量表（LAPS）

教學組別		填表組別		填表日期	
實驗內容					
評鑑項目	評鑑指標	因素	優良2	待改進1	未呈現0
預測	根據提問的問題提出你的預測並說明理由。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
預測分數小計					
觀察	根據實驗結果用文字描述和繪圖或填表說明。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
觀察分數小計					
解釋	根據觀察的結果寫出你對這個實驗的解釋。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
解釋分數小計					
主張	根據觀察的結果寫出你對這個實驗的主張。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
主張分數小計					
證據	提出兩個與主張有關的實驗數據或理論來支持主張。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
證據分數小計					
推理	寫一個句子來說明你所提的證據如何支持你的新解釋。	生產性	2	1	0
		精緻化	2	1	0
		邏輯一致性	2	1	0
推理分數小計					

【附錄三】

第5組「POE & 科學解釋文字鷹架」教學法的設計實驗與微型教學之楷模案例

1.預測	實驗名稱	1  2 	1.我們看一段蜜蜂採花蜜和清理觸角的影片，請注意蜜蜂腳上的動作。 2.請看這兩張圖，都是蜜蜂的腳，根據剛才影片的內容，預測看看，哪一張圖片是蜜蜂的前腳？哪一張圖片是蜜蜂的後腳？ 3.寫下你這樣認為的原因。 4.我們請第 2, 4, 6 組上台發表他們的看法，是否跟你們的一樣嗎？
	學生預測 (P)	1.分辨哪一張圖片的腳是蜜蜂的前腳？試著說明你這樣辨別的原因。 2.分辨哪一張圖片的腳是蜜蜂的後腳？試著說明你這樣辨別的原因。	
2.實驗觀察		前足   圖1 蜜蜂清潔足構造	1.將蜜蜂標本置於解剖顯微鏡下，觀察蜜蜂的前腳與後腳，要畫下來，標示前、後腳的特殊構造和功能。 2.注意前腳的圓形缺口和脛節距的構造，可以讓觸角刷過去，清潔觸角。 3.注意後腳的脛節外側內凹，邊緣有長毛，形成花粉籃，這有什麼功能？ 4.花粉籃上有一排硬長毛，稱為花粉耙，這有什麼功能？
3.科學解釋		後足   圖2 蜜蜂足構造	1.解釋看看前腳圓形缺口和脛節距的構造，功能是什麼？提示：蜜蜂採蜜時觸角沾了很多花粉，會影響牠辨別方位，怎麼辦？ 2.解釋看看後腳的花粉籃、花粉耙有什麼功能？提示：蜜蜂採花蜜時，把花粉放在哪裡帶回來？為什麼花粉那麼紮實，不會掉下來？
4.科學解釋文字鷹架	項目	說明	
	主張	根據實驗觀察的結果寫出你對這個實驗的主張。 (觀察蜜蜂前腳與後腳的特色)	
	證據	提出兩個證據去支持你的主張；若不只兩個，可以盡量寫出來。	
	推理	寫一個句子來連貫主張與證據，你所提的證據如何支持你的新解釋。	
1.在寫主張時，要說明蜜蜂前腳與後腳的特殊構造與功能的關係。 2.請上網去找支持你的主張之證據，最好有科學原理的內涵。 3.推理就是寫一段話來連貫你的主張與證據，像是在寫說明文。 4.我們請第 1, 3 組上台發表他們所寫的科學解釋文字鷹架，看看你們是否有要補充？			