

# 探討過程導向引導式探究學習模式對消弭大學生 化學學習成效落差之影響

邱瑞宇<sup>1</sup> 王薪惠<sup>2</sup>

## 摘要

本研究以過程導向引導式探究學習模式（POGIL）為基礎，設計化學實驗課程課前預習活動，並輔以多元教學介入。目的在探討 POGIL 是否可消弭不同程度先備知識大學生的化學實驗課成績落差，並了解在 POGIL 教學模式下，大學生的先備知識和參與度對其三種學習成效——學科知識、課程自我效能、團隊合作信念的預測力分別為何。透過便利取樣選擇 56 位修讀普通化學實驗課的學生為接受 POGIL 教學的研究對象，另選取前一學年 50 位修讀普通化學實驗課的學生為對照組。以單因子變異數分析、皮爾森積差相關以及偏最小平方法進行統計分析。經過一個學期 16 週 POGIL 教學介入後發現，先備知識高、中、低三組學生的化學實驗課成績差距明顯變小。此外，學生的參與度可有效預測課程自我效能與團隊合作信念，而先備知識則是對學科知識有顯著預測力。本研究以實徵性研究發現 POGIL 教學模式可於化學實驗課程中推廣，對大學生的自我效能及學習技能的提升可帶來正面的影響。

**關鍵詞：**先備知識、參與度、過程導向引導式探究學習模式、學習成效

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學環境工程與科學系副教授

<sup>2</sup> 國立中山大學西灣學院博雅教育中心博士後研究員  
通訊作者：王薪惠，E-mail: [hsinhui5885@gmail.com](mailto:hsinhui5885@gmail.com)  
收稿日期：2021/11/05；接受刊登日期：2022/01/05  
DOI:10.6618/HSSRP.202203\_16(1).3

## 壹、前言

化學實驗課是將化學原理轉移至試驗活動的重要課程，因可讓學生自己動手操作，相較於講述課程較易引發學生的學習專注度與學習興趣。然而在實際教學現場，兩個小時的課程通常只能完成實驗講解、器材分發、實驗操作、紀錄填寫、器材清洗等，實驗數據的計算與結果討論的撰寫往往都是下課後的作業，缺乏教師從旁協助。因此學生經常發生對實驗數據意義不了解、無法進行深入探討，實驗報告上的討論流於敘事性質；甚至若在數據計算上遇到困難，抄答案以應付作業繳交更是不可避免之事。在如此倉促的時間壓力下，更別說教師欲在課堂上進行探究引導與深層的實驗結果討論。然而探究和結果討論才是培養學生表達溝通、推理思考、論證思辨等能力的主要教學環節（劉湘瑤，2016），若無法在課程上進行實為可惜。

為了改善上述化學實驗課面臨的問題，本研究引入過程導向引導式探究學習模式（*process-oriented guided-inquiry learning, POGIL*）作為化學實驗課的教學模式。*POGIL* 是一種非傳統授課教學模式，提倡不在課堂上做概念講解，改以提供充分的資訊讓學生課前預習。課堂進行實驗活動的同時以進階式三階段提問促使學生進行探究以獲得深層概念。第一層次的問題主要建構在學生的先備知識上，並導引學生注意到此模式的相關資訊；第二階段的問題是幫助學生增進模式中相互關聯的認知、發展概念延伸；最後層次的問題是導向新情境的概念應用，使學生產生新知和了解（Rege, Havaldar, & Shaikh, 2016; Trevathan, Myers, & Gray, 2014）。

先前研究已證實 *POGIL* 可提升學生的學科知識（王進、曾偉、趙元聰、冷永祥、邱慧，2019）與學科成績（Brown, 2010），而本研究進一步探討 *POGIL* 是否可有效地消弭不同程度先備知識學生的化學實驗課成績落差。此外，不少研究也發現影響學習成效的因素包括學生的先備知識（Dochy, Segers, & Buehl, 1999）與參與度（Carini, Kuh, & Klein, 2006），因此，本研究進一步將先備知識與參與度置於同一檢驗模型下，探討此二因素在 *POGIL* 教學下對大學生學習成效之影響為何，提出以下兩個研究問題：

- （一）過程導向引導式探究學習模式（*POGIL*）是否能有效消弭大學生化學實驗成績差距？

(二) 在 POGIL 教學下，先備知識與參與度對大學生化學學習成效之預測力為何？

## 貳、文獻探討

### 一、過程導向引導式探究學習模式 (Process-oriented Guided-inquiry Learning, POGIL) 定義

POGIL 最早是在 1994 年被發展出來並運用於化學課程中 (Hanson & Wolfskill, 1998; Process Oriented Guided Inquiry Learning [POGIL], 2015)，於 2005 年後被廣泛應用到有機化學、物理化學、生物化學、生物力學以及資訊素養教育課程中 (Hein, 2012)。POGIL 的發展是基於社會建構學習理論，因此需要學生共同發展概念理解，是一種以學生為中心的主動學習和教學模型，它可以讓學生參與決定學習內容；而結構化的分組學習模式，增強了學生在社交互動中所必需的基本技能 (Minderhout & Loertscher, 2007)。POGIL 有兩個主要目的：提升學生對課程核心概念的理解；發展學習技能，包括訊息處理、口頭和書面溝通、批判思維、問題解決以及後設認知和評估等能力 (Moog & Spencer, 2008)，其教學強調三階段循環模式 (Rege et al., 2016; Trevathan et al., 2014)：

#### (一) 探索 (Exploration) 階段

尋求環境或數據 (由學生自行收集或教學者提供) 的規律性模式。學生提出假設並對其進行驗證，以試圖解釋或理解此訊息。

#### (二) 概念發現 (Concept invention) 或專有名詞介紹 (Term introduction) 階段

根據數據中的模式開發概念，並引入新的專有名詞來指稱這些新識別的趨勢或模式。亦即先建立概念理解後再引入專有名詞，此與傳統的教科書教學 (先給出專有名詞，再進行介紹或定義) 相反。

#### (三) 應用 (Application) 階段

將新學會的概念應用到新的情境，通常需要演繹、推理技巧。

## 二、POGIL 學習成效相關研究發現

眾多的相關研究已證實 POGIL 可以有效提升學生的學科成績，鼓勵在上課期間積極參與學習，為教師提供有關學生知識不足的即時反饋。例如王進等人（2019）以實驗設計法探討生物醫學工程系學生在有機化學課程中的學習成效，此研究發現接受 POGIL 教學的學生的理論知識和學習興趣皆優於接受傳統教學的學生。Brown（2010）將 POGIL 整合到醫藥化學課程中，發現學生成績有明顯地改善，且在課程中學生積極參與，創造了高度融入的課堂學習環境。Şen、Yılmaz 和 Geban（2015）針對土耳其 115 位 11 年級學生的電化學課程研究，其發現與傳統的教學方法相比，POGIL 可以培養學生的科學概念，並且可以更好地改變錯誤理解。Walker 和 Warfa（2017）彙整了 21 個 POGIL 研究共計 7,876 個樣本，進行後設分析亦有相似的發現：儘管 POGIL 對學生的學術成果僅具有低效果量但達統計顯著性（effect size = 0.29），此外 POGIL 大大地提升了學生的課程通過率，其課程失敗的風險降低了 38%。

然而，亦有研究發現 POGIL 對學科成績的影響並非如支持者所言的如此成效斐然。Chase、Pakhira 和 Stains（2013）在普通化學和有機化學課中實施 POGIL，然而其發現與傳統教學法相比，接受 POGIL 的學生的化學成績、態度以及自我效能沒有特別的差異。相似地，Vanags、Pammer 和 Brinker（2013）設計了四種教學模式來比較 354 位大一心理學系學生在生理心理學課程中的學習狀況：傳統教學法、POGIL、移除報告的 POGIL（NRO）、由未經訓練的研究生帶領的 POGIL（NF）。此研究發現，在學科知識後測的表現上，傳統教學組與 POGIL 組學生沒有任何提升；但在兩周後的延宕測驗中，POGIL 組的學科知識表現相較於其他三組呈現最小幅度的下降；此外，POGIL 組在後測和延宕測驗中皆表現出最低的學科知識自信心。

不同於 POGIL 對學科成績影響的研究有分歧發現，POGIL 對學生能力與態度的影響則有一致性的結論，這些研究皆贊成 POGIL 在提升學生科學能力或者態度上皆有顯著的成效。Vincent-Ruz、Meyer、Roe 和 Schunn（2020）調查了 7 個班共 1,201 位修讀普通化學課程的學生，發現儘管接受 POGIL 教學的學生在化學沉迷的表現與傳統教學組沒有差異，但有略高的化學能力信念，且在化學認定（chemistry identity）與化學成績有非常顯著的傑出表現。Irwanto、Saputro、Rohaeti 和 Prodjosantoso（2018）的研究證實 POGIL 對小學職前教師的批判思考技能和問題解決技能有顯著且正向的影響。另一項針對 559 位大一化

學系新生的研究發現 POGIL 對學生的態度、自我效能以及體驗有顯著地影響（Vishnumolakala, Southam, Treagust, Mocerino, & Qureshi, 2017）。此外，亦有研究發現 POGIL 對大學生的高層次思考能力（Soltis, Verlinden, Kruger, Carroll, & Trumbo, 2015）與學科自信心（De Gale & Boisselle, 2015）有正向且顯著的影響。

柯志恩與黃一庭（2010）指出現代學生的學習原則因受數位科技影響甚廣，正好與傳統科學教育重視對概念理解在先、技能學習在後的教學順序相反，他們若對講義上的文字說明理解不足時，習慣直接動手做以試誤方式學習。從動手做的觀點而言，這種特性有益於學習問題解決能力，但對實際教學成效而言，卻往往事倍功半。因此黃明輝（2017）進行物理實驗教學時，強調先備知識的重要性，其先以傳統教導式教材進行概念理解教學，雖然這種教材會使學生知其然不知其所以然，缺乏探究發現問題及解決問題能力，卻是可以增進先備知識、減少錯誤嘗試浪費時間，因此做為前期教學之手段，而後期導以 POGIL 探究式實驗教學，發現此種教學模式可有效增進學生的科學技能、發現、分析及解決問題能力。由上述研究可知 POGIL 教學模式不僅強調科學探究，學生的先備知識亦佔有舉足輕重的角色。

### 三、先備知識與學習成效

學生的學習成效指的是學生從事特定的教與學經歷後所獲得的特定知識、技能或能力（Ewell, 2006），因此參加特定學習課程後對學生造成的任何後果都可以稱之為學習成效。除了學生的先天因素（例如：智力）外，學習時間（Ozden, 2008）、先備知識（Dochy et al., 1999）與參與度（Carini et al., 2006）等都可能是影響學習成效的重要因素。精熟學習即是強調提供足夠的學習時間給低成就學生以提升學習成效（Corebima, 2007），然而在常規教育制度下，每位學生的課堂所學時間均是一致的，因此從學生的其他面向（例如：先備知識、參與度）探討影響其學習成效的因素更具可行。

先備知識（prior knowledge）與學習成效之間的關係可藉由基模理論（Schema Theory）、自我解釋論（Self-explanatory Theory）以及意義學習論（Meaningful Learning Theory）來說明。基模理論認為學習是吸收新訊息並整合到已建立的知識中，先備知識愈結構化，獲得新知識就愈容易（Dochy, 1996）。在自我解釋理論中，先備知識在新知識的接受上扮演著非常重要的角色，因為若缺乏足夠的先備知識，學習者將無法構造出有意義的解釋，進而無

法有效地學習 (Richey & Nokes-Malach, 2013)。而意義學習理論亦是強調為了進行有意義的學習，必須將新概念或新訊息與學習者的先備知識聯繫起來 (Prasetya, Daryono, & Murtedjo, 2018)。由此可知，學生的先備知識是影響他們學習的關鍵因素，對科學學習相關研究而言，亦是測量個體差異最重要的衡量指標之一 (Mayer, 2008)。

先備知識與學習成效之間的相關研究至今未有一致性的發現。Dochy 等人 (1999) 從 183 件發表的研究論文中進行後設分析，進而提出先備知識與學習成效具有密切相關的結論。多數的實徵研究亦持有此論點，研究者發現足夠的先備知識可以減輕學生的認知負荷、運用更高層次的處理策略、需要較少的教學支持，並在使用超媒體學習時獲得更好的學習效果 (如 Chen, Fan, & Macredie, 2006; Prasetya et al., 2018; Scheiter, Gerjets, Vollmann, & Catrambone, 2009; Yeh, Tseng, Cho, Barufaldi, Lin, & Chang, 2012)。上述研究皆認為先備知識是學習新材料的資本，如果擁有足夠的先備知識，學習者將較容易學習新材料，並且不會遇到重大的學習困難，因此學習將得到更大的成效。然而 Hoz、Bowman 和 Kozminsky (2001) 的研究持相反意見，其發現 13 位巴勒斯坦修習地質學課程的大一學生們的地質地貌先備知識並未影響其新地貌內容的學習，甚至具有一定的阻礙。Hoz 等人 (2001) 因而提出先備知識對學習成效的影響是具有領域特定性的特質。

#### 四、參與度與學習成效

參與度此一概念最早緣起於 Astin (1999) 的投入理論和 Pace (1980) 與 Pascarella (1985) 的努力程度概念。McCormick、Kinzie 和 Gonyea (2013) 認為參與度並非單一結構，其包含了任務執行時間、努力程度、投入程度等，是學術性與社會性的融合。Chickering 和 Gamson (1987) 則是明確地指出參與度與以下七個原則息息相關：師生聯繫、學生間合作、積極學習、及時反饋、任務時間、高度期望、尊重各種才能與學習方式。Fredricks、Blumenfeld 和 Paris (2004) 建議可將學生參與度分為行為、認知和情感三個向度。「行為參與」是指積極的行為，參與學習與參與課外活動，例如上課、遵循教室規則、提出問題、專心並參與學生組織。「認知參與」指學生對深度學習的策略、動機和期望的使用。「情感參與」則是關於樂趣，對學習任務的興趣，對教師、同學和行政管理者的反應以及與之的關係。

儘管參與度是一個多面向的概念，其確切的性質尚有爭議，但不少研究已探討其在高等教育中扮演的角色，並被廣泛地認為是增加學習動機和提升學習成就的方法之一。眾多研究已證實高參與度可提升學生各種學習成效，包括：學業成績（Braxton, Milem, & Sullivan, 2000; Carini et al., 2006）、一般能力與批判思考能力（Loes, Pascarella, & Umbach, 2012; Pike & Killian, 2001; Pike, Kuh, & Gonyea, 2003）、認知發展（Pascarella & Terenzini, 2005）等。例如 Ko、Park、Yu、Kim 和 Kim（2016）調查了南韓 32 所大學共 18,551 位學生後發現課堂參與對學業成績有直接且顯著的影響，參與度同時也藉由師生互動和學生體驗而對學業成績產生間接影響。另一項在中國針對 2,616 位大四學生所做的研究亦有相似的發現，此研究認為學習環境和對先備知識的看法直接影響了其學習成效，而學習參與度則具有間接影響的功效（Guo, 2018）。

然而一項在臺灣進行的研究卻發現若將學生背景與學習動機列入考量後，參與度即無法顯著預測學生的學習成效（Hsieh, 2014），因此 Hsieh 建議需要進一步區分不同的參與類型對學習成效的影響。Choi 與 Rhee（2014）利用南韓全國抽樣調查的數據，分析了 60 所大學共計 5,445 位學生樣本，其亦強調並非每種參與類型都會產生同等的影響，僅有「主動積極學習」此一參與類型會對分析思維能力、解決問題的能力、溝通能力和協同工作能力等學習成效產生正向的影響。有鑑於此，本研究所指的參與度即是學生自評「積極參與」的程度。綜上所述，本研究除了探討 POGIL 教學模式是否能有效消弭不同程度先備知識大學生的化學實驗課成績落差外，還將探討在 POGIL 教學模式下，學生的先備知識與參與度對化學學習成效的影響分別為何。

## 參、研究方法

### 一、研究對象

本研究選取臺灣南部某科技大學農園系一年級修讀「普通化學實驗課程」之學生 56 位為實驗組，接受一學期之 POGIL 教學介入。所有研究對象均同時修讀「普通化學」。其中男性 37 位（66.1%），女性 19 位（33.9%）；就學前有相似的學歷背景，多數來自高等職業學校，例如：園藝科 21 人（37.5%）、農場經營科 16 人（28.6%）、普通科 6 人（10.7%）、畜產保健科 3 人

(5.4%)、其他科系 10 人 (17.8%)。由授課教師依照化學認知測驗前測 (詳細說明呈現在第 9 頁) 分數予以 S 型異質性分組 (每小組均有前測成績高、中、低之學生)，每 3 人一組共分成 19 小組進行 POGIL 教學。此外，選取前一學年農園系一年級修讀同一教師授課之「普通化學實驗課程」學生 50 位為對照組，對照組學生未接受 POGIL 教學，採用的是一般的實驗教學模式，即是在課堂上進行課程主題講解、實驗說明、進行實驗操作、紀錄及討論等。實驗組和對照組的課程主題、實驗預結報以及期末考試皆相同。

## 二、實施流程與活動設計

為突破傳統教學課堂上經常無法進行詳細討論的困境，本研究首先提出完整教學目標，依此目標做逆向課程設計，以 POGIL 為教學模式，提供全校化學教師合編之化學實驗講義和教學者自編教學影片作為課前預習之教材，接著依據教學目標制定課堂進程序、各項活動及作業，最後建立評量方式和評分尺規 (詳如圖一所示)。

研究執行時程包含教師準備週 1 週、POGIL 實驗操作 13 週、期末反思簡報 1 週及期末操作筆試 1 週，共計 16 週。POGIL 實驗操作教學流程時間軸可區分成課前、課中及課後 3 階段：

### (一) 課前預習

學生課前依據全校化學教師合編之實驗講義或者是教師自製實驗影片做為當週實驗主題的預習。學生須提出預習報告，內容包括實驗目的、原理條列、實驗步驟簡易流程圖等。預習報告的目的在養成學生閱讀及資訊統整能力。實驗主題的挑選則是配合學生修讀之「普通化學」教學主軸議題，包括混合物分離、波以耳定律、氧化還原反應等。讓學生更容易與理論概念作連結，也可熟悉實驗操作技能及器材設備等。

### (二) 課中個人及團體學習

本研究在課堂上採用線上即時回饋系統—Zuvio 平台作為學生討論、回答問題、進行測驗的工具，教師可同時對多位學生進行提問，有效減少不必要的時間浪費。此外，學生可馬上獲知自己的分數。教師亦可透過 Zuvio 平台即時掌握學生學習狀況，知道學生的錯誤觀念或盲點何在，隨時作教學調整。每次上課一開始先透過 Zuvio 平台進行個人準備度確信測驗 (IRAT)，IRAT 的內容主要是實驗原理和實驗內容，以選擇題為主。測驗時間 8 至 10 分鐘，驗收課前預習成果，學生可以馬上獲得自己的成績並了解錯誤所在，在後續的課堂活動

中可以特別關注自己的未釐清概念。接下來學生以小組方式進行實驗並記錄發現及結果，時間約 70 分鐘。過程中授課教師透過 Zuvio 平台提出團體準備度確信測驗（GRAT），GRAT 是教師提出與實驗有關之預設關卡問題，學生依此進行實驗觀察、探究及討論，每組須將答案呈現在黑板，希望藉此達到同儕互評觀摩的目的。除了預設的問題外，教師會依據現場觀察到的學生疑惑、錯誤或者需要延伸討論的問題提出，供大家在 Zuvio 平台公開討論。與傳統實驗教學最大不同之處在於透過每個節點提出問題刺激學生動腦，不再只是單純做實驗，而是隨時反思、批判、分析與綜合，培養解決問題及探究的能力。實驗結束後學生繳交小組整理的實驗數據及報告，並接受教師口頭提問，以驗收學習成效。

### （三）課後成果展現

課後成果展現包括每週實驗結報、我怎麼想活動以及期末考試。

#### 1. 實驗結報

每週課後小組成員輪流根據實驗結果數據整理做分析討論後，撰寫結果報告。評分者為授課教師與助教，兩人評分前先依教師設計之結報評量尺規予以討論，尋求評分標準共識後再分別予以分數評定，若遇到評分不一致之情形，則重新討論至達到共識為止。

#### 2. 我怎麼想活動

經過數週實驗培訓學生已具備基礎能力之後，在期末舉辦 3 分鐘我怎麼想活動，以小組為單位由學生提出問題並自行提供解答，做成簡報上台發表。提出的問題乃根據某次實驗數據的分析、推論過程而來，特別著重組員一開始的錯誤想法，以及由錯誤轉成正確的思考路徑剖析。目的是讓學生產出提問經歷、解決問題過程，收集數據整理討論的過程中可能出現的問題。簡報檔及上台報告除了教師評分外，其餘小組於 Zuvio 平台上進行同儕互評，評分項目包括學術面向（專業用詞、分析解釋數據資料、提問假設、問題解決、檢討）、表達面向（解說能力）、態度面向（演講態度、台風）。

#### 3. 期末考試

於所有實驗課程結束的學期最後一週進行期末考試，包含個人紙筆測驗和個人操作考。

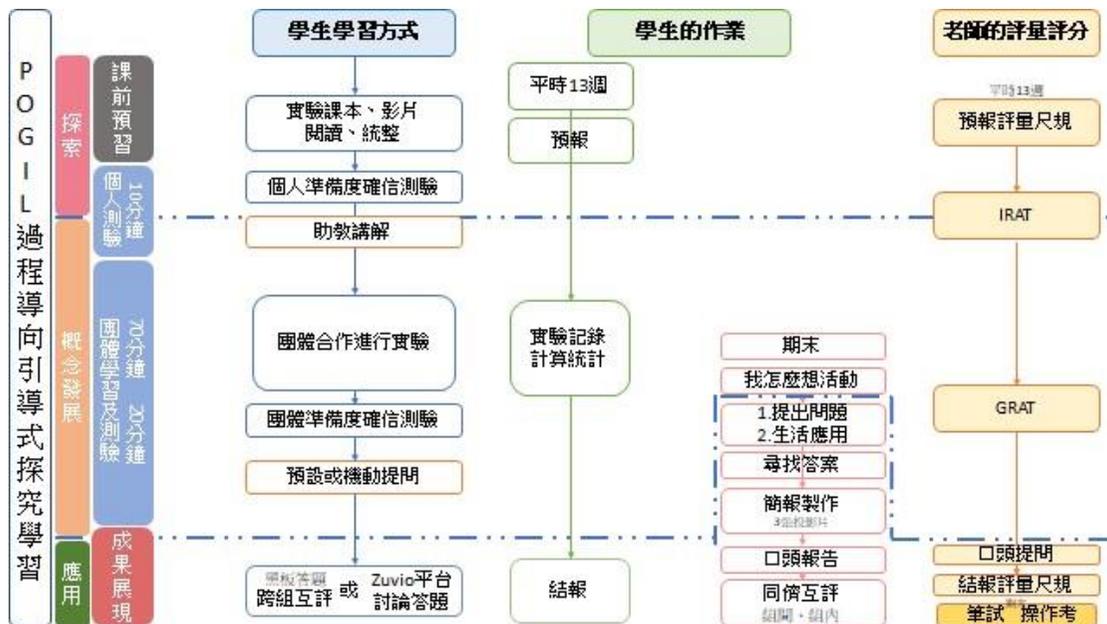


圖 1 本研究 POGIL 教學實施流程圖

### 三、研究工具的發展與效化

本研究主要目的在探討先備知識及參與度對學生化學學習成效之影響，學習成效包含學科知識、課程自我效能以及團隊合作信念。計有二個自變項：先備知識、參與度，與三個依變項：學科知識、課程自我效能以及團隊合作信念。

#### (一) 先備知識

以認知測驗的方式取得，於大一新生準備週進行，內容包括化學相關理論知識、基本實驗技能、實驗器材辨識等。化學相關理論知識的部分是全校化學教師共同命題，試題範圍為學生於高中（職）階段即應習得之化學科知識；而實驗技能與實驗器材辨識的試題則是授課教師自行編制。題型有選擇題、是非題、填空題以及計算題，亦是本研究之「前測」。

#### (二) 參與度

乃於教學結束後請學生依自己的學習實際狀況予以 1 至 5 分的評分，題目為：在本課程中我積極參與並認真學習，1 分表示非常不同意，5 分表示非常同意。為確認學生的自評參與度之效標關聯效度，以教學結束後由小組其他成員依據組員的貢獻度及參與度予以評分的「他評參與度」與整個學期的「課堂出

席率」進行效標關聯效度的相關分析。結果發現參與度與「他評參與度」的皮爾森績差相關為 .442 ( $p < .001$ )；參與度與「課堂出席率」的皮爾森績差相關為 .830 ( $p < .001$ )，顯示本研究採用的參與度工具具有良好的效標關聯效度。

### (三) 學科知識

本研究採多元評量方式來蒐集學生的學科知識：包括每週個人準備度確信測驗 (IRAT)、團體準備度確信測驗 (GRAT)、實驗預結報、三分鐘我怎麼想活動簡報和口頭報告以及期末考。IRAT、實驗預結報與期末考是個人分數，而 GRAT、三分鐘我怎麼想活動簡報和口頭報告則是採團體分數。每位學生有多次 IRAT 和實驗預結報分數，本研究取其平均分數作為代表，期末考分數則是包含紙筆測驗 (試題內容與課程相關) 和實驗操作。

### (四) 課程自我效能與團隊合作信念

本研究採用的 Likert 五點量表為學校統一編制，已施測多年，編制初期即進行效化分析，具有優良之信效度。研究者依據 POGIL 教學之特色挑選部分試題組成「學習成效量表」，並請另一位他校科學教育研究員擔任專家，進行專家效度評估。接著，本研究再次以實驗組 56 位學生為樣本，以主軸因素法 (Principal Axis Factoring) 進行探索性因素分析，將因素負荷量和整體解釋力不佳的題目刪除後，保留 15 題作為問卷內容。本量表共萃取出二個因素，並由研究者依據各向度題組之特性分別給予「課程自我效能」與「團隊合作信念」之命名。向度一「課程自我效能」，是指對自己能否成功的執行某項行為的能力之預估，例題為「本課程能增進我批判思考的能力」，解釋變異量為 52.24%，內部一致性信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 .988；向度二「團隊合作信念」，是指團隊合作正向觀點的提升，例題為「透過本課程我能瞭解團隊合作對組織能力的訓練與發揮是相當重要的」，解釋變異量為 31.20%，Cronbach's  $\alpha$  值為 .876。整份量表共計解釋變異量為 83.44%，Cronbach's  $\alpha$  值為 .982。詳細之因素分析結果如表 1 所示。

表 1  
學習成效量表因素分析摘要表

題目	向度	課程自我效能	團隊合作信念
1. 本課程的教學方式能增進我了解教學內容及獲得該主題領域的知識		<b>.88</b>	.37
2. 本課程的教學方式能幫助我將該主題領域的知識與以前所學習的知識鏈接		<b>.84</b>	.41
3. 本課程能增進我批判思考的能力		<b>.83</b>	.41
4. 在探討課程主題的過程當中，老師能從中引導學生思考解決問題的方法		<b>.82</b>	.44
5. 本課程能提升我課程自我學習上的技巧		<b>.82</b>	.45
6. 本課程能提升我統整理論及實務的能力		<b>.80</b>	.53
7. 在探討課程主題的過程當中，能提升我檢視問題技巧的能力		<b>.80</b>	.52
8. 透過本課程教學，在解決問題的過程中，能促使我主動學習增加學習動機		<b>.79</b>	.44
9. 本課程能幫助我有效運用多元資訊來解決問題		<b>.77</b>	.52
10. 整體而言，本課程對於我的實務學習有正面的幫助		<b>.76</b>	.55
11. 本課程能培養我獨立思考的能力		<b>.71</b>	.60
12. 本課程的教學方式能提升我解決問題的能力		<b>.68</b>	.41
13. 本課程教學方式能提升我與他人團隊合作與溝通的能力		.46	<b>.85</b>
14. 透過本課程我能瞭解團隊合作對組織能力的訓練與發揮是相當重要的		.29	<b>.72</b>
15. 在探討課程主題的過程中，組員們能在討論中發揮不同的意見，讓我學習到不同的表達技巧		.52	<b>.66</b>

#### 四、分析方法

本研究先以統計軟體 SPSS 25 進行學習成效量表的探索性因素分析。以描述性統計、單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 回答第一個研究問題：POGIL 是否能有效消弭大學生化學實驗成績差距？此外，為了瞭解先備知識與參與度對學習成效之影響，本研究以皮爾森積差相關和使用統計軟體 SmartPLS 進行建構預測性模型的偏最小平方法 (Partial Least Squares, PLS) 進行分析。本研究之樣本和測量工具特性符合 PLS 對小樣本研究具有高統計考驗力且同時適用由單一題目或多個題目組成之構念 (湯家偉譯, 2016)，因此運用 PLS 結構模式產生的路徑係數值 ( $\beta$  值) 以瞭解構念間之預測力。

## 肆、結果與討論

## 一、POGIL 可有效消弭化學實驗成績差距

為了釐清 POGIL 教學是否能降低學生的化學實驗成績差距，本研究依據實驗組與對照組學生在前測的得分以極端群組法將其分為高分組、中分組、低分組，再以單因子變異數分析比較三組學生的學期總成績是否有顯著性差異。分析結果如表二所示，對照組班級接受的是一般的實驗課程教學，所有活動都在課堂上完成，結果發現前測被歸類為高分組的學生的學期總成績分數最高，中分組次之，低分組最低，且三組學生的成績達統計上的顯著性差異（ $F = 47.0$ ,  $p < .001$ ）。而實驗組學生在接受 POGIL 教學後，儘管仍是高分組學生的成績比其他兩組高，低分組的學生成績最低，但成績差距減小且未達統計上的顯著性差異（ $F = 2.96$ ,  $p = .061$ ），此結果顯示 POGIL 教學可以有效地消弭學生的化學實驗成績差距。

表 2  
實驗組與對照組學生學期成績單因子變異數分析結果

組別	前測分組	人數	平均數 / 標準差	F 值	顯著性	Bonferroni 事後比較
實驗組	低分組	18	69.6 / 5.8	2.96	.061	
	中分組	21	71.0 / 4.4			
	高分組	17	73.8 / 4.7			
對照組	低分組	14	63.2 / 5.8	47.0***	< .001	高分組>中分組>低分組
	中分組	20	69.5 / 6.8			
	高分組	16	83.4 / 4.8			

註：\*\*\* $p < .001$

先前眾多實徵研究已證實 POGIL 可以有效提升學生的學科知識（如王進等人，2019；Brown, 2010; Şen et al., 2015），而本研究則是著重探討 POGIL 是否可有效地消弭不同程度先備知識學生的科學實驗成績落差。學生在科學相關課程的學習成效差距一直是教育上頗受重視的議題，從長遠的角度來看，學科成就差距愈大將愈容易導致工作場所多樣性的降低，影響國家發展。影響學習成效差距的因素包括學生本身的智力和學術能力外，學習時間亦是一個重要角色

(Ozden, 2008)，如果提供足夠的學習時間給每一位學生，他們就可以根據自己的需要和能力進行學習，高低成就學生之間的學術成績差距就可縮小 (Corebima, 2007)。然而在教室裡所有學生皆給予相同的學習時間，因此教師應從教學模式的改變來解決此一問題。

經本研究單因子變異數分析後發現，不同程度先備知識的實驗組學生在經過 POGIL 教學後，化學實驗課的學期成績差距相較於先前班級（對照組）已大幅降低，且未達顯著性差異，顯示 POGIL 有效消弭了三組學生的學習成效落差。推論其可能因素，POGIL 教學模式中強調「探究導向多元化教學策略」與「合作學習」是主要原因。

探究導向教學對科學知識與科學技能的學習有相當顯著的成效。探究式學習容易激發學生的「情境興趣」，進而使其更願意融入課堂學習、提升學習成就 (Hidi & Renninger, 2006; Shen, Chen, & Guan, 2007; Stohr-Hunt, 1996)。鄭瑞洲、洪振方及黃台珠 (2013) 的研究證實以動手做實驗為基礎的探究式多元教學策略可有效提升學生的情境興趣，特別是對教學介入前被歸類為低科學興趣組的學生成效更為顯著。本研究提供學生多元的課堂活動，包括課前預習、探究式動手做實驗、個人準備度測驗、黑板答題、Zuvio 平台討論、簡報製作、上台報告……等，學生可透過不同的學習途徑來進行學習，同時兼顧到個別學生不同的興趣程度或個人特質。此與 Stockmayer、Rennie 與 Gilbert (2010) 的研究發現一致，強調藉由從不同的課堂活動中獲取學科專業知識與技能，可有效減低不同先備知識學生的學習成效落差。

合作學習亦是本研究消弭學習成效落差的原因之一。合作學習是 POGIL 教學模式重要的一環，透過異質性分組，高成就學生在組內擔任支持者的角色，提供低成就學生學習協助與互動等社會支持，能激發低成就學生的認知發展，比傳統課堂上的單獨學習達到更佳的學習成效。傳統講述教學中學生是獨立的學習個體，彼此具有競爭性，因而會有高成就者刻意掩飾學習過程之情形；而合作學習強調目標相互依賴、行動相互依賴以及團體運作 (Johnson, D. W. & Johnson, R. T., 1998)，此種學習環境對低成就學生而言是更加友善的。高成就學生為低成就學生建立了「鷹架作用」，而低成就學生在課堂活動中觀察、模仿高成就學生的表現，進而產生學習 (Johnson, D. W. & Johnson, R. T., 1998)，同時亦減少了高低成就學生的學習差距。

## 二、先備知識與參與度對不同種類的學習成效有不同的預測力

在進行預測力分析前，首先利用皮爾森積差相關檢驗實驗組學生先備知識、課程自我效能與團隊合作信念三種學習成效的相關性，研究結果顯示先備知識僅與學習成效中的學科知識有顯著正相關（ $r = .318, p = .019$ ），而參與度則是與學習成效中的課程自我效能（ $r = .876, p < .001$ ）和團隊合作信念（ $r = .815, p < .001$ ）有顯著正相關。

表 3  
大學生先備知識、參與度與三種學習成效之皮爾森積差相關係數表

	先備知識	參與度	學科知識	課程自我效能	團隊合作信念
先備知識	1				
參與度	-.10	1			
學科知識	.32*	-.08	1		
課程自我效能	-.09	.88***	-.11	1	
團隊合作信念	-.19	.82***	-.07	.83***	1

註：\* $p < .05$ , \*\*\* $p < .001$

為了更進一步瞭解大學生的先備知識與參與度如何預測其學習成效，本研究將先備知識與參與度同時納入驗證模型中並採用 PLS 來進行分析。此模式之標準化均方根殘差（SRMR）為 0.063，複合信度（composite reliability）介於 0.778 至 1，平均變異數萃取量（AVE）介於 0.638 至 1，依據湯家偉（2016），Sarstedt、Christian 和 Joseph（2017）和 Williams、Vandenberg 和 Edwards（2009）建立的標準，顯示本研究採用的模式具有良好的適配度、信度以及輻合效度。檢定結果如圖 3 所示，學生的先備知識正向且顯著地預測其學科知識（ $\beta = 0.374, p = .004$ ），而對課程自我效能、團隊合作信念沒有顯著預測力；而參與度則是正向且顯著地預測課程自我效能（ $\beta = 0.901, p < .001$ ）與團隊合作信念（ $\beta = 0.906, p < .001$ ），無法顯著預測其學科知識。此外，學科知識、課程自我效能以及團隊合作信念的  $R^2$  值分別為 0.157、0.811 以及 0.831，代表先備知識與參與度對課程自我效能與團隊合作信念的解釋力較強，依據湯家偉（2016）的標準，屬高度解釋力。

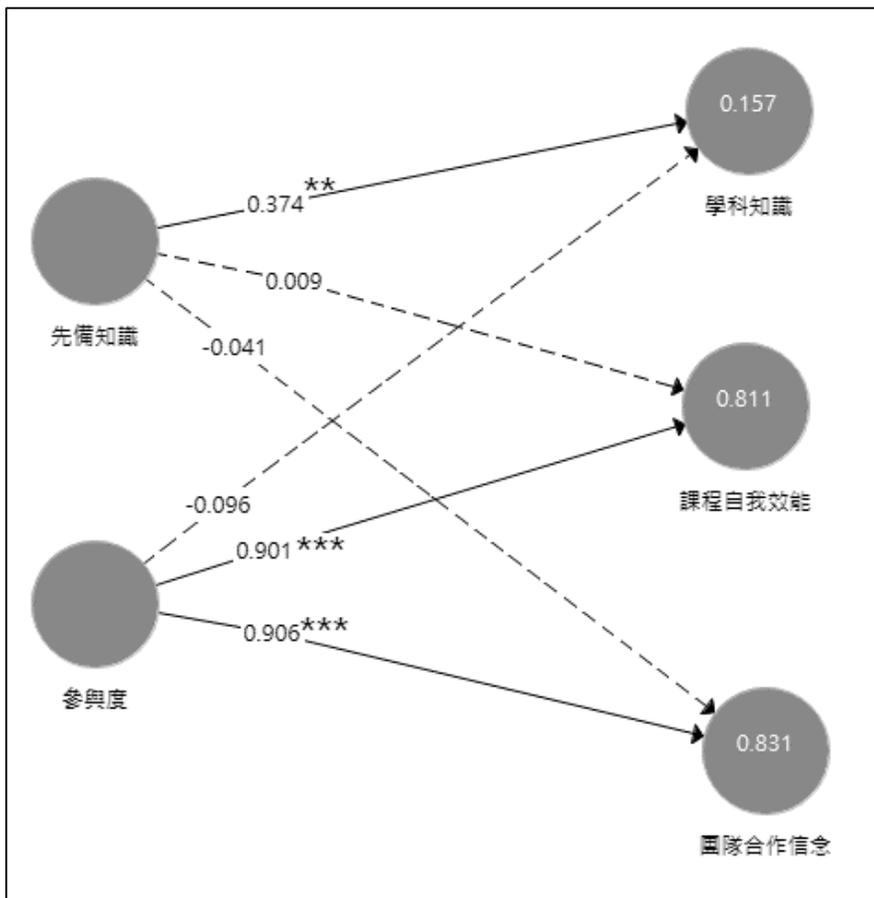


圖 2 大學生先備知識與參與度對其學習成效之偏最小平方法結果

註：\*\*\* $p < .001$ ；虛線表示路徑未達顯著水準

學生的先備知識或者參與度可有效提升科學學習成效，在先前的許多研究中已被證實（如 Dochy et al., 1999; Ko et al., 2016; Prasetya et al., 2018），而本研究進一步將先備知識與參與度同時納入結構模型中，並將學習成效區分為學科知識、課程自我效能以及團隊合作信念三種，探討在 POGIL 教學模式下，學生的科學先備知識與課堂參與度對此三種學習成效的預測力為何。透過 PLS 分析發現參與度可以正向且顯著地預測課程自我效能與團隊合作信念，無法預測學科知識，而先備知識則是可以正向且顯著地預測學科知識，無法顯著地預測課程自我效能與團隊合作信念。

根據 Bandura (1997) 的自我效能理論，四種主要提升個體自我效能的來源有「精熟經驗 (mastery experience)」、「替代經驗 (vicarious

experience)」、「語言(社會)說服(social persuasion)」以及「生理與情緒狀況(physiological and affective states)」，其中最有影響力的來源是精熟經驗，也就是過去的成功(獲得好成績)導致未來的成功。而本研究發現先備知識高的學生，在經過一個學期的 POGIL 教學介入後確實可有效提升其學科知識，然而卻無法提升其課程自我效能。相反地，參與度愈高的學生有愈高的課程自我效能。本研究的課程自我效能主要是指「與科學課程有關的學習技能」和「高層次思考能力(例如：批判思考能力)」兩大類。學生的學科成績好固然重要，但在數位媒體發達的現代，透過網路搜尋資訊已是常態，教育不再如過去強調記憶背誦，更加著重的是提升學生的自我效能，這是其未來持續學習的重要因素。因此，這樣的結果對 POGIL 教學模式提供一個較為積極樂觀的看法：在 POGIL 教學模式下，學生的課程自我效能受先備知識的侷限較小，更重要的是參與度。儘管學生的先備知識不足，但若提高其課堂參與度，亦能有效提升學生的課堂自我效能。

## 伍、結論與建議

### 一、教學者回饋

導入 POGIL 教學模式對教學者而言是更辛苦的，因為需要提前準備的教學相關工作相當多，例如：學生課前預習的教材、依據實驗主題設計 IRAT、事先設想學生進行實驗時會遇到的問題而設計 GRAT 作為實驗引導……等，但教學當下的主觀感受、研究數據的客觀分析結果以及學生的回饋皆是促使自己相信 POGIL 教學的正確性，更是支持自己持續進行教學研究的動力。

教學者提供學生課前預習，上課即進行 IRAT，配合互動式教學軟體 Zuvio 的使用，建立實驗報告評量尺規，鼓勵學生在實驗進行中以照片記錄並提出問題，進行小組討論，分享小組解答以供他組觀摩，期末三分鐘思考路徑口頭報告等教學活動的實施，教學者深刻地覺察到學生學習興趣的提升，亦看到學生養成主動學習的習慣。不少學生表示 POGIL 教學模式以及 IRAT 的實施讓他們養成預習的習慣、上課不遲到更加專心，跟以前實驗課總是鬧哄哄的情形很不一樣。教師以問題導引的方式讓學生自行探究、尋找答案，更容易引發他們的探索興趣，而且擁有學習成就感，對實驗的瞭解亦更精準。而團隊合作的學習

模式彌補了個人的不足，讓學習環境更友善。例如學生在學期末的教學意見調查回饋如下：每個人擅長的領域不同，分工合作使團隊有效運行；組員能夠協助程度較差的同學，有注意到實驗前的測驗可能是為了分組才進行的而不是隨便分組。因此在課程中我能得到組員的協助，讓我更快速解決實驗中遇到的問題。

## 二、研究限制與未來建議

本研究發現 POGIL 教學模式值得於大專院校化學實驗課程中推廣，透過合作學習、探究導向的多元化教學活動設計，對大學生的自我效能及學習技能的提升可帶來正面的影響。然而在研究對象、工具編制以及資料蒐集三方面有下列限制，供未來有興趣的教學或研究者參考：

（一）本研究的對象均為農園系學生，背景一致性高，無法將研究發現應用至所有學科專業之大學生，建議未來研究可進一步探討不同學科主修大學生於 POGIL 教學模式下的學習成效差異。

（二）本研究發現在 POGIL 教學介入下，學生的先備知識對其學科知識的提升有顯著的預測力。然而知識認知包含了記憶、理解、應用、分析、評鑑和創造（Bloom, 1980）等不同層次的認知架構。先前有關大學生的實驗教學研究發現低層次的記憶、理解面向較容易提升，而屬於較高層次的分析、評鑑和創造則不容易提升（邱瑞宇，2020）。因此建議未來研究可進一步將學科知識依據 Bloom 的認知架構細分，以了解在 POGIL 教學模式下，先備知識與參與度對不同認知架構的預測差異為何。

（三）本研究僅根據課堂觀察、量表施測以及學生報告／測驗分析來得知在 POGIL 教學模式下，先備知識與參與度如何對學生的學習成效產生不同的作用。建議未來研究可輔以結構式訪談，透過與學生的對話，更能獲得具體的佐證資料。

## 參考文獻

- 王進、曾偉、趙元聰、冷永祥、邱慧（2019）。以過程為導向的探究性學習模式在有機化學教學中的實踐應用。《中國教育技術裝備》，10。取自 <https://m.fx361.com/news/2019/1122/6041190.html>
- 邱瑞宇（2020）。社會科學議題導入教學對大學生學習成效之影響。《人文社會科學研究：教育類》，14（3），59-83。
- 柯志恩、黃一庭（2010）。圖像優於文字？N 世代學生認知發展之研究。《教育研究月刊》，193，15-24。
- 湯家偉（譯）（2016）。J. F. Hair、G. T. M. Hult、C. M. Ringle & M. Sarstedt 著。《結構方程模式：偏最小平方法 PLS-SEM（A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling【PLS-SEM】）》。臺北市：高等教育文化。
- 黃明輝（2017）。漸進式探究實驗以提升問題解決能力。《大學教學實務與研究學刊》，1（2），69-93。doi: 10.3966/251964992017120102003
- 劉湘瑤（2016）。科學探究的教學與評量。《科學研習》，55（2），5-11。
- 鄭瑞洲、洪振方、黃台珠（2013）。採用多元教學策略的非制式奈米課程對國中生情境興趣之促進。《教育實踐與研究》，26（2），1-28。
- Astin, A. W. (1999). Student involvement: A developmental theory for higher education. *Journal of College Student Development*, 40, 518-529.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, NY: W. H. Freeman.
- Bloom, B. S. (1980). *All our children learning*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Braxton, J., Milem, J., & Sullivan, A. (2000). The influence of active learning on the college student departure process: Toward a revision of Tinto's theory. *Journal of Higher Education*, 71(5), 569-590.
- Brown, S. (2010). A process-oriented guided inquiry approach to teaching medicinal chemistry. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 74(7), 1-6. doi:10.5688/aj7407121
- Carini, R. M., Kuh, G. D., & Klein, S. P. (2006). Student engagement and student learning: Testing the linkages. *Research in Higher Education*, 47(1), 1-32.

- Chase, A., Pakhira, D., & Stains, M. (2013). Implementing process-oriented, guided-inquiry learning for the first time: Adaptations and short-term impacts on students' attitude and performance. *Journal of Chemical Education*, 90(4), 409-416. doi: 10.1021/ed300181t
- Chen, S. Y., Fan, J. P., & Macredie, R. D. (2006). Navigation in hypermedia learning systems: Experts vs. novices. *Computers in Human Behavior*, 22(2), 251-266.
- Chickering, A. W., & Gamson, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *AAHE Bulletin*, 39(7), 3-7.
- Choi, B. K. & Rhee, B. S. (2014). The influences of student engagement, institutional mission, and cooperative learning climate on the generic competency development of Korean undergraduate students. *High Education*, 67, 1-18. doi:10.1007/s10734-013-9637-5
- Corebima, A. D. (2007, May) Learning strategies having bigger potency to empower thinking skill and concept gaining of lower academic students. *Proceedings of the Redesigning Pedagogy: Culture, Knowledge and Understanding Conference* (pp. 35-43). Singapore.
- De Gale, S., & Boisselle, L. N. (2015). The effect of POGIL on academic performance and academic confidence. *Science Education International*, 26(1), 56-61.
- Dochy, F. J. R. C. (1996). Assessment of domain-specific and domain-transcending prior knowledge: Entry assessment and the use of profile analysis. In M. Birenbaum & F. J. R. C. Dochy (Eds.), *Alternatives in assessment of achievements, learning processes and prior knowledge* (pp. 227-264). Evaluation in Education and Human Services, vol 42. Springer, Dordrecht.
- Dochy, F., Segers, M., & Buehl, M. M. (1999). The relation between assessment practices and outcomes of studies: The case of research on prior knowledge. *Review of Educational Research*, 69, 145-186.
- Ewell, P. (2006). Applying student learning outcomes concepts and approaches at Hong Kong higher education institutions: Current status and future directions. *National Center for Higher Education Management*, 54(2), 1-21. Retrieved from [http://www.ied.edu.hk/obl/files/OBA\\_2nd\\_report.pdf](http://www.ied.edu.hk/obl/files/OBA_2nd_report.pdf)  
[http://www.cetl.hku.hk/system/files/OBA\\_2nd\\_report.Pdf](http://www.cetl.hku.hk/system/files/OBA_2nd_report.Pdf)

- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74, 59-109.
- Guo, J. (2018). Building bridges to student learning: Perceptions of the learning environment, engagement, and learning outcomes among Chinese undergraduates. *Studies in Educational Evaluation*, 59, 195-208.
- Hanson, D., & Wolfskill, T. (1998). Improving the teaching/learning process in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 75(2), 143-147. doi:10.1021/ed075p143
- Hein, S. M. (2012). Positive impacts using POGIL in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 860-864.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127. doi:10.1207/s15326985ep4102\_4.
- Hoz, R., Bowman, D., & Kozminsky, E. (2001). The differential effects of prior knowledge on learning: A study of two consecutive courses in earth sciences. *Instructional Science*, 29, 187-211.
- Hsieh, T. L. (2014). Motivation matters? The relationship among different types of learning motivation, engagement behaviors and learning outcomes of undergraduate students in Taiwan. *High Education*, 68, 417-433. doi:10.1007/s10734-014-9720-6
- Irwanto, I., Saputro, A., Rohaeti, E., & Prodjosantoso, A. (2018). Promoting critical thinking and problem solving skills of preservice elementary teachers through process oriented guided-inquiry learning (POGIL). *International Journal of Instruction*, 11(4), 777-794.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1998). *Learning together and alone: Cooperative, and individualistic learning* (5th ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Ko, J. W., Park, S., Yu, H. S., Kim, S. J., & Kim, D. M. (2016). The structural relationship between student engagement and learning outcomes in Korea. *Asia-Pacific Education Researcher*, 25(1), 147-157. doi:10.1007/s40299-015-0245-2
- Loes, C., Pascarella, E., & Umbach, P. (2012). Effects of diversity experiences on critical thinking skills: Who benefits? *Journal of Higher Education*, 83(1), 1-25.

- Mayer, R. E. (2008). Incorporating individual differences into the science of learning: Commentary on Sternberg et al. (2008). *Perspectives on Psychological Science*, 3(6), 507-508.
- McCormick, A., Kinzie, J., & Gonyea, R. M. (2013). Bridging research and practice to improve the quality of undergraduate education. *Higher Education: Handbook of Theory and Research*, 28, 47-92.
- Minderhout, V, Loertscher, J. (2007). Lecture-free biochemistry: A process oriented guided inquiry approach. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(3), 172-180.
- Moog, R. S. & Spencer, J. N. (2008). POGIL: An overview. In R. S. Moog & J. N. Spencer (Eds.), *Process oriented guided inquiry learning (POGIL)* (pp. 1-13). Franklin and Marshall College. doi:10.1021/bk-2008-0994.ch001
- Ozden, M. (2008). Improving science and technology education achievement using mastery learning model. *World Applied Sciences Journal*, 5(1), 62-67.
- Pace, C. R. (1980). Measuring the quality of student effort. *Current Issues in Higher Education*, 2, 10-16.
- Pascarella, E. T. (1985). College environmental influences on learning and cognitive development: A critical review and synthesis. In J. C. Smart (Ed.), *Higher education: Handbook of theory and research, Vol. I* (pp. 1-64). New York, NY: Agathon.
- Pascarella, E., & Terenzini, P. (2005). *How college affects students: A third decade of research*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Pike, G., & Killian, T. (2001). Reported gains in student learning: Do academic disciplines make a difference? *Research in Higher Education*, 42, 429-454.
- Pike, G., Kuh, G., & Gonyea, R. (2003). The relationship between institutional mission and students' involvement and educational outcomes. *Research in Higher Education*, 44(2), 241-261.
- Prasetya, S. P., Daryono, & Murtedjo (2018). The effect of teaching books and prior knowledge on learning outcome of geography. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 226, 440-445.
- Process Oriented Guided Inquiry Learning (2015). *What is POGIL?* Retrieved from <https://pogil.org/about>

- Rege, P., Havaldar, F., & Shaikh, G. (2016). An effective use of POGIL in improving academic performance of students and their approach in organic chemistry. *International Journal of Science and Research Methodology*, 4(1), 45-61.
- Richey, J. E. & Nokes-Malach, T. J. (2013). How much is too much? Learning and motivation effects of adding instructional explanations to worked examples. *Learning and Instruction*, 25,104-124. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.11.006
- Sarstedt, M., Christian M. R., and Joseph F. H. (2017). Partial least squares structural equation modeling. In C. Homburg, M. Klarmann, & A. Vomberg (Eds.), *Handbook of Market Research*. Heidelberg, Germany: Springer.
- Scheiter, K., Gerjets, P., Vollmann, B., & Catrambone, R. (2009). The impact of learner characteristics on information utilization strategies, cognitive load experienced, and performance in hypermedia learning. *Learning and Instruction*, 19(5), 387-401.
- Şen, Ş., Yılmaz, A., & Geban, Ö. (2015). The effects of process oriented guided inquiry learning environment on students' self-regulated learning skills. *Problem of Education in the 21st Century*, 66, 54-66.
- Shen, B., Chen, A., & Guan, J. (2007). Using achievement goals and interest to predict learning in physical education. *Journal of Experimental Education*, 75, 89-108.
- Soltis, R., Verlinden, N., Kruger, N., Carroll, A., & Trumbo, T. (2015). Processoriented guided inquiry learning strategy enhances students' higher level thinking skills in a pharmaceutical sciences course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 79(1), 1-8.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1- 44.
- Stohr-Hunt, P. M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 101-109.
- Trevathan, J., Myers, T., & Gray, H. (2014). Scaling-up process-oriented guided inquiry learning techniques for teaching large information systems courses. *Journal of Learning Design*, 7(3), 23-38.

- Vanags, T., Pammer, K., & Brinker, J. (2013). Process-oriented guided-inquiry learning improves long-term retention of information. *Advances in Physiology Education, 37*, 233-241. doi:10.1152/advan.00104.2012
- Vincent-Ruz, P., Meyer, T., Roe, D. G., & Schunn, C. D. (2020). Short-term and long term effects of POGIL in a large-enrollment general chemistry course. *Journal of Chemical Education*. doi:10.1021/acs.jchemed.9b01052
- Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Qureshi, S. (2017). Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified process-oriented guided inquiry learning undergraduate chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice, 18*, 340-352. doi:10.1039/c6rp00233a
- Walker, L. & Warfa, A-R. M. (2017). Process oriented guided inquiry learning (POGIL) marginally effects student achievement measures but substantially increases the odds of passing a course. *PLOS ONE, 12*(10): e0186203. doi:10.1371/journal.pone.0186203
- Williams, L. J., Vandenberg, R. J., & Edwards, J. R. (2009). Structural equation modeling in management research: A guide for improved analysis. *Academy of Management Annals, 3*, 543-604. doi: 10.5465/19416520903065683
- Yeh, T. K., Tseng, K. Y., Cho, C. W., Barufaldi, J. P., Lin, M. S., & Chang, C. Y. (2012). Exploring the impact of prior knowledge and appropriate feedback on students' perceived cognitive load and learning outcomes: Animation-based earthquakes instruction. *International Journal of Science Education, 34*(10), 1555-1570. doi:10.1080/09500693.2011.579640

# The Effect of POGIL Model on Eliminating the Gap in Undergraduates' Chemistry Learning Outcomes

Juei-Yu Chiu<sup>1</sup> Hsin-Hui Wang<sup>2</sup>

## Abstract

Chemistry experiment class is an important teaching field to develop students' scientific skills and competencies, however, teachers are often unable to conduct inquiry-based teaching and in-depth discussions in the classroom due to the pressure of teaching time. The first purpose of this research was to explore whether process-oriented guided-inquiry learning (POGIL) can eliminate the gap in the learning of chemical knowledge among undergraduate students with different levels of prior knowledge. The second purpose was to determine the effects of undergraduate students' prior knowledge and engagement on their three learning outcomes—subject knowledge, self-efficacy, and teamwork belief. Fifty-six students taking general chemistry experiment course participated in the 16-week POGIL teaching intervention. Another 50 peers were selected as the control group. Descriptive statistics, one-way analysis of variance, Pearson correlation, and partial least squares were used. This study found that the academic knowledge performance gap of the students with high, medium and low prior knowledge is significantly reduced after the intervention of POGIL teaching. In addition, students' prior knowledge can effectively predict their subject knowledge, and engagement can effectively predict their self-efficacy and teamwork belief. This research confirms that POGIL has a positive impact on the improvement of undergraduate students' learning outcomes, and it can be promoted in chemistry experiment class.

**Keywords: Prior knowledge, Engagement, Process-Oriented Guided-Inquiry Learning, Learning Outcomes**

---

<sup>1</sup> Associate Professor, Department of Environmental Science and Engineering, National PingTung University of Science & Technology

<sup>2</sup> Postdoctoral Research Fellow, Center for General Education, Si Wan College, National Sun Yat-sen University

Corresponding Author: Hsin-Hui Wang, E-mail: hsinhui5885@gmail.com

Received: 2021/11/05; Accepted: 2022/01/05

