

PSOE 模式：預測、模擬、觀察、 解釋的科學探究活動設計

張立杰

中央大學學習與教學研究所
Email: bchang.tw@gmail.com

黃若瑜

摘要

科學學習過程，如何培養學生具有探究的能力，是一個很重要的議題。電腦科技，特別是模擬科技，在這樣探究學習過程中，可以提供很好的協助。然而，電腦終究只是探究活動的協助者；只有電腦，無法有效達成學生探究的學習。學生需要一個學習指引，指引學生依據方向、步驟進行學習。據此，本研究，基於探究式學習的預測 (Prediction)、觀察 (Observation)、解釋 (Explanation) 等基礎，結合電腦模擬技術，開發一套預測 (Prediction)、模擬 (Simulation)、觀察 (Observation)、解釋 (Explanation) 的 PSOE 探究模式。透過電腦的協助，可以讓學習者在很快的時間內，進行相關的模擬及結果觀察。此外，為了解不同的學生，在這樣探究活動中的學習差異，本研究更進一步探討不同認知風格的學生，在電腦模擬探究環境中的學習成效及其對於科學態度的差異。實驗探究各自遵循預測、模擬、觀察、解釋四個步驟進行。結果發現，場獨立組學生在 PSOE 探究式學習活動中表現較佳，與場相依組學生達顯著差異。另外，學生於解釋階段的表現較低。科學態度部份，在進行 PSOE 探究式學習活動之前後，學習者整體科學態度都有所提升。

關鍵字：探究式學習、PSOE 模式、電腦模擬、認知風格、科學態度



壹、緒論

課堂中的學習模式，由以往多以老師為主體的講授式教學，逐漸轉化為以學生為主體的教學方式 (Soloway, Guzdial, & Hay, 1994)。其中，探究式學習 (Inquiry-Based Learning) 就是一種強調以學生為主體，透過觀察及實際操作促使學生主動尋求答案的學習方式，使學生在科學研究過程中各方面能力有所成長 (Olde & Jong, 2004; Windschitl, 2003)。因此，研究者希望透過促進學生主動觀察、操作及思考的學習活動，提升學生的自主思考能力並培養自我學習能力。近年在科學教育中，探究式學習扮演了重要的角色 (AAAS, 1994; NRC, 1996)。以往探究式學習的環境建置會遭遇許多挑戰，包括學生調查技巧不夠純熟影響探究，環境相關變數控制不易，與現實場域難以磨合實際觀察等 (Edelson, Gordin, & Pea, 1999)。電腦科技提供了探究式學習一個新的機會，包括增強興趣及動機、提供資訊的存取、可操縱顯示、診斷及糾正錯誤與輔助結果產生並管理複雜成果 (Blumenfeld et al., 1991)。

科技融入教學的模式越來越多元，其中「模擬」是一種被廣泛使用於教學的輔助工具。電腦模擬具有下列優點，包括提供學生一個安全的學習環境、觀察現實中不易觀察之現象與狀況、加強學習成效增強學習意願以及允許學生檢查正確性 (Olde & Jong, 2004)。如能有效運用電腦模擬，對於科技輔助教學之成效將會有正面的提升 (顏銘宏、游光昭，2005)。

學習者在接受與處理訊息時，會因彼此個體慣用的處理模式不同，而有不同的結果。這些個體處理模式的不同統稱為認知風格。過去的研究顯示，當人們身處符合自身學習風格的學習環境時，學習表現較佳、訊息吸收情形較好 (Riding & Cheema, 1991)。認知風格會影響學習者認知功能之發揮，辨別不同認知風格學生在探究活動的表現，有助於研究者找尋更符合學習者認知風格之教學方式，以增進學習成效。

綜合上述背景及動機，透過結合探究式學習精神及電腦模擬的技術，研究者運用物理模擬軟體 Algodoo 平台，模擬出可使學生自行操作並改變數及觀察的實驗情境，且設計出相關之 PSOE (預測、模擬、觀察、解釋；Prediction-Simulation-Observation-Explanation) 探究式學習活動，希望可以提供學生一個穩定的探究環境，以培養科學探究精神。此外，並一同探討在此一 PSOE 探究式學習活動中，不同認知風格學生的學習成效以及其科學態度之差異。

貳、文獻探討

一、探究式學習

探究式學習是一種以學生為主體，給予學習者充分發表、討論與操作機會的學習方法。探究可以促進學生對科學概念的理解，學習者在設計並進行探究活動時，會發現探究內容與概念間的落差，並引發好奇心及動機，使學習者將新發現的科學概念和其既有的知識進行結合以構成答案 (Lazonder, Wilhelm, & Hagemans, 2008)。在探究式學習中，學習者須重新組織知識，強化現有知識與其它知識的連結 (Windschitl, 2003)。探究式學習結合新科技所具備的影響力，不僅是學習科學上的知識，更驅使學生願意去探究其它的概念 (Hong, Hwang, Liu, Ho, & Chen, 2014)。

二、認知風格

認知風格概念最早由 Allport (1937) 提出。認知風格是學習者個人記憶、思考、解決問題等模式的習慣性，因人格特質的不同及處事的差異，會造就學習者不同的認知風格。更具體地說，認知風格是指個體在處理訊息和經驗時的優先順序差異性 (Messick, 1976)。研究者提供了許多不同認知風格分類方式。其中場獨立及場相依型分類由 Witkin 等研究者提出 (Witkin & Moore, 1977)。場獨立型學習者不易受到學習環境影響，其分析能力佳，可獨立建構知識。場相依型則較容易受到環境影響，喜歡經由外界引導和合作建構知識。本研究採取此認知風格分類方式進行研究設計。

參、研究方法

一、預測、模擬、觀察、解釋 (PSOE) 探究式學習模式

預測 (Prediction)、模擬 (Simulation)、觀察 (Observation)、解釋 (Explanation) 探究式學習 (PSOE) 活動的特點是透過電腦模擬的方式，提供學生擬真的學習環境。在這樣的環境中，學生可以觀察到現實狀況中不易看到的現象，也可以將環境中的各種因素個別檢視，以比較各因素造成的影響。透過不同參數的調整，電腦可以產生許多不同的模擬結果；這些不同的模擬結果，可以讓學生進行多重的比對，以釐清科學概念。在使用 PSOE 探究式學習環境時，學生需為解決情境深入思考、假設、預測、解釋，並且將科學概念與現實生活做連結進行模擬及探究。在這樣的學習方式中，學習者用自己的方式建構知識，並演繹成屬於自己的知識概念。

PSOE 探究式學習的流程共有包括選定主題、研讀教材、預測、模擬、觀察

以及解釋等流程。如圖 1 所示，各步驟流程及相關說明詳述如下：



圖 1：PSOE 探究式學習活動流程圖

1. **選定主題**：探究式學習活動的第一個步驟就是主題的選定。主題選定後，學習者需著手準備相關背景知識教材，進行背景知識的回顧或學習。

2. **研讀教材**：研讀教材其目的在於促進學習者在接續的探究式學習活動中，可以順利地觀察現象，不至於因為缺乏背景知識，而造成探究活動進行時有困難。

3. **預測 (Prediction)**：正式探究活動進行時，學生依據學習單引導，進行實驗結果的預測並填寫預測的原因。此一目的，在協助學習者紀錄自己的思考歷程，以進而促進學生思考。

4. **模擬 (Simulation)**：依據上一步驟預測的結果，學生建置出可以觀察並解釋實驗問題的模擬實驗環境，並說明如此設計的原因，以解釋此設計為什麼可以釐清實驗問題，及預估模擬實驗中可能遇到的困難。

5. **觀察數據 (Observation)**：學生建置完探究環境後，電腦模擬會產生很多數據。學生可以觀察到這些不同參數所產生的模擬結果。針對這些模擬出來的結果，學生進行觀察及記錄。



6. **提出解釋 (Explanation)**：學生觀察到足夠的數據後，需將剛開始所做的預測值跟模擬結果進行比較。如果預測與模擬結果有差距，學生需要針對這些差距提出解釋及說明。

二、物理模擬軟體 Algodoo

物理模擬軟體目前極為普遍，本研究在模擬一項採用 Algodoo 2D 物理模擬軟體 (取自：<http://www.algodoo.com>)。在 Algodoo 軟體中，使用者可使用矩形、圓形、多邊形、齒輪、繩索等編輯工具建置場景。使用者可以任意地繪製物件及場景，繪製出來的物件受到物理特性的影響，包括在真實環境的物理特性，例如：重力、阻力、摩擦係數、密度、折射率等。必要時，使用者可以輕易地改變模擬環境中的各項參數。使用者可透過調整各項參數改變模擬結果，並可顯示圖形或可視化力量增強學習概念。進行 PSOE 探究式學習活動。學生可以自由在 Algodoo 軟體中進行實驗環境建置，建構屬於自己的模擬實驗環境。圖 2 及圖 3 分別展示物理模擬實驗中的聯通管原理實驗以及浮力原理實驗。

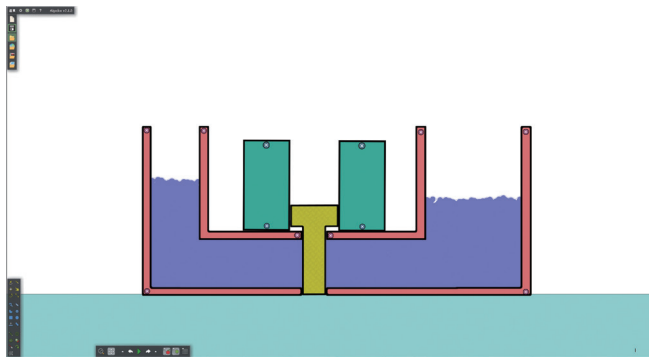


圖 2：Algodoo 軟體操作介面示意圖 (連通管原理)

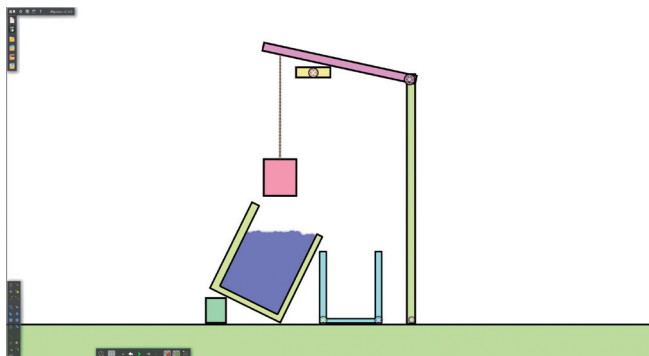


圖 3：Algodoo 軟體操作介面示意圖 (浮力原理)



肆、實施與評估

一、研究對象

本研究選定桃園市某一國中八年級學生共計 60 名學生參與本次評估。其中男生 34 位女生 26 位。參與的學生對於本次的研究內容有一定程度的相關基礎知識。

二、評估工具

(一) 學習問題診斷

本研究使用吳裕益(1987)翻譯改編自 Witkin、Oltman、Raskin 等人(1971)所編製的團體藏圖測驗卷進行認知風格分類。在此測驗中，受測者須從作答區圖中找出指定圖形並圈選答案。測驗共分為兩部份，每部份有 16 個題目。根據測驗分數高低將區分受試者認知風格，分數較高者為場獨立型(Field Independent, FI)分數較低者為場相依型(Field Dependent, FD)。此份測驗卷之信度採用折半信度的斯比公式(Spearman-Brown formula)得出信度為 .82(吳裕益, 1987)。效度部份本測驗卷與 EFT(Embedded Figures Test)的相關為 -.82，因計分方式相反，與 PRFT(Portable RFT)的相關為 -.39，因計分方式相反。與 ABC(Degree of Body Articulation)的相關為 .71。其信效度已達研究所需標準，故本研究採原始量表使用。

(二) PSOE 探究式學習活動評分架構表

本研究中使用研究者自行開發的 PSOE 探究式學習活動評分架構表，針對學生在 PSOE 探究式學習活動各階段的表現，進行評分和比較。本問卷參考 MeNeill、Lizotte 與 Krajcik(2006)所編制之科學解釋評分表以及黃贊樺(2011)編撰之科學解釋評分架構表進行編製。根據此 PSOE 探究式學習活動評分架構表對每一位學習生學習單作答狀況進行評估及分析，以了解不同類型學生在進行探究式學習活動各階段之表現。此評分表中分為四個階段，每個階段滿分皆為 10 分，總分為 40 分，各項目評分標準如下表所示(表 1)：

表 1：預測、模擬、觀察、解釋之探究學習活動各階段評分標準

階段	項目	作答狀況	得分
預測 (10 分)	預測 勾選	無作答	0 分
		完成預測勾選但無填寫預測原因或內容錯誤或不完整	2 分
		完成預測勾選並寫出預測原因，且大致完整寫出預測原因	4 分
	實驗 設計	未完成實驗設計	0 分
		完成實驗設計，未填寫設計的原因或有填寫設計原因，但敘述不完整、文不對題或錯誤	2 分
		完成實驗設計，有填寫設計原因，敘述大致完整正確	4 分
困難 預測	無預估實驗可能遭遇的困難	0 分	
	有預估實驗可能遭遇的困難	2 分	
模擬 (10 分)	建置 環境	無法根據實驗設計建置出模擬環境	0 分
		可根據實驗設計建置出模擬環境但無法順利操作實驗	2 分
		可根據實驗設計建置出可行之模擬環境	4 分
	模擬 內容	無作答	0 分
		模擬時能回答改變及控制的變數，但無說明想這樣改變的原因	2 分
		模擬時能回答改變及控制的變數且進行說明，但說明敘述不完整或錯誤。	4 分
	模擬時能回答改變及控制的變數並大致完整說明想這樣改變的原因。	6 分	
觀察 (10 分)	完成 次數	無完成任何一次模擬觀察	0 分
		完成第一次模擬觀察	2 分
		完成第二次模擬觀察	4 分
		完成所有模擬觀察	6 分
	結果 紀錄	無紀錄觀察到的模擬結果	0 分
		有觀察並紀錄模擬結果但無描述現象變化	2 分
	有觀察並紀錄模擬結果且有描述現象變化	4 分	
解釋 (10 分)	結果 解釋	無作答	0 分
		完成比較及勾選答案且有解釋差異之原因，但未解釋原因或解釋不完整、不正確	5 分
		完成比較及勾選答案且有解釋差異之原因，且解釋大致完整正確	10 分

(三) 科學態度量表

本研究採用許雅雁（2012）所改編之「國中中學生使用平板電腦輔助自然科學態度量表」進行學生 PSOE 探究式學習活動後自然科學態度之測量。此量表改編自 Fennema 和 Sherman (1976) 所編製之 Fennema-Sherman Mathematics Attitude Scales 數學態度量表，包含四個部份，分別為學習自然科學的信心、自然科學的有用性、自然科學之探究動機及對自然科學成功的態度。此量表題目共有 35 題，其中包含 15 題反向題，採用李克特五點量表計分。在正向題中，受試者填選非常同意計為 5 分，填答同意時計為 4 分，普通計為 3 分，不同意為 2 分，完全不

同意為 1 分，受試者獲得分數越高代表其自然科學態度越趨積極。此量表內部一致性 Cronbach α 係數為 0.90，已達到本研究所需標準，故本研究採用原始量表。

(四) PSOE 探究式學習活動心得學習單

本研究於實驗最後一堂課進行 PSOE 探究式學習活動心得學習單之填寫。學習單內容包含學習者對於 PSOE 探究式學習活動之興趣及幫助性，以及進行此探究式學習活動的心得。另還探討預測、模擬、觀察、解釋四個階段對學習者的困難程度，以利了解學生自認自己在哪個階段遭受阻礙。

三、實驗流程

本實驗採取單組前後測設計，研究共進行七週，每週一堂課共計 45 分鐘。研究者將分派學生使用物理模擬軟體 Algodoo 輔助探究式學習進行。在進行探究式學習時，學生須根據學習單指引，自行完成實驗環境的建置，各堂課之課程大綱流程詳述如下(圖 4)：

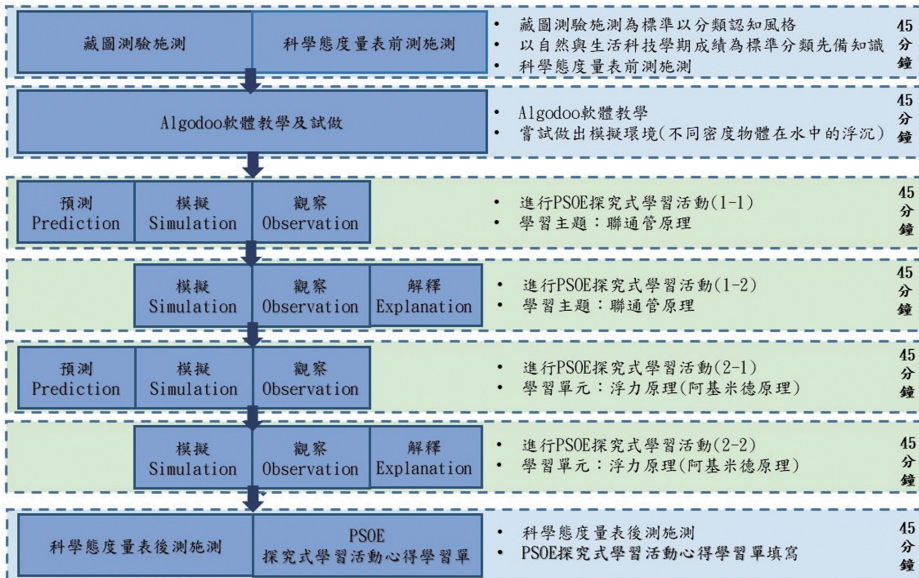


圖 4：PSOE 探究式學習實施順序大綱

(一) 第一堂課：

進行藏圖測驗前測之施測，目的在於確認學生認知風格，分為場獨立型及場相依型，個人表現為整體表現前 27% 者為場獨立型學習者，後 27% 者為場相依型學習者。除此之外，第一節課也會進行自然科學態度量表前測，科學態度量表分為四個部份，共 35 題。目的在於確立學生自然科學態度之評估基準。

(二) 第二堂課：

進行 Algodoo 軟體操作教學讓學生熟悉 Algodoo 物理模擬軟體之介面，使用編輯工具，根據研究者給予的主題自由建置出實驗模擬環境，藉此觀察學生是否已可以順利無礙地操作 Algodoo 物理模擬軟體。

(三) 第三到六堂課：

學生使用 Algodoo 物理模擬軟體搭配學習單進行學習。學生根據學習單引導進行預測，接著利用 Algodoo 軟體建置學習環境改變參數並進行模擬，學生需記錄下參數改變後觀察到的結果，最後必須比較預測和觀察結果之間的差異，並針對其差異性進行解釋。

(四) 第七堂課：

進行科學態度量表後測及心得學習單填寫。科學態度量表分為四個部份，共 35 題。目的在於了解學生在進行完 PSOE 探究式學習活動後，其科學態度之變化。除此之外，進行 PSOE 探究式學習活動心得學習單填寫，以了解學生在進行 PSOE 探究式學習活動時的心得及所遭遇到的困難。

伍、研究結果

一、不同認知風格學生之整體表現差異性

為了解不同認知風格學生在 PSOE 探究式學習活動之整體表現差異性，研究者針對此項目進行獨立樣本 t 檢定。如表 2 所示，無論在聯通管原理課程 ($t=1.81$, $p=.076<.1$) 及浮力原理課程 ($t=2.36$, $p=.021<.1$) 中，不同認知風格學生之整體表現均達顯著水準，表示不同認知風格學生，在這兩個課程的表現具有顯著差異，然而，進一步觀察平均數可發現，在整體表現平均數方面，場獨立組學生相較於場相依組學生表現得分較高。

表 2：不同認知風格學生在聯通管原理及浮力原理實驗之整體表現

	FIFD 分類	個數	平均數	標準差	
				t	顯著性(雙尾)
聯通管原理實驗 整體表現得分	場獨立組	24	32.52	1.81	.076*
	場相依組	26	30.50		
浮力原理實驗 整體表現得分	場獨立組	24	31.17	2.39	.021*
	場相依組	26	28.40		

* $p<.1$



二、不同認知風格學生在各階段表現之差異性

為進一步了解學生在各階段學習表現，研究者將實驗各階段表現資料進行分析。如表 3 及表 4 顯示，在聯通管原理的課程中，預測階段 ($t=1.86$, $p=.070<.1$) 及觀察階段 ($t=1.70$, $p=.098<.1$) 表現達顯著水準，表示不同認知風格學生在此兩階段的表現有顯著差異。在此兩階段場獨立型學習者表現得分均高於場相依型學習者。另在浮力原理的實驗課程中，分析結果顯示，不同認知風格學生在模擬階段 ($t=1.83$, $p=.075<.1$) 及觀察階段 ($t=2.45$, $p=.018<.1$) 表現達顯著水準，表示不同認知風格學生在此兩階段表現有明顯差異，且場獨立型學習者表現得分均高於場相依型學習者。

觀察學生在兩個實驗中各階段的差異性可發現，在預測階段中，不同認知風格學生，在進行聯通管原理實驗的表現，具有顯著差異，而在浮力原理中則無顯著差異；模擬階段，不同認知風格學生，在進行聯通管原理實驗的表現則無顯著差異，在浮力原理中達顯著差異；觀察階段中，不同認知風格學生在聯通管原理及浮力原理兩個實驗表現皆有顯著差異。在解釋階段時，不同認知風格學生在兩個實驗皆無顯著差異。另比較學生的平均數可發現，在達顯著的項目中，無論在哪個階段，場獨立組學生之表現得分平均數皆高於場相依組學生。此外，學生在兩個實驗的解釋階段表現，普遍低於其他三個階段 (圖 5)。

表 3：不同認知風格學生在聯通管原理課程各階段表現

階段	組別	個數	平均數	獨立樣本 t 檢定	
				t	顯著性 (雙尾)
預測階段	場獨立組	24	8.33	1.86	.070*
	場相依組	26	7.42		
模擬階段	場獨立組	24	9.33	1.55	.127
	場相依組	26	8.96		
觀察階段	場獨立組	24	9.58	1.70	.098*
	場相依組	26	8.92		
解釋階段	場獨立組	24	5.27	.13	.894
	場相依組	26	5.19		

* $p<.1$

表 4：不同認知風格學生在浮力原理課程各階段表現

階段	組別	個數	平均數	獨立樣本 t 檢定	
				t	顯著性 (雙尾)
預測階段	場獨立組	24	8.42	1.55	.135
	場相依組	26	7.81		
模擬階段	場獨立組	24	9.58	1.83	.075*
	場相依組	26	9.00		
觀察階段	場獨立組	24	8.83	2.45	.018*
	場相依組	26	7.88		
解釋階段	場獨立組	24	4.33	1.46	.151
	場相依組	26	3.71		

* $p<.1$



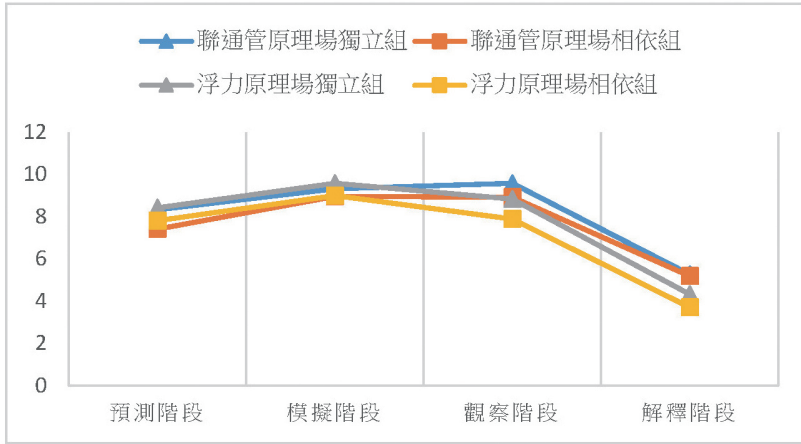


圖 5：不同認知風格學生在 PSOE 探究式學習活動各階段之學習表現

三、不同認知風格學生之科學態度差異

為了解不同認知風格學生在進行 PSOE 探究式學習活動前後之科學態度差異，研究者針對此項目進行分析。根據表 5 所示，場獨立組和場相依組學生，在科學態度前測的得分並未達顯著水準 ($t=.52, p=.60>.1$)，表示不同認知風格學生在進行前測時，兩組學生表現無顯著差異。另外，在科學態度後測的部份，場獨立組及場相依組學生之間，學生得分也未達顯著水準 ($t=-.97, p=.33>.1$)，表示不同認知風格學生，在進行科學態度後測測驗時，兩組間表現無顯著差異。

表 5：場獨立及場相依組在前測及後測之組間差異性

前測 / 後測	組別	個數	平均數	獨立樣本 t 檢定	
				t	顯著性 (雙尾)
前測	場獨立組	24	104.21	.52	.60
	場相依組	26	102.81		
後測	場獨立組	24	111.00	-.97	.33
	場相依組	26	114.12		

進一步分別比較場相依組學生及場獨立組學生，在進行 PSOE 探究式學習活動前後之科學態度差異，分析結果如表 6 及表 7。由分析結果可發現：場獨立組學生科學態度量表前後測在自然科學有用性 ($t=-3.93, p=.001<.1$)、自然科學成功態度 ($t=-6.46, p=.000<.1$) 此兩面向差異達顯著水準，表示場獨立組的學生在進行 PSOE 探究式學習活動前後，其此兩面向科學態度達顯著差異。場相依組學生科學態度量表前後測，在學習自然科學信心 ($t=-.231, p=.029<.1$)、自然科學有用性 ($t=-2.07, p=.049<.1$)、自然科學成功態度 ($t=-3.86, p=.001<.1$) 三個面向達顯著水準，表示場相依組學生在進行 PSOE 探究式學習活動前後，其此三方面科學態度達顯著差異。

表 6：場獨立組學生之科學態度前後測表現

項目		平均數	個數	獨立樣本 t 檢定	
				t	顯著性 (雙尾)
學習自然科學信心	前測	30.88	24	-5.53	.599
	後測	31.75			
自然科學有用性	前測	31.58	24	-3.93	.001*
	後測	35.71			
自然科學探究動機	前測	23.54	24	5.75	.000*
	後測	18.58			
自然科學成功態度	前測	18.21	24	-6.46	.000*
	後測	24.96			
整體科學態度	前測	104.21	24	-2.09	.048*
	後測	111.00			

* $p < .1$

表 7：場相依組學生之科學態度前後測表現

項目		平均數	個數	獨立樣本 t 檢定	
				t	顯著性 (雙尾)
學習自然科學信心	前測	29.00	26	-2.31	.029*
	後測	33.00			
自然科學有用性	前測	32.81	26	-2.07	.049*
	後測	35.81			
自然科學探究動機	前測	21.35	26	.78	.442
	後測	20.58			
自然科學成功態度	前測	19.65	26	-3.86	.001*
	後測	24.73			
整體科學態度	前測	102.81	26	-2.89	.008*
	後測	114.12			

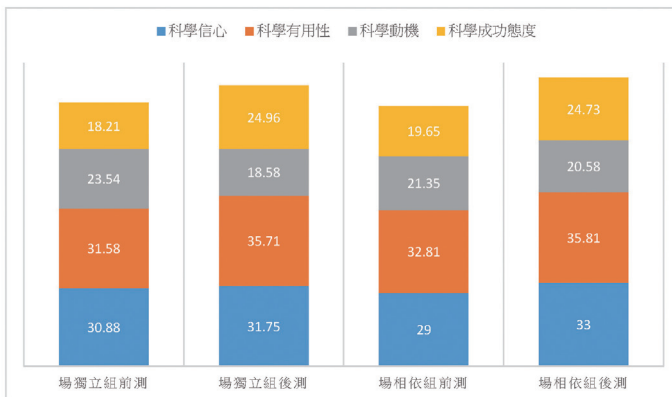
* $p < .1$ 

圖 6：不同認知風格學生之科學態度前後測得分差異



另觀察兩組之科學態度量表整體，不同認知風格學生之科學態度量表，後測得分平均數皆高於前測，且達到顯著差異 ($t=-2.093$, $p=.048<.1$; $t=-2.888$, $p=.008<.1$)。場獨立組學生在進行完 PSOE 探究式學習活動後，其整體科學態度量表得分平均數由 104.21 分提升為 111 分。場相依組學生在進行完 PSOE 探究式學習活動後，其整體科學態度量表得分平均數由 102.81 分提升為 114.12 分。

四、學生自評 PSOE 各階段之難易度

在學生填寫探究式學習心得中，其中一題要求學生自評預測、模擬、觀察、解釋階段之困難度。學生根據困難度給予各階段評分，最困難者填寫 1，次困難者填寫 2，困難度排序第三者填寫 3，最容易者填寫 4。依據學生的填答資料，共計 57 位同學的評分中，預測階段的平均得分為 2.74 分，模擬階段的平均得分為 2.23 分，觀察階段的平均得分為 3.14 分，解釋階段的平均得分為 1.89 分。這些評分指出大多數學生普遍認為解釋是遭遇最多困難的階段，接著依序為模擬階段、預測階段及觀察階段。

五、課堂實施觀察

PSOE 探究學習活動，依據研究者觀察，大多數學生皆能自行依據學習單的指示，遵循預測、模擬、觀察、解釋四個步驟進行課程。此外，經由課堂老師反應，並以研究者在課堂中觀察，一名低成就學生，在進行此類 PSOE 探究式學習課程時十分投入且專注。該生不僅能自行順利完成探究式學習活動，更能進一步指導其他同學解決操作問題。根據原授課教師及班導師回饋，該生在進行此類型 PSOE 探究式學習活動時，與在一般課堂相比有較好的表現。

陸、結論

本研究目的在透過物理模擬軟體 Algodoos 平台，設計出一系列讓學生可以自行改變設定的變數，並讓學生觀察實驗情境，以設計出相關之 PSOE 探究式學習活動步驟。研究發現，場獨立組學生整體表現平均得分皆較場相依組高。學生大多可以順利完成 PSOE 探究式學習活動，代表此類型探究式學習活動具有其可行性。其中，在預測、模擬、觀察三階段，學生大多具備對應之探究能力，但學生普遍在解釋階段較容易遭遇困難。學生在進行 PSOE 探究式學習活動前後的科學態度量表平均得分皆有提升，且差異達顯著水準。這代表此類型 PSOE 探究式學習活動對於學生的科學態度有正向之影響。此外，研究過程也發現，低成就學生學習動機及態度有正向改善的個案。整體而言，此類型 PSOE 探究式學習活動具其可行性及有效性。

根據前述之研究結果，研究者認為此類 PSOE 探究式學習活動，可促進學生透過模擬實驗進行科學探究並進而提升科學態度，而其相關課程設計，實具有相

當程度的可行性。惟本研究屬小樣本調查，有其研究限制，未來可嘗試不同課程單元內容，以擴大探究式學習活動之多元性。

參考文獻

- 吳裕益 (1987)。認知能力與認知型態個別差異現象之探討。《教育學刊》，3(7)，253-300。
- 許雅雁 (2012)。數位遊戲式輔助教學對八年級學童科學態度和學習動機之影響初探——以「大氣壓力」單元為例。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學數位科技設計學系，臺北市。
- 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影響之研究——以光學單元為例。未出版之碩士論文，國立交通大學理學院科技與數位學習學程，新竹市。
- 顏銘宏、游光昭 (2005)。利用線上模擬增強學生科技概念學習之探討。《國際科技教育課程改革與發展學術研討會論文》。
- Allport, G. G. (1937). *Personality: A psychological interpretation*. New York: Holt.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1994). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450.
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Liu, M. C., Ho, H. Y., & Chen, Y. L. (2014). Using a “prediction-observation-explanation” inquiry model to enhance student interest and intention to continue science learning predicted by their Internet cognitive failure. *Computers & Education*, 72, 110-120.
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & Hagemans, M. G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction*, 18(6), 580-592.
- 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.
- Messick, S. (1976). Personality consistencies in cognition and creativity. In S. Messick(Ed.), *Individuality in Learning* (pp. 4-33). San Francisco: Josey-Bass.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Olde, C. V. D., & Jong, T. D. (2004). Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 26(7), 859-873.
- Riding, R., & Cheema, I. (1991). Cognitive styles—An overview and integration. *Educational Psychology*, 11(3-4), 193-215.
- Soloway, E., Guzdial, M., & Hay, K. E. (1994). Learner-centered design: The challenge for HCI in the 21st century. *Interactions*, 1(2), 36-48.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.
- Witkin, H. A., & Moore, C. A. (1974). *Cognitive style and the teaching learning process*. Paper Presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, April.
- Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R. & Cox, P.W. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47(1), 1-64.



PSOE Model: Scientific Prediction-Simulation-Observation-Explanation Inquiry-Based Learning Activity Design

Ben Chang

E-mail: bchang.tw@gmail.com

Jo-Yu, Huang

Abstract

In this study, the authors integrate a computer simulation technology and the POE (Prediction-Observation-Explanation) learning approach into a revised model named PSOE (Prediction-Simulation-Observation-Explanation). To evaluate the PSOE learning approach performance, an experiment lasting for seven weeks was conducted in which sixty junior high school students were involved. To provide the students the simulation environment, a platform, Algodoo, developed by Algorix Company, was adopted in which the students could explore and observe the simulation results by manipulating the simulation parameters. Moreover, to explore the human factors affected learning performance, field-dependent and field-independent cognitive style students were employed. The experimental results indicated that the field-independent students had higher score comparing to the field-dependent students. Meanwhile, the students demonstrated lower score in the Explanation stage comparing to the other three inquiry stages. The study also revealed that the students' science attitudes were improved after adopting PSOE inquiry-based learning activity.

Keywords: *inquiry-based learning, PSOE model, computer simulation, cognitive style*



