

POE探究式學習策略的創新融入對學習歷程之影響

The impact of innovation POE inquiry-based learning model on the learning process

陳俊臣 Jyun-Chen Chen

臺灣師範大學科技應用與人力資源發展系

Department of technology application and human resource development

cv99999999@yahoo.com.tw

彭宜芳 Yi-Fang Peng

臺灣師範大學科技應用與人力資源發展系

Department of technology application and human resource development

flute19910717@gmail.com

蕭顯勝 Hsien-Sheng Hsiao

臺灣師範大學科技應用與人力資源發展系

Department of technology application and human resource development

hssiu@ntnu.edu.tw

摘要

本研究希望提出適合科學教育的學習模式，設計一套POE探究式學習模式，並結合協同學習、凱利方格技術來設計教材內容，提供國小四年級學生在智慧教室環境中，進行自然科學的數位學習課程，並深入了解學習成效與學習歷程彼此的關聯與差異。主要的研究結果如下：高學習成就者適合進行協同學習、凱利方格；中學習成就者輔以凱利方格與協同學習並未透露較佳的表現，兩者無甚區別；低學習成就者適合協同學習。

【關鍵詞】 POE 探究式學習模式、凱利方格、協同式學習、自然科學

Abstract

In this study, we provides good learning model for science education. We designed the POE inquiry-based learning model, combined with collaborative learning, or Repertory Grid Technique to design teaching materials. The fourth grade students use the POE inquiry-based learning model to learn

natural science in smart classroom. Understand the process of achievement and learning from each other's differences. The high-level students were suitable for the POE inquiry-based learning model combined with collaborative learning and Repertory Grid Technique. The mid-level students were suitable for combining with Repertory Grid Technique or collaborative learning. The low-level students were suitable for combining with collaborative learning.

Keywords: POE Inquiry-based Learning, Repertory Grid Technique, Collaborative Learning, natural science

壹、研究背景與動機

近期 PISA 計畫 (Programme for International Student Assessment, 國際學生評量計畫) 推動, 強調閱讀、科學和數學素養三方面評量, 這三種素養不僅是學校課程的核心, 也是成人社會所需具備的重要知能 (OECD, 2007)。由於趨勢推行, 科學素養已逐漸成為大多數國家科學教育的目標與教育的主要目的 (Lee & Chang, 2005), 未來將會更重視培養科學素養的知識人才, 讓學習者運用科學思維與科學知識來充分滿足個人與社會的需求 (AAAS, 1989), 因此, 未來面對自然科學能力的相關議題時, 必須擁有更透徹的邏輯思考與過程, 培養自主學習能力。

本研究主要透過POE探究式學習模式、凱利方格技術、協同式學習模式, 進行自然科學課程的規劃, 提升學生自然學習的表現並記錄學習歷程的分析。POE (Prediction-Observation-Explanation) 探究式學習模式是由White and Gunstone (1992)提出的, 其主要目的是用來探測學生的先前概念, 透過POE探究式學習, 跳脫以往傳統學習僅只是以教師授課、學生聽講的填鴨式學習為主, 剝奪學生嘗試體驗甚至是創新思考的能力培養, 轉而運用既有知識與概念來描述出其發生的原因與推論, 進而以預測、觀察及解釋現象來引導學童培養新思維與概念 (OECD, 2007), 而教師站在引導的角色, 適時給予協助, 並誘發學童的學習興趣與動機 (鄒玉鈿、張景媛, 2012)。

透過凱利方格技術 (Repertory Grid Technique, 簡稱RGT), 用來探討心理認知結構的構念想法, 近期多被應用於自然科學教育, 補足學生應具備的自然概念

與能力，並增加學生科學概念理解（鐘建坪，2013），來協助學生進行蒐集、整合知識，並達成學習目標。

透過協同式學習（Collaborative Learning）以群體形式進行活動，希望藉由團體彼此的意見相互激盪能夠帶給學習者更多的互動與新思維的構想，而網路化的學習能夠突破學校與現實社會間的藩籬，因而進行線上協同學習課程，教師擔任引導角色，適時提供協助，使其有效提升學習成效（Mukama, 2010）。

另一方面，根據學生學習記錄得知提升學習理解的能力與成效，從中嘗試紀錄學生在平台系統與課堂上的回饋和反應，學生擁有線上學習發言的空間，讓課堂中相較於害羞的學生從中找尋發言的機會，最終考量學童能力與成效的提升，皆是以歷程記錄與分析來驗證主要學習成效的過程與成果的展現。

網際網路的快速發展與應用，能夠採取更多引起學習者自主學習的動機與方式，將資訊科技融入已是目前必然的趨勢，進一步將資訊科技設備融入教室環境，教師與學生經適當培訓，有效利用即能促進成效提高學習動機（Schmid, 2008; Slay, Sieborger, & Hodgkinson-Williams, 2008），讓學習環境變成多元化且無時間地點的限制，並兼具同步與非同步學習才是目前數位學習的發展目標，本研究進行線上課程學習的方式融合學習策略，藉由教師適時引導來提升學習者的學習成效。

綜合以上論述，有別於傳統教室的學習，透過 POE 探究式學習並結合凱利方格、協同式學習應用自然科學領域，而當中亦採用協同式學習進行學習活動，期望藉由相互激盪能夠帶給學習者更多的互動與新思維的構想，而教師適時介入提供輔助，指導學習正確的目標，提升學習成效。設計出自然科學的學習系統，輔以學習策略期望透過系統的幫助，解決學習者在學習上的困難，將區分不同學習成就的學生，找尋不同能力者最適切的學習方式，學習者也能從中培養自主學習與探究問題的習慣。

本研究目的在於提出適合自然科學教育的學習模式，探討 POE 探究式學習

結合凱利方格技術、協同學習對自然科學學習的影響，並深入了解學習成效與學習歷程彼此的關聯與差異性，讓學生在智慧教室的環境中學習並透過載具輔助學習，培養學生解決問題的能力並且根據各組別再一一探究不同學習成就的學生之影響，以學習歷程作分析紀錄，從中觀察學習成效與實質學習過程的相對應成果展現，進而透過量化資料及質化資料分析，探索上述學習策略對學童的自然科學學習之影響探究。

貳、研究方法

一、研究架構

本研究探討「本研究將探討 POE 探究式學習結合凱利方格技術、協同學習對自然科學學習的影響，並深入了解學習成效與學習歷程彼此的關聯與差異性」，對學習成效之影響，並且探討不同學習成就的學生對學習成效的影響，蒐集整體教學實驗的互動歷程與教師與學習者的觀點，以學習歷程作分析紀錄。研究架構是以三種學習策略方式為自變項，學習成效為依變項，並針對學習歷程進行分析紀錄，如圖 1 所示。

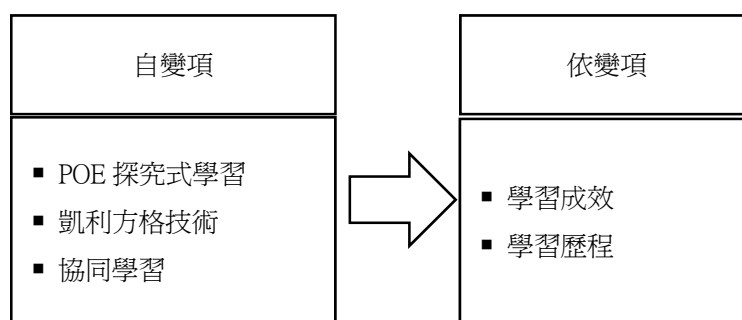


圖 1 研究架構圖

二、實驗設計與工具

本研究以準實驗研究進行前測、後測之實驗設計，研究對象採立意抽樣，由台北市三所國小，選取國小四年級學生六班共 101 位學生，進行為期 6 週的實驗，分為實驗組一（20 人）、實驗組二(35 人)、實驗組三(46 人)，並根據不同學習成

就的學生將每組分成高程度（27%）、中程度（46%）、低程度（27%）進行分析（吳明龍、王玉珍，2005）。如表 1 所示：

表 1 實驗分組

實驗分組	實驗處理
實驗組一：	20 人，POE 探究式學習模式。
實驗組二：	35 人，POE 探究式學習模式結合凱利方格技術。
實驗組三：	46 人，POE 探究式學習模式結合協同式學習。

（一）POE 探究式學習模式

本研究是運用「預測-觀察-解釋」(Prediction-Observation -Explanation，POE)的學習法為基礎，來了解學生面對問題如何運用相關知識與概念來預測、描述並解釋現象（White & Gunstone，1992）。根據學者研究指出 POE 探究式學習模式以下為過程說明：

1. 預測：此階段學生必須學習預測可能的答案、了解發生的原因，並且進一步思考與理解科學相關問題。
2. 觀察：根據所提供的文本資料進行相關資料的蒐集與推論，給予正向或反正的探究，找尋出最終的正確解答。
3. 解釋：依據所蒐集資料的結果給予詳盡選擇答案的說明理由，最終將會給予學生詳盡解答。此階段會整合前面各個階段所提供的問題與思考方向，來統合進行文本資料說明，最後給予學生正確的概念。

透過 POE 探究式學習，學生能以先前概念與原有知識作推論與解釋、理解重點知識，過程中可探究出學生認知與知識應用的能力情況並能在連續的探究歷程中從中學習到自然科學的知識與問題解決方法。整個過程中，教師所扮演的角色為鷹架—輔助學生學習、適切提供協助，包含：問題釋義、工具操作、理論說明等，隨著學生能力程度漸漸不予以引導，讓其自主學習。

凱利方格技術主要是依照填寫的方格來幫助其知識的整合，若所回答的問題關聯性高則會選取 1 或 5 的兩側數字；關聯性低則會選取 2 或 4，中立則選 3，如圖 2 所示，月表地形不會發光故選 5；月表地形無所謂反光故選 3。協同式學習則以前一學期的自然科總成績進行異質分組(4~5 人/組)，以 POE 探究式學習結合協同式學習，以群體互動方式來達成最終任務目標。

1	月表地形	5
發光	1 2 3 4 5 ○ ○ ○ ○ ●	不發光
容易反光	1 2 3 4 5 ○ ○ ● ○ ○	不易反光

圖 2 凱利方格技術範例圖

(二) 學習系統設計

本研究開發一套網頁學習系統，實驗組學生採用此平台進行學習，平台以 POE 探究式學習為基礎，採用 Joomla 內容管理系統，並搭配 PHP 後端程式以及 MySQL 資料庫來進行設計，所使用設備包括：桌上型電腦、筆記型電腦、平板電腦等不同載具與作業系統之操作。以個人帳號密碼進行登入，系統頁面如圖 3 所示。



圖 3 系統頁面圖

(三) 不同學習成就者之學習成效測驗

學習成效測驗在前測及後測共實施兩次，共 23 題選擇題，由 4 位以上現場教師出題，經 2 次審題編修後定稿，具備專家效度。經本次實驗 101 位學

生施測後，試題信度之 Cronbach $\alpha = 0.826$ 。

(四) 智慧教室環境規劃

本研究是在智慧教室的學習環境下進行，採用無線 AP 上網，教師端是使用電腦與互動式電子白板進行活動，並以手持平板電腦觀看學生學習情況並適時提供協助，而學生端是使用個人平板電腦進行 POE 探究式學習活動，若以協同方式進行，則群體小組須整合並交流意見，最終將討論後的一致答案上傳，如圖 4 所示。

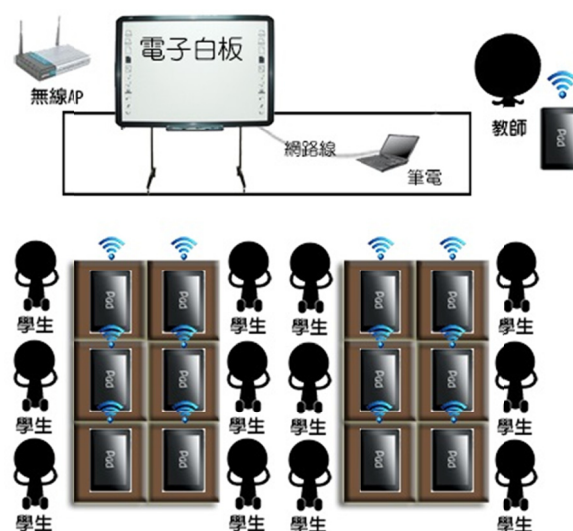


圖 4 智慧教室環境示意圖

(五) 學習歷程

實驗的過程中，所蒐集資料來源包括學習歷程的錄影錄音，並透過質性研究進行資料分析，以瞭解本研究發展的課程和學習模式的成效。而活動結束後，可從學生的學習記錄中得知，學生對於自然科學的概念理解有提升，但不同學習成就的學生所接受到的學習表現也所有不同，熟知學生彼此討論與作答的心態甚至是歷程紀錄與分析的部份，皆是驗證學生主要學習成效的過程與成果的展現。

參、研究結果

一、學習成效

(一) 敘述統計資料

參與本實驗人數共 101 人，實驗組 1 為 20 人，實驗組 2 為 35 人，實驗組 3 為 46 人；不同學習方法下的學習者所得數據，其人數、前測、後測與標準差的敘述統計資料部分如表 2 所示：

以平均分數來看，前測成績，實驗組 1 的 10.25 分低於實驗組 2 的 10.46 分和實驗組 3 的 10.48 分，但是實驗組 2 亦低於實驗組 3，經過實驗後，三組的學習成績均有上升；實驗組 1 提升 1.65 分，實驗組 2 提升 3.64 分，而實驗組 3 提升 3.22 分；後測成績，實驗組 2 的 14.10 分反而高於實驗組 3 的 13.70 分。

表 2 學習成效測驗前測與後測成績概況

組別	人數	測驗分數平均數			標準差	
		前測	後測	後測-前測	前測	後測
實驗組 1	20	10.25	11.90	1.65	4.29	5.01
實驗組 2	35	10.46	14.10	3.64	3.50	4.32
實驗組 3	46	10.48	13.70	3.22	3.53	4.06

(二) 組間學習成效差異檢定

實驗組一學生進行單組前後測 t 檢定，得到 $t = 2.773$ ， $P = 0.012$ ，前後分數達顯著差異，顯示五階段 POE 探究式學習模式能提升自然科學學習成效。再將此實驗設計四組進行迴歸係數同質性考驗，結果發現 $F = 0.199$ ； $P = 0.897$ ，未達顯著差異水準，表示此四組之間的迴歸線斜率相同，起始能力未達顯著差異，符合共變數分析的前提假設，可繼續進行共變數分析。再經共變數分析，排除前測成績對後測成績的影響力後，結果發現 $F = 10.329$ ， $P < 0.001$ ， $\eta^2 = 0.208$ ，達顯著差異水準。由上述分析，可推論 POE 探究式學習模式能有效幫助自然科學學習，若再結合凱利方格技術或協同學習，則更能提升自然科學學習成效。

(三) 不同學習成就者針對進步差異選擇所適切的學習策略

表 3 高程度者進步分數概況

組別	實驗分組	人數	進步平均分數
高程度 (28 人)	實驗組 1	5	1
	實驗組 2	11	2.64
	實驗組 3	12	2.58

由表 3 得知，實驗組 1 平均進步分數為 1；實驗組 2 平均進步分數為 2.64；實驗組 3 平均進步分數為 2.58，由此可知，對於高程度者而言，自然科學領域輔以凱利方格與協同學習均能在學習上擁有較大的進步空間，推測原因是因為高程度者本身起始程度高，輔以此兩項學習策略一方面能夠整合既有知識，另一方面透過同儕互動交流知識概念能夠激盪出新思維。

表 4 中程度者進步分數概況

組別	實驗分組	人數	進步平均分數
中程度 (42 人)	實驗組 1	9	1.78
	實驗組 2	13	4.38
	實驗組 3	20	3.35

由表 4 得知，實驗組 1 平均進步分數為 1.78；實驗組 2 平均進步分數為 4.38；實驗組 3 平均進步分數為 3.35，由此可知，對於中程度者而言，自然科學領域輔以凱利方格能有較佳的進步空間，推測原因是因為中程度者易受錯誤迷思概念影響決策，若以此策略能夠適時引導正確知識的建立，較具進步空間。

表 5 低程度者進步分數概況

組別	實驗分組	人數	進步平均分數
低程度 (31 人)	實驗組 1	6	2
	實驗組 2	11	3.91
	實驗組 3	14	3.5

由表 5 得知，實驗組 1 平均進步分數為 2；實驗組 2 平均進步分數為 3.91；實驗組 3 平均進步分數為 3.5，由此可知，低程度者相對中、高程度者在實驗組 1(使用 POE 探究式學習)進步率相對提升，且輔以凱利方格與協同學習均擁有較大的進步，推測原因是因為低程度者本身起始程度低，藉由協同學習讓同儕帶領建構知識概念，補足欠缺的知識；輔以凱利方格來釐清概念。

二、學習歷程分析

透過活動設計，歸納不同學習策略的學生面對問題所應答與思慮的原因詳述與結果，本研究對學習歷程歸納出下列分析結果。

(一) 不同學習成就學生，針對實驗組 1 的學習行為分析

透過質性觀察紀錄得知高學習成就的學生對於自然科學的觀點與概念僅 40%的學生能夠簡略作陳述或表達課堂中已學習了解，其餘 60%學生多做無意義的陳述；而低學習成就的學生皆是以無意義或「不知道」等詞語作答，也就是說，對於低學習成就的學生而言，吸收知識的能力相對薄弱；而中程度的學生明顯有兩極化的差異，參考例(1)。

例(1)、中學習成就學生-作答情形(活動一)

pya18 : C ; 「因為我瞎猜。」

pya20 : C ; 「因為月亮表面是凹凸不平的，有較高的山和較低的平原等，當月亮反射陽光時，在地球上的我們就會看到月亮表面有亮、有暗的區域，因此會想像月亮中可能的景象。亮的區域：較高的地形；暗的區域：較低的地形。」

(二) 不同學習成就學生，針對實驗組 2 的學習行為分析

針對高學習成就的學生在回答「月亮是否自行發光」、「月形規律的變化」時，大多數均能夠詳盡的解說原因且正確無誤回答問題，參考例(2)，僅 27%的學生尚表明不知道或無意義原因的陳述，也就是說，答題者具有詳細說明與明確答案者大部份為高程度者；而低學習成就的學生多以簡略的方式表述

原因，且答案明顯與事實背道而馳或僅只以形容詞表態，參考例(3)，未能透露出自身已了解知識的意涵，僅 18%的低學習成就學生在回答「月形規律的變化」時能夠完整表述正確無誤的答案，相對以前測為基準的情況下，從答題情況檢視低程度者確實對於概念相當不了解。中程度的學生在相關知識的學習上也未能實際詳述，82%的學生均在相關知識的概念表述「不知道」等詞語應答。

例(2)、高學習成就學生-作答情形(活動二、三)

pyb09 : C ; 「月亮本身不會發光，我們看到的月光只是月球表面反射的太陽光，因此月光是微弱的。如果陽光太強烈，就會讓我們覺得刺眼，而無法看清楚微弱的月光。所以我們只能在陽光較不強烈時看見月亮。」

pyb08 : C ; 「月形每個月有規律的變化，從每個月農曆初一的朔月→初八的上弦月→十五滿月→二十二的下弦月→又回到下個月農曆初一朔月。」

例(3)、低學習成就學生-作答情形(活動二、三)

pyb17 : A ; 「因為月亮很漂亮。」

pyb14 : C ; 「因為月亮是東升西落。」

(三) 不同學習成就學生，針對實驗組 3 的學習行為分析

因為每組在回答問題都有具體明確的答案，無論高、中、低程度皆普遍分散各組的學生，異質性分組的方式，因此無特定一組答題較為精確的情況，若以質性方式作紀錄較無意義。因此，主要針對討論總次數與時間等量化資料來進一步分析。

(四) 協同式學習以異質性分組在討論總次數和時間上的差異

表 6 實驗組(三)各組在活動一至三的討論總次數

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
一	32	30	22	13	23	37	28	46	26	14
二	29	25	11	30	36	30	23	16	17	15

三	16	11	13	41	56	23	17	11	20	19
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

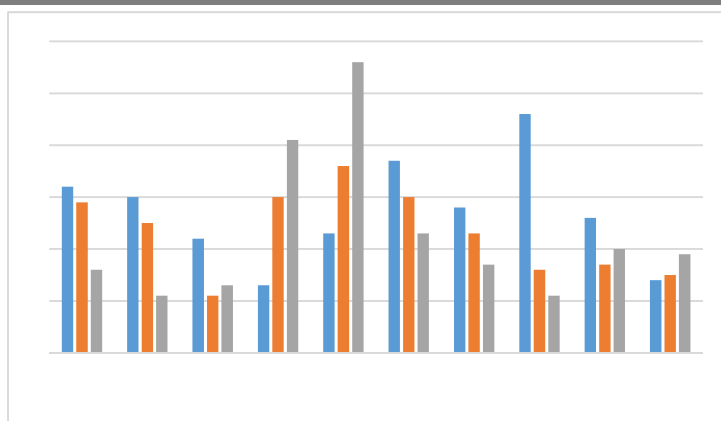


圖 5 實驗組(三)各組在活動一至三的討論次數分配長條圖

由於異質性分組，G1~G5 在活動一與活動二中討論總次數均有明顯減少的趨勢，G6~G10 在活動二亦有相同的情形，這種情況下推測異質性分組按成績編排分成五組的學生是根據成員成績高至低分組排序，是依照次序分組，因此各組的高學習成就者依然存在優劣的比較，得知，前段組別在一開始在討論相關知識問題時，推測會花較多時間與團體成員討論與溝通交流，更加確定答案的正確性並尊重成員理解性的能力。

由表 6，G1、G2、G6、G7、G8 這五組在活動一至三的討論總次數有漸次減少的趨勢，當中 G8 在活動一是全部實驗組別中討論總次數最多者，但在活動三時轉變成為全部實驗組別中討論總次數最少者，透露出在實施協同學習時，透過活動一、二、三對於平台給予的知識有加深學生學習的效果，學生隨著一次次平台系統的熟悉與吸收知識的過程，可推測此組擁有既定的團體討論程序，雖然討論的活動題目不盡相同，但隨著一次次相同討論程序，讓知識的交流與溝通達到最大化，讓團隊成員可透過有效率的交流來吸收知識、增加獲取知識的記憶與理解，因此，在團體討論過程中自然而然因為了解而減少與同儕互動的必要性。

由表 6，在 G4、G5、G10 這三組在活動一至三的討論總次數則相反，有漸次增加的趨勢，其中，第五組學生在活動三總討論次數更達全組討論最

高次數，推測第五組學生整體成員能力相當且對於「月形規律的變化」的概念未能表達理解的陳述，因此在團體討論過程當中則花費較多時間。

表 7 實驗組(三)各組在活動一至三的討論平均秒數

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
一	27.6	25.3	35.7	29	27.7	13.8	31	19.4	35.3	74.2
二	30.4	37.1	30	11.2	21.4	37	28.6	65.9	60.6	76.6
三	22.6	49.9	28.2	11	14.2	20	37.4	107.6	33.5	50

由表 7，G3、G4、G5 這三組在活動一至三討論的平均時間長度有漸次減少，當中 G4、G5 討論平均時間減少但增加溝通的次數，可推測再討論知識的過程中，由於學生吸收知識的能力有限，每個人集結片段資訊做分享，在討論過程中後期必定會有某次交談時間較為久的一次性紀錄，代表分組團隊中的整合能力者擁有整合與統籌大家意見的能力，最終呈現答案，參考圖 5。

肆、結論與建議

依據以上實驗結果與歷程分析的結果發現，不同學習成就的學生在面對問題解決的情境時有各自最適切的學習模式讓學習成效達到最大化的策略。

一、高學習成就者適合凱利方格與協同學習

高程度者擁有整合和統籌知識的能力，透過協同學習能有效率的交流來吸收知識，讓知識的交流與溝通達到最大化；而輔以凱利方格技術確實能夠降低表明無意義原因詳述的比率，透過此技術不僅能夠協助知識性的整合，還能夠適時提供完整性的陳述，推測原因可能是因為擁有確切的認知與關聯性也能夠激發學生表達的意願程度，因此，高程度者適合凱利方格與協同學習，兩者均能獲得較佳的表現。

二、中學習成就者在輔以凱利方格與協同學習並未透露較佳的表現

中程度者針對POE探究式學習仍呈現兩極化應答情形，推測主要原因來自於

探究式學習的過程給予大量的知識與概念，易造成整合問題甚至是錯誤迷思的概念；輔以凱利方格未能透露出較好的成效，推測是因為此學習策略主要是建構知識的構念，依提議選擇兩極答案應答而非表述原因，在這樣的方式下無法判別學生是否是真正理解而作答還是盲從猜測，但是這樣的學習過程由學習成效測驗與進步分數概況確實透露有其效果，能夠加深知識建構的學習；另一方面，由於輔以凱利方格與協同學習實驗主要是以平板為主，學生未能具體應答推測原因是受測者操作過程會有疲勞的情況，也就是說，以平板進行手寫方式輸入時，很有可能身體的負荷較大，因此學生會因疲累而影響書寫成效（范耀文、陳建雄、蕭文信，2011）。

三、低學習成就者適合協同學習，藉由同儕互動來達到知識分享

低程度者的起始程度較差，給予大量知識易造成學習者形成混亂概念，且能力不足恐怕讓決定導向錯誤機率更高，藉由協同學習能與該組成員進行知識交流和互動，藉由同儕協助能夠適時解決學習所遇到的困難與問題。

依據以上歷程分析的例證來詳述學習策略所影響的結果，針對協同式學習的分組觀察得知以下幾種情況：

（一）前 11%高學習成就者的組別，推測會花較多時間與團體成員討論

由於異質性分組中 G1~G5 與 G6~G10 分別是根據成員成績高至低分組排序，因此各組的高學習成就者依然存在優劣的比較，擁有前 11%的高學習成就者之組別，在討論相關知識問題時，推測會花較多時間與團體成員討論與溝通交流，更加確定答案的正確性並尊重成員理解性的能力。

（二）實施協同學習，有加深學生學習的效果

透露出在實施協同學習時，透過活動一、二、三對於平台給予的知識有加深學生學習的效果，學生隨著一次次平台系統的熟悉與吸收知識的過程，讓知識的交流與溝通達到最大化，讓團隊成員可透過有效率的交流來吸收知識、增加獲取知識的記憶與理解，因此，在團體討論過程中自然而然因為了

解而減少與同儕互動的必要性。此階段能夠讓低學習成就的學生藉由同儕間
的交流與互動來達到知識分享。

(三) 每個人集結片段資訊做分享，分組團隊中擁有整合能力者

由於學生吸收知識的能力有限，每個人集結片段資訊做分享，在討論過
程中後期必定會有某次交談時間較為久的一次性紀錄，代表分組團隊中的整
合能力者擁有整合與統籌大家意見的能力，最終呈現答案。

參考文獻

- 吳明龍和王玉珍(2005)。國小三年級學童數感表現之個案詮釋。高雄師大學報，18，245-263。
- 范耀文、陳建雄、蕭文信(2011)。多點觸控平板電腦輸入介面之使用性研究。工業設計，125，113-119。
- 鄒玉鈿、張景媛(2013)。「探究式創意實驗教學」對八年級學生自然領域學習表現之影響。慈濟大學教育研究學刊，8，53-90。
- 鐘建坪(2013)。初探凱利方格技術診斷力概念之心智模型。中等教育，64(1) 103-132。
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, DC: Author.
- Lee, W. C. & Chang, C. Y. (2005). Taiwan's Secondary School Teachers' Expectations with Regard to the Earth Science Literacy of their Students. *Journal of Taiwan Normal University: Mathematics & Science Education*, 50(2), 1-27.
- Mukama, E. (2010). Strategizing computer-supported collaborative learning toward knowledge building. *International Journal of Educational Research*, 49(1), 1-9.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: cooperative, competitive, and individualistic learning* (5th ed.), Boston: Allyn & Bacon.
- Self-regulated learning and knowledge and knowledge sharing in the workplace, Retrieved, July 5, 2010, from <http://www.feweb.vn.nl/olkc2009/papers/6camargayan.pdf>.
- OECD (2007). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD. 1944.
- OECD (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World: PISA 2006: Vol. 2 Data*. Paris: OECD. 23220.
- Schmid, E. C. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. *Journal of Computers and Education*, 51, 1553-1568.
- Slay, H., Sieborger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards: Real beauty or just lipstick? *Journal of Computers and Education*, 51, 1321-1341.

White, R., & Gunstone, R. F. (1992). Prediction-observation-explanation. In White, R. & Gunstone, R. (Eds.), *Probing understanding* (pp.44-64). London: The Falmer Press.