

# 國中學生為什麼改變了心智模式？ 以電學教 - 學序列為例

林靜雯\*

## 摘 要

本研究探討學生於電學教 - 學序列 (teaching-learning sequence, TLS) 活動中可能的反應類型，及影響其修正其認知特徵之因素與來源。研究者將 30 位電學學習成就及診斷式測驗成績相當的七年級生，根據其心智模式分成六小組 (三種心智模式 × TLS 設計組與傳統組)。並以設計過的電學教 - 學序列及教科書中的教 - 學序列，分別對六小組進行 8 堂教學實驗，過程中並以學習歷程紀錄表，讓學生自陳認知特徵修正情形，及影響修正的因素與來源。研究發現學生於一連串教 - 學序列中，可能的反應類型有八種。修正因素中，學生最重視新想法解決問題的能力。此外，影響 TLS 設計組修正的來源較多元，且有較多科學知識或學習經驗支持其修正。研究者希冀這些結果能提供教師設計概念改變教 - 學序列時之參考。

關鍵詞：心智模式、教 - 學序列、電學

---

\* 東華大學課程設計與潛能開發系暨科學教育研究所副教授

## 壹、緒論

Posner、Strike、Hewson 與 Gertzog (1982) 基於 Piaget 對兒童的研究及 Kuhn 和 Lakatos 的認識論，建立科學教育領域第一個概念改變模式。此模式主張學習是一種探究、理性的活動，學生必須基於可利用的證據進行判斷，而認知衝突則是導致概念改變的重要因素。然而 Chinn 與 Brewer (1993, 1998) 以異例探究學生的概念改變，提出學生面對異例可能的反應，並指出影響概念改變的因素不僅包括學生先前知識的特徵外，所提供異例的特質和新理論的品質亦扮演重要的角色 (Chinn & Brewer, 1993; Chinn & Malhotra, 2002)。許多研究亦顯示認知衝突僅在部分實徵上成功，且成功的原因在其所提供的動機，若後續沒有小心地設計教學策略，學生仍無法真正跨越學習障礙的藩籬 (Clement & Steinberg, 2002; Tiberghien, 1980; Treagust & Duit, 2008; Vosniadou & Ioannides, 2001)。Vosniadou 與 Ioannides (2001) 進一步指出，有關認知衝突的策略通常僅注重單一另有概念，但概念改變是困難的過程，不只牽涉到單一另有概念或信念的重組，更是心智模式、信念和預設系統長時間的交互作用，因此需要多種教學方式和介入，而非單一的認知衝突便可以解決。綜上所述，這些認知衝突的研究顯示單一認知衝突的設計並未能對概念改變提供保證，其主因乃由於學生先前的知識並非獨立存在，而是處於交織的概念網絡中，而這正揭示了針對概念網絡設計相應教學活動的重要性。是故，本研究以學生的心智模式，而非以各個單一的另有概念為單位，參考支序分類 (cladistics) 之概念演化取向所獲得的學生電學心智模式演化路徑 (Lin & Chiu, 2006)，與教育重建 (educational reconstruction) 的架構 (Komorek & Duit, 2004)，設計以學生心智模式為基礎之教 - 學序列 (Teaching-Learning Sequence, TLS)，研究者希冀藉由此種以學生概念演化為基礎之課程的循環發展，與真實教室中深度教學的過程相連，形成新概念性的課程結構，協助學生概念改變。此外，有關所設計的 TLS，研究者之前的研究，以相同的研究對象，分別從 TLS 設計組與傳統組的後測量化統計考驗之分析 (林靜雯、邱美虹，2009b; Lin & Chiu, 2008, 2010)、心智模式演化歷程的質性分析 (林靜雯、邱美虹，2008b; Lin & Chiu, 2008, 2010)，以及學生對 TLS 之情意態度 (Lin & Chiu, 2009) 等各向度的資料，支持以學生心智模式為設計基礎之 TLS 對學生電學學習的助益。奠基在這些研究的發現，本研究將進一步關注究竟為什麼學生改變了其心智模式呢？影響其改變心智模式的因素及來源為何呢？本研究希冀奠基在之前研究的基礎上，比較不同小組學生在不同 TLS 中各項質性紀錄，深入探查概念改變的機制，以供爾後課程及教學設計之參考。綜上所述，本研究之研究問題如下：

- 一、學生面對一連串以學生心智模式為設計基礎之電學教 - 學序列（以下簡稱電學教 - 學序列）的教學活動時，可能的反應類型、特徵及其百分比為何？
- 二、影響 TLS 設計組與傳統組學生面對電學教 - 學序列的教學活動時，認知特徵修正的情形為何？
- 三、影響 TLS 設計組與傳統組學生認知特徵改變的來源與因素為何？

## 貳、文獻探討

### 一、學生如何回應異例？

學生面對異例會如何回應呢？Chinn 與 Brewer（1993）由科學史、心理學及科學教育三方面文獻提出七種學生可能的反應類型，其分別為：忽略、拒絕、排除、擱置、重新詮釋、周圍理論改變與理論改變。這七種異例反應類型之假設及特徵，依據個體是否接受訊息、是否解釋訊息及是否改變理論整理如表 1 的前七項。

這七種反應中的前五種，學生並未概念改變。當學生面對異例，以「忽略」回應時，學生並未解釋訊息，亦未曾改變原有理論。「拒絕」的反應類型與「忽略」相似，而兩者的差別在於：「忽略」並不企圖解釋訊息，但「拒絕」則能清楚地解釋為什麼訊息被拒絕。至於「排除」的反應類型，個體可能接受該訊息為有效的，或對該訊息是否有效持未知的態度。然而和「拒絕」的反應類型相較，他們認為資料被排除於理論範疇之外，因此並未解釋訊息的有效性，亦未改變理論。而若學生對異例的反應類型為「擱置」時，學生針對問題並不立即提出解釋，而是假定未來該訊息能被目前的理論所解釋。至於「重新詮釋異例」的類型，學生乃透過重新詮釋訊息來接受異例，但事實上學生接受的訊息是透過自己現行的理論架構進行解釋，而未改變現行的理論。唯有最後兩種，「周圍理論改變」及「理論改變」兩種類型，學生會進行保護帶上理論的小修改，或接受新訊息，進而解釋新訊息，最後改變理論。

而後，Chinn 與 Brewer（1998）以 168 名大學生參與的實驗研究，驗證此七種異例反應的類型，並根據實徵提出第八種類型：「對數據有效性不確定」（表 1）。此反應類型與「擱置」相似，兩者面對異例皆以拖延為手段，而其相異處在於：將異例「擱置」的反應類型中，訊息是被相信的，只是個體不確定現行的理論是否可以解釋

訊息；而「不確定」的反應類型中，個體則無法確定訊息的可信度。因此持有「對數據有效性不確定」反應類型的個體，會希望他們在做出決定前能獲得更多資訊。此類型不對訊息進行解釋，因為他們還未決定是否保留或捨棄該訊息，在這種反應類型中的個體並未改變理論，而是等待未來能提供更多訊息再作決定。

Lin (2007) 基於 Chinn 與 Brewer (1993, 1998) 的研究，及其對科學史的探究，提出第九種異例反應類型：「對解釋的不確定」(表 1)。他以實驗室的情境，針對 200 位大學生進行實驗以證實其看法。此反應類型中的個體對於資料是否可以被解釋或如何被解釋持不確定的態度。此點和前述「擱置」的反應類型相似，但卻不同，「擱置」的反應係因尚未準備好解釋訊息而未進行決定，而此類型則是因為個體不確定如何解釋資料，或不確定資料是否可以被解釋。當個體對於解釋不確定時，他們亦不會改變初始的理論。

表 1 九種異例反應類型

反應的類型		個體反應的特徵			
		是否接受訊息	是否解釋訊息	初始概念是否改變	
Lin(2007)	Chinn & Brewer(1998)	Chinn & Brewer (1993)	忽略	否	否
		拒絕	否	是	否
		排除	是或也許	否	否
		擱置	是	尚未	否
		重新詮釋	是	是	否
		周圍理論改變	是	是	是，部分改變
		理論改變	是	是	是
		對數據有效性不確定	未決定	否	否
	對解釋不確定	未決定	不確定	未決定	

透過上述研究，我們瞭解學生面對異例的各種反應。但令人更關心的是：究竟學生在什麼「因素」下，或什麼樣的概念「來源」時，會產生周圍理論改變，甚至是理論改變的類型呢？

## 二、影響學生回應異例資料的因素

Chinn 的相關研究 (Chinn & Brewer, 1993; Chinn & Malhotra, 2002) 認為影響學生對異例反應類型不同的因素包含：1. 學生先前知識的特徵，例如：對先前知識堅

信的程度、本體類別的信念、認識論的支持及背景知識；2. 新理論的可用性和品質；3. 異例資料的可信度、模糊性和數量，以及 4. 對異例處理的深度。這說明了學生面對異例時，不同理論與先備知識會使得個體在進行詮釋時產生不同的假說，並影響其推論及選擇的過程。而 Vosniadou (1994) 則認為先前知識固然重要，後設認知的能力亦應同時考慮。她指出唯有建立問題解決的情境、培養學童的後設認知，鼓勵學生對現象提出解釋、充分表達其對情境表徵的觀點，並與其他同儕討論、批評、辯證，才能有效檢視和修正其心智模式。另一方面，早在 1982 年，Posner 等人 (1982) 便從 Kuhn 和 Lakatos 的認識論中獲得啟發，而主張學生要產生概念改變應具備下列四個條件：

### (一) 學習者不滿意原有概念

由於「異例」使得學生無法將經驗同化到現有的概念網絡中，因而引發學生對其原有概念的不滿意。

### (二) 學習者對新概念有初步的理解

可理解性要求個體確認新概念一致的表徵以進行心理運作。表徵的形式可能是命題、心像或命題和心像交疊的網絡。對調適而言，此條件較容易達成，但卻非充分條件。一般而言，類比和比喻有助於初始的理解。

### (三) 新概念看起來似乎是合理的

任何新概念至少應能解決之前所產生的問題，且其合理性可視為符合現存概念生態圈的程度，其至少以下列五種方式展現：

1. 與其現有的形上信念和認識論信條一致；
2. 與其他理論或知識一致；
3. 與過去經驗一致；
4. 新概念所建立的心像與個人對世界的理解一致；
5. 新概念能夠解決個人所意識到的問題。例如其所察覺到的異例。

### (四) 新概念必須是豐富而具預測力的

新概念除可用以解決現有的問題外，尚可提供未來探索及促進思考。

Treagust、Harrison、Venville 與 Dagher (1996) 便藉著檢測這四個條件，作為學

生概念改變的認識論觀點以決定概念的地位。只要學生認為是可理解、合理及豐富的概念便是高地位的，反之，若僅僅只是可理解，則地位較低。

除 Posner 等人 (1982) 所列舉四個條件外，究竟學生們如何決定概念的存續尚缺乏完整的描述。但由一些科學哲學家對科學理論選擇的判准，則或可提供我們一些洞見。Hempel (1966) 認為最重要應考量 1. 理論表述的清晰性和精確性；2. 說明和預言經驗現象的能力；3. 形式上的簡單性及 4. 理論被經驗驗證的程度，而 Kuhn (1962) 則認為應考量 1. 典範解決問題的相對能力；2. 評估其是否具有更靈巧、適宜、簡潔的美學及 3. 對未來許諾的潛力。Toulmin (1972) 則以「理由」(reason) 與「原因」(cause) 兩種機制作為判准。「理由」來自於學門發展的內部歷史，屬於理性的條件，包括預測力、一致性、精確度、解釋範圍、解題能力、可理解性以及學門基本目標等考量；「原因」則來自於學門之外的歷史發展，包括人際關係、輩份、官位、私人利益與恩怨、政治立場、權力角力、種族與性別歧視等各種政治與社會因素。外部原因有時會凌駕理性，成為塑造學門內涵的重要因素。相較於一般科教研究著重於 Toulmin 所言之「理由」的面向來討論影響學生概念改變的影響因素，楊文金 (1999) 的研究則較傾向於探討 Toulmin 所言之「原因」的面向。其結合庶人倫理與期望地位理論以異例等為題材進行班級討論，結果發現，當發言內容相當時，高學望學生的言論會較低學望者的言論更易被同儕接受。

### 三、教 - 學序列及電學相關教 - 學序列的研究

#### (一) 教 - 學序列及教學實驗

教 - 學序列 (TLS) 之理念源於 1980 年代的歐洲，「序列」一詞容易讓人將之簡化為教學順序或概念學習順序的設計。事實上，TLS 的意義更為深遠，它重視科學概念結構與學生先備概念相互交織所形成的複雜作用，且不認同「一次性認知衝突」式的「概念改變」，而強調教與學是逐步演化的研究過程。有關 TLS 常用的研究架構主要有發展性研究 (developmental research)、教育工程 (Ingénierie Didactique, educational engineering) 及教育重建 (Méheut & Psillos, 2004)。其中，教育重建的理論架構較為詳盡、條理清晰，為本研究設計 TLS 時採用的架構。

教育重建的架構有三個重要組成 (圖 1)，其一為「內容結構分析」，其主要分析科學的觀點及包括知識面向、環境及倫理等議題之教育目標，其二是「學習和教學相關的實徵研究」，包括試驗性的晤談、教學實驗 (teaching experiment) 和評鑑真實

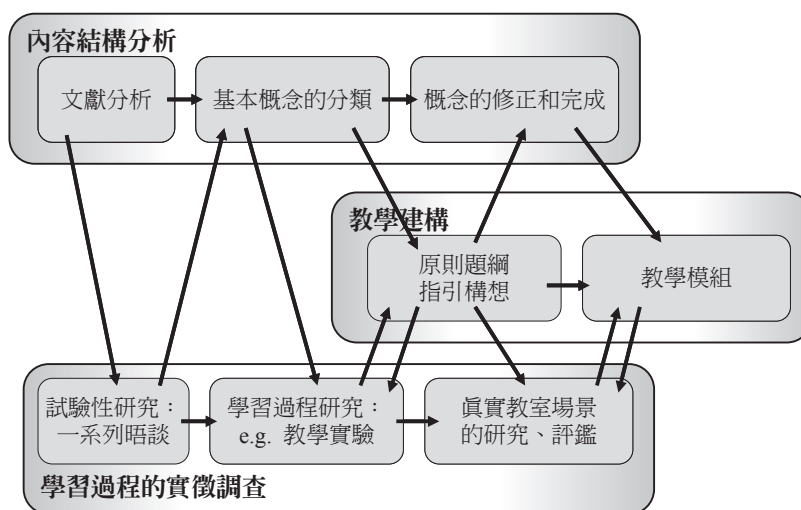


圖 1 教育重構組成圖 (Komorek & Duit, 2004, 引自林靜雯、邱美虹, 2009a)

教室的場景。第三個組成則是發展原則題綱 (outline of principles)，以及進一步指引教學模組建立的構想和實際的教學模組。這三個組成相互影響，交織著複雜的關係，在其中一個組成中所獲得的知識必然動態地影響到其它組成中的解釋和活動的結果，可謂牽一髮而動全身 (Komorek & Duit, 2004)。

本研究為一大型研究，有關「內容結構分析」的部分，研究者 (林靜雯, 2007; 林靜雯、邱美虹, 2007) 藉由教科書及文獻分析，分析了民國 57 年後八個版本的電學相關教科書之教 - 學序列，而在「學習過程的實徵調查」中，研究者先經過試驗性研究及文獻，再以支序分析軟體建立兒童電學心智模式演化路徑之假設 (Lin & Chiu, 2006)，接著結合兩者，設計奠基於學生心智模式演化路徑的 TLS，並進行教學實驗，有關此 TLS 已經從不同的面向檢驗其成效，相關研究結果，將於後段「電學相關教 - 學序列的研究」中進一步介紹。

教學實驗是一種符合「教育重建」架構的方法學，可用於效化所設計之 TLS (Komorek & Duit, 2004)。其產生乃為因應調查教學現場複雜過程，而使用的一種較為彈性的研究方法。這種方法適合學習過程的個別化，也允許教學介入的闡釋。其由數學教育家 Steffe (Steffe, 1983; Steffe & D' Ambrosio, 1996) 所發展，並在科學教育領域中得到修正 (Katu, Lunetta, & van den Berg, 1993; 引自 Komorek & Duit, 2004)。此種方法學的元素包括蘇格拉底的診斷式問法以及皮亞傑臨床晤談。學生須解釋和討論許多實驗和現象，研究者則同時扮演晤談者和教師的角色。身為晤談

者，其工作是解釋學生個別的概念架構；作為教師，其任務則是回應學生的概念並在適當時機進行適當的教學介入。晤談的策略主要考量科學內容分析的結果和根據學習所發展的教學策略，目的在於幫助學生察覺其自身的概念及其概念的限制。學生受到教學刺激以發現自己的另有解釋，最後，察覺其概念的發展並盡力去改變它。當晤談和教學交錯，所發展的教學和學習活動的序列必須能完成教學實驗的目的，且最後所發展的教學和學習序列可作為後續真實教室情境中教學的基礎（Komorek & Duit, 2004）。若將此法與古典皮亞傑診斷式晤談相較，有三個不同之處。其一，它通常持續數節課；其二，此方法中研究者所設計的晤談內容彷彿等同於已深思熟慮組織過的教材（Steffe, 1983；引自 Komorek & Duit, 2004）；其三，它允許以質性的方式檢驗假說。此種方法原先只是一對一的晤談，Komorek 和 Duit（2004）加以修改成小組的方式，以更貼近學生社群中教學與學習過程的互動。

## （二）電學相關教 - 學序列的研究

電學是少數學生心智模式研究中被調查得較為清楚的主題。有關學生於簡單及串聯電路中的心智模式，Magnusson、Boyle 與 Templin（1997）將之分為單極、撞擊、交叉撞擊、電流衰減、電流共享及電流不變的科學模式，Chiu 與 Lin（2005）的研究也有類似結果，但將之分為不會亮、雙極、電流減少、燈泡本身有電及電流不變的科學模式，其中雙極模式亦含括 Magnusson 等人的撞擊與交叉撞擊兩種子模式，而電流減少模式則同時包含電流衰減與電流共享兩種子模式。林靜雯（2008）調查跨年級學生對串聯電路中的電流解釋模型，結果發現三年級學生以撞擊模式為主，而五、七年級學生則以電流衰減或電流共享兩種電流被燈泡消耗的模式為主。值得注意的是，電流經燈泡後衰減的特質，即使經過特別設計的概念改變教學，例如：多重類比（Chiu & Lin, 2005）、以安培計觀察電路中的電流量（Osborne & Freberg, 1985）亦很難改變。

部分研究者從 TLS 的研究出發，希望協助學生克服電學學習的困難。例如：Schwedes 的研究團隊，便在此主題耕耘很深。其設計善用多次類比及認知衝突（Schwedes & Schmidt, 1992）、同時考量電的「物質」和「能量」兩個向度，並重視學生的學習路徑及 TLS 設計的知識面向（Méheut & Psillos, 2004）。研究結果顯示，學生教學後可藉由類比輕易產生推論而達成電路系統性的觀點，但對電路的理解會受限於水流的理解（Schwedes & Dudeck, 1996）。另一方面，Niedderer 與 Goldberg（1995）的研究則主要分析教學過程中學生的學習路徑。其教學理念奠基於建構主義，因此欲設計 TLS 時，最重要的第一步便是瞭解學生的先備概念，接著才能進



行連接電池的實驗。過程中，教師會要求學生寫下自己所形成的一般性連接原則，而後，教師再利用電荷移動的模型，以較科學的方式解釋電流，最後，根據歐姆定律，質性和半量化地解釋電壓。研究結果顯示學生的學習路徑多以日常生活的電流觀點為起點，而在電路連接的實驗後，會形成正極和負極的電流撞擊的模式，直到教學後才會建立微觀的電流觀點及電壓驅動電流的概念，此時也才能給予證據支持知識建構的假設性解釋。本文作者曾將支序分類之概念演化取向所獲得的學生電學心智模式演化路徑（Lin & Chiu, 2006），與教育重建的架構（Komorek & Duit, 2004）整合，設計出以學生心智模式為基礎之 TLS，以協助學生電學學習。研究結果顯示此 TLS 能幫助 TLS 設計組達成現行教科書具體目標的要求及克服電學之另有概念（林靜雯、邱美虹，2009b；Lin & Chiu, 2008, 2010），亦協助較多學生成功轉換到科學模式（林靜雯、邱美虹，2008；Lin & Chiu, 2008, 2010），且學生之情意態度問卷之結果亦支持此一結論（Lin & Chiu, 2009）。而本研究則欲奠基於這些研究的發現，質性地探討，究竟是哪些「因素」及「來源」能促進學生電學概念學習的成功。

## 參、研究方法

### 一、研究對象

研究對象之選取共分兩階段。第一階段研究者選擇新北市一國中七年級 6 個班級，共 212 人進行自編之電學診斷式測驗、電學成就測驗（這兩項工具於本研究中僅用以確定學生分組，說明如研究工具一節）。此階段係為調查學生的電學心智模式及相關先備概念，進而篩選適合進行第二階段研究的對象。

第二階段，研究者從第一階段受試者中依據電學診斷式測驗篩選出心智模式為  $M_1$ （衰減模式）、 $M_2$ （撞擊模式）、 $M_{mix}$  的學生數名。其中， $M_{mix}$  學生的心智模式並不具有一致性，但與持有  $M_1$  心智模式的學生具有較多相似的認知特徵。接著，研究者尚考量其電學成就測驗及診斷測驗成績，先就其分數相近者挑選出 34 人，再徵詢各班導師及學生意見，選出口語表達自我意見能不感羞赧的學生。最後選定具  $M_1$ 、 $M_2$  及  $M_{mix}$  心智模式的學生各 10 名（共 30 名）後，再以隨機且平均分配的方式將這三種心智模式的學生分別編入 TLS 設計組（ $TLS_1-M_1$ 、 $TLS_2-M_2$  及  $TLS_1-M_{mix}$ ）及傳統組（ $TLS_0-M_1$ 、 $TLS_0-M_2$  及  $TLS_0-M_{mix}$ ）（圖 2）。另言之，30 位受試學生

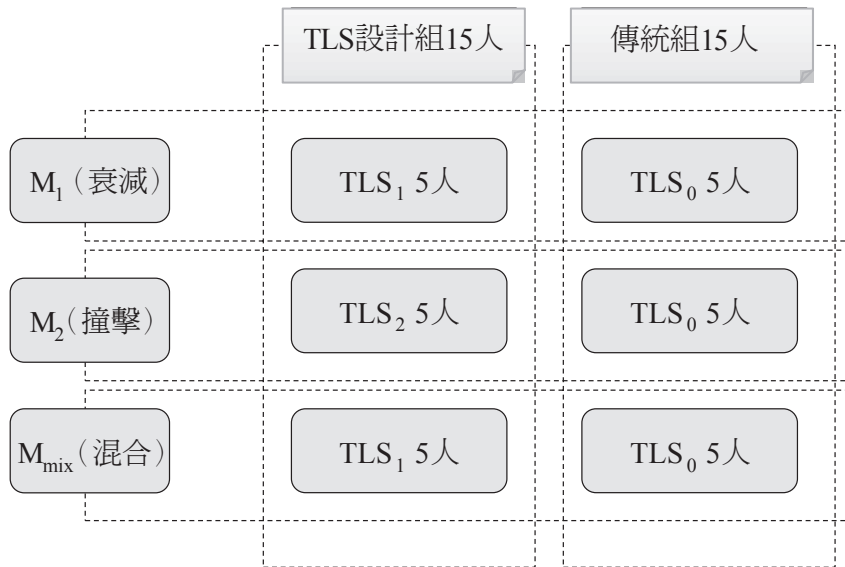


圖 2 TLS<sub>x</sub>-M<sub>x</sub> 教學實驗研究對象分組總覽

來自六個不同班級，基於相近的診斷式測驗成績，研究者推論學生們的電學先備知識大致相當，且僅具有本研究所選定的三種心智模式類型。

## 二、教 - 學序列之設計

本研究有三種概念內容相當但教 - 學序列設計不同之教材：1. 以國編本第二冊理化教師手冊（2003）為依據，未經特別設計之 TLS<sub>0</sub>，適用於所有傳統組（詳細分析，請見林靜雯，2007；林靜雯、邱美虹，2007）；2. 針對 M<sub>1</sub> 心智模式設計之 TLS<sub>1</sub>，適用於持有 M<sub>1</sub> 及 M<sub>mix</sub> 的 TLS 設計組，以及 3. 針對 M<sub>2</sub> 心智模式設計之 TLS<sub>2</sub>，適用於持有 M<sub>2</sub> 心智模式的 TLS 設計組。本研究共有兩個 TLS 設計，TLS<sub>1</sub> 乃針對 Chiu 與 Lin（2005）中的衰減模式加以設計，而 TLS<sub>2</sub> 則針對同一發表中之撞擊模式所設計。衰減模式和科學模式相較，主要在於未能區辨電、電流及電能，學生持有順序推理、缺乏系統性、電池具資源消耗、電流衰減、對燈泡角色詮釋錯誤等另有概念；而撞擊模式除具有衰減模式的另有概念外，最顯著的不同在於其尚未具備電路封閉性、電流方向是錯誤的雙極模式，並且對於兩燈泡間的電流有錯誤的理解（林靜雯、邱美虹，2009b）。也因此，為協助撞擊模式的學生克服其另有概念，研究者略微修正 TLS<sub>1</sub>，再進一步針對電流方向設計以指南針追蹤電流方向的

實驗活動，並以兩燈泡間具電流的實驗形成差異性事件後形成 TLS<sub>2</sub>（林靜雯、邱美虹，2009b）。

TLS 設計的教學目標，遵循 Méheut 與 Psillos（2004）所提出的雙重參照理念，除了國編本第二冊理化教師手冊（2003）中所擬訂的單元教學目標外，並以支序分類之概念演化取向所獲得的學生電學心智模式演化路徑（Lin & Chiu, 2006）為另一參照。而這兩個教學目標，研究者分別設計電學學習成就測驗及電學診斷式測驗加以檢驗，研究結果支持所設計的 TLS 的確達到教學目標（林靜雯、邱美虹，2009b）。

所有教材編製完成後，除經兩位國中自然生活與領域教師針對所有教材的內容正確性及措辭給予建議外，另經臺北市一所自然科中等學習成就之七年級學生進行 2 人一組的教學實驗預試。茲就三種 TLS 之設計原則詳述如下。

### （一）依預測 - 觀察 - 解釋（Predict- Observe-Explain, POE）順序編排教學活動

本研究依據 White 與 Gunstone（1992）POE 的理念，針對「克服學生另有概念」的教學目標設計十題相應教學提問，以瞭解學生在各教學活動中電學心智模式的演化及促進學生電學概念的理解。在本研究的 TLS 設計中，學生須先針對所設計的問題在學習歷程紀錄表（於研究工具處說明）中記錄下自己的預測並給予解釋後，才進行主要的教學活動。教學活動包含講述、實驗、動畫模擬與小組討論等等。而 TLS<sub>0</sub> 傳統組亦須進行十題相應問題的預測、解釋及記錄，而其問題乃安置於教材相關單元之前（例如：靜電感應）。主要的教學活動則多是講述、圖示、舉例應用、示範及實驗（此份國編本教材的詳細分析，請參考林靜雯、邱美虹，2007）。另言之，無論 TLS 設計組或傳統組，接受的問題提問內容及數目皆同，差別僅在於問題安排的次序。

### （二）教 - 學序列依照學生心智模式演化路徑編排

本研究之教學順序主要參照學生心智模式演化的路徑（Lin & Chiu, 2006），再參考科學主題內容之間的關係發展 TLS，主要的教學概念順序為：電能、電流分化 → 燈泡角色 → 簡單電路的封閉性、電流方向、元件雙極性及通路 → 非順序推理 → 串、並聯電路的封閉性、電流方向、雙極性及通路斷路的情形 → 電流一致、電路系統性 → 克服資源消耗模式 → 電路系統性及非順序推理。在 TLS<sub>0</sub> 傳統組方面，其教學的概念順序則主為靜電感應 → 電路 → 電壓 → 電流的線性教學。

### (三) 教學融入類比設計

有關類比在教材中的引介，研究者採 Glynn、Duit 與 Thiele (1995) TWA (Teaching-with-Analogy) 教學的六個步驟，並考量可與較多電流領域的特徵對應的水循環系統為主類比。教學時，研究者針對水循環系統，重複循環其前五個步驟，直到最後一次引用再和學生共同討論類比的限制。這六個步驟分別是：1. 介紹要學的目標概念(標的物)；2. 利用線索尋找類比物；3. 確認標的物與類比物之間的關係；4. 對應類比物與標的物的相似性；5. 對標的物提出結論；6. 指出類比何時失效。此外，研究者還以吸管串接及並排讓學生質性地感受電阻串聯與並聯時等效電阻的大小。有關電阻的串、並聯，水循環系統亦可以進行此部分的類比，故這兩個類比對應到電阻領域乃相似多重類比的運用。傳統組的部分，教科書中亦有類比的設計，主要是以「水類比」傳達「電池造成電位差，驅使電子在導線中流動」的概念(林靜雯、邱美虹，2007)，但並未以 TWA 的方式設計。

教學活動安排上，六小組教學實驗皆為 8 節課，共 48 節課，每節課 40~45 分鐘。教師亦皆為本研究之研究者，且教學過程採全程錄影、錄音。此外，每節課後研究者會針對上課時學生填答學習歷程紀錄表不清楚的地方，或上課的特殊情形，馬上進行學生事後晤談。研究者亦會記錄教學反思，結合上述多樣豐富資料，進行資料三角校正。

## 三、研究工具

本研究使用的研究工具除不同組別的 TLS 教材外，另有電學診斷式測驗、電學學習成就測驗，以及學習歷程紀錄表三項工具。其中，前兩項測驗在本研究中主要用以確定 TLS 設計組與其相應的對照小組有相同的心智模式及極相近的電學診斷和電學學習成績，而其雖亦同時用於後測，比較學習成效或心智模式診斷情形，但其比較並非本文重點，因此以下僅簡略說明。所有工具除經上述審查 TLS 之專家給予建議外，另經兩位同時具物理及科教背景的大學教授審查。以下茲說明各項工具之內容及實施時機：

### (一) 電學診斷式測驗

此測驗從文獻歸納出學生電學各類心智模式及心智模式的認知特徵的 13 項重要另有概念，分別為封閉性、電池極性、通路、電路元件雙極性、燈泡角色、電流分

配、兩串聯燈泡間的電流、電流方向、電流與電能的分化、資源消耗模式、電壓守恆、順序推理模式以及電路系統性，並依此設計試題（林靜雯、邱美虹，2009b）。試卷共分四大題，總分 56 分（ $\alpha$  為 .70）。

## （二）電學學習成就測驗

研究者為瞭解學生教學前電學概念學習的狀況並分組，因此依據國編本第二冊理化教師手冊（2003）中所擬訂的單元教學目標，制訂雙向細目表，進而設計測驗。試卷總分為 104 分（ $\alpha$  為 .86）（林靜雯、邱美虹，2009b）。

## （三）學習歷程紀錄表

後設認知對於概念改變有重要的影響力，具備後設認知能力的學習者，可以對所學習的課程作較有效的連接。後設認知的過程包括瞭解既有概念、進行評估、決定是否重新建立和再次回顧，可能的影響因子包括教師、班上其他成員，以及教室內的教學結構（Gunstone & Mitchell, 1998）。在本研究中，於每個教學活動後皆穿插學習歷程紀錄表，以記錄學生自我對新、舊概念的審視，並瞭解其進行評估及決定修正其既有概念的原因（附錄一）。教學提問共有十大題，若干小題，這些題目與電學診斷式測驗中學生常見的 13 項另有概念相呼應。每大題以一張紀錄表記錄，另言之，每位學生共有十張紀錄表，因此本研究中分析六組學生 300 例的答題情形。有關教學提問的內容，茲提供後段研究結果與討論中，學生學習歷程紀錄範例出現最多次的教學提問四與七為範例，詳見附錄二。

此紀錄表共三部分。第一部份，學生須記錄在此階段教學活動中，學到什麼新想法。第二部份，學生則須比較在教學活動進行前、後，其想法是否有所異同。若有差異，學生必須說明差異為何。第三部分，研究者則參考 Posner 等人（1982）對學生產生概念調適的四個條件及 Treagust 等人（1996）對此四條件的晤談問題要求學生評估其概念狀態及狀態改變的「來源」。而後並要求學生審視可能影響其概念修正的因素。本研究綜合 Posner 等人（1982）提及合理性的五種展現方式，以及 Kuhn（1962）與 Toulmin（1972）等人對科學理論選擇之判准，預先設計九個學生可能修正概念的影響因素。其中，因素一～五與「合理」的條件相呼應，六～七則是小組互動等因子。若依照 Toulmin（1972）的分法，因素一～五屬於概念本身（學科發展的內部歷史）的「理由」，六～七則屬於社會文化相關的外部「原因」。至於第八個因素為正式進行教學實驗前研究者與學生共同討論的可能細項，以補充其它並未設計在原先七個因素中的因子。最後第九個因素則為「其它」，研究者將此欄保持空白，

學生可以在上述八項因素皆不符合的情形下，視實際情形自由書寫修正想法的因素。本研究區分心智模式之間內在的「理由」（如：預測力、一致性、精確度、解釋範圍、解題能力、可理解性以及學習目標）以及外在的「原因」（如：小組互動、人際關係、學望、人望等）希望有助於釐清一些兒童學習的機制。

#### 四、資料分析

本研究採質性研究類目分析的方式。資料分析的過程，研究者參考文獻形成分析類目，再請一位科學教育背景之教授進行專家效度。而分析過程中，則由本文作者進行所有資料編碼，再抽取其中 30 份學生的質性資料謄錄稿，與另一位科學教育領域之研究生進行評分者信度。影響心智模式演化因素的分析主要植基於學習歷程紀錄表的紀錄，並以教學實驗過程的口語及事後晤談進行三角校正。藉著比較紀錄表的第一與第二部分，研究者可以判斷學生對電學心智模式中特定之認知特徵是否有所改變及其改變為何。此部分之評分者信度為 .97。接著，研究者會輔以教學實驗過程的錄影帶口語逐字謄錄稿，借用 Chinn 與 Brewer (1993) 針對學習者面對異例時反應的特徵為架構：亦即「是否接受訊息」、「是否解釋訊息」，以及「是否改變理論」來界定學習者面臨教學活動時的反應類型（例如：排除、忽視、拒絕、擱置、重新詮釋、周圍理論改變及理論改變），但值得一提的是，本研究將「是否改變理論」進一步區分為學生自評以及實際改變的狀況。此部分之評分者信度則為 .93。

若學生概念的變化達外圍理論改變或理論改變兩類別，則研究者進一步分析紀錄表之第三部分。藉由學生勾選的項目，研究者可以判斷學生經過特定教學活動後概念狀態的改變，藉此判斷其修正級數。例如：當一概念之狀態學生勾選了「不滿意」即為符合第一級，若勾選了「不滿意」以及「合理的」，則符合了第一級與第三級。其中第二級與第三級中，學生須陳述其可以理解與覺得正確之想法的「來源」為何，而後研究者再就其撰寫內容加以統計。最後，研究者會另外加總各組對所設計之八個修正概念影響「因素」的勾選，以比較各組對修正概念之影響因素是否有所異同。至於第九項開放填答的部分則採綜合歸納的方式整理結論。此部分之評分者信度為 1。

## 肆、研究結果與討論

### 一、學生對 TLS 教學活動的反應類型

Chinn 與 Brewer (1993) 提出學習者面對異例時有排除、忽視、拒絕、擱置、重新詮釋、周圍理論改變及理論改變七種反應。在本研究中，研究者並非提供學生異例，而是一連串概念改變的教學活動，研究者觀察到學生可能的反應有八種，其特徵及比例如表 2 所示。

表 2 學習者面臨教學活動時的反應類型、特徵、個數及百分比

反應類型	原有認知 特徵 正確性	學生反應的特徵			與 Chinn 和 Brewer 研究 的比較	個數 (百分比)
		是否 接受訊息	是否 解釋訊息	是否改變理論 (自評, 實際)		
8. 維持原有想法	正確或 部分正確	是	否	(-, -)		85(28.3%)
7. 忽略教學事件	錯誤	否	否	(-, -)	忽略異例 的存在	89(29.7%)
6. 與教學事件共 容	錯誤	或許	是	(+, -)		10(3.3%)
5. 修正認知特 徵，但無法 理解修正的解 釋，也無法 說出修正的因 素	錯誤	是	是， 但無法 用自己的 話語陳述	(+, +/+*)		12(4.0%)
4. 修正認知特 徵，但無法 說出修正因素	錯誤	是	或許	(+, +/-)		6(2.0%)
3. 修正認知特 徵，但無法 理解	錯誤	是	是，但無法 用自己的 話語陳述	(+, +)		13(4.3%)
2. 部分修正認知 特徵	錯誤	是	是	(+*, +*)	周圍理論 改變	18(6.0%)
1. 完全修正認知 特徵	錯誤	是	是	(+, +)	理論改變	67(22.3%)
總計						300(100%)

註：1.\* 表部分改變

2.+ 表改變，- 表未改變

以下將針對學生所呈現的這八種類型的特徵加以描述：

### (一) 完全修正認知特徵

學生察覺到其原有的預測似乎無法給予教師所提供之問題合理的解釋，而覺得教學活動過程中由教師、同儕、教學活動（例如：實驗、電腦媒體、類比）或教科書等所提供的想法合理、可理解，因此能陳述出合乎現行科學家想法的解釋及覺得合理的各項理由和原因。這和 Chinn 與 Brewer (1993) 所提之「理論改變」相似，本研究共出現 67 例，但其中 3 例為錯誤修正。以下以表 3 的學習歷程紀錄說明此類型。

**表 3 #11402 於 TLS<sub>1</sub> 教學提問四之學習歷程紀錄**

教學前	(1) 它接上的電路，使電能流經燈。開關是接上電流或切斷電流的東西。 (2) 沒有電流。因為在關閉的瞬間，電就立即往回流，流回電池裡。 (3) 電可以在短時間內流回電池裡，沒有電，燈泡也就沒有一個封閉的迴路，所以就不能亮了。
教學後	(1) 就好像水循環系統中的開關一樣，一按 ON 整個系統開始運轉，水流也開始流動。沒有。 (2) 沒有迴 [ 封 ] 閉通路，電流不會形成。 (3) 因為沒有產生迴 [ 封 ] 閉的通路。
學到的新想法	原來被切掉的電源中，電線中是沒有 [ 電流 ] 的，但仍有電荷的存在。
修正級數	共三級
修正來源 / 因素	老師 / 4、5、9 (9 在此指小組的討論)

### (二) 部分修正認知特徵

學生察覺到其原有的預測似乎無法給予教師所提供之問題合理的解釋，而覺得教學活動過程中由教師、同儕、教學活動或教科書等所提供的想法為合理、可理解，因此部分修正其原有的解釋使之部分合乎現行科學家想法的解釋，並能陳述其覺得合理的各項理由和原因。此點類似於 Chinn 與 Brewer (1993) 所提之「外圍理論改變」，本研究共有 18 例，其中 1 例即使修正後仍是錯誤的。例如：表 4，TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 組之 #11428 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄，#11428 修正燈泡亮度，但對於燈泡亮度的機制則仍是錯誤解釋，學生仍傾向以電流被燈泡或電線分配的觀點詮釋燈泡亮度。



表 4 TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 組之 #11428 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄

教學前	甲和 bc (串聯電路中的兩個燈泡) 一樣亮。ad (並聯電路中的兩個燈泡) 比較暗。因為碰聯 [ 並聯 ] 在傳電時會分一半給兩條電線，串聯是直接流過。所以串聯和簡單電路一樣亮，而並聯被分了一半。
教學後	a, d 和甲一樣亮。因為 [ 實驗的時候 ] 並聯很亮，串聯有點暗。和之前 [ 我的預測 ] 比較，因為電流過燈泡和電線的比較。
學到的新想法	電經過燈泡不會被吸電
修正級數	共三級
修正來源 / 因素	老師 / 1、3、4、5

### (三) 修正認知特徵，但無法理解

學生察覺到其原有的預測似乎無法給予教師所提供之問題合理的解釋，但教學活動過程中由教師、同儕、教學活動或教科書等所提供的想法，其雖認為「應該」合理，且能說出合理的各項理由和原因，但實際上卻無法再用自己的話語陳述正確的內容，或可以陳述，但卻無法具體理解陳述的內容。例如：表 5 中，TLS<sub>0</sub>-M<sub>mix</sub> 組之 #11213 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄。此種類型於學習歷程紀錄中修正級數的紀錄為「第一、三級」，缺乏第二級，而其教學活動後的解釋又可分為「完全正確」、「部分正確」及「修正錯誤」三種。本研究中共 13 例。

表 5 TLS<sub>0</sub>-M<sub>mix</sub> 組之 #11213 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄

教學前	一樣。因為電池都只有各一個，所以電流一樣。
教學後	ad (兩燈泡並聯) 和圖甲一樣亮。bc (兩燈泡串聯) 比較暗。因為兩個燈泡串聯一起會形成比較大的阻力，所以亮度比較暗。而電流的大小不會被燈泡吸收，會從頭到尾一樣。
學到的新想法	無
修正級數	第一、三級
修正來源 / 因素	實驗 / 4、5

### (四) 修正認知特徵 (實際上可能修正亦可能沒有修正或修正錯誤)，但無法說出修正的因素

此種類型之修正級數共兩級。此類型學生察覺到其原有的預測似乎無法給予教師所提供之問題合理的解釋，而覺得教學活動過程中由教師、同儕、教學活動或教科書等所提供的想法為合理、可以理解，因此重新組織原有的解釋。此種類型在本研究中共 6 例，但實際上學生重新組織其原有解釋時，其中 3 例維持原有的錯誤解

釋，但卻自評為修正，其餘 3 例為完全修正正確或部分修正正確，但到了後測時，3 例中有 2 例產生回歸到原有的錯誤解釋上。另言之，僅有 1 例成功地維持到後測。例如：表 6 的學習歷程紀錄。

**表 6 #11310 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問四之學習歷程紀錄**

教學前	(1) 因為電流把電輸送到燈，使燈可亮。 (2) 沒有，因為已經把電流關起來，使得沒辦法流到燈絲中，所以就沒有電流。 (3) 因為電馬上就被切斷了，還有能量不夠了。
教學後	(1) 因為電流有流到燈絲，自然就亮了！！ (2) 沒有。因為把開關關，電流就沒有輸送到燈絲，所以不亮。 (3) 因為電流沒有流動，所以一關就不亮了。
學到的新想法	無
修正級數	共兩級
修正來源 / 因素	#12129 (同組的同學) / 6

### (五) 修正認知特徵，但無法理解修正的解釋，也無法說出修正因素

此類型僅達修正級數的「第一級」。此類型學生察覺到其原有的預測似乎無法給予教師所提供之問題合理的解釋，但亦無法理解教學活動過程中由教師、同儕、教學活動或教科書等所提供的想法，因此其重新組織的解釋多為強記的結果。本研究中共 12 例。不若上述第 4 類，在此類型中，學生強記的結果有 5 例其部份修正或完全修正的結果可以維持到後測。例如：表 7 的學習歷程紀錄。

**表 7 TLS<sub>0</sub>-M<sub>mix</sub> 組之 #12133 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄**

教學前	甲最亮，其他都比較暗。因為其他的都用兩個燈泡。
教學後	ad 和甲一樣的亮，因為 ad 可以不用經過另一個燈泡。bc 有經過兩個燈泡，兩個燈泡要平分電流。
學到的新想法	無
修正級數	第一級
修正來源 / 因素	無

### (六) 與教學事件共容

學生原有的認知特徵部分或完全錯誤，經過教學事件後有明顯的差異，但學生

卻自我評估為「維持」。此時，學生像是在心中存有兩種概念，但無法區辨這兩種概念的異同，而有類似「共容」的現象。本研究共有 10 例，例如：表 8 的學習歷程紀錄。

**表 8** TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 組之 #11536 於 TLS<sub>0</sub> 教學提問七的學習歷程紀錄

教學前	ad (並聯電路中的燈泡) 比較暗，因為都是 2 個燈泡，所以應該都會變暗。而且電流有分早到和晚到，早到的比較大。
教學後	ad 和甲一樣亮，cb 比甲暗。因為串聯比較費電。
學到的新想法	並聯比串聯亮
修正級數	無。維持
修正來源 / 因素	無

### (七) 忽略教學事件

學生原有的認知特徵並不符合現行科學家的主流想法，但經過教學事件後，學生仍維持原有的認知特徵。此種情形類似於 Chinn 與 Brewer (1993) 研究中的「忽略」異例的存在。本研究中共 89 例。

### (八) 維持原有想法

學生原有的認知特徵符合或部分符合現行科學家的主流想法，且學生於自評其教學活動前後的概念亦無任何修正，且實際情形的確沒有任何修正。本研究中共 85 例，其中教學活動前後皆正確的有 76 例，教學前部分正確，之後仍維持部分正確的有 9 例。

整理上述類型及其出現次數 (表 2)，在本研究中，比例最高的類型依次為類型七、八和一。另言之，學生仍傾向於維持原有的錯誤認知特徵，再次為維持原有的正確或部分正確的認知特徵，而後才是完全修正認知特徵。而上述 8 個類型中唯有類型一、二和七可以和 Chinn 與 Brewer (1993) 的研究結果相呼應，而類型八對學生而言，其所預測的和實際情形雷同，也就沒有所謂「異例」的問題，至於類型三、四、五和六這四種類型，學生雖修正認知特徵或前後認知特徵共存，但可能因為缺乏後設認知能力，以致於有的無法理解修正的解釋，有的無法說出修正的因素，甚至有的無法察覺其前後認知特徵其實是不同的。另言之，Chinn 與 Brewer 對於學生對異例的反應可能較適合後設能力高的大學生，但實際上，七年級學生真正面臨教學事件時，卻可能因為後設認知的不足，而出現不同類型。此外，在 Chinn

與 Brewer 的研究中有許多個體沒有接受到訊息或沒有解釋訊息的類型，而這些類型在本研究以小組教學的教學活動下設計了 POE 活動，因此會促使學生嘗試進行訊息接受與解釋，這可能是本研究缺乏「否認」及「排除」兩種類型的可能原因之一。

## 二、認知特徵修正的情形

研究者從前述的實徵資料中歸納出八種學習者面對不同教學事件的反應類型。而這些反應有的是正確的修正，有的是錯誤的修正；有的修正一直維持到後測，有的修正卻會在後測時產生回歸。研究者進一步將其整理成表 9，嘗試歸納並比較 TLS 設計組與傳統組認知特徵修正的情形。

表 9 各組認知特徵修正情形的比較

心智模式	組別	真正修正	錯誤修正	共容	正確修正後回復	總修正數
M <sub>1</sub>	TLS <sub>0</sub> -M <sub>1</sub>	9	1	5	2	17
	TLS <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	19	1	1	1	22
M <sub>mix</sub>	TLS <sub>0</sub> -M <sub>mix</sub>	11	2	0	4	17
	TLS <sub>1</sub> -M <sub>mix</sub>	21	0	0	3	24
M <sub>2</sub>	TLS <sub>0</sub> -M <sub>2</sub>	13	4	0	3	20
	TLS <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	16	3	2	5	26
傳統組		33	7	5	9	54
TLS 設計組		56	4	3	9	72
總計		89	11	8	18	126

表 9 顯示六小組總修正數共 126 例，其中最多的是 TLS<sub>2</sub>-M<sub>2</sub> (26 個)，而總修正數最少的是 TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 及 TLS<sub>0</sub>-M<sub>mix</sub> (17 個)。若就 TLS 設計組與傳統組觀之，無論哪種心智模式下，TLS 設計小組的總修正數都多於傳統小組，顯示雖然教學時數相同，但 TLS 設計組的教 - 學序列設計提供給學生較多修正認知特徵的機會。

再就錯誤修正數觀之，錯誤修正數共 11 例，其中最多的組別是 TLS<sub>0</sub>-M<sub>2</sub> (4 個)，其次是 TLS<sub>2</sub>-M<sub>2</sub> (3 個)，最少的組別是 TLS<sub>1</sub>-M<sub>mix</sub> (0 個)。若就修正類型加以探討，這 11 例中，類型一 3 例，類型二 3 例，類型三 1 例，類型四 3 例，類型六亦有 1 例，在類型的分布上極為廣泛，且這些類型除了類型三及六外 (本研究中錯誤修正在這兩種類型中共才 2 例)，至少都須具備理解的基礎，因此這些錯誤都是學

生以為是正確的修正。值得注意的是在 8 例具備第三級的例子中有 5 例來自同儕的影響。

至於在教學過程中認知特徵修正正確但於後測時回復者共 18 例，最多的組別是  $TLS_2-M_2$  (5 個)，最少的是  $TLS_1-M_1$  (1 個)。若以心智模式的類型觀之，持有  $M_{mix}$  及  $M_2$  心智模式者，無論在設計過的 TLS 或傳統的 TLS 下，皆容易產生回復的情形。於  $M_{mix}$  組其可能的原因是因為心智模式的一致性較差，本身即具有兩種尚不穩固的概念；於  $M_2$  組則可能因為所持有之心智模式欲修正成科學模式須克服最多的認知特徵，而這些認知特徵之間其實相互關聯，因此在面臨一連串教學事件時，最容易產生錯誤的修正。若以 TLS 設計組與傳統組兩大組觀之，則兩大組之間認知特徵回復的個數相當，研究者因此推測概念之所以回復跟原心智模式持有的種類較為相關，而與 TLS 的設計較無關聯。若以修正的類型觀之，這 18 例主要集中於類型三 (7 例) 與類型五 (8 例)，其他在類型四中有 2 例，類型二中有 1 例。類型三為第一、三級的修正而類型五則是僅一級的修正，這兩種修正類型都缺乏對於教學後解釋的深入理解，因此在後測時容易產生概念回歸。

在上一小節中，研究者歸納學生面對一連串教學活動時可能的反應，其中類型六為學生原有的認知特徵不完全正確或完全錯誤，經過教學事件後有明顯的差異，但學生卻自我評估為「維持」的情形。研究者認為這是兩種概念「共容」的現象。在六小組中，共容現象最嚴重的是  $TLS_0-M_1$  組 (5 個)，沒有發生共容現象的則是  $TLS_1-M_{mix}$  及  $TLS_0-M_{mix}$ 。若以心智模式類型和教 - 學序列設計觀之，在此類型中看不出與心智模式類型及教 - 學序列的關聯性，研究者推測共容現象的產生或許跟學習者本身後設認知的能力較為相關。

綜合上述分析，若以教 - 學序列觀之，則 TLS 設計組無論在總修正數、真正修正數上都多於傳統組；相對地，傳統組則有較多概念回復及兩概念共容的現象產生。但值得一提的是，若進一步區分心智模式的種類，則在  $M_2$  組中， $TLS_2-M_2$  的真正修正數雖仍高於  $TLS_0-M_2$ ，但換算成比例反而略低於  $TLS_0-M_2$ ，是修正對照較不明顯的一小組。有關  $M_2$  組為心智模式中具有較多錯誤組成者，傳統組和設計組之對照不若其他組明顯的原因，值得進一步加以探討。

### 三、認知特徵修正的來源與因素

在認知特徵修正類型中，如為類型一～三，則學生會進一步評估導致其修正原

有認知特徵的來源及因素，並將其記錄在學習歷程紀錄表。本研究共有 98 例，但由於部分學生在陳述影響修正的來源時會提出多個來源，故有 108 個來源，其中有 93 個來源導致正確的修正。以下分就這 98 例影響認知特徵修正的來源及因素加以探討。

### (一) 認知特徵修正的來源

表 10 顯示各組認知特徵成功修正之來源個數及比例。在  $TLS_0-M_1$  組主要影響來源為同儕 (42.9%) 及實驗 (28.6%)； $TLS_1-M_1$  組則主要是教師 (33.3%) 及課本教材 (23.8%)，尤其此組學生有 9.5% 提到水流循環類比協助其修正認知特徵，而這 9.5% 的比例，研究者將其歸於課本教材。在  $TLS_0-M_{mix}$  上，僅有教師和同學這兩樣修正來源，其中教師佔最大比例 (66.7%)。至於  $TLS_1-M_{mix}$  則主要受教師影響 (57.1%)，其次為同學 (14.3%) 和課本教材 (14.3%)。而  $TLS_0-M_2$  則主要受益於教師 (50.0%)，其次則是同儕影響 (41.7%)；至於  $TLS_2-M_2$  的修正趨力主要來自教師 (35.0%) 及電腦媒體 (30.0%)。整體而言，TLS 設計組的影響來源較為多元，且在各來源間皆有相當比例，影響來源的重要性依次為教師 (41.9%)、電腦媒體 (19.4%)、同儕 (14.5%)、課本 (12.9%) 及實驗 (11.3%)；相對的，傳統組的影響來源種類較少，且集中於教師 (48.4%) 及同儕 (38.7%)，實驗所佔百分比為 9.7%，但僅 3.2% 提到課本對其認知特徵修正的助益。

表 10 各組認知特徵修正來源的個數及百分比

組別	$TLS_0-M_1$	$TLS_1-M_1$	$TLS_0-M_{mix}$	$TLS_1-M_{mix}$	$TLS_0-M_2$	$TLS_2-M_2$	傳統組	TLS 設計組
課本教材	1 (14.3%)	5 (23.8%)	0 (0.0%)	3 (14.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (3.2%)	8 (12.9%)
同儕	3 (42.9%)	2 (9.5%)	4 (33.3%)	3 (14.3%)	5 (41.7%)	4 (20.0%)	12 (38.7%)	9 (14.5%)
電腦媒體	0 (0.0%)	4 (19.0%)	0 (0.0%)	2 (9.5%)	0 (0.0%)	6 (30.0%)	0 (0.0%)	12 (19.4%)
老師	1 (14.3%)	7 (33.3%)	8 (66.7%)	12 (57.1%)	6 (50.0%)	7 (35.0%)	15 (48.4%)	26 (41.9%)
實驗	2 (28.6%)	3 (14.3%)	0 (0%)	1 (4.8%)	1 (8.3%)	3 (15.0%)	3 (9.7%)	7 (11.3%)
總數	7 (100%)	21 (100%)	12 (100%)	21 (100%)	12 (100%)	20 (100%)	31 (100%)	62 (100%)

註：表中之個數及比例僅計數導致修正正確之來源

## (二) 認知特徵修正的因素

本研究所設計之認知特徵修正的因素共有九項，若參考 Toulmin (1972) 的分類，因素一～五屬於概念本身的「理由」，六～七則屬於與同儕有關之社會文化相關的外部「原因」。至於第八個因素為正式進行教學實驗前研究者與學生共同討論的可能細項，以補充其它並未設計在原先七個因素中的因子，在本研究中，學生一開始討論的因素包括網路及電視媒體，但實際教學中，並沒有人選擇這個選項。若遇到上述因素皆無法含括的情形，則以第九個因素：「其它」加以補充。

表 11 為各組認知特徵修正因素之個數及比例的比較總表。整體觀之，因素四「新想法能夠解釋現在的現象，解決問題」比例最高 (45.0%)，而在各組中，其比例分布亦在 38.5%~50.0% 間，而因素五「新想法更簡單、更清晰地便解決了問題」排名第二 (24.8%)，各組比較中除了在 TLS<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> 中為排名第三外，在其餘各組中皆為第二個重要影響因素，其比例分布在 14.7%~40.0% 間。這樣的結果顯示學生在修正認知特徵時，無論哪一組的學生都會先考慮新想法的解釋性，其次是簡單性。此外，因素六及因素七最少人提及，其中因素七「我支持同學的想法，因為他是我的好朋友。」更僅出現於 TLS<sub>1</sub>-M<sub>1</sub>，其所佔之比例為 2.9%，顯示在七年級學生修正認知特徵的因素自評上，與社會文化相關的外部「原因」並不扮演重要的角色。但值得注意的是，本研究受試者乃因教學實驗之故，分別從六個班級中組合而來，因此學生彼此之間並不一定具有真正同班同學的關係，教學初始，對於彼此之「學望」不易預測。此外，同組學生們的電學先備知識以及心智模式已經過篩選，因此實力相當，這也可能是社會文化因素不若楊文金 (1999) 之研究凸顯的原因。

若分就各心智模式的類型進一步探討 TLS 設計組及傳統組的差異，則在 M<sub>1</sub> 心智模式中，TLS 設計組的影響因素共有七項，影響因素前三個重要比例依次為因素四 (50.0%)、因素二 (20.6%) 及因素五 (14.7%)。其中因素二「我覺得之前所學過的其他科學知識可以支持新想法的正確性。」主要是指在教 - 學序列之初所安排的水流循環系統，其次是國小四年級時電路連結的課程。相對地，傳統組所提及的影響因素有六項，影響因素前三個重要比例依次為因素四 (38.5%)、因素五 (23.1%) 及因素一 (15.4%)。在 TLS<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> 中，其影響因素和之前教學有重大連結，而在 TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 中，僅有 #11428 在連結電路時提到 1 次過去自然課的連結經驗可以支持新想法的正確性 (7.7%)。此外，值得一提的是，這兩組學生在因素九的比例為六組中最高的兩組，在 TLS<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> 中，其因素九所包含的內容為 #12329 提及兩次的「因為大家都同意」，以及 #11228 的「直覺」，而在 TLS<sub>0</sub>-M<sub>1</sub> 中，則是 #11428 所提及的「未

來能用」，在此，#11428 所謂的「未來能用」事後晤談顯示乃指實驗時新的連結方法能讓電路中的燈泡發亮，而未來可以利用這種方法連結電路。

而在  $M_{mix}$  組中， $TLS_1-M_{mix}$  同樣具有 7 項影響因素，其前三個重要比例依次為因素四 (40.0%)、因素五 (28.0%) 及因素一 (10.0%)。而因素九在  $TLS_1-M_{mix}$  有兩例，比例為 4.0%，這兩例皆為 #11402 所提出，其一指的是電腦媒體呈現的動態表徵有助於理解電的本質，另一則是指小組討論可以佐證老師的解釋是正確的。相對地， $TLS_0-M_{mix}$  組則僅有 4 項影響因素，因素四 (50.0%) 與因素五 (40.0%) 便佔了 90%。至於在  $M_2$  組中， $TLS_2-M_2$  共評選出 6 項影響因素，影響因素前三個重要比例依次為因素四 (48.0%)、因素五 (32.0%) 及因素一 (8.0%)；而  $TLS_0-M_2$  則僅有 4 項影響因素，其中因素四 (50.0%) 與因素五 (38.9%) 共佔 88.9%，而另外零星的兩個因素，其一為因素二 (被提及 1 次)，指的是小學電路連結的課程，另一為因素九，其指的是「大家說的都不對」，另言之，學生是在大家的解釋都不能使人滿意的情形下，只好接受老師的想法。

表 11 各組認知特徵修正因素之個數及百分比

組別	$TLS_0-M_1$	$TLS_1-M_1$	$TLS_0-M_{mix}$	$TLS_1-M_{mix}$	$TLS_0-M_2$	$TLS_2-M_2$	傳統組	TLS 設計組	
因素	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	
概念內部有關的「理由」	一：聽過其他人講過和新想法類似的觀念	2 (15.4%)	1 (2.9%)	0 (0.0%)	5 (10.0%)	0 (0.0%)	2 (8.0%)	2 (3.9%)	8 (7.3%)
	二：覺得之前所學過的其他科學知識可以支持新想法的正確性	1 (7.7%)	7 (20.6%)	0 (0.0%)	4 (8.0%)	1 (5.6%)	1 (4.0%)	2 (3.9%)	12 (11.0%)
	三：過去的生活經驗可以支持新想法的正確性	1 (7.7%)	0 (0.0%)	1 (5.0%)	4 (8.0%)	0 (0.0%)	1 (4.0%)	2 (3.9%)	5 (4.6%)
	四：新想法能夠解釋現在的現象，解決問題	5 (38.5%)	17 (50.0%)	10 (50.0%)	20 (40.0%)	9 (50.0%)	12 (48.0%)	24 (47.1%)	49 (45.0%)
	五：新想法更簡單、更清晰地便解決了問題	3 (23.1%)	5 (14.7%)	8 (40.0%)	14 (28.0%)	7 (38.9%)	8 (32.0%)	18 (35.3%)	27 (24.8%)

(續下頁)



組別	TLS <sub>0</sub> - M <sub>1</sub>	TLS <sub>1</sub> - M <sub>1</sub>	TLS <sub>0</sub> - M <sub>mix</sub>	TLS <sub>1</sub> - M <sub>mix</sub>	TLS <sub>0</sub> - M <sub>2</sub>	TLS <sub>2</sub> - M <sub>2</sub>	傳統組	TLS 設計組	
因素	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	個數 (%)	
同儕等「原因」 概念外部的	六：我支持同學的想法，因為他過去所提的想法是對的	0 (0.0%)	1 (2.9%)	1 (5.0%)	1 (2.0%)	0 (0.0%)	1 (4.0%)	1 (2.0%)	3 (2.8%)
	七：我支持同學的想法，因為他是我的好朋友	0 (0.0%)	1 (2.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (0.9%)
八：我們討論的細項	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
九：其他	1 (7.7%)	2 (5.9%)	0 (0.0%)	2 (4.0%)	1 (5.6%)	0 (0.0%)	2 (3.9%)	4 (3.7%)	
總數	13 (100%)	34 (100%)	20 (100%)	50 (100%)	18 (100%)	25 (100%)	51 (100%)	109 (100%)	

理論選擇一直是科學哲學各學派關心的焦點之一，各家所崇尚之檢驗標準不一。在本研究中，學生並非評估兩個理論，但仍得像個小小科學家一般，在新、舊想法間做一判斷。由上述分析，學生在評估兩個想法之最後勝出，主要考量的是「因素四」其是否具有解決問題的能力，再者是因素五的簡單性與清晰性。但若仔細詢問學生新想法在哪些方面「更簡單」、「更清晰」地解決了問題？學生卻無法回應。換句話說，學生在評估應該接受哪個解釋時，乍看是考量了 Hempel (1966) 所言的理論被經驗驗證的程度、形式上的簡單性，或是 Kuhn (1962) 所認為的典範解決問題的相對能力以及更簡潔的美學，#11428 所謂的「未來能用」更會讓人誤以為學生在評估概念的選擇時會考量說明和預言經驗現象的能力 (Hempel, 1966) 或者對未來許諾的潛力 (Kuhn, 1962)。但事實上，若仔細區辨會發現學生的抉擇因素相當單一，主要僅著重於新想法是否較具解決問題的能力而已。

雖然學生的抉擇因素較為單一，但比較 TLS 設計組與傳統組仍可發現無論在哪種心智模式下，TLS 設計組的抉擇向度都較傳統組為多，其中，因素二特別突出，這表示 TLS 設計組的教材提供學生較多的機會回憶起四年級時電路的學習，也提供了水流循環的類比讓學生在電學學習時修正各認知特徵更為容易瞭解。

## 伍、結論與建議

學生面對一連串教學事件時，可能的反應類型分別為：一、完全修正，二、部分修正，三、修正但無法理解，四、修正但無法說出修正因素，五、修正但無法理解也無法說出修正因素，六、共容，七、忽略及八、維持。而這八個類型中僅類型一、二和七能和 Chinn 與 Brewer (1993) 的分類相呼應。而本研究則顯示 Chinn 與 Brewer 的分類可能較適合大學生，且教學活動並不總是面對異例，學生實際表現更會受後設認知能力影響，因此兩者間無法完全對應。本研究結果呼應 Vosniadou (1994) 及 Gunstone 與 Mitchell (1998) 的考量，建議教師於教學進行時，應適時加強學生後設認知的能力，使其能夠藉由時時監控自己的新舊概念差異，適時調整概念結構。

另就認知特徵修正的情形觀之，本研究參考支序分類之概念演化取向所獲得的學生電學心智模式演化路徑，並據此設計相應的教 - 學序列，研究結果顯示 TLS 設計組無論在總修正數、真正修正數上都較傳統組為多；相對地，傳統組則有較多概念回復及共容的現象產生。學生產生概念回復時，其認知特徵修正的類型多落在類型三與類型五，另言之，傳統組教 - 學序列所提供的新概念可用性和品質不佳 (Chinn & Brewer, 1993; Chinn & Malhotra, 2002)，學生較難真正理解。上述結果建議了教師於教學前瞭解學生初始心智模式的重要性，唯有瞭解學生的初始心智模式，再針對學生心智模式演化路徑設計相應的教 - 學序列，方能在適當時機，提供較「有用」的新概念，協助學生科學學習。

至於認知特徵修正的來源方面，TLS 設計組的影響來源較為多元，且皆有相當比例，影響來源的重要性依次為教師、電腦媒體、同儕、課本和實驗，且水循環系統的類比在其中扮演了積極的角色，有助於學生在學習初始，便能理解新概念的重要性 (Posner et al., 1982)。相對地，傳統組的影響來源種類較少，且集中於教師及同儕。此外，僅 2.6% 提到課本對其認知特徵修正的助益，顯示傳統教科書中較缺乏針對學生另有概念修正所設計的教學活動。此點建議未來教科書設計應考慮大部分學生的心智模式，針對此心智模式中的另有概念 (錯誤的認知特徵) 進行教 - 學序列的設計。良好的教 - 學序列，同時考慮教學活動呈現方式、順序以及學生先備概念，因此可以提供更具理解性、更多元的來源與協助，促使學生概念改變成功。

而在認知特徵修正的因素上，學生修正的原因主要是因為概念本身的「理由」，而非與同儕等概念外部有關之「原因」，其中學生特別重視新想法解決問題的

能力。與各學派科學哲學家們對於理論選擇的觀點相較，學生們修正認知特徵所依賴的因素較為單一。但若在相同心智模式的類型下比較 TLS 設計組及傳統組，仍可見無論哪一種心智模式的類型，TLS 設計組的修正因素都較傳統組更為多元，而有較多科學知識或過往的學習經驗可以支持學生的修正。至於  $M_1$  及  $M_{mix}$  組在認知特徵修正的來源及因素上並沒有太大差異，這顯示心智模式的一致性對於學生認知特徵修正的因素及來源並不明顯。

值得注意的是，本研究設計小組教學，企圖觀察成員間影響概念改變的互動情形，但由於成員來自六個不同班級，因此與真正教室教學仍有一段距離。有可能因為這個原因，使得本研究中學生明顯缺乏 Toulmin (1972) 所謂「原因」面向的影響。未來研究若能以真實教室場景進行相關研究，並更細緻呈現修正來源與修正因素之間複雜交錯的連結與影響，應更能詳盡描繪究竟「理由」與「原因」這兩機制如何影響學生概念改變的進行。

## 謝 誌

本研究之完成感謝國科會經費補助 (NSC 97-2628-S-678-001 -MY2, NSC 99-2511-S-133-002-MY3)。此外，作者特別感謝兩位審查委員悉心審查，給予寶貴建議，在此亦一併敬致謝忱。

## 參考文獻

- 林靜雯、邱美虹 (2007)。以概念演化觀點分析我國電學教科書之教 - 學序列。國立編譯館館刊，**35**(2)，3-14。
- 林靜雯 (2007)。探究九年國教實施後科學教科書之編寫內容多元性與編審制度之關係——以國中電學主題為例。科學教育研究與發展季刊，**49**，1-18。
- 林靜雯 (2008)。跨年級學生電學心智模式一致性與課程進程之比較研究。教育與心理研究，**31**(3)，53-79。
- 林靜雯、邱美虹 (2008b, 12 月)。以概念演化樹探究學生電學心智模式演化之歷程。中華民國第二十四屆科學教育學術研討會，國立彰化師範大學。
- 林靜雯、邱美虹 (2009a)。教 - 學序列研究對科學教學的啟示。科學教育月刊，**323**，2-14。

- 林靜雯、邱美虹 (2009b)。探究學生串聯電路認知特徵演化歷程之跨年級研究。《教育科學研究期刊》(原師大學報：教育類)，54(4)，139-170。
- 楊文金 (1999)。「期望地位」對同儕互動的影響分析。《科學教育學刊》，7(3)，217-232。
- 國立編譯館 (2003)。《國民中學理化第二冊》。臺北市：國立編譯館。
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2006, April). *Students' conceptual evolution in electricity-The cladistic perspective*. Paper presented at the NARST 2006, San Francisco, U.S.A.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2008, March). *Investigating the influences of mental model based teaching-learning sequences on students learning in electricity*. Paper presented at the NARST 2008, Baltimore, U.S.A.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2009, August-September). *Why are mental model based teaching-learning sequences in electricity effective? Perspective from students' affection attitude*. Paper presented at the European Science Education Research Association 2009, Istanbul, Turkey.
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (2010, May). *Investigating the influences of mental model based teaching-learning sequence on students learning: An example of electricity*. Paper presented at the 7th International Conference on Conceptual Change (European Association for Research on Learning and Instruction, SIG 3), Leuven, Belgium.
- Chinn, C., & Brewer, W. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Chinn, C., & Brewer, W. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94, 327-343.
- Clement, J., & Steinberg, M. (2002). Step-wise evolution of models of electric circuits: A "learning-aloud" case study. *Journal of the Learning Sciences*, 11(4), 389-452.
- Glynn, S. M., Duit, R., & Thiele, R. B. (1995). Teaching science with analogies: A strategy for constructing knowledge. In M. Shawn, S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in school: Research reforming practice* (pp. 247-273). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gunstone, R. F., & Mitchell, I. J. (1998). Metacognition and conceptual change. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp. 133-163). San Diego: Academic Press.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of Natural Science*. Washington, DC: Prentice-Hall, INC.

- Katu, N., Lunetta, V. N., & van den Berg, E. (1993). *Teaching experiment methodology*. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619-633.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lin, J. Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (3), 506-528.
- Magnusson, S. J., Boyle, R. A., & Templin, M. (1997). Dynamic science assessment: A new approach for investigating conceptual change. *The Journal of the Learning Science*, 6(1), 91-142.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Niedderer, H., & Goldberg, F. (1995). *Learning pathway and knowledge construction in electric circuit*. Paper presented at the European Conference on Research in Science Education, Leeds, UK.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Schwedes, H., & Dudeck, W. -G. (1996). Teaching electricity by help of a water analogy. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in Science Education in Europe* (pp. 50-63). London/ Washington, DC: Falmer Press.
- Schwedes, H., & Schmidt, D. (1992). *Conceptual change and theoretical comments*. Paper presented at the Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies, Kiel, Germany.
- Steffe, L. P. (1983). *The teaching experiment methodology in a constructivist research program*. Paper presented at the Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education, Boston.
- Steffe, L. P., & D' Ambrosio, B. (1996). Using teaching experiments to enhance understand students' mathematics. In D. F. Treagust, R. Duit & B. J. Fraser (Eds.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics* (pp. 65-76). New York: Teacher College Press.
- Tiberghien, A. (1980). Modes and conditions of learning-An example: The learning of some aspects of the concept of heat. In W. F. Archenhold et al. (Eds.), *Cognitive development*,

*Research in Science and Mathematics* (pp. 288-309). Proceeding of an International Seminar, University of Leeds.

Toulmin, S. (1972). *Human understanding: The collective use and evolution of concepts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Culture Study of Science Education*, 3, 297-328.

Treagust, D. F., Harrison, A., Venville, G., & Dagher, Z. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18, 213-229.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.

Vosniadou, S., & Ioannides, C. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.

## 附錄一 學習歷程紀錄表

一、經過這一階段的教學，想一想，我之前的想法和現在的想法一樣嗎？

我要維持我原來所預測的想法。

我要修正我原來的預測，成為（\_\_\_\_\_）的想法：

---

---

---

二、我修正想法是因為（可複選）：

我原來的預測似乎無法提供現象合理的解釋。

我可以理解（\_\_\_\_\_）的想法，並且可以用我自己的話重複說明。

我覺得（\_\_\_\_\_）的想法是正確的，因為\_\_\_\_\_

想法修正的因素：

1. 我聽過其他人講過和新想法類似的觀念。
2. 我覺得之前所學過的其他科學知識可以支持新想法的正確性。
3. 我過去的生活經驗可以支持新想法的正確性。
4. 新想法能夠解釋現在的現象，解決問題。
5. 新想法更簡單、更清晰地便解決了問題。
6. 我支持同學的想法，因為他過去所提的想法總是對的。
7. 我支持同學的想法，因為他是我的好朋友。
8. 我們討論的細項：\_\_\_\_\_
9. 其它：\_\_\_\_\_

三、經過這一階段的教學，我還學習到一些新想法，這個新想法是：

---

---

## 附錄二 教學提問示例

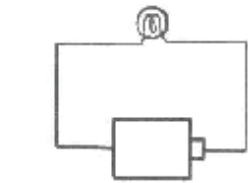
### 一、教學提問四

4、客廳裡有個燈泡在天花板上，並且可用牆上的開關控制燈泡的明滅。

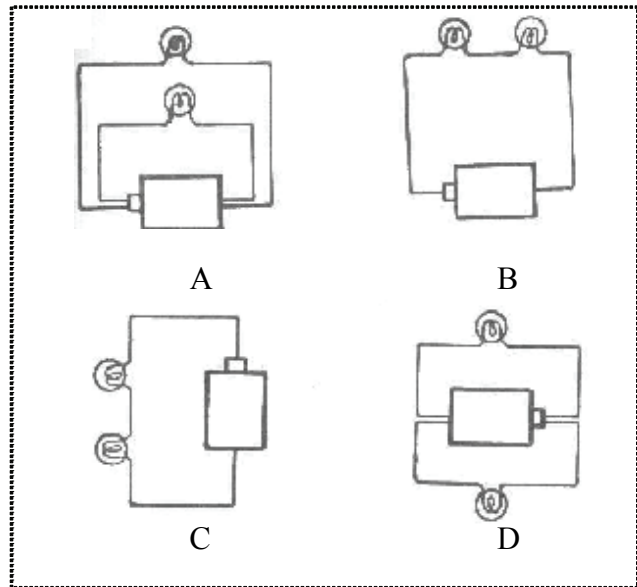
- (1) 按下開關 (on)，為什麼燈就亮了，按下開關這個動作對燈泡發亮而言扮演什麼角色？
- (2) 當關閉開關時 (off)，燈泡中有電嗎？為什麼你這樣認為？
- (3) 為什麼一關上開關，燈泡就「立即」不亮了？寫寫看你的原因。

### 二、教學提問七

- 7、(1) 比一比！分別將圖 ABCD 中四個電路圖中的燈泡和圖甲比較，誰比較亮？  
(2) 為什麼你這樣認為？



圖甲 請和我比較





# **Why Do Junior High School Students Change Their Mental Models? An Example of Teaching-Learning Sequence in Electricity**

Jing-Wen Lin\*

## **Abstract**

The aims of this study are to explore students' response types when they face a series of conceptual change teaching activities and to understand the sources and factors influence students in revising their cognitive character. This study uses electricity as the research topic. According to the electricity diagnostic test designed by the author, thirty 7<sup>th</sup> graders with equal achievement test and diagnostic test scores are selected and then are assigned to 6 groups (designed-TLS and traditional groups  $\times$  3 mental models) which based on their mental models. The designed teaching-learning sequence (TLS) based on students' mental models in electricity and the TLS which appeared in textbook are adopted respectively to carry out teaching experiments. Ten learning progress record sheets per student are used to evaluate if students revised their incorrect cognitive character, and the sources and factors which influence their revisions. The results show there are eight possible response types when students face a series of teaching activities. Besides, the designed-TLS group has more total revision as well as real revision numbers than the traditional group. As for the revising sources and factors of cognitive characters, students revise their cognitive characters for “the

---

\* Associate Professor, Department of Curriculum Design and Human Potentials Development and Graduate Institute of Science Education, National Dong-Hwa University

reasons” of new concepts themselves. Among these factors, students think highly of the problem solving ability of a new concept. Furthermore, the influencing sources in the experimental group are more diverse than the comparison group, and are supported by more scientific knowledge and past learning experiences. These results provide the factors that should be noted for future conceptual changes in TLS design.

Key words: mental model, teaching-learning sequence, electricity