

# 動態表徵融入二階層試題對診斷學生 簡單及串聯電路概念之答題影響

林靜雯\*、吳育倫、林燕青

臺北市立教育大學自然科學系科學教育組

\*[jwlin@tmue.edu.tw](mailto:jwlin@tmue.edu.tw)

(投稿日期：2011.3.11；修正日期：2011.4.13；接受日期：2011.4.22)

## 摘 要

本研究旨在診斷學生簡單及串聯電路之概念，進而探討動態表徵融入二階層診斷試題對學生此概念答題的影響，以作為未來評量設計之參考。研究者先以電學學習成就測驗成績將新北市某國小六年級學生 62 名配對後，隨機分配到動態表徵實驗組及靜態圖文對照組參與二階層診斷測驗，此測驗採 POE 理念設計的一對一晤談，以瞭解不同表徵方式如何影響學生作答。結果顯示多數學生因缺乏電路元件雙極性概念，導致「類科學」模式比例偏高。此外，動態表徵融入會影響診斷測驗中高成績學生於各題另有概念選項的比例，且在第二層「理由」之得分顯著較對照組佳，但對低成績者則無明顯差異。整體而言，動態表徵利於高成績學生捕捉線索以判答，並協助低成績學生較理解題意。

關鍵字：二階層試題、另有概念、動態表徵、答題、簡單及串聯電路

## 壹、緒論

對大多數學生而言，理解看不見也無法直接感觸的電學知識極為不易。建構主義的典範重視學生已有的概念或另有概念於教學及學習上的價值(Tsai, 2000)，因此，許多研究者嘗試診斷學生電流的另有概念，再進一步設計適當的教材協助學生進行電學的概念改變。以往對於學生電流另有概念的診斷，大多透過晤談的方式(例如：李賢哲、張蘭友，2001；邱美虹、林靜雯，2002；Chiu & Lin, 2005; Osborne & Freyberg, 1985)，然現今為達省時省力之效，亦多所研究改採 Treagust 等人(Haslam & Treagust, 1987; Peterson, Treagust, & Garnett, 1989)所發展、提倡之「二階層診斷測驗」(two-tier diagnostic test)為測量工具(例如：李賢哲、樊琳、張蘭友，2005；邱美虹、林靜雯，2002；林靜雯，2008)。此外，現有二階層診斷式測驗的形式，大多是透過靜態圖文方式來呈現具有動態特質的電流概念，由於單純的圖文表徵無法具體呈現動態特質的概念，因此測驗常需較長的句子來描述此種過程現象，如此一來，往往使得閱讀能力不佳或認知程度較低的學生誤解題意，因此本研究嘗試透過動態表徵來呈現抽象且具過程特質的電流概念，將試題裡抽象概念的描述，藉由動畫的視覺呈現而具體化，除希望探究動態表徵的介入是否協助學生更容易理解題意外，更希望進一步了解其是否影響診斷測驗中高、低成績之學生的答題情形，以提供未來設計評量之參考。綜上所述，本研究之目的有三，一為了解六年級診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路中所持有心智模式與得分表現；二為探討動態表徵對診斷六年級診斷測驗中高、低成績學生簡單及串聯電路另有概念、得分表現與答題正確率之影響；最後則希望透過晤談學生，了解不同表徵形式如何影響學生答題的情形。詳細的研究問題如下：

- 一、診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路繪圖題中，其心智模式分別為何？
- 二、診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路繪圖題中，其得分表現分別為何？
- 三、動態表徵對診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路之二階層試題之另有概念的分布情形影響為何？
- 四、動態表徵對診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路之二階層試題之答對率影響為何？

- 五、動態表徵對診斷測驗中高、低成績學生於簡單及串聯電路之二階層試題之得分表現影響為何？
- 六、不同表徵對診斷測驗中高、低成績學生二階層試題題意理解及判答之影響為何？

## 貳、文獻探討

### 一、表徵與動態表徵

表徵是指透過某種形式，將一種事、物或想法重新表現出來，以達成溝通目的之結果(Palmer, 1977)，又可簡單區分為內在表徵與外在表徵兩大系統。內在表徵屬於心智運作，而外在表徵則透過個體經驗與知識累積，將其內在概念呈現出來(Hiebert & Carpenter, 1992)。在概念學習之初、學習過程或學習後評量之解題應用，都需要運用表徵來協助理解與連結。通常，在評量的過程裡，教師可將學生對命題判斷與解題應用歸類為對概念的外在表徵，而將心像形成及知識轉換、連結等歸類為對概念的內在表徵(劉嘉茹、侯依伶，2004)，進而藉由學習者對概念外在表徵與內在表徵間的轉換情形，來了解學生對某一特定概念的心智模式。彭聃齡與張必隱(2000)便指出，表徵的呈現不單由其本身直接提供，學習者已有的知識經驗也會影響其對問題表徵的理解與建構。具體的例子如 Skopeliti 與 Vosniadou (2007)的研究。她們曾以 84 位小學生為研究對象，利用平面地圖或立體黏土模型兩種不同的外在表徵，讓學生進行地球形狀的推理。研究結果更發現，若未給予學生外在表徵推理時，學生的心智模式較具有內在一致性，但是一旦提供外在的表徵，學生原有的心智模式便容易和所提供的外在表徵產生不相容的情形，因而增加或更改原有心智模式的種類。

另一方面，表徵的形式極為多元，例如：文字、數字、圖形、表格、公式、動畫、影片、聲音等。其中動畫由於可以提供學習者靜態圖片所無法提供的詳盡動態資訊(Lowe, 2003)，有效地傳達如天氣型態、電路圖等隱喻、抽象的知識(Tversky, Morrison, & Betrancourt, 2002)，或清楚呈現許多連續性發生的概念或現象，讓學習者在短時間內觀察到長時間現象的變化(鍾曉蘭、邱美虹，2006)，因而常被運用於抽象科學概念的教學設計中。Park 與 Hopkins (1993)進一步指出動畫於下列五種情境裡可獲得最佳效果，其分別為：1. 示範具過程的動作、2. 具體展現較為抽象性的符號概念(如速度概念)、3. 表現不可見的動作或現象(如

血液如何流經心臟的過程)、4.物體或事件之間的關係、5.重要概念上可吸引學生注意,亦可作為學習引導。然而,動畫的運用並非在任何主題上皆能展現其有效性,唯有該主題屬性與動畫屬性相符合時,才可達到最佳成效(Gentner & Stevens, 1983)。近來許多研究結果發現結合動態表徵的教學,有助於學生進行概念改變(陳盈吉、邱美虹,2004;鍾曉蘭、邱美虹,2006),亦有文獻明確指出學生透過動態表徵來進行學習,其表現優於靜態表徵或是文字表徵(e.g. Park & Gittelman, 1992; Sanger & Greenbowe, 2000)。然而,在眾多關於動態表徵的研究裡,大部分著重在教學層面的成效,將其應用至評量上的研究並不常見。林靜雯與吳育倫(2011)初步嘗試將動態表徵與評量結合,針對五年級和七年級學生抽象電學概念的診斷進行研究,研究結果發現動態表徵結合即時回饋系統較有助於七年級生判斷正確答案,而五年級生對動態表徵協助理解題意持正向看法。然該研究獲得學生對動態表徵測驗之看法乃採少數樣本之質性晤談,推論性較為有限,因此本研究希望以前述研究為基礎,假設六年級診斷測驗高成績學生之表現可能較接近七年級生,診斷測驗低成績學生可能較類似五年級生,進一步探討動態表徵對診斷學生電流心智模式與另有概念之影響,同時藉由較多樣本之質性晤談,深入探討動態表徵於學生答題時協助情形。

## 二、二階層診斷測驗

Wandersee、Mintzes 與 Novak (1994)整理學者們常用以探索學生另有概念的方式約有 14 種方法之多,其中「晤談」是最常用的方式,其次則是「選擇題」。晤談雖極有價值,但對一般課務繁重、時間有限的教師而言,則有實施的困難。但另一方面,選擇題的方式雖有助於教師在最短的時間內,運用大規模的樣本和推論統計得到學生與現在科學社群想法的比較,但較適合總結性,而非診斷性或形成性的評量(Treagust, 1995; Wandersee et al., 1994)。至於二階層診斷測驗則希望結合晤談及傳統選擇題的優點而改進其缺點,Treagust (1995)認為此項診斷工具對定義學生概念而言具有極大貢獻的潛力,因其所診斷的發現可立即回饋教學、節省時間,且有助於教師在有限及清楚定義的內容中理解學生的概念。

二階層診斷試題和一般選擇題最大的不同即在於一般學校成就測驗多只測驗學生對於現象的瞭解,卻未再進一步探究學生之所以如此回答的解釋性想法。而二階層診斷測驗,則透過兩層式選項:第一層詢問「現象」,屬於內容

性知識，第二層則詢問「理由」，亦即解釋性知識(Treagust, 1995)，藉此，我們得以獲得大樣本學生於具代表性、界定清楚之另有概念的分布比例(Griffard, 2001)。

然而，二階層試題亦有其限制。Caleon 與 Subramaniam (2010)便認為當學生答題錯誤時，此種測驗無法區別學生究竟是因為缺乏知識，或是根深蒂固的另有概念；當學生答題正確時，亦無法區別學生究竟是真的理解還是猜題。Odom 和 Barrow (1995)亦提及二階層測驗的題幹與選項中的術語及情境可能影響學生反應其理解的真實情形。舉例來說，正確的科學解釋通常適用於「理想的情境」，因此有許多限制的情境，這使得選項極容易以最長、最完整的陳述出現，許多具答題策略的學生填答時選的是字數的多寡，而非忠實呈現其真正的理解。那麼，這對於具有不同認知或判答能力的學生而言，是否會影響其答題行為呢？這亦是本研究關心的重要問題之一。

### 三、學生簡單及串聯電路心智模式的研究

心智模式是一種為了回答、解決問題或處理某種狀況所產生的動態結構(Vosniadou & Brewer, 1992)，當教師在傳達複雜系統或是抽象科學概念時，了解學生的心智模式有助於教師對學生學習困難的理解(邱美虹、翁雪琴, 1995)。因此，本研究嘗試從學生對電路的心智模式類型著手，以了解學生學習簡單及串聯電路概念的困難所在。從過去研究發現，學生在此主題的電流心智模式大致可分為四種，其分別為單極(unipolar)模式、撞擊(clashing current)模式、衰減(current consumed)模式及科學(scientist)模式(Osborne & Freyberg, 1985)。而後Magnusson、Boyle 與 Templin (1997)以前述研究為基礎，利用動態評量的方式，又進一步獲得學生交叉撞擊與共享兩種心智模式。此外，Chiu 和 Lin 則以多重類比的教學，針對學童電流心智模式的改變進行一系列的研究(邱美虹、林靜雯, 2002；Chiu & Lin, 2005)。研究結果歸納出學生簡單及串聯電路的心智模式可分為六大類與十二種子類型，其分別為單極、雙極、電流衰減、電流不變的科學模式、燈泡本身有電及不會發亮等。若將相關研究特別鎖定在五～七年級的學生，李賢哲與張蘭友(2001)和李賢哲、樊琳與張蘭友(2005)研究皆指出此階段的學童具有高比例之電流衰減的另有概念，認為電流會被燈泡消耗後變少，這和上述文獻中的衰減模式相當。而林靜雯(2008)的研究則發現五年級學生以共

享電流模式為最多，而七年級學生則以一般衰減模式為最多。此外，林靜雯與吳育倫(2011)的研究除綜合上述研究結果外，更多加了電路之「元件雙極性」來考量學生的電路心智模式運作，結果顯示，七年級較五年級學生缺乏「元件雙極性」概念，故較多「類科學」或「類雙極」的錯誤心智模式，且五年級學生之另有概念集中在交叉撞擊與燈泡有電，七年級學生則較多衰減與科學模式。而本研究對於簡單及串聯電路心智模式的歸類則主要奠基於林靜雯與吳育倫的研究，各種心智模式特徵之定義，研究者將於研究方法一節仔細說明。

## 參、研究方法

### 一、研究對象與流程

本研究之研究對象為新北市某國小兩班六年級，共 62 位學生。研究者依據學生電學學習成就測驗之成績，將兩班學生配對後，隨機分配至靜態圖文組與動態表徵組，以確保兩組學生之電學學習成就相當。而後，研究者先以紙筆測驗方式，同時對兩組學生進行簡單暨串聯電路診斷式測驗繪圖題，主要在於了解學生簡單及串聯電路之先備概念，進而再以一對一晤談方式分別對兩組學生進行簡單暨串聯電路診斷式測驗二階層試題，而在二階層試題部分，兩組唯一不同的地方在於靜態表徵組使用與一般紙筆測驗相同之文字與靜態圖片來進行電學診斷式測驗，而動態表徵組則使用文字與動畫來呈現測驗內容。晤談以類似 Predict-Observe-Explain (POE) 的方式進行。亦即：研究者先呈現二階層試題的題幹請學生 預測 可能的答案(predict)，再依序呈現第一層及第二層的答題選項，並請學生 觀察 答題選項和學生原有提供之可能答案間的異同(observe)，最後進一步 解釋 原有答案與提供選項之間的異同及最後選定何種選項的原因(explain)。每題作答完畢後，研究者會另外詢問學生對每題試題所設計表徵的意見，請其就作答時每種表徵如何影響其理解題意及判斷答案。每位學生之晤談時間約 25-35 分鐘。藉此，研究者欲進一步了解靜態圖文與動態表徵的介入對學生的影響。測驗結束後，將兩組學生依據簡單暨串聯電路診斷式測驗二階層試題具動態特質之題目之成績的平均值，各自再分為高成績與低成績兩組，平均值以上者為高成績，平均值以下者則為低成績，進行資料分析，以檢視動態表徵對學生答題情形的影響。

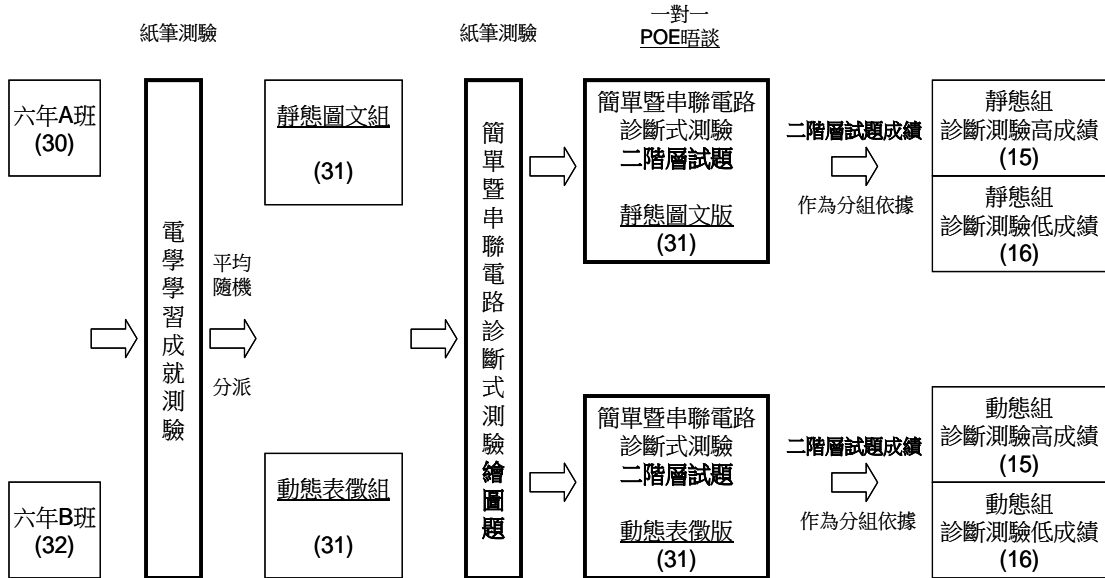


圖 1 研究對象與流程圖

## 二、研究工具

本研究所採用之研究工具有二，茲介紹如下：

### (一) 電學學習成就測驗

此測驗取自劉怡君(2010)所設計之電學知識測驗。該測驗卷共分為兩大題，第一大題主要是測驗學生對電的導體、通路與電路連接方式的判斷。判斷電的導體部分，每小題 2 分，共計 10 分，其餘則每小題 4 分，共計 28 分；第二大題則是測量學生對電學知識的理解程度，每小題 4 分，共計 64 分，整份測驗卷共計 102 分。該測驗經新北市某國小 30 位六年級學生預試後，其 Cronbach  $\alpha$  係數為 .81。

### (二) 簡單暨串聯電路診斷式測驗（以下簡稱診斷式測驗）

此測驗修改自林靜雯(2008)所設計的電學診斷式測驗卷，共分為兩部分。第一部分為繪圖題，測驗內容為三個簡單電路圖與三個串聯電路圖，以一般圖文

紙筆測驗進行。該部分主要是測量學生「通路」、「元件雙極性」與「電流方向」三種概念，目的在於了解學生對電學概念的先備知識情形。學生須針對每個電路圖進行兩階段的判斷，第一階段判斷該電路圖之燈泡是否發亮，第二階段則判斷該電路圖是否具備電流並繪出其電流方向。評分方式為每個電路圖之每個階段為 2 分，共計 24 分。第一部分繪圖題經臺北市某國小五年級與某國中七年級各一班學生(共 68 位)預試後，其 Cronbach  $\alpha$  係數為 .80(林靜雯、吳育倫，2011)。

第二部分則為二階層試題，第一階層主要測驗「現象」，第二階層則測驗該現象之「理由」。此部分共有四題，測驗內容涵蓋：串聯電路的電流模式、串聯電路之通路與斷路概念、電壓與電流的關係，以及電流與電阻的關係。其計分方式為現象與理由皆答對得 4 分，現象與理由答對其一得 2 分，「現象」與「理由」皆錯得 0 分，總計 16 分。

此外，本研究將第二部分二階層試題以靜態圖文和動態表徵兩種形式進行一對一 POE 晤談。動態表徵形式是指研究者將試題裡具備電流流動與燈泡亮度等動態特質，改以動畫呈現並輔助聲音逐字唸出題目，而靜態圖文則單純以文字和圖片呈現，不論何種測驗形式，其文字描述、圖片與欲測概念皆相同。第二部分二階層試題兩種形式測驗經預試後，其 Cronbach  $\alpha$  係數為動態表徵版 .80，靜態圖文版 .79。兩種表徵不同之處，礙於版面，本研究僅能以第 1 題之部分選項內容呈現表徵設計之差異，請見附錄一與附錄二。

### 三、資料分析

本研究分別針對研究目的進行量化與質性資料分析，茲分別針對質性與量化的分析詳述如下：

在質性資料分析上，主要分為心智模式的歸類，以及藉由晤談瞭解不同表徵形式如何影響學生答題的情形。有關心智模式的分析來自繪圖題，本研究依據 Chiu 和 Lin (邱美虹、林靜雯，2002；Chiu & Lin, 2005)對簡單及串聯電路電流模式六大分類，分別為 A.單極、B.雙極、C.電流衰減、D.科學、E.燈泡本身有電、O.不會亮，與林靜雯與吳育倫(2011)對「元件雙極性」概念分類的「類雙極」及「類科學」兩種模式，歸納並統計診斷測驗中高、低成績學生心智模式類型與比例(各心智模式特徵之定義請見表 1)。此部分資料之編碼由本文之第二



及第三作者分別進行，評分者信度為 1。而在不同表徵形式如何影響學生答題方面，研究者則針對 62 位學生晤談時的內容謄錄逐字稿，逐一歸納分類。此部分分析同樣由本文之第二及第三作者進行資料分析。第一次之評分者信度為 .958，其中若有歸類不一致之處，經兩位編碼者與第一作者進一步討論後達成共識。

表 1 簡單及串聯電路心智模式特徵摘要及編碼表(林靜雯、吳育倫，2011)

電流模式	特徵摘要
A.單極	不具封閉電路的概念，電流自電池的一端經由電線傳送到燈泡的底部
B.雙極	電池從兩極發出兩股電流流向燈泡，經撞擊或會合使燈泡發出光亮
Bq.類雙極	缺乏元件雙極性，電池從兩極發出兩股電流流向燈泡，經撞擊或會合使燈泡發出光亮
D.科學	具正確通路概念、電流方向
Dq.類科學	缺乏元件雙極性，具正確電流方向
E.燈泡本身有電	燈泡中本來就有電，但是電流必須重回電池補充電流才能繼續發光
O.不會亮	學生認為連接燈泡的兩條電線都必須直接連接到電池，燈泡才會亮。此持模式之學生尚未建立完整的通路概念，因此串聯電路的燈泡不會亮

而在量化分析上，則分為學生於繪圖題的得分表現，以及其於二階層試題的得分表現、另有概念分布情形和答對率。在繪圖題的得分表現上，研究者以平均值和標準差描述診斷測驗中高、低成績學生於繪圖題「通路概念」、「電流方向」及「總分」之得分表現，再經 Shapiro-Wilk 常態性檢定，顯示非常態分配( $p=.000$ )，因此以 U 考驗檢驗高、低電學診斷成績學生的得分表現。至於二階層試題的部分，研究者以百分比統計診斷測驗高、低成績學生另有概念的分布，進而以繪圖題分數為共變量，分別對診斷測驗中高、低成績學生，進行單因子共變數分析，檢驗不同表徵形式之測驗對學生在二階層試題中「現象」、「理由」與「總分」的得分情形。之所以採用單因子共變數分析之目的在於，

排除學生電學概念的先備知識對其於二階層試題上得分的影響，以確認靜態圖文組與動態表徵組學生之差異表現來自於表徵形式的不同。而在答題正確率部分，研究者則以百分比呈現診斷測驗高、低成績學生經不同表徵形式測驗後，在二階層試題各題上的答對情形。

## 肆、研究結果

### 一、六年級學生於簡單及串聯電路中所持有心智模式與得分

#### (一) 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路繪圖題之心智模式

本研究首先針對繪圖題部分來分析學生於簡單及串聯電路中持有的心智模式類型，其分析結果如圖 2 所示。研究結果顯示，在簡單電路的表現上，診斷測驗高成績學生在科學模式所持有的比例最高(53.3%)，其次為類科學模式(30.0%)，而診斷測驗低成績學生持有心智模式比例最高的亦為科學模式(40.6%)，次之為類科學模式(21.9%)；而在串聯電路的表現上，診斷測驗高成績學生在科學模式(50.0%)持有比例最高，其次則為類科學模式(30.0%)，診斷測驗低成績學生也是在科學模式(34.4%)所佔比例最高，其次亦為類科學模式(25.0%)，由上述可知六年級學生在簡單及串聯電路的部分，其所持有的心智模式集中在科學與類科學兩模式上，尤其是類科學模式與其他心智模式種類相較，所佔比例為次高，這顯示大多數學生雖已具備正確科學模式，但仍易忽略元件雙極性的概念。進一步將診斷測驗高成績學生與診斷測驗低成績學生作一比較發現，不論是簡單或是串聯電路，診斷測驗高成績學生持有正確科學模式的比例皆高於診斷測驗低成績學生，反之，診斷測驗低成績學生持有兩種以上混合心智模式的比例則高於診斷測驗高成績學生。另言之，診斷測驗高成績學生在簡單及串聯電路部分較診斷測驗低成績學生持有較高比例的科學模式，且較具心智模式一致性。

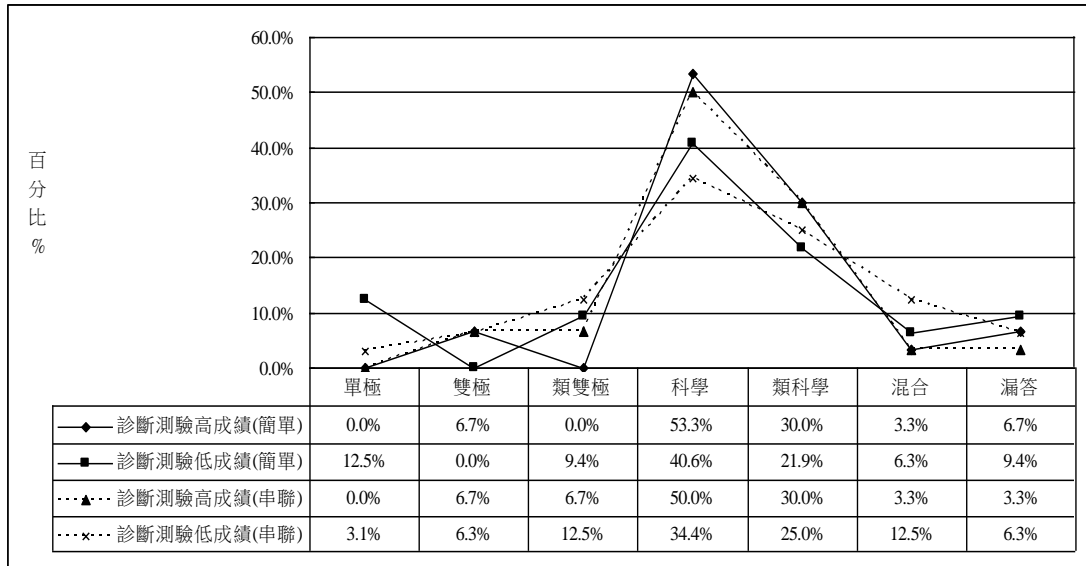


圖 2 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路中持有心智模式分布

## (二) 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路繪圖題之得分表現

再從六年級診斷測驗高、低成績之兩組學生在第一部分繪圖題的得分情形來看(見表2)，診斷測驗高成績學生於簡單電路總分的平均得分為10.20，診斷測驗低成績學生則為8.69；在串聯電路總分部分，診斷測驗高成績學生平均得分為9.80，診斷測驗低成績學生則為8.06。不論是簡單電路或是串聯電路，診斷測驗高成績學生在通路概念、電流方向或是總分上，其平均值皆高於診斷測驗低成績學生，尤其在串聯電路的電流方向與總分上，更達到顯著差異( $p < .05$ )。此外，兩組學生在簡單電路上的平均值皆高於串聯電路的平均值，顯示不論是診斷測驗高成績或是診斷測驗低成績學生，皆對於簡單電路的理解比串聯電路的理解佳。上述結果可與前一節「心智模式」分析結果相互呼應，亦即診斷測驗高成績學生持有科學模式比例高，相對得分也較診斷測驗低成績學生高；而診斷測驗高、低成績學生於簡單電路上持有科學模式比例高於串聯電路，其於簡單電路上的得分亦較高。

表 2 診斷測驗高、低成績學生於繪圖題之得分(U-test)

類別	簡單電路				串聯電路				Z	p 值		
	診斷測驗 高成績(30)		診斷測驗 低成績(32)		診斷測驗 高成績(30)		診斷測驗 低成績(32)					
	M (S.D.)	M.R	M (S.D.)	M.R	M (S.D.)	M.R	M (S.D.)	M.R				
通路 概念	5.27 (1.23)	34.75	4.63 (1.64)	28.45	-1.583	.113	5.13 (1.25)	34.88	4.44 (1.74)	28.33	-1.594	.111
電流 方向	4.93 (1.26)	35.50	4.06 (1.87)	27.75	-1.826	.068	4.67 (1.60)	36.23	3.63 (2.00)	27.06	-2.122	<b>.034*</b>
總分	10.20 (2.31)	35.37	8.69 (3.32)	27.88	-1.739	.082	9.80 (2.75)	36.17	8.06 (3.46)	27.13	-2.054	<b>.040*</b>

\* $p < .05$ 

## 二、動態表徵對六年級學生簡單及串聯電路另有概念、答對率與得分之影響

### (一) 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路二階層試題之另有概念的分布

研究者將六年級學生於二階層試題中各題選項之答題分布統計如表 3 所示。根據表 3 可知，在「1.串聯電路的電流模式」上，在診斷測驗高成績學生部分，靜態圖文組在「衰減模式」、「燈泡有電」、「雙極 B2」與「交叉撞擊」四種模式上所佔比例最高(皆為 20.0%)，而動態表徵組則是在「分享模式」上所佔比例最高(33.3%)；在診斷測驗低成績學生部分，靜態圖文組與動態表徵組學生則皆在「衰減模式」上所佔比例最高，分別為 37.5%與 68.8%。

在「2.串聯電路之通路與斷路」一題上，診斷測驗高成績之靜態圖文組於「電流流到斷路處停止，但因未形成通路，故燈泡不亮」所佔比例最高，為 46.7%，而動態表徵組則於正確選項「因斷路不會形成電流」上所佔比例最高，為 60.0%；診斷測驗低成績之靜態圖文組於「電流流到斷路處停止，但因未形成通路，故燈泡不亮」與「因斷路不會形成電流」上所佔比例最高，皆為 31.3%，而動態表徵組則於「電流方向正確，且會流到斷路處後才停止，有電流經過的燈泡會亮」所佔比例最高，為 62.5%。

在「3.電壓與電流的關係」上，診斷測驗高成績之靜態圖文組則於「電池體積大小影響電流多寡與使用時間，但不影響燈泡亮度」上所佔比例最高(46.7%)，

動態表徵組則於正確選項「電壓大小影響電流大小與燈泡亮度」上所佔比例最高(66.7%)。診斷測驗低成績之靜態圖文與動態表徵兩組皆有超過 50%的學生認為「電池體積大小會影響電流多寡與燈泡亮度」，其所佔比例分別為 87.5%、56.3%。

最後，在「4.電流與電阻的關係」該題上，診斷測驗高成績之靜態圖文與動態表徵兩組，以及診斷測驗低成績之動態表徵組，皆於「燈泡會消耗電流」上所佔比例最高，依序為 46.7%、33.3%、50.0%；而診斷測驗低成績之靜態圖文組則於「電線長短影響電流大小」該選項上所佔比例最高，為 62.5%。

表 3 診斷測驗高、低成績學生於二階層試題各題各選項之答題分布(%)

題目	第二層選項涉及之另有概念 (或科學概念)	診斷測驗高成績		診斷測驗低成績	
		靜態 圖文(15)	動態 表徵(15)	靜態 圖文(16)	動態 表徵(16)
1 串聯 電路 的電 流模 式	C1.衰減模式，電流方向正確，但電流經過燈泡後會衰減	20.0	26.7	37.5#	68.8#
	E.燈泡本身有電，且流經電池後電流更充沛	13.3	13.3	25.0	6.3
	B3.雙極模式，且兩燈泡間電流於電線中點反彈，電流沒有消耗	6.7	6.7	0.0	0.0
	B2.雙極模式，且兩燈泡間的電流會相互傳輸，燈泡會吸收電流	20.0	6.7	6.3	0.0
	D.科學模式	<b>6.7※</b>	<b>0.0※</b>	<b>0.0※</b>	<b>0.0※</b>
	C2.共享模式，電流方向正確，但電流被兩串聯的燈泡平分	6.7	33.3#	6.3	12.5
	B4.電流方向如交流電一樣形成交叉撞擊模式	26.7#	6.7	18.8	0.0
	O.連接燈泡兩端的電線沒有直接連接電池，燈泡不會亮	0.0	6.7	6.3	12.5
2 串聯 電路 之通 因斷路 與斷路 不亮	電流方向正確，且會流到斷路處後才停止，有電流經過的燈泡會亮	6.7	0.0	31.3#	62.5#
	電流由電池兩端出發，分別流到斷路處停止，有電流經過的燈泡會亮	6.7	0.0	18.8	0.0
	因斷路不會形成電流	<b>13.3※</b>	<b>60.0※#</b>	<b>31.3※#</b>	<b>6.3※</b>
	電流流到斷路處停止，但因未形成通路，故燈泡不亮	46.7#	26.7	0.0	18.8
	電流如交流電一般流動，分別流到斷路處停止	26.7	13.3	18.8	12.5

表 3 診斷測驗高、低成績學生於二階層試題各題各選項之答題分布(%)(續)

題目	第二層選項涉及之另有概念 (或科學概念)	診斷測驗高成績		診斷測驗低成績	
		靜態 圖文(15)	動態 表徵(15)	靜態 圖文(16)	動態 表徵(16)
3 電壓 與電 流的 關係	電池體積大小影響電流多寡與燈泡亮度	13.3	13.3	87.5#	56.3#
	電池體積大小影響電流多寡與使用時間，但不影響燈泡亮度	46.7#	6.7	0.0	12.5
	電線粗細會影響電流傳送量	6.7	6.7	0.0	12.5
	電壓大小影響電流大小與燈泡亮度	<b>33.3※</b>	<b>66.7※#</b>	<b>12.5※</b>	<b>12.5※</b>
	非上述答案	0.0	6.7	0.0	6.3
4 電流 與電 阻的 關係	電線長短影響電流大小	13.3	26.7	62.5#	43.8
	燈泡會消耗電流	46.7#	33.3#	25.0	50.0#
	燈泡會平分電流	20.0	6.7	0.0	0.0
	燈泡個數與電流大小成反比	<b>0.0※</b>	<b>6.7※</b>	<b>0.0※</b>	<b>6.3※</b>
	電線數量影響電流大小	20.0	20.0	12.5	0.0
	非上述答案	0.0	6.7	0.0	0.0

註：※表正確答案；#表該選項比例最高

## (二) 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路二階層試題之答對率

本研究進一步分析診斷測驗高、低成績學生在不同表徵的影響下，於診斷式測驗第二部分階層試題裡之答題情形。根據表 3 顯示，在第 1 題「串聯電路之電流流動方向」一題裡，雖然診斷測驗高成績學生中靜態圖文組之答對比例(6.7%)較動態表徵組(0.0%)高，但其答對比例並未超過 10.0%；診斷測驗低成績學生則不論是靜態圖文組或是動態表徵組之答對比例皆為 0.0%，顯示串聯電路的電流方向對六年級學生而言，仍然是相當難以理解的概念；在第 2 題「串聯電路之通路與斷路」上，診斷測驗高成績動態表徵組持有「斷路不會形成電流」的正確概念比例最高，為 60.0%，而靜態圖文組僅有 13.3%；診斷測驗低成績學生則為相反，靜態圖文組在正確概念上所佔比例最高，為 31.3%，動態表徵組則僅有 6.3%。顯示動態表徵對診斷測驗高成績學生與診斷測驗低成績學生造成

不同結果的影響。對診斷測驗高成績學生而言，動態表徵組的高答對率是否受動態表徵之影響，則需進一步分析學生口語晤談資料；在第 3 題「電壓與電流的關係」一題中，在診斷測驗高成績學生部分，有 66.7% 的動態表徵組持有正確概念，認為「電壓大小影響電流大小與燈泡亮度」，而靜態圖文組則低於動態表徵組學生，僅佔 33.3%。而在診斷測驗低成績學生部分，則兩組學生持有正確比例相當，皆為 12.5%，另言之，動態表徵於此題中僅影響對診斷測驗高成績學生的作答選擇；在第 4 題「電流與電阻的關係」上，診斷測驗高成績動態表徵組之答對比例相當低，僅有 6.7%，但仍比靜態圖文組的 0.0% 高；在診斷測驗低成績學生部分，動態表徵組之答對比例亦是相當低，僅有 6.3%，略高於靜態圖文組的 0.0%，顯示不論是診斷測驗高成績或是診斷測驗低成績學生對於電流與電阻間關係一主題的學習，仍為學習困難之所在。

### (三) 診斷測驗高、低成績學生於簡單及串聯電路二階層試題之得分

由表 4 可看出，在診斷測驗高成績學生部分，動態表徵組在「理由」和總分上之平均得分明顯高於靜態圖文組，而在診斷測驗低成績學生部分，不論在「現象」、「理由」或是總分上，兩組學生之平均得分皆為相近。本研究為進一步了解表徵差異是否影響學生得分情形，以診斷式測驗第一部分繪圖題之總分作為共變數，實驗組別作為自變項，依變項則分別為診斷式測驗第二部分二階層試題之「現象」分數、「理由」分數以及總分，分別針對診斷測驗高成績與診斷測驗低成績學生進行單因子共變數分析。

表 4 診斷測驗高、低成績學生於二階層試題之得分情形

題號	診斷測驗高成績		診斷測驗低成績	
	靜態圖文組(15) <i>M(SD)</i>	動態表徵組(15) <i>M(SD)</i>	靜態圖文組(16) <i>M(SD)</i>	動態表徵組(16) <i>M(SD)</i>
1-1	1.33(0.98)	1.07(1.03)	0.63(0.96)	0.25(0.68)
1-2	0.13(0.52)	0(0)	0(0)	0(0)
2-1	1.73(0.70)	2.00(0)	1.00(1.033)	0.75(1.000)
2-2	1.20(1.01)	1.73(0.70)	0.63(0.96)	0.50(0.89)
3-1	1.73(0.70)	1.60(0.83)	0.25(0.68)	0.75(1.000)
3-2	0.67(0.98)	1.33(0.98)	0.25(0.68)	0.25(0.68)
4-1	1.07(1.03)	0.80(1.01)	0.38(0.81)	0.75(1.000)
4-2	0(0)	0.13(0.52)	0(0)	0.13(0.50)
現象	5.87(1.19)	5.47(1.60)	2.25(1.61)	2.50(1.71)
理由	2.00(1.85)	3.20(1.27)	0.88(1.03)	0.88(1.03)
總計	7.87(2.07)	8.67(2.23)	3.12(2.31)	3.37(2.03)

在進行共變數分析前，本研究分別針對診斷測驗高成績與診斷測驗低成績學生進行迴歸同質性考驗，分析結果顯示診斷測驗高成績學生在診斷式測驗第二部分階層試題之「現象」( $F=0.121$ ,  $p=.731$ )、「理由」( $F=1.733$ ,  $p=.200$ )及總分( $F=1.428$ ,  $p=.243$ )上皆未達顯著差異( $p>.05$ )，而診斷測驗低成績學生在診斷式測驗第二部分階層試題之「現象」( $F=0.001$ ,  $p=.975$ )、「理由」( $F=0.946$ ,  $p=.339$ )及總分( $F=0.135$ ,  $p=.716$ )上也皆未達顯著差異( $p>.05$ )，表示在診斷測驗高成績與診斷測驗低成績學生裡，動態表徵與靜態圖文兩組學生具有同質性。

經過單因子共變數分析後，診斷測驗高成績學生於動態表徵組在「理由」上之表現優於靜態圖文組(見表 5)；而診斷測驗低成績學生之研究結果則顯示兩組學生在「現象」、「理由」與總分上，皆未達顯著差異(見表 6)。由上述可知，診斷測驗高成績學生在「理由」的答題上，較能從動態表徵所提供的資訊中提取能理解的訊息，而對診斷測驗低成績學生而言，該差異則較不顯著。



表 5 診斷測驗高成績學生於二階層試題之「現象」、「理由」及總分之共變數分析摘要表

變異來源		依變數	SS	df	MS	F	p
診斷測驗 高成績 N=30	共變量 (繪圖題)	現象	0.207	1	0.207	0.101	0.753
		理由	0.368	1	0.368	0.143	0.709
		總分	0.023	1	0.023	0.005	0.945
	組別 (實驗法)	現象	1.293	1	1.293	0.633	0.433
		理由	11.211	1	11.211	4.348	<b>0.047*</b>
		總分	4.889	1	4.889	1.024	0.321
	組內 (誤差)	現象	55.167	27	2.043		
		理由	69.621	27	2.579		
		總分	128.955	27	4.776		
	總計	現象	1020.000	30			
		理由	284.000	30			
		總分	2184.000	30			

表 6 診斷測驗低成績學生於二階層試題之「現象」、「理由」及總分之共變數分析摘要表

變異來源		依變數	SS	df	MS	F	p
診斷測驗 低成績 N=32	共變量 (繪圖題)	現象	1.019	1	1.019	0.362	0.552
		理由	10.618	1	10.618	15.007	0.001
		總分	18.215	1	18.215	4.347	0.046
	組別 (實驗法)	現象	0.821	1	0.821	0.291	0.593
		理由	0.364	1	0.364	0.514	0.479
		總分	2.278	1	2.278	0.544	0.467
	組內 (誤差)	現象	81.660	29	2.816		
		理由	20.518	29	0.708		
		總分	121.508	29	4.190		
	總計	現象	264.000	32			
		理由	56.000	32			
		總分	480.000	32			

### 三、不同表徵形式如何影響診斷測驗高、低成績學生答題的情形

無論診斷測驗中高、低成績，學生在表徵協助理解題意的自陳裡，動態表徵組所持肯定比例皆較靜態圖文組高，顯示動態表徵的確有助於學生理解題意(各比例分布請見表 7)。而在協助判斷答案上，雖然動態表徵組所持肯定比例同樣較靜態圖文組高，但此差距在診斷測驗低成績學生中差距不大。若將此結果進一步與學生答題表現對照，發現無論診斷測驗中高、低成績學生之得分表現(見表 4)，動態表徵融入測驗的組別成績皆較高，但僅診斷測驗高成績學生達顯著，量化結果與學生自陳兩者呼應。進一步從晤談歸納學生對兩種表徵形式所包含內容的看法，發現協助診斷測驗高成績學生判斷答案及理解的表徵都較為多元且平均，而診斷測驗低成績學生則有較為集中的情形，其中，靜態圖文組大多依賴文字，而動態表徵組則主要依賴動畫，其次才是文字。此結果亦符合本研究原始欲設計動態表徵協助閱讀或認知能力較低之學生理解題意之初衷。

表 7 診斷測驗高、低成績學生對不同表徵形式於答題時協助情形之百分比統計

	診斷測驗高成績						診斷測驗低成績					
	動態表徵組 (15)			靜態圖文組 (15)			動態表徵組 (16)			靜態圖文組 (16)		
	是	否	未提	是	否	未提	是	否	未提	是	否	未提
表徵協助理解題意	51.7	3.3	45.0	20.0	6.7	73.3	62.5	14.1	23.4	35.9	10.9	53.1
表徵協助判斷答案	38.3	6.7	55.0	25.0	1.7	73.3	59.4	1.6	39.1	51.6	9.4	39.1
文字	34.3			50.0			34.6			84.6		
表徵 圖片	24.3			50.0			14.8			15.4		
內容 聲音	15.7			--			6.2			--		
動畫	25.7			--			44.4			--		
小計(%)	100.0			100.0			100.0			100.0		

## 伍、結論與建議

本研究發現當未考量電流強度時，無論是診斷測驗高成績或是診斷測驗低成績之六年級學生，其簡單及串聯電路模式多為科學模式或類科學模式。研究者認為學生不正確的心智模式之所以以「類科學模式」為主，乃因為缺乏電路元件雙極性所致，因此建議教師在介紹電學單元時，應在實作時強調燈泡與電線的連結方式，以加強學生此一概念，應能減少類科學模式的情形。此外，診斷測驗低成績學生所持有之混合模式比例較高，此部分則建議教師以模型的觀點進行電學教學，以協助診斷測驗低成績學生進行概念的連結，而能形成較為一致性的心智模式。

至於動態表徵融入二階層試題對診斷學生簡單及串聯電路所產生的影響，研究者發現無論高、低診斷學生之另有概念分布情形、得分表現與答題正確率上皆有影響，且動態表徵較有助於診斷測驗高成績學生提升答對率，在「理由」部分之得分甚至達顯著差異。

最後從學生自陳發現，無論診斷測驗中高、低成績，學生皆認為動態表徵有助於判答及理解題意，若進一步比較動態表徵組與靜態圖文組之自陳比例，則發現診斷測驗高成績學生在協助判答上的自陳及診斷測驗低成績學生在協助理解題意上的自陳差距較大，此結果與量化結果相呼應。若和林靜雯與吳育倫(2011)的研究相較，則診斷測驗高成績學生之表現與七年級生類似，而診斷測驗低成績學生之表現則與五年級生之結果雷同。進一步晤談學生對兩種表徵形式所包含內容的看法，發現協助診斷測驗高成績學生之表徵來源較為多元且平均，而影響診斷測驗低成績學生則較為集中，且有動畫呈現時，較為依賴動畫。因此建議教育工作者未來在設計與動態表徵相關評量時，應考量學生對表徵理解、轉換的認知能力，才能對學生的先備概念診斷或學習成就狀況有較為適切的理解，方能進一步奠基於此設計教學，協助學生學習。

## 致謝

本研究特別感謝國科會科教處專題研究計畫 NSC 97-2628-S-678-001-MY2、NSC 99-2511-S-133-002-MY3 經費補助，此外亦感謝劉怡君老師協助資料收集。

## 參考文獻

- 李賢哲、張蘭友(2001)。國小學童「電池」概念之探究—理論與實證。*科學教育學刊*，**9**(3)，253-280。
- 李賢哲、樊琳、張蘭友(2005)。國小學童「電池」概念之診斷—以兩段式選擇題為例。*科學教育學刊*，**13**(3)，263-288。
- 林靜雯、吳育倫(2011)。探討動態表徵結合即時回饋系統於診斷學生簡單及串聯電路之另有概念上的影響。*教育與心理研究*，**34**(1)，79-107。
- 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。
- 邱美虹、林靜雯(2002)。以多重類比探究兒童電流心智模式之改變。*科學教育學刊*，**10**(2)，109-134。
- 邱美虹、翁雪琴(1995)。國三學生「四季成因」之心智模式與推論歷程之探討。*科學教育學刊*，**3**(1)，23-68。
- 陳盈吉、邱美虹(2004，12月)。探究動態類比對於科學概念學習與概念改變歷程之研究--以國二學生學習氣體粒子概念為例。論文發表於中華民國第二十屆科學教育學術研討會，國立高雄師範大學。
- 彭聃齡、張必隱(2000)。*認知心理學*。臺北市：東華書局。
- 劉怡君(2010)。不同表徵形式測驗對診斷學生簡單及串聯電路心智模式的影響(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。
- 劉嘉茹、侯依伶(2004)。國三學生板塊構造運動概念學習之心智狀態研究。*科學教育學刊*，**12**(4)，399-420。
- 鍾曉蘭、邱美虹(2006年12月)。探究高二學生理想氣體中混合氣體的心智模式與概念改變。論文發表於中華民國第二十二屆科學教育學術研討會，國立臺灣師範大學。
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, *32*(7), 939-961.
- 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.

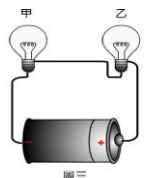
- Gentner, D., & Stevens, A. (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Griffard, P. B. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211.
- Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157-176.
- 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.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.
- Palmer, S. E. (1977). Foundational aspects of cognitive representation. In E. Rosch & B. B. Loyd (Eds), *Cognition and categorization* (pp. 259-303). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Association.
- Park, O. C., & Gittelman, S. S. (1992). Selective use of animation and feedback in computer-based instruction. *Educational Technology, Research and Development*, 40(4), 27-38.
- Park, O. C., & Hopkins, R. (1993). Instructional conditions for using dynamic displays: A review. *Instructional Science*, 21, 427-449.
- Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. J. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade 11 and 12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 301-314.

- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (2000). Addressing standing misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies. *International Journal of Science Education*, 22(5), 521-537.
- Skopeliti, I., & Vosniadou, S. (2007). Reasoning with external representations in elementary astronomy. In S. Vosniadou, D. Kayser, & A. Protopapas (Eds.), *Proceedings of the European cognitive science conference 2007* (pp. 244-249). London: Taylor and Francis.
- Treagust, D. F. (1995). Diagnostic assessment of students' science knowledge. In S. M. Glynn & R. Duit. (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 327-346). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tsai, C. C. (2000). Relationships between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments. *Educational Research*, 42(2), 193-205.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.

附錄一 簡單暨串聯電路診斷式測驗二階層試題之靜態圖文版試題部分舉隅

預測 (P)

Q1.圖三中是相同的兩個燈泡，有關燈泡的亮度情形為何？為什麼？

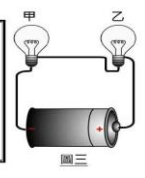


圖三

觀察 (O1)：現象

Q1.圖三中是相同的兩個燈泡，有關燈泡的亮度，以下哪個敘述最合理？

- A. 甲比較亮。
- B. 乙比較亮。
- C. 兩個燈泡一樣亮。
- D. 兩個燈泡都不會亮。



圖三

若選擇 A 現象  
↓  
出現 A 之理由

觀察 (O2)：理由

A. 甲比較亮

A1. 因為電流從電池「-」極出發，先經過甲，被甲先拿走了，只剩下一點點再經過乙。

A2. 因為甲有電，電流從甲出發，接著被乙拿走了，回到電池，電池又補充了電，所以甲變得比較亮。

若選擇 B 現象  
↓  
出現 B 之理由

觀察 (O2)：理由

B. 乙比較亮

B1. 因為電流從電池「+」極出發，先經過乙，被乙先拿走了，只剩下一點點再經過甲。

B2. 因為乙有電，電流從乙出發，接著被甲拿走了，回到電池，電池又補充了電，所以乙變得比較亮。

附錄二 簡單暨串聯電路診斷式測驗二階層試題之動態表徵版試題部分舉隅

預測 (P)

Q1.圖三中是相同的兩個燈泡，有關燈泡的亮度情形為何？為什麼？

圖三



觀察 (O1)：現象

Q1.圖三中是相同的兩個燈泡，有關燈泡的亮度，以下哪個敘述最合理？

A. 甲比較亮。  
B. 乙比較亮。  
C. 兩個燈泡一樣亮。  
D. 兩個燈泡都不會亮。

圖三

若選擇 A 現象  
↓  
出現 A 之理由

觀察 (O2)：理由

若選擇 B 現象  
↓  
出現 B 之理由

觀察 (O2)：理由

A. 甲比較亮

A1. 因為電流從電池「+」極出發，先經過甲，被甲先拿走了，只剩下一點點再經過乙。

A2. 因為甲有電，電流從甲出發，接著被乙拿走了，回到電池，電池又補充了電，所以甲變得比較亮。

B. 乙比較亮

B1. 因為電流從電池「+」極出發，先經過乙，被乙先拿走了，只剩下一點點再經過甲。

B2. 因為乙有電，電流從乙出發，接著被甲拿走了，回到電池，電池又補充了電，所以乙變得比較亮。



# The Impact of Integrating Dynamic Representations in a Two-tier Test on Diagnosing Students' Answering in Simple and Series Circuits

Jing-Wen Lin\* Yu-Lun Wu Yen-Ching Lin

Department of Natural Science, Taipei Municipal University of Education

\*[jwlin@tmue.edu.tw](mailto:jwlin@tmue.edu.tw)

## Abstract

The aims of this study are: (1) to investigate students' understanding of simple and series circuits; (2) to explore the impact of integrating dynamic representations into a two-tier test. Sixty-two sixth grade students in New Taipei City were grouped into pairs according to their achievement test of electricity, and then they were assigned randomly to either a dynamic representation or a static representation test group. All of the students were interviewed individually by using a POE technique to investigate the influence that integrating dynamic representations had on students' answers. The results showed that most students lacked an understanding of bipolar circuit components due to the high percentage of quasi-scientific models. It was observed that the integrating of the dynamic representations would have an effect on the students' alternative conceptions of these test items, and their score in the second tier, the reason tier, were significantly higher than the static representation group. On the other hand, there was no significant differences between the two groups in the lower score bracket. In summary, when dynamic representations are included in a two-tier test, students in the higher test score bracket had more clues with which they could use to formulate their answers; while students in the lower ones were found to have better understanding of the meanings of the test questions.

Keywords: two-tier test, alternative conception, dynamic representation, answering, simple and series circuit

