

# 以 Flash 電腦動畫輔助教學促進國三學生 電流概念改變

蔡嘉興<sup>1,2</sup> 周進洋<sup>2</sup> 連坤德<sup>3</sup>

<sup>1</sup>高雄市立明義國中

<sup>2</sup>國立高雄師範大學 科學教育研究所

<sup>3</sup>私立和春技術學院 電子工程學系

**摘要：**由於電流概念具有高度抽象性及複雜性，經常導致學生的學習困難；而運用電腦動畫的方式，可以將抽象的概念具體化，是協助學生學習此一概念的有效方法。據此，本研究選取國中三年級學生 50 名，根據電流概念理解的相關文獻，設計電腦動畫輔助教學教材 (FCAAI)，透過二段式問卷診斷的前測和後測比較，輔以概念晤談，分析學生具有的另有概念類型與其形成原因，並比較個案學生在 FCAAI 教學前後的概念改變情形。研究結果顯示：

1. 學生的電流另有概念類型包括：(1) 消耗模式；(2) 能量守恆模式；(3) 局部推理模式；(4) 機械記憶模式；(5) 斷路模式等五類。
2. 電流另有概念的成因包括了：(1) 專有名詞的混淆；(2) 教學的影響；(3) 概念的交互作用；(4) 缺乏整體性的觀點。
3. FCAAI 的教學能夠有效地促進學生的電流概念學習，在「消耗模式」、「局部推理」和「機械記憶模式」的另有概念上，教學成效較為顯著；但在「能量守恆模式」的另有概念上，效果較不明顯。

**關鍵字：**Flash 電腦動畫、電流、另有概念

## 壹、緒論

由於電流概念具有高度的抽象性、複雜性、不可見的特性，經常導致學生的學習困難，因此學生的電學概念一直是心理學與教育的研究焦點 (C. H. Tsai, Lain & Chou, 2005, submitted; 邱美虹和林靜雯, 2002; 蔡嘉興、連坤德和周進洋, 2003)。為了促進學生的電流概念學習，國內外許多的學者開發了許多概念改變的教學策略 (Arnolds & Millar, 1987; C. C. Tsai, 2003; Dupin & Johsua, 1985; Grayson, 1996; Lee & Law, 2001; Shepardson & Moje, 1999; 邱美虹等人, 2002); 此外，國內的國中理化課程安排，也將電學從國二

移到國三，期望在學生認知發展到更成熟的抽象思考階段時，再學習此一課程，但學生的概念理解情形始終不理想。

根據劉俊庚 (2002) 對近 30 年來知名科學教育期刊所做的後設分析顯示，在促進電流概念改變的教學策略上，電腦動畫是研究者最常採用的教學模式，所占之比率為 19.6%。張國恩 (1999) 也指出將資訊科技應用在教學上，可以將抽象化的教材轉成視覺化的教材，提供學校無法提供問題解決與環境，引起學生的學習動機，並幫助學生自我診斷與自我評量。而電流概念的抽象性和不可見的特性，恰好可以 Flash 電腦動畫來克服，因此研究者擬以 Flash 電腦動畫輔助教學 (Flash

Computer Animation Assistant Instruction, FCAAI) 來促進學生電流概念之學習。

本研究的目的是在利用二段式問卷診斷學生的電流另有概念類型，並輔以晤談，以瞭解另有概念的成因；根據文獻探討中，學生對電流概念可能具有的另有概念，融合認知衝突的策略，以 FCAAI 來促進學生電流概念學習。因此本研究的研究問題如下：

- 一、學生具有的電流另有概念類型為何？
- 二、學生的電流另有概念之形成原因為何？
- 三、在 FCAAI 的教學前、後，學生電流概念改變情形為何？

### 參、文獻探討

本研究的旨趣是以 FCAAI 來促進學生電流概念學習，以下將探討電流概念的相關研究與電腦動畫教學的文獻，作為本研究的理論基礎。

#### 一、電流概念的相關研究

##### (一) 電流另有概念的類型

電流概念是學習電學的重要基礎，且由於電流概念具有高度的抽象性和不可見的特性，因此一直是科學教育研究的重要議題之一。Osborne (1981, 1983) 是電流概念研究的先驅，他對學生的電流概念進行了深入且完整的探討，確認了學生具有五種主要的另有概念，如圖 1 所示，分別是單極模式 (the unipolar model)、撞擊模式 (the clashing model)、衰減模式 (the attenuation model)、共享模式 (the sharing model)、科學模式 (the scientific model)，其意義整理如表 1 所示。

Shipstone (1984, 1985) 則進行了跨年齡的研究，他比較了 11~17 歲學生的電流概念理解，歸納出了四種另有概念的類型，包括了：1. 碰撞電流模式 (clashing currents model)、2. 單向不守恆模式 (unidirectional nonconservation model)、3. 共享模式、4. 科學模式。此一結果與 Osborne (1981, 1983) 的研究結果類似，但並未出現單極模式，這四種另有概念隨年齡變化的趨勢，如圖 2 所示。其中電流

### 貳、研究目的與研究問題

不守恆模式，也稱為電流消耗模式，是比例最高的另有概念，各年齡擁有此種另有概念的比例都在 40% 以上，在 14 歲時達到最高 (60%)。而碰撞模式則隨年齡逐漸降低，表示此一模式最容易透過教學來加以改變。

Shipstone, Rhöeneck, Jung, Kärrqvist, Dupin, Johsua 和 Licht (1988) 在歐洲五個國家進行了電學概念的跨國研究，研究結果顯示，儘管這些國家的教育體制和語言都不盡相同，但學生所遭遇的學習困難卻是極為相似的。尤其是消耗模式的另有概念，即使在經過正式的教學 (formal instruction) 後，學生仍然持有這種另有概念。

Magnusson 等人 (1997) 認為過去的研究主要聚焦在簡單電路與串聯電路的電流，對並聯電路的探究較少，因此以動態評量 (dynamic assessment) 和潛能發展區 (zone of proximal development, ZPD) 的觀點來促進學生的並聯電流概念學習；他們以電流是單向或雙向作為分類依據，確認了八種不同的概念理解模式，如圖 3 所示。其中雙向迴路概念的模式包括了撞擊模式、彈跳模式 (bouncing model)、蜿蜒模式 (serpentine model)、分支模式 (branching model)；單向迴路概念的模式包括了彈跳模式、繞圈模式 (loop model)、蜿蜒模式和科學模式，其意義整理如表 2 所示。

綜合以上的文獻結果，研究者大都聚焦於簡單電路或串聯電路，對並聯電路的研究較少；雖然 Magnusson 等人 (1997) 同時探究了學生對串聯電路與並聯電路的想法，但他們只分析了並聯電路的電流方向，但並未探討並聯電流的大小；再者，即使 Magnusson 等人同時研究了串聯與並聯概念，但並未將學生的電流概念作一整體的分析。因此，在本研究中，研究者除了對並聯電路的電流大小探討外，並將統整分析學生在簡單電路、串聯電路和並聯電路間想法的相似性和相異性。

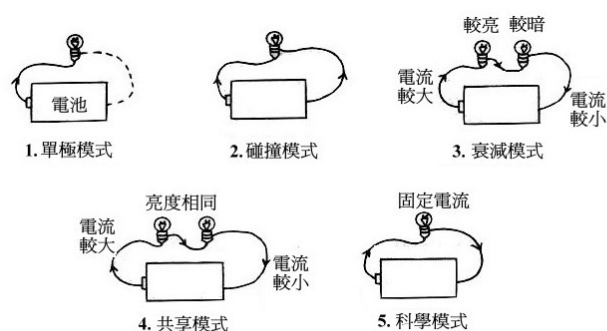


圖1 學生電流概念的五種類型 (引自 Osborne, 1981, 1983)

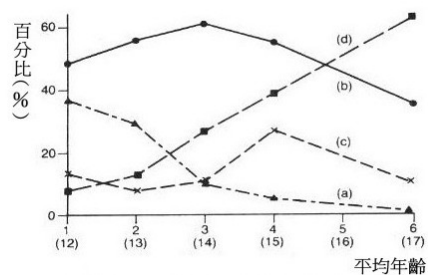


圖2 年齡與電流另有概念的關係(引自Shipstone, 1984)

表 1：簡單電路與串聯電路中電流另有概念的類型

另有概念的類型	概念理解的內容描述
單極模式	電流由電池的正極出發，經過導線至燈泡，而此時電流完全消耗完畢；因此僅一條電線便可以使燈泡發亮，沒有電流會流回電池的負極。
撞擊模式	電流由電池的正、負極同時出發，在燈泡處相撞，使燈泡發亮，並用光所有的電流。
衰減模式	電流在電路中以單方向流動，通過燈泡時，用掉部分的電流，因此流回電池的電流較少。
共享模式	在串聯電路中，流出電池的電流較大，經過燈泡後，電流變小，但電路中的燈泡電流是相等的。
科學模式	電流由電池正極流出，且在電路中保持定值，最後流回電池的負極。

表2：學生對並聯電路電流的概念理解模式

概念理解類型	概念理解內容的描述	
雙向電流概念	撞擊模式	電流由正、負極同時流出，在燈泡處相互撞擊而使得燈泡發亮。
	彈跳模式	學生將串聯電路的概念應用在並聯電路上，具有完整迴路的觀念；但電流可由電路的一端跳躍到另一端，而不需經過燈泡，電流使燈泡發亮的角色變得模糊。
	蜿蜒模式	電流由正、負極同時流出，在電路中以S形的方式蜿蜒流動，最後回到電池，形成完整的迴路。
	分支模式	電流會在電路分支處分流，但與科學模式相比，此模式的學生認為電流是由正、負極同時流出。
單向電流概念	彈跳模式	此模式與雙向電流概念的彈跳模式相同，但電流僅由正極流出。
	繞圈模式	電流由正極流出，流經所有的燈泡使其發亮，然後流回電池；但有時會跳過某些導線或重複流經某些導線。
	蜿蜒模式	此模式與雙向電流概念的蜿蜒模式相同，電流蜿蜒的流經整個迴路，但電流僅由正極流出。
科學模式	電流由正極流出，在電路分支處分流，流經所有燈泡後回到電池，但電流大小的概念不一定正確。	

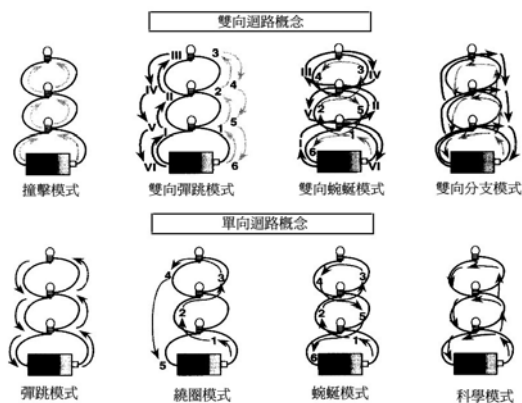


圖3 學生並聯電路的概念理解類型(引自Magnusson等人, 1997)

(二) 電流另有概念的形成原因

然而，瞭解學生具有何種另有概念，並不意謂著科學教育學者或教師就可以促進學生的概念改變。因此，國內外許多學者開始探究學生另有概念的形成原因 (Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; Closset, 1984; Grayson, 1996; Liégeois & Mullet, 2002; Pine, Messer & John, 2001; Shipstone et al., 1988; C. H. Tsai et al., 2005; 蔡嘉興等人, 2003)。綜合上述文獻的結果，研究者整理出學生電流概念的理解困難，包括了下列三種原因：

1、混淆電流的「物質」和「能量」面向

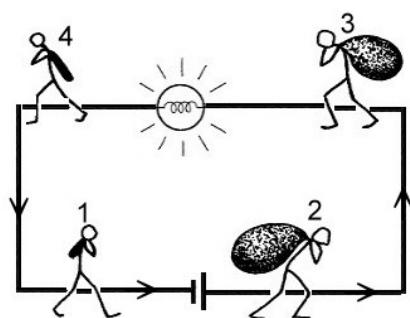


圖4 電流與電流熱效應教學模式示意圖

在學生所具有的電流概念理解中，電流消耗模式（或稱為電流衰減模式）是最常出現的另有概念，也是最頑固、最難以透過教學來加以改變 (Shipstone et al., 1988; C. H. Tsai et al., 2005; 蔡嘉興等人, 2003)。這是因為電流同時具有了「物質」和「能量」兩種性質 (Grayson, 1996)，這種衝突的觀點，經常造成學生的學習困

難。

這種對立觀點可能源自於教學，大多數的電流與電流熱效應之教學，都是以圖 4 的方式來進行。圖中的人代表電路中的帶電粒子，人的移動表徵了電流的形成（物質面向）；而人身上所背的包裹表徵粒子的能量（能量面向），當人通過燈泡時，包裹的量變小，也就是說能量被燈泡消耗掉。在這樣的類比教學中，電流同時具有「物質」與「能量」面向的隱喻，可能導致學生的概念混淆，造成另有概念。

2、缺乏整體性的觀點

過去的研究指出，在解決電路問題時，學生通常使用局部推理 (local reasoning) 和順序推理 (sequence reasoning) 的方式，來處理電學問題 (Cohen et al. 1983; Closset, 1984; Liégeois et al., 2002)。學生無法將電路中所有的元件看成整體來思考，而事實上這些電路元件都是相互關聯的 (interdependent)。

使用局部推理方式的學生，將電路的每一部份單獨地處理。例如，在圖 5 的電路中，電池、安培計、電阻與其伏特計都是個別的元件，彼此沒有關聯。而持順序推理的學生，則會依照電路的順序先後來處

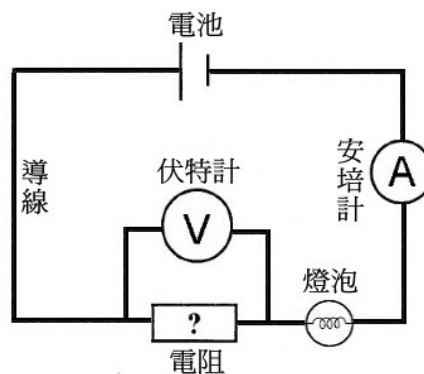


圖5 電路教學示意圖

理電路的元件，也就是說，學生會首先處理電路右邊的安培計、接著是燈泡、電阻和其伏特計；這樣的方式造成先處理的電路元件所造成的結果，會影響後來的元件，但後來處理的元件對先前的元件卻沒有任何影響 (Liégeois et al., 2002)。

不管是局部推理或順序推理，這兩種類型的學生採用的解題方法，傾向於把整個

電路分解成一個、一個獨立的單位，分別地加以處理，當每一個元件都處理完畢後，部分的總和就等於整體的結果，這種觀點缺乏了整體性的觀點，導致了另有概念的形成。

### 3、串聯與並聯電路的混淆

對於串聯電路與並聯電路，學生時常區分不清，最常出現的狀況是，以相同的模式來解釋串聯與並聯電路（Shipstone et al., 1988）。因此，在並聯電路中，學生也持有電流恆定的觀點，他們認為在並聯電路中任一處的電流都是相等的（C. H. Tsai et al., 2005）。在這一點上，與 Pine 等人（2001）的研究結果相符，他們指出學生的另有概念具有「過度通則化（overgeneralization）」的現象，會將串聯的概念普適化成適用於所有的電路。

## 二、電腦動畫是促進概念學習的有效教學策略

### （一）電腦動畫輔助教學的優勢

Chang（2003）提到了電腦在教育中的重要地位，他指出在儲存、提取和處理資料以及科學教學與學習中，電腦都扮演了重要的角色。美國科學促進協會（American Association for the Advancement of Science, AAAS, 1993）指出，科學素養（science literacy）包括了能夠有自信地使用電子工具，且學生應該儘早學習電腦，並盡可能地使用在許多不同的情境中。此外，美國國家科學教育標準（National Science Education Standards）也強調，多樣化的科技，例如測量工具、計算機應該是科學研究的完整要素之一；以電腦來收集、分析和呈現資料，也是這個標準的一部份（NRC, 1996）。由此可見電腦科技在教學與學習中的重要性。

近年來，資訊科技的蓬勃發展，已促使整個世界迅速邁向資訊化社會，如何善用資訊科技已是世界各國邁向二十一世紀的重要關鍵，教育當然也無法自外於此一世界潮流。Fishman 和 Duffy（1992）指出電腦科技可將日常生活相關問題活潑的呈現，並且可依不同背景的學習者準備不同的學習題材和學習活動，使得教師可進行更有效率的教學活動。根據當前盛行的學習理論，概念的學習是基於認知心理

學研究的建構論，也就是說知識的獲取必須經由學生在學習過程中，從知識的表徵（包括符號、圖形）與學生本身的心智模式互動中去建構，並重組其心理的概念結構，而電腦科技正是可將複雜的真實世界情境以多重表徵的方式呈現出來，使得學習者可依個人需求，在擬真的情境中，選取易理解的表徵來建構個人知識（Roblyer, Edwrads & Havriluk, 1997）。因此，善用資訊科技融入教學能有效幫助學生建構知識。

Zietsman 和 Hewson（1986）也指出了電腦動畫的兩種優勢。第一，真實經驗是很難重覆、太過複雜、發生的太快，以致難以觀察，因此可以利用電腦動畫的方式，重覆學生的經驗；第二，電腦可以給予測驗來診斷學生的概念，並且利用此結果來修正教學，也就是可以對學生的學習情形給予立即的回饋。同樣地，Hameed, Hackling 和 Garnett（1993）則認為利用微電腦在概念改變的教學上至少具有兩種益處，首先，微電腦可用來提供個別化的教學，它能夠讓學生以他最適當的學習速度來學習，並且提供學生個人化的迴饋；第二，電腦可以相當有效率地模擬許多科學現象，例如粒子行爲、電流、熱傳播等無法看見的事件，在電腦動畫的輔助下，變得可見到，讓學生更容易接近，獲得第一手的科學經驗。

除了具有上述的優點之外，電腦動畫教學還符合的二元編碼理論（dual-coding theory）（Paivio, 1991）；此一理論假設學習將接收到的訊息，以口語或視覺的心智表徵（verbal or visual mental representation）儲存起來。因此，圖像教學比純文字教學更有優勢，其原因在於文字是以口語來編碼，而圖像則是以視覺和口語來編碼的。所以可預期的是圖像較容易回憶，這是因為即使其中一種心智表徵遺忘了，還有另一種表徵可提供提取（Sanger & Greenbowe, 2000）。

### （二）以電腦動畫促進科學概念學習

許多的研究都證明電腦動畫是有效的概念改變教學策略（Zietsman et al., 1986; McDermott, 1990; Gorsky &

Finegold, 1994; Tao & Gunstone, 1999; Sanger et al., 2000; Yang, Andre & Greenbowe, 2003) Sanger 和 Greenbowe (2000) 利用電腦動畫概念改變的教學策略在電化學的學習上，研究的結果顯示，電腦動畫與概念改變教學策略具有明顯地效益。在先前有 55% 的學生認為溶液中具有電子，14% 的學生認為鹽橋內具有電子。經過教學後，比例分別只剩 9% 和 2% 而已。因此，他們認為電腦動畫在協助學生屬於分子層次的化學過程具有相當好的效益。

Park 和 Gittelman (1992) 發現若對符合動畫特質的知識內容（像是電路電流）進行動畫教學，則會比靜態圖形有更好的學習成效。Baek 和 Layne (1988) 研究指出動畫配合文字說明的學習成效顯著優於靜態圖形配合文字說明也顯著優於只有文字說明的教學。在設計動畫時，應在足以清楚解釋主題範圍內，儘量設計簡單而不複雜 (Baek et al., 1988)，而在開始呈現動畫之前，提供學習者有關動畫中的重要概念的相關說明及指導 (Milheim, 1993)，並且提供一小段時間作為學習者預期即將發生的事的心理準備，在動畫結束之後給予學習者一小段時間，使學習者有機會回顧與吸收剛才動畫所呈現的教學內容，若學習者對動畫內容不是非常明白的話，應讓其有機會選擇再一次的展示或另外的文字說明 (莊雅茹, 1996)。

從上述的觀點來看，電學概念具有抽象性、複雜性與不可見性；學生僅能觀察到電學的巨觀結果，而對其微觀現象則難以理解，且學生傾向於以巨觀的思想來解釋微觀的現象，因此導致了許多的另有概念。在此一特性上，電腦動畫可以實現原先教室與實驗裡無法呈現的教學情境，它提供了生動的圖表，動態的表徵模式，應是一相當可行的教學策略。因此，本研究擬以電腦動畫來輔助學生電流概念學習，在設計上以動態圖形表徵配合靜態文字呈現，並根據電流的物質與能量兩種面向，來設計電腦動畫教學。

## 肆、研究方法

本研究的旨趣在以 FCAAI 教材輔助

學生的電流概念學習，藉由二段式診斷問卷的施測結果，分析學生的概念改變情形。以下將對研究步驟、研究對象、FCAAI 的設計方式、研究工具的發展過程以及資料的分析方式加以說明。

### 一、研究步驟

根據本研究的目的，研究的步驟分成四個階段進行，研究流程如圖 6 所示。第一階段，研究者收集與分析學生電流概念的相關研究，據以設計 FCAAI 教材，並透過專家審查對教材修正；第二階段，根據相關文獻編寫二段式診斷問卷，而後實施問卷的前測，並自 A 組與 B 組的學生中，各選取六位進行概念晤談，瞭解學生所具有的另有概念類型與形成原因；第三階段，進行 FCAAI 的正式教學，為期兩週共八節課；第四階段，實施二段式診斷工具的後測，比較前、後測成績，評估 FCAAI 的教學成效。

### 二、研究對象

本研究的個案學生選自高雄市小港區某國中三年級的兩個班級（編碼為 8 和 11），由於進行學科能力分組教學，因此理化學習成就較高的學生在 A 組上課，學習成就較差的學生則在 B 組上課；按照此一編碼方式，8-A-15 表示 8 班的 15 號同學，在學科能力分組教學中分在 A 組，11-B-24 則表示 11 班的 24 號同學，在學科能力分組教學中分在 B 組。這兩個班級是由同一位大學物理系畢業的理化老師任教，所有的學生都已經接受過電學概念的課堂教學。

首先，以電流概念二段式診斷問卷對兩般的學生實施前測，根據學生的得分情形，自 A 組與 B 組的學生中，各選取六位具有另有概念的學生進行概念晤談，以瞭解學生另有概念的類型與形成原因。在 FCAAI 教學後，再對所有的個案學生實施二段式診斷問卷的後測，藉以比較學生的概念改變情形。

### 三、研究工具

為達成本研究的目的，本研究設計了 FCAAI 教材、電流概念二段式診斷問卷、電流概念晤談大綱。茲將上述各項分別說明如下：

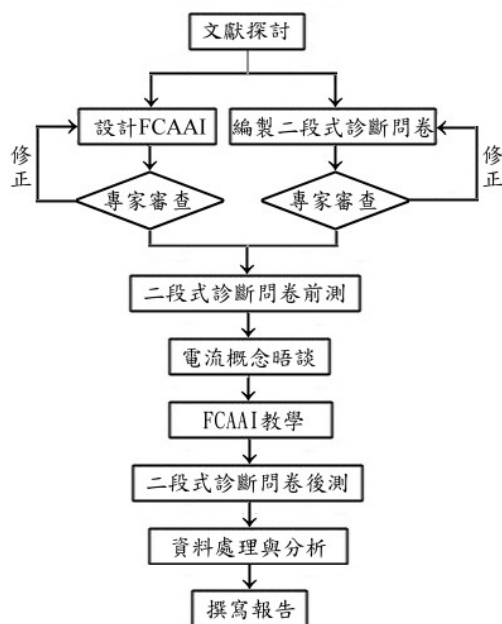


圖6：研究流程圖



(a)修正前的電子流向設計



(b)修正後的電子流向設計

圖7：FCAAI教材的修正實例

表3：FCAAI的設計理念

教材單元	電流概念的面向	關鍵概念	相關的另有概念
水流與電流	物質	電位與水位	CM
電池與電燈	物質、能量	電荷守恆	CM、LS
串聯電路	物質、能量	電荷守恆	CM、LS、CV
並聯電路	物質、能量	電壓、歐姆定律	CM、LS、CV、SP

### (一) FCAAI 教材

本 Flash 動畫輔助學習教材的研發，是由研究者與一位大學教授以及四位中學物理教師所組成的研究小組共同開

發；研究小組根據文獻分析中，學生可能出現的另有概念，以圖形和文字並列的方式 (Baek et al., 1988) 編寫動畫的腳本，且在每一個動畫教學結束前，提供簡單的

概念診斷，將診斷結果立即地回饋給學生 (Zietsman et al., 1986)。腳本編寫完成後，交由同時具有物理專長與資訊能力的物理教師編寫電腦程式。設計完成的軟體，再由研究小組審查並加以修正。圖 7 是一修正的實例，圖 7 (a) 是修正前的教材，其電流的流向是由「電池負極」→「導線」→「燈泡」→「導線」→「電池正極」；在小組討論的過程中，研究小組認為這樣的方式無法表現出循環的過程，且在上述的流程中缺少的「電池內部」的部分，可能會導致學生以為電流會終止於電池正極；修正後的教材如圖 7 (b) 所示，電流的流向改成一循環過程，並加入「電池內部」的情形，使之更完整。

修正完成後的電流單元教材共分成四個次單元，包括了「水流與電流」、「電池與電燈」、「串聯電路」、「並聯電路」。這些單元的設計目的在協助學生區分電流概念的物質與能量的面向，並改變學生最常具有的電流另有概念，包括消耗模式 (CM) (Osborne, 1981, 1983; Shipstone, 1984, 1985; Stipstone et al., 1988; Borges & Gilbert, 1999)、局部推理與順序推理 (LS) (Cohen et al., 1983; Closset, 1984)、電流與電壓的混淆 (CV) (Psillos, Koumaras & Valassiades, 1985; Rhöneck & Völker; Shipstone, 1985; C. H. Tsai et al., 2005)、串聯與並聯電路的混淆 (SP) (蔡嘉興等人, 2003) 等，各個單元的設計理念、電流概念面向以及配合的另有概念如表 3 所示。

## (二) 國中生電流概念二段式診斷問

表 4：電流概念二段式診斷問卷內容分析

題 號	電流概念的面向	解題關鍵概念	相關的另有概念
1	物質、能量	電荷守恆	CM
2	物質、能量	電荷守恆	CM、LS
3	物質、能量	電壓、歐姆定律	CM、LS、CV、SP
4	物質、能量	電流、歐姆定律	CM、CV、SP

## (三) 電流概念半結構式晤談大綱

電流概念晤談的目的在深入的瞭解學生的另有概念成因，晤談的大綱配合學生電流另有概念的兩大面向—物質與能量，涵蓋了二段式診斷問卷與 FCAAI 教

## 卷

評量學生概念理解的方法包括了晤談、紙筆測驗、POE、放聲思考等 (Osborne & Gilbert, 1980; Mitchell & Gunstone, 1984; Chen, Lin & Lin, 2002)，但晤談需要耗費大量的時間；相對的，二段式診斷問卷具有客觀且又省時的優點，且許多學者都使用二段式診斷問卷來評量學生的概念理解，且獲得有效且可信的結果 (Treagust, 1988; Al-Rubayeam, 1996)，因此本研究選擇以二段式診斷問卷來評量學生的另有概念，並以個案學生的晤談為輔。

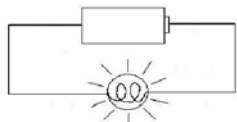
本問卷是改編自連坤德和唐健文 (2001) 所開發的『中學生「電流磁效應」及「感應電流」二段式選擇測驗』；由於此問卷包含了大部分的電學概念，研究者將問卷中屬於電流概念的部分抽離出來，並參酌相關文獻修正而成。整份問卷編寫完成後，研究者商請學科專家 (2 位國中物理教師、1 位大學物理教授和 1 位科學教育專家) 進行專家審查，對問卷中的內容正確性、措辭、概念的難度給予建議和指正，建立問卷的內容效度與專家效度，並檢驗本問卷的信度為 0.62。

完成後的問卷共包含四題 (詳見附錄一)，各題所診斷的概念如表 4 所示。第 1 題是處理簡單電路的電流，第 2 題則是關於串聯電路的電流，第 3 與 4 題則在診斷並聯電路的概念。透過不同題目間的比較，使得研究者可以分析學生在簡單電路、串聯電路和並聯電路的不同觀點。

材的三大主題 (亦即簡單電路、串聯電路和並聯電路)。在晤談過程中，根據所呈現的電路，要求學生對結果做預測並解釋。全程採一對一的方式進行，並錄音與錄影，晤談時間約為 20~30 分鐘。以簡單電路為例，其晤談的大綱如下：



1.以導線連接電池及燈泡，形成迴路，使燈泡發亮，你認為電流會如何流動？從電池流出的電流與流回電池的電流，哪一個比較大？為什麼？



#### 肆、資料處理與分析

本研究所收集的資料，分兩大部分進行處理，一為量化分析，主要來自二段式診斷問卷的前測與後測結果；另一為質性分析，主要是電流概念晤談的結果。茲將各項資料的處理方式詳述如下：

##### (一) 電流概念二段式診斷問卷

本問卷的實施分前測與後測。在前測的分析方面，根據學生的填答結果，分別統計學生在第一層（事實選項）與第二層（理由選項）中每個選項的填答率；Gilbert (1977) 指出，在二段式診斷問卷的資料分析上，應聚焦在填答率在 10% 以上的結果，在此原則下，研究者得以分析國中生所具有之電流另有概念的型態；而另有概念的區分方式主要參考 Osborne (1981, 1983) 和 Magnusson 等人 (1997) 研究的分析基礎，但後者僅分析電流的方向，而本研究聚焦於電流的大小，因此 Magnusson 等人的研究僅能作為分析的參考。

後測的分析方式與前測相同，透過前測與後測結果的比較，可以分析在教學前、後學生的另有概念類型，是否具有明顯的差異。藉此比較學生在接受 FCAAI 輔助教學後，另有概念的改變情形，以評

估 FCAAI 教材的教學成效。此外，在問卷的信度分析方面，將事實選項和理由選項分開計分，正確則給 1 分，錯誤則給 0 分。以 SPSS 統計軟體，分析問卷的信度。

##### (二) 電流概念半結構式晤談大綱

電流概念半結構式晤談的主要目的，在收集學生另有概念的另有概念類型，彌補二段式問卷的不足，並深入的瞭解另有概念的成因。在另有概念的類型區分上，主要參考 Osborne (1981, 1983) 和 Magnusson 等人 (1997) 的研究。而另有概念的成因，則根據文獻探討中所整理出的三個向度來加以分析，這三個向度分別是「電流的物質與能量」、「整體性觀點」以及「串聯與並聯的混淆」。

#### 伍、研究結果

根據本研究的目的，本研究的結果與討論分成「電流另有概念的類型」、「電流另有概念的成因」，以及「電流另有概念的改變」等三部分，說明如下：

##### 一、電流另有概念的類型

學生的另有概念類型分析，主要是根據二段式診斷問卷的結果，輔以晤談的分析。二段式診斷問卷前測的施測結果百分比如表 5 所示，從表中可以看出學生電流概念理解並不完整；每一題的答對率均不及 40%，顯示學生具有許多電流的另有概念。其中第 1 題的結果是特別值得注意的，表 6 列出了學生在事實選項和理由選項的雙向答對率；從表中可以發現事實選項答對率高達 70%，但僅有 34% 的學生也同時答對了理由選項；也就是說，其中 36%

表 5：二段式診斷問卷前測的施測結果百分比

題號	事實選項	理由選項						合計
		A	B	C	D	E	F	
1	(1)	10	10	0	0	—	—	20
	(2)	0	2	34*	34	—	—	70
	(3)	2	4	0	4	—	—	10
2	(1)	6	8	2	2	0	0	18
	(2)	0	6	2	0	22*	10	40
	(3)	10	14	14	4	0	0	42
3	(1)	2	4	2	8	—	—	16
	(2)	62*	2	4	2	—	—	70
	(3)	0	2	10	2	—	—	14
4	(1)	4	32	0	2	—	—	38
	(2)	28	2	2	6	—	—	38
	(3)	0	2	22*	0	—	—	24

\*為正確答案

表 6：二段式診斷問卷中第 1 題學生在事實選項與理由選項的雙向答對率

學生的回答 (%)	理由選項			合計
	對	錯	合計	
事實選項	對	34%	36%	70%
	錯	0%	30%	30%
	合計	34%	66%	100%

表 7：電流另有概念的類型

另有概念的類型	概念理解的內容	二段式問卷的對應選項
消耗模式	電流在流過電器裝置時，會被電器消耗掉，因此流出電池的電流，與流回電池的電流並不相等。	Q <sub>1</sub> -(1)-A、Q <sub>1</sub> -(1)-B Q <sub>2</sub> -(3)-A、Q <sub>2</sub> -(3)-B Q <sub>4</sub> -(1)-B
能量守恆模式	電流是電能的移動，由於能量守恆的緣故，因此流出電池的電流等於流回電池的電流。	Q <sub>1</sub> -(2)-D、Q <sub>2</sub> -(2)-F
局部推理模式	學生將電路的每一部份單獨地處理，無法將電路當成一個系統來考慮。	Q <sub>2</sub> -(3)-C、Q <sub>3</sub> -(3)-C
機械記憶模式	學生對於概念並沒有完全的理解，而只是機械性的記憶一些理化課本中的公式、定義等；在解決問題時，不當的運用或錯誤的運用，因而導致另有概念的產生。	Q <sub>4</sub> -(2)-A
斷路模式	電流只在電池外的導線中流動，並未流經電池的內部，因此電池內部並無電流。	此模式來自晤談結果，未在二段式問卷中出現。

註：Q<sub>2</sub>-(1)-A表示在第 2 題的事實選項選(1)，理由選項選B

的學生，在單選式的測驗中可以答對，但卻持有不適當的解釋方式。此一結果凸顯了二段式診斷工具的優勢，它能比傳統成就測驗更深入地診斷出學生的概念理解情形。以下將針對表 5 中，選答率超過 10%

的部分 (Gilbert, 1977)，配合概念晤談的結果，綜合分析所具有的另有概念類型，這些另有概念的類型與其概念理解的內容整理如表 7 所示。

表 8：A 組和 B 組學生的二段式診斷問卷前測答對百分比的比較

題號	A 組答對率	B 組答對率
1	47%	11%
2	22%	22%
3	66%	56%
4	25%	17%

表中的五種另有概念模式中，消耗模式、局部推理模式和機械記憶模式是研究中最常出現的另有概念（例如：Cohen et al., 1983; Closset, 1984; Osborne, 1981, 1983; Shipstone, 1984, 1985; Shipstone et al., 1988）。而機械記憶模式則是學生將串聯和並聯電路的概念混淆，以串聯電路的概念來解決所有的電路問題；而能量守恆模式和斷路模式則是本研究的新發現，並未見於過去的研究結果。

爲了更深入的比較學習成就與學生概念理解的關係，研究者分別計算 A、B 兩組學生的答對率，結果如表 8 所示。在第 2 和第 4 題中，A 組和 B 組的答對率偏低，且比率相近，這隱含了兩個意義。第一，學習成就高的學生，其概念理解狀態不一定是完整的，雖然在第 1 題中，高成就組的得分明顯地高於低成就組，但當問題情境稍微複雜（第 2 題是串聯電路，第 4 題是並聯電路），可能由於概念的交互作用，而導致學生產生新的另有概念，所以答對率偏低。第二，不管是 A 組或 B 組，學生對複雜電路的理解情形較不理想，且在傳統的成就測驗中，這種不適當的理解，並不能完全的顯現出來。

## 二、電流另有概念的形成原因

根據二段式診斷問卷的施測結果，研究者選取具有另有概念（消耗模式、局部推理或順序推理、機械記憶模式）的學生進行晤談，其中依照其學習成就分別從高成就組與低成就組各選取六位（共十二位），以瞭解學生另有概念的成因，結果如下：

（一）學生對專有名詞的混淆，造成另有概念

許多的研究都認同學生具有電學的概念困難，其中最普遍的困難之一是：「電流在電路中會消耗殆盡的想法」（Shipstone, 1985）。在本研究中，個案學生也呈現出相同的另有概念，兩位個案學

生的晤談記錄如下，都呈現出了電流會在電路中被消耗掉的另有概念。

晤談資料 B-11-25：

T：流出電池的電流，跟流回電池的電流大小，你認爲它們的大小關係是怎麼樣？

B-11-25：應該是從電池流出的電流比較大，因爲電流變成了光，被燒掉了，所以流回電池的電流會比較小。

晤談資料 B-8-5：

T：如果我們比較流出電池的電流跟流回電池的電流，那你認爲它們的大小關係是怎麼樣？

B-8-5：流出的比較多流回的比較少。

T：爲什麼？

B-8-5：因爲它要供應燈泡發光的能量。

T：所以就會用掉一部份嗎？

B-8-5：對。

然而，有一些研究者開始用另一種觀點來看學生的概念，嘗試區別學生概念中正確與不正確的部分（Clement, Brown & Zietsman, 1989）。Grayson（1996）指出在上述的例子中，學生直覺有某些東西被消耗掉了，是沒有錯的，只是學生用錯了專有名詞，誤把被消耗的能量當成是電流，只要根據此一觀點切入，利用概念取代（concept substitution）的方式，可以有效的改變學生的另有概念。但此一觀點仍有待深入探討，因爲在本研究中，有部分的學生將電流看成是電能的移動，並非用錯了專有名詞，而是電流具有能量的特性。

（二）教師的教學也可能導致另有概念的產生

在與學生的晤談中，研究者發現學生認爲電池內部並無電流，電流只是從電池流出去再流回來；研究者懷疑這是由於教

學造成的，因為在教學的過程中，科學教師在教導此一單元時，通常的表達方式都是：「電流從正極流出，從負極流入」，但教師鮮少提及電池內部的電流，因而導致了學生的另有概念。

晤談資料 B-11-7：

T：這時候流出電池的電流，跟流回電池的電流應該怎麼樣？

B-11-7：一樣大。

T：這時候電池的內部有沒有電流？

B-11-7：沒有吧。

T：就只是流出來再流回去？

B-11-7：是的。因為碳鋅電池，電流出去的時候會產生電能，可是內部應該沒有電流。

（三）另有概念也可能來自於概念的交互作用

當問題情境包含了兩個以上的概念時，由於概念的交互作用，學生會產生另有概念。下列的晤談轉錄資料，在串聯的電路中，學生認為電阻小的燈泡，電流會比較大，正是「歐姆定律」與「串聯」兩個概念的交互作用，因而導致學生產生了另有概念。

晤談資料 B-11-7：

T：燈泡 A 與燈泡 B 的電流何者較大？

B-11-7：燈泡 B。

T：為什麼？

B-11-7：因為燈泡 B 的電阻比較小。

（四）缺乏系統性的觀點可能造成另有概念

在本研究中，個案學生也呈現出局部推理的另有概念；也就是說，學生將電路中的元件看成獨立的單元，分別地加以處理，而不是將整個電路看成是一個系統來考慮 (Cohen et al., 1983; Laurent & Etienne, 2002; 邱美虹等人, 2002)。因此，不管電路是哪一種型態，燈泡的電阻愈小，則其電流愈大。

三、電流概念另有概念的改變

在 FCAAI 教學成效的評估，主要是

根據二段式診斷問卷的前測與後測結果之比較；這裡的比較可以分成兩個部分，第一是前測與後測中，學生答對率的比較；第二是 FCAAI 教學前後，各種另有概念比率的改變情形。

（一）答對率的比較

經過上述的 FCAAI 教材教學後，研究者再利用二段式診斷問卷對個案學生實施後測，為避免學生死背答案，或受到前測作答的影響，研究者將問卷中的題號、選項的順序、問題情境都略做改變。例如，將不同電阻的燈泡之順序互換。學生在前測與後測的答對率如表 9 所示。

從表 9 中可以發現，不管是 A 組或 B 組的學生，後測的答對率都高於前測，顯示電腦動畫教學有助於學生的電流概念學習；但在第 4 題的部分，B 組學生的後測答對率僅略高於前測，研究者認為這是因為第 4 題需要最多的背景知識，包含了電壓、歐姆定律和並聯的概念，而 B 組學生的科學背景知識不足，因此即使透過了 FCAAI 教學，成效仍然不明顯。

（二）另有概念比率的改變

在另有概念的比率改變上，由於個案學生在不同的問題中，會呈現不同的另有概念，也就是說，學生在簡單電路、串聯電路和並聯電路中，呈現出不同的另有概念類型。例如，在簡單電路（二段式問卷的第 1 題）中，學生的另有概念包括了消耗模式和能量守恆模式；而在串聯電路（二段式問卷的第 2 題）中，學生的另有概念也包括了消耗模式和能量守恆模式，但其比率與簡單電路中的不同，且串聯電路中學生還呈現出順序推理模式的另有概念，但此一模式在簡單電路是沒有的。因此，在分析學生另有概念的改變情形時，必須依照電路的型態來加以說明。這些另有概念比率的改變情形，研究者將之整理如表 10 所示。

從表中可以發現，經過 FCAAI 教學後，學生的另有概念中消耗模式、局部推理模式和機械記憶模式的比率降低了；也就是說，FCAAI 教材對於改變這兩種另有概念的成效較佳。但在能量守恆模式的另有概念上，教學前後的差距不大，學生無法將電流概念與能量概念區分清楚，仍以

「能量守恆」的觀點來解釋簡單電路 和串聯電路中的電流。

表 9：二段式診斷問卷前測與後測答對率比較

題號	整體答對率		A 組答對率		B 組答對率	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測
1	34%	62%	47%	75%	11%	39%
2	22%	52%	22%	56%	20%	44%
3	62%	80%	66%	88%	56%	67%
4	28%	58%	34%	75%	17%	28%

表 10：FCAAI 教學後另有概念改變的情形

電路型態	另有概念種類	前測的百分比	後測的百分比
簡單電路	消耗模式	20%	6%
	能量守恆模式	34%	32%
串聯電路	消耗模式	24%	8%
	能量守恆模式	10%	12%
	局部推理模式	14%	6%
並聯電路	消耗模式	32%	8%
	機械記憶模式	28%	10%

## 陸、結論與建議

本研究以 50 位國三學生為研究對象，經過二段式問卷的前測與晤談，以及 FCAAI 教材的教學後，再經二段式問卷後測，希冀能瞭解國三學生電流另有概念的類型與成因，以下將研究結果統整，並提出教學建議，期盼能對教師的教學與學生的學習能有所助益。

### （一）國三學生的電流另有概念類型

國中生對電流的另有概念，可以區別成五種類型--「消耗模式」、「能量守恆模式」、「順序推理模式」、「機械記憶模式」與「斷路模式」。其中消耗模式同時出現於學生對簡單電路、串聯電路和並聯電路的解釋中，是最常見的另有概念(Osborne, 1981, 1983; Shipstone, 1984, 1985; Shipstone et al., 1988)。而能量守恆模式則是本研究的新發現，出現於簡單電路和串聯電路中，但在並聯電路中，學生並未呈現出此一想法；研究者認為這是因為在並聯電路的問題中，並不涉及電荷守恆的概念，也就是問卷的問題並不聚焦在總電流與分支電流的關係，而僅比較分支

電流的大小。此一觀點，呼應了 Griffard 等人(2001)的研究結果，他們認為二段式診斷問卷可能無法完全診斷出學生的概念理解，暗示了診斷工具的限制。因此，教師在課堂教學時，應該從電流概念理解的不同面向去評量學生的學習狀況，方能瞭解學生概念理解的全貌。

而局部推理模式則出現於串聯電路和並聯電路，學生傾向於將電路元件單獨地考慮，而不願意將整個電路看成是一個系統(Cohen et al., 1983; Laurent et al., 2002)；但在本研究中，學生卻未持有順序推理的另有概念，研究者認為這可能和二段式問卷的問題情境或者是概念的地位(conceptual status)高低有關；就問題情境而言，如果設計較為複雜的問題，例如：兩個燈泡並聯後，再和另一個燈泡串聯，則有可能看出前者對後者的影響；就概念的地位而言，可能是消耗模式或局部推理模式的概念地位較順序推理模式為高，因此沒有在概念診斷中呈現出來。此一觀點，提供了未來研究的可能方向，亦即是學生不同的概念理解模式，其概念地位是否有所差異，因而導致學生在不同的

問題情境中，使用不同的解釋模式，造成不同的另有概念。

## (二) 電流另有概念成因

對於學生電流另有概念的形成原因，本研究歸納出以下四類：

1. 對專有名詞的混淆造成另有概念。
2. 教學的影響。
3. 概念的交互作用。
4. 缺乏系統性的觀點。

上述的四種因素可區分成兩大類。從第 1 和第 2 點來看，教學扮演了重要的角色。電流概念具有高度的抽象性、不可見性，學生的電流概念理解，除了來自日常生活經驗外，主要來自科學教學；然而，在教學的過程中，文字、語言並不是中性、無偏見的；因此，教師的教學用語、教科書的文字，接收到不同的學生，可能具有不同的意義 (Whitehead, 2001)。這些意義的不確定性，可能造成產生另有概念。此外，類比是電流教學中最常使用的教學策略，然而類比物與目標物並不能完全等同，教師在教學時，必須小心處理，才能避免另有概念的產生 (Thiele & Treagust, 1991)。

再從第 3 和第 4 點來看，概念交互作用和缺乏系統性的觀點，都與學生概念架構的完整性有關。另有概念的研究指出，學生的概念理解經常是片斷的、瑣碎的與情境密切相關的 (Engel-Clough & Driver, 1986; Gunstone, 1987; Palmer, 2001; Taber, 2001; Tytler, 1994; Watson, Prieto, & Dillon, 1997)，這些都是學生無法將學習的概念統整；反映到教師的教學上，教師除了依照概念的性質，調整適當的順序進行教學外，不管在教學前或者在教學後，都能鼓勵學生進行概念統整，幫助學生組織所學習的概念。

## (三) FCAAI 教材的教學成效評估

FCAAI 的教學成效可透過學生另有概念的改變情形來評估。在 FCAAI 教學後，學生在消耗模式、局部推理模式和機械記憶模式的另有概念之比率降低了，因此 FCAAI 能有效地改善這三類另有概念；相對的，在能量守恆模式的另有概念上，其教學成效上則較不顯著。

多數的電流概念教學，都是以水流類

比電流的方式來進行；這種教學企圖以具體的水流來將抽象的電流概念視覺化、具體化；然而，這樣的類比教學模式，基本上仍是靜態的；但本研究所採用的 FCAAI 教學，不僅能將電流概念具體化，並且以動態圖像和靜態文字交互配合呈現，符合二元編碼理論，因此能夠有效的促進學生的概念學習。然而，「能量守恆模式」的另有概念並未在文獻探討中出現，在研究設計時並未將之考慮在內，且此一另有概念的特性、形成原因，仍須後續研究再進一步的探究。

## 誌謝

感謝國科會專題計畫 NSC90-2511-S-017 補助。

## 參考文獻

1. 邱美虹和林靜雯 (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。
2. 莊雅茹 (1996)：CAL 軟體動畫設計。《教學科技與媒體》，第 28 期，13-18。
3. 張國恩 (1999)：資訊科技融入各科教學之內涵與實施。《資訊與教育雙月刊》，72，2-9。
4. 劉俊庚 (2002)：另有概念與概念改變教學策略之文獻分析—以概念構圖和後設分析模式探討其意涵與影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
5. 蔡嘉興、連坤德和周進洋 (2003)：國三學生電流概念診斷與教學改進之研究。2002 年中華民國物理教育學術研討會。彰化：國立彰化師範大學。
6. Al-Rubayea, Abdullah A. M. (1996). *An analysis of Saudi-Aradian high school students' misconceptions about physics concepts*. Kansas State University (0100) Degree: PHD.
7. American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
8. Arnolds, M., & Millar, R. (1987). Being

- constructive: An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5), 553-563.
9. Baek, Y. K., & Layne, B. H. (1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of Computer-Based Instruction*, 15(4), 131-135.
  10. Borges, A. T., & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.
  11. Chang, C. Y. (2003). Teaching earth sciences: should we implement teacher-directed or student-controlled CAI in the secondary classroom? *International Journal of Science Education*, 25(4), 427-438.
  12. Chen, C. C., Lin, H. S., & Lin, M. L. (2002). Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding- the formation of images by a plane mirror. *Proceedings of the National Science Council, Part D: Mathematics, Science, and Technology Education*, 12(3), 106-121.
  13. Clement, J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding "anchoring" conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
  14. Closset, J. L. (1984). Sequential reasoning in electricity. In *Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop* (pp.313-319), Paris: CNRS.
  15. Cohen, R., Eylon, B., & Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51, 407-412.
  16. Dupin, J. J., & Johsua, S. (1985). Teaching electricity: interactive evolution of representations, models and experiments in a class situation. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck, (Eds.), *Aspects of Understanding Electricity*, Proceedings of the International Workshop, 10-14 September, Ludwigsburg (Schmidt and K; auning, Kiel, 1985) ; *IPN-Arbeitsberichte*, 59: 331-341.
  17. Engel-Clough, E., & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70(4), 473-496.
  18. Fishman. B.J., & Duffy. T. M (1992). Classroom restructuring: What do teachers really need? *Education Technology. Research and Development*, 40(3), 95-111.
  19. Gilbert, J. K. (1977). The study of students' misunderstanding in physical sciences. *Research in Science Education*, 7, 165-171.
  20. Grayson, D. J. (1996). Concept substitution: A strategy for promoting conceptual change. In D. F. Treagust, Duit, R., & Fraser, B. J. (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp.152-161). New York: Teachers College Press.
  21. Gorsky, P., & Finegold, M. (1994). The role anomaly and cognitive dissonance in restructuring students' concepts of force. *Instructional Science*, 22, 75-90.
  22. Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052.
  23. Gunstone, R. (1987). Student understanding in mechanics: a large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8), 691-696.
  24. Hameed, H., Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1993). Facilitating

- conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education*, 15(2), 221-230.
25. Laurent, L., & Etienne, M. (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 24(6), 551-564.
26. Lee, Y., & Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23(2), 111-149.
27. Liégeois, L., & Mullet, E. (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 24(6), 551-564.
28. 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.
29. McDermott, L. C. (1990). Research and computer-based instruction: opportunity for interaction. *American Journal of Physics*, 58(5), 452-462.
30. Milheim, W. D. (1993). How to use animation in computer assisted learning. *British Journal of Educational Technology*, 24(3), 171-178.
31. Mitchell, I. J., & Gunstone, G. F. (1984). Some students' conceptions brought to the study of stoichiometry. *Research in Science Education*, 14, 78-88.
32. National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
33. Osborne, R. J. (1981). Children's ideas about electrical current. *New Zealand Science Teacher*, 29, 9-12.
34. Osborne, R. J. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education*, 1(1), 73-82.
35. Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring the students' view of the world. *Physics Education*, 50(65), 376-379.
36. Paivio, A. (1991). *Images in Mind: The Evolution of a Theory*. New York: Harvester Wheatsheaf.
37. Palmer, D. H. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706.
38. Park, O., & Gittelman, S. (1992). Selective use of animation and feedback in computer-based instruction. *Educational Technology Research & Development*, 42(4), 27-38.
39. Pine, K., Messer D., & John, K. (2001). Children's misconceptions in primary science: a survey of teachers' view. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 79-96.
40. Psillos, D., Koumaras, P., & Valassiades, O. (1987). Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits. *Research in Science and Technological Education*, 5(2), 185-199.
41. Roblyer, M. D., Edwards, J., & Havriluk, M. A. (1997). *Integration educational technology into teaching*. Columbus, OH: prentice.
42. Rhöneck, C. V., & Völker, B. (1985). Semantic structures describing the electric circuit before and after instruction. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck. (eds.), *Aspects of Understanding Electricity* (275-286). Kiel, Germany: IPN.
43. Sanger, M., & Greenbowe, T. (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.
44. Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
45. Shipstone, D. M., Rhöeneck, C. von., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
46. Shipstone, D. M. (1985). Electricity in simple circuits. In R. Driver, E. Guesne., & A. Tiberghien, (Eds.), *Children's ideas in science* (pp.33-51). Open University Press, Milton Keynes.
47. Shipstone, D. M. (1984). A study of childrens' understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.
48. Taber, K. S. (2001). Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 731-753.
49. Tao, P. K., & Gunstone, R. (1999). The process on conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 859-882.
50. Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using analogies in secondary chemistry education. *The Australian Science Teachers Journal*, 37(2), 10-14.
51. Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2) 159-69.
52. Tsai, C. C. (2003). Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 25(3), 307-327.
53. Tsai, C. H., Lain, K. D., & Chou, C. C. (submitted). Hidden interconnectedness: High school students' understandings on electric circuits.
54. Tyler, R. (1994). Consistency of children's use of science conceptions: Problems with the notion of 'conceptual change'. *Research in Science Education*, 24, 338-347.
55. Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81(4), 425-444.
56. Whitehead, D. (2001). Quantum literacy. *Teaching in higher education*, 6(4), 519-526.
57. Yang, E. M., Andre, T., & Greenbowe, T. J. (2003). Spatial ability and the impact of visualization/animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education* 25(3), 329-349.
58. Zietsman, A. I., & Hewson, P. W. (1986). Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 27-39.

## 附錄一 國中生電流概念二段式診斷問卷

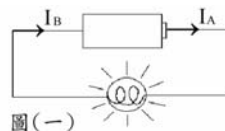
1.以導線連接電池及燈泡，形成迴路，使燈泡發亮，如圖(一)所示：

若 $I_A$ 為從電池流出的電流， $I_B$ 為流回電池的電流，請問甲和乙的大小關係為何？

- (A)  $I_A > I_B$        (B)  $I_A = I_B$        (C)  $I_A < I_B$

承上題，你根據的理由是：

- (1) 電流會被燈泡消耗掉  
 (2) 電流、電能都會被燈泡消耗掉  
 (3) 電流是電荷的移動，而電荷是守恆的，因此電流不變  
 (4) 電流是電能的移動，而能量是守恆的，因此電流不變



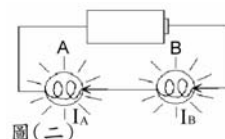
圖(一)

2.將A、B兩個電阻不同( $R_A > R_B$ )的燈泡與電池串聯，形成通路，如圖(二)所示，若 $I_A$ 是流經A燈泡的電流， $I_B$ 是流經B燈泡的電流，請問 $I_A$ 與 $I_B$ 的大小關係為何？

- (A)  $I_A > I_B$        (B)  $I_A = I_B$        (C)  $I_A < I_B$

承上題，你根據的理由是：

- (1) 電流被 A 燈泡消耗掉，所以流到 B 燈泡時會變小  
 (2) 電流被 B 燈泡消耗掉，所以流到 A 燈泡時會變小  
 (3) 因為 B 的電阻小，所以 B 燈泡的電流比較大  
 (4) 因為 A 的電阻大，所以 A 燈泡的電流比較大  
 (5) 電流是電荷的移動，而電荷是守恆的，因此電流不變  
 (6) 電流是電能的移動，而能量是守恆的，因此電流不變



圖(二)

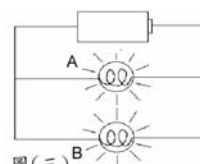
3.將A、B兩個電阻不同( $R_A > R_B$ )的燈泡與電池並聯，形成通路，如圖(三)所示：

若 $V_A$ 是A燈泡兩端的電壓， $V_B$ 是B燈泡兩端的電壓，請問 $V_A$ 和 $V_B$ 的大小關係為何？

- (A)  $V_A > V_B$        (B)  $V_A = V_B$        (C)  $V_A < V_B$

承上題，你根據的理由是：

- (1) 兩個燈泡右端電位相同，且左端電位也相同  
 (2) A 比較接近電池  
 (3) 兩個燈泡右端電位相同，但 $R_A > R_B$ ，所以A的左端電位較低  
 (4) 兩個燈泡右端電位相同，但 $R_A > R_B$ ，所以A的左端電位較高



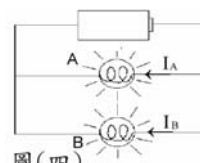
圖(三)

4.將A、B兩個電阻不同( $R_A > R_B$ )的燈泡與電池並聯，形成通路，如圖(四)所示：若 $I_A$ 是流經A燈泡的電流， $I_B$ 是流經B燈泡的電流，請問 $I_A$ 和 $I_B$ 的大小關係為何？

- (A)  $I_A > I_B$        (B)  $I_A = I_B$        (C)  $I_A < I_B$

承上題，你根據的理由是：

- (1) 兩個燈泡是並聯，所以電流相等  
 (2) 電流被 A 燈泡消耗掉  
 (3) B 的電阻小  
 (4) A 的電阻大



圖(四)

## Using Flash Computer Animation Assisted Instruction to Promote Grade Nine Students' Conceptual Change on Current

**Chia-Hsing Tsai<sup>1,2</sup> Ching-Yang Chou<sup>2</sup> and Kuen-Der Lain<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Kaohsiung Municipal Ming-Yi Junior High School

<sup>2</sup>National Kaohsiung Normal University

<sup>3</sup>Fortune Institute of Technology

### **Abstract**

Due to high abstractness and complexity of current, it always leads to students' learning difficulties. According to the literature review, the computer animation assisted instruction was design to promote students' conceptual change for its making abstract concepts concrete and plausible. Fifty ninth graders were chosen as samples. The two-tier instrument was used to diagnose students' alternative conceptions about current and followed by interviewing to survey their causes.

The results of this study are as follows:

First, the types of students' alternative conceptions include: "used up model", "energy conservation model", "local reasoning model", "broken circuit model", and "rote memory model".

Second, the causes of alternative conceptions include: "confusion of terms", "instruction", "interactions between conceptions", and "lack of view of wholeness",.

Three, the teaching effect of Flash animation is significant for the "used up model", "rote memory model", and "broken circuit model", but not for "energy substitution model".

**Keywords:** flash animation, current, alternative conceptions, two-tier instrument