

概念卡通教學策略-建構主義在教學上的具體實踐

許健將

國立中興大學師資培育中心

摘要：利用概念卡通的教學策略，支援教師進行合乎建構主義的科學教學，將有助於學習者概念的改變、發展後設認知並可做為教師進行形成性評量的有利工具。本文將對概念卡通的內涵、如何扮演教學與學習的界面以及如何進行概念卡通的教學實務等面向作系統性的介紹。

關鍵詞：概念卡通、建構主義

壹、前言

建構主義的觀點認為：學習者進行科學概念學習時，常繫乎在其對該科學概念的既存理解；換言之，學習者事實上是利用其先備知識，對於所觀察到的事項進行詮釋；而相關意義(meaning)的建構，乃是經由個別學習者對其既存想法進行加成(adding)或修飾作用而獲致的(Dirver, 1983; Osborne and Freyberg, 1985; Scoff, 1987)。近年來建構主義明顯的衝擊到國、內外相關科學教育的研究範疇，許多的研究都致力於發掘學習者的先備知識或迷思概念，擬據以作為教學調整的依歸(Adeniyi, 1985; Blosser, 1987; Bishop & Anderson, 1990; 郭重吉, 1990; 黃萬居, 1993); 也有愈來愈多的科學教師被建構主義哲學所說服且主動採行這項理論，並在其教學的過程中加以實踐(Brumby, 1982; 許健將、郭重吉、李成康, 1992; 黃文俊, 1994); 甚至有些科學教材也開始採用建構主義哲學作為編寫教材的理論依據，如英國的 Nuffield Primary Science(1993a)與國內南一版的自然與生活科技領域教科書(2002)等可為其代表。Bentley 和 Watt(1991)指出建構主義本身可區分為兩種屬性，一種是研究者所持的“強建構主義”與教師應用於教學實務的“弱建構主義”，然而大多數的時候教師卻誤解了研究者對於建構主義的陳述，導致在教學實務的進行中經常不是很精準地運用建構主義的原理與原則。本此，如何有效的將建構主義理論轉換為實際具體可行的教學策略或其中那些鴻溝有待彌補，應是值得持深入探討的議題，這也是本篇文章的主要旨趣。

貳、建構式教學與學習的議題

建構主義(constructivism)是晚近興起的一支學習理論，其中的主要內涵是在探討學習者在學習過程中在認知上的另有架構(alternative framework)以及相關的迷思概念(misconception)。建構主義者(constructivist)對於學習者知識建構過程所採取的主張是:知識的建立是來自於學習者本身的先備知識(prior knowledge)與學習情境互動所產生的結果(Matthews, 1994; Yager, 1991; 郭重吉, 1988)。Shymansky等人曾對建構主義下了這樣的註解:

建構主義者承認在皮亞傑(Piaget)理論中有關同化(assimilation)、調適(accommodation)和失衡(disequilibrium)在學習上的意義，但是更強調在特有情境(context-specific)下先備知識對學習的影響，認為這些先備知識對於新的經驗或觀念扮演著過濾或催化的功能，而在學習的過程中這些先備知識本身也不斷地作修正(1993, p.740)。

當教師採行所謂建構主義的教學理念時，其實是意謂著教師瞭解學生是如何學而採取最適當的教學步驟，其中自然涵蓋了為因應各種不同的教學情境所採用的教學策略、教學方法以及評量方式(Airasian and Walsh, 1997; Shymansky, 1992)。然而，儘管多數教師均能認同建構主義的教學理念，但事實上，在實際的課堂教學中，教師在應用上仍然迭有疑慮；雖然相當多的研究均針對學習者所持的各種迷思概念或另有概念進行探討並得到結論，但教師們發現，這些結論對於他們在教學過程中採用所謂合於建構主義的教學模式，其真正的幫助似乎又不大，因為教師們並無法在這些研究報告中真正找到具體可行的教學方法與步驟來進行各種相關的概念教學(White, 1994)。

此外，“教學”與“學習”呈現兩個分離的層面(phase)，乃是在所謂合於建構主義精神之教學過程中的一項重要議題。儘管可利用動機導引(elicitation)的方式喚起學習者重新思考其內在想法(Needham, 1987)，但這樣的步驟仍經常被視為是一種分離的程序(Driver and Oldham, 1986; Needham, 1987; Scoff, 1987)。Nuffield Primary Science(1993b)也指出教師普遍未將建構式的“教學”與“學習”這兩個層面加以有效連結，而在彼此間進行切換尤其不容易。此外，分離的“教學”與“學習”，似乎也意謂著在進行動機導引的過程中，它對於教師的意義是遠大於對學習者的(Leeds, 1992)。原則上，沒有人會質疑教師應根據個別學習者的先備知識進行適當的教學活動設計的主張，然而問題是來自如何在一個學生人數近四十人的班級中進行這樣的教學呢？這將是對班級經營上將是一項及重大的挑戰。諸如此類有關在進行合於建構主義之教學法時所可能面臨之議題，均是造成教師不敢輕易嘗試採用的重要因素。

參、概念卡通可作為教學與學習的界面

為了填補教學與學習間間隙(gap)，利用卡通繪圖式的概念卡通，呈現各種不同的科學概念予學習者，不失為是一項具體可行的教學策略。透過視覺化的圖像與生活化的表達形式，可將學習者的先備知識導引出來，甚而能進行更深層的思考並發展更完整之概念。典型的概念卡通形式，如圖 1 與圖 2 所示(Keogh and Naylor, 1996)。

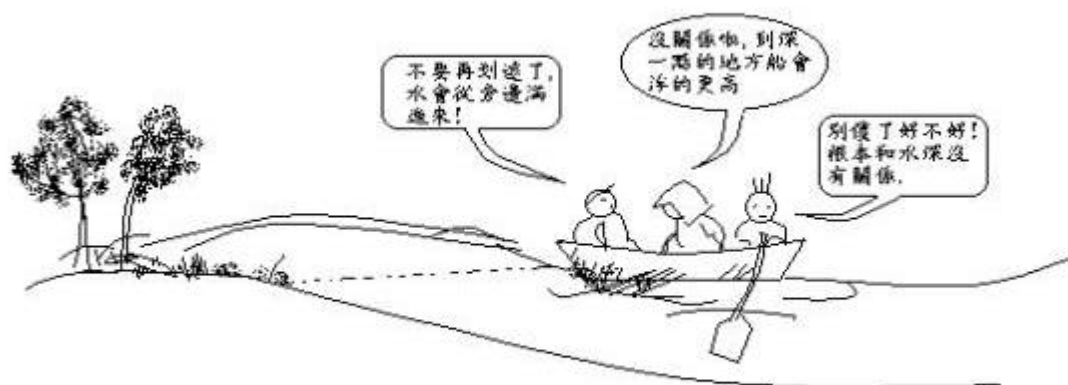


圖 1 船與水深



圖 2 雪人與外套

英國率先於 1992 年開始進行名為 ConCISE(Concept Cartoons In Science Education)的研究計畫，對於如何將概念卡通運用在科學教學中進行有系統的開發與研究，近年來在歐洲其他國家也相繼開始進行相關的研究，並完成許多有關概念卡通之出版品與資訊軟體可資利用，所謂「他山之石，可以攻錯。」以下擬根據 Keogh 和 Naylor 於 2000 年完成之 Concept Cartoons In Science Education 一書之內容對概念卡通在科學教學之應用做一介紹，以為教師與研究者之參考：

一、概念卡通的內涵

概念卡通是透過卡通繪圖式的方式，將日常生活中相關的情境融入於某種科學概念當中，藉由提供多種不同的看法，讓學習者先產生相關認知衝突進而刺激其產生更深層的思考，它並非一般戲謔式的卡通繪畫或動畫，而是經由精心的設計藉以啟發、誘導或促進學習者的探討為目的。概念卡通具有以下幾項特徵：

- 視覺化的表現科學思維
- 運用最少的文字，且以對話的形式出現
- 利用熟悉的情境
- 提供另有的觀點
- 根據研究文獻來設計另有觀點

教師可在下列各種不同狀況下選擇使用概念卡通的教學策略：

- 讓學習者的想法更清楚
- 挑戰並發展學習者的想法
- 提示說明另有的想法
- 提供作為討論的刺激因子
- 作為探索的起點
- 促進參與程度與引起學習動機
- 運用科學思維於日常生活情境當中
- 作為鑑別的一種方式
- 提供語言與文字的學習
- 作為額外的教學活動
- 作為某主題的歸納或複習
- 可幫助大眾進入科學領域(如親職教育日的活動)

概念卡通除了可用於教學之外，事實上也有具有發展教師本身對於該學科知識了解與澄清的功能。研究顯示，很多的迷思概念如果未接受適度的挑戰的話，會從孩提時代一直延續至成人(Carre, 1993)。然而，要老師承認自己對於某些科學概念的不清楚並不是件容易的事情，在某種狀況下，教師可藉著操弄最安全的教材或實驗的方式來掩飾這種自我的不確定。概念卡通的設計就是為了探討對概念理解程度所設計的，不僅對學生有效，對教師亦然。因此，教師也可利用概念卡通作為檢視自己對於某些科學概念的不確定性的一種機制。

二、概念卡通與學習

概念卡通的使用可以橫跨各種年齡層，從學童到成人均可適用，它可以是正式的教學活動，也可以是非正式的大眾科學學習方案；概念卡通可以用於個別學習者也可運用在合作學習設計當中，可以提供作為個別省思的機會，或作為引起小組或全班討論的起點，或者是兩者兼而有之。當使用概念卡通於合作學習時，學習者的社會互動學習的功能是很明顯的，透過概念卡通提供焦點，脈絡與討論目的，讓學習者學習如何理性的論辯，通常這種在情境控制下的論辯，在一般的科學學習過程中是鮮少進行的。由於語言在學習過程中一直被視為扮演極其重要的角色(Vygotsky, 1987)；語言包括說話(talk)，當然也包括論辯(Swain *et al.*, 1999)。科學語言的學習涉及熟悉科學語言的表達方式，亦包括透過論辯的過程對科學知識予以評價或辯護(Duschl *et al.*, 1999)。Driver *et al.*(1994)認為科學的學習並非僅在對各種自然的事實或現象的了解而已，更重要的是要促進學習者能用科學的方式來進行求知的過程，並對科學社群的實際操作模式能有相當的理解- 包括科學社群如何提出主張、辯護與延續其主張等等。然而，儘管論辯在科學學習上有其積極性意義，但一般科學教學過程中卻少被採用；研究顯示，教師於教學過程中採用這種教學策略甚至還低於 1% 的教學時間 (Newton, 1999)。Osborne *et al.*(2001)指出由於缺乏支持工具與理論基礎，論辯在中學的科學教學中也經常是付之闕如；Mercer *et al.*(1999)引述了許多研究結果也指出語言對話在科學教室中經常呈現出混淆，失焦與意義性不足；此外，Swann(1993)認為由於教師本身缺乏足夠的技能與對論辯功能價值性所抱持的不確定感，也是造成教師們裹足不前的重要因素之一。

唯自從 Keogh 和 Naylor 進行一連串有關運用概念卡通之教學策略以促進學習者的學習動機，幫助學習者發展論辯能力的一連串實驗研究，且得到很多正面回應之後，有關於如何在科學教室中透過論辯以引發學習動機，發

掘學習者先備知識並達到概念澄清目的的教學策略，似乎又重新燃起了一道生機。透過這種教學策略，提供學習者機會對自己的科學思維進行辯解，並發展更深層的思考，事實上，引出學習者的想法並非僅止於幫助教師了解學習者思維的目的，更重要的是學習者有機會去澄清他自己所擁有的想法。

概念卡通具備了幾項特徵足以促進這種互動的機會；首先，在概念卡通中的角色人物之間的對話，能將學習者拉到該情境對話當中，好似學習者也參與其中的論辯；視覺化的刺激也相較於口語的表達較能吸引學習者的注意；少許的文字對於幫助閱讀能力較差的學習者有其正面的意義；卡通繪圖式的呈現方式相較於很多科學本位的問題呈現方式，讓學習者覺得更具信賴感與容易接近；將複雜的科學概念用一種表面看起來簡單的方式呈現出來，讓學習者不知不覺被吸引而墜入學習的情境當中。

再者，透過人物角色的對話，將各種另有概念賦予合法公平的地位，並視其具合理性，如此，對學習者本身因礙於自尊而怯於表達的其不成熟想法的成分可減至最低，這樣的方式對於學習者準備調整其既有概念應該是提供了一項很好的開端。

概念卡通中置入相關另有概念的目的，還包括提供機會讓學習者去經驗各種不確定性與認知衝突；在概念卡通裡沒有特別的脈絡可循，例如某一位卡通人物的想法始終都是對的，亦即各個另有概念都是等價的，讓所有的學習者都去經驗可能的認知衝突並接受挑戰。這種獲得概念衝突的機會，對於某些科學概念或情境已有基本了解的學習者而言，也可再進一步的澄清他們的想法，進行更嚴謹的探討，促使其進行更深層的思考；換言之，藉由概念卡通，在科學概念的學習過程中調查與探索並非分開的步驟，而是合而唯一的。

提升學習者溝通表達能力，是運用概念卡通教學策略時的另一項很重要的附加價值。由於概念卡通提供了主題焦點與情境讓學習者們討論，而這種方式又恰巧符合語言教學與學習的核心，因此也提供了發展與固著學習者溝通表達能力的功能。無庸置疑地，概念卡通的使用，對於教師而言，最顯著的功能還是在引起動機上，學習者缺乏學習動機，所有的教學活動其實是徒勞無功的，特別是給予他們表達屬於學習者本身價值觀的想法而非僅僅接受教師的價值觀。此外，當學習者表達出正確想法時，可讓學習者感受到他的想法受到肯定，而願意進一步繼續探索；反之，對於想法不盡正確的學習者而言，仍然提供他們發聲的機會並對於其想法有著同樣的尊重，這能讓他們保持高度的學習興趣也願意持續參與學習。

傳統上，在教學的過程中，當學習者提出各種想法時，都是由教師擔任仲裁者，然而採用概念卡通教學策略時，將各種另有概念呈現給學習者，這時是由學習者來仲裁這些另有概念，因此師生之間的角色其實已有某種程度的轉變；儘管教師仍然對於教學負有全部的責任，但是學習者在這種狀況下也賦予了很多的責任，尤其是學習者主動參與的價值被更強化了。

三、概念卡通與教學

至於該如何進行概念卡通教學呢？事實上，教師可根據其教學的目的而有所調整，在多數的情況下是將班級的同學分做若干小組，以方便深入的討論是比較適合的安排。有些時後，在討論開始前給予一斷短暫的個人省思時間是滿有助於概念澄清的；同樣地，在討論過後再給予若干時間給個人繼續的探索，對於固著學習結果是很有幫助的。典型的概念卡通教學其教學流程大致如下：

介紹主題

提供一則聚焦於某特殊情境下的概念卡通

給予短暫的個人省思時間

鼓勵小組討論並探索小組間是否能達成共識

進行簡單的回饋以瞭解有哪些想法，也可針對另有概念進行全班性表決

討論如何進行調查，藉以找出最能接受的另有概念

小組的探索

分享探索的結果

全班性的討論，包括何項另有概念最被接受？其他另有概念不被接受的原因以及哪些資料有必要再深入的確認？

考慮有哪些理論與本情境是相關的？

將各種想法匯整，對原始的問題、探索過程與研究結果作一清楚明確結論

考慮學習者的想法是否已有改變？以及何種因素導致改變？

在課堂中概念卡通可用各種不同的方式來呈現 - 投影的方式、海報的方式、繪製於黑板的方式或是影印給學習者的方式均可，一般而言，概念卡通教學策略是一項低技術、低成本與簡便的，尤其當學習者能高度的參與學習與討論時，班級經營的部分其實已降至最低程度，也因此教師能有更多的時間扮演更積極的角色，而非只是控管班級而已；例如，發覺學習者的想法、挑戰學習者的想法並支持他們的學習過程。如有必要，概念卡通也可以有其他的運用方式，例如：

將某些對話的文字刪除要學習者寫出自己的想法

教師根據學習者的想法自行創作概念卡通，例如在課堂黑板上現場繪製

小組繪製他們自己的概念卡通，藉以呈現組員間不同的想法

對於能力較佳的學習者，可要求其自行繪製對某主題概念覺得混淆不清之
概念卡通

可作為學習者支持與辯護某位卡通人物之想法的根據

在某主題單元教學結束後，挑戰學習者誰能繪製出最有趣或最有想像力的
概念卡通

四、概念卡通與評量

概念卡通可以被用來檢視學習者的想法，偵測其理解的程度並能指出學習者相關科學概念的混淆之處或迷思概念。教師可利用不同的方式，運用概念卡通來達到評量的目的。其中一種方式是讓學習者對於概念卡通進行個別的回應 - 用文字或口頭表達，這種方式提供一種系統化的評量機制，教師可要求學習者對有關概念卡通中各個人物的陳述進行評價，或要求學習者指出何者為是或何者為非並說明理由，如此教師就可以很容易掌握學習者的想法並找到支持其想法背後的理由；提供學習者機會對自己的想法進行辯解，在評量上是非常有價值的。此外，教師也可將概念卡通分別在教學前與教學後對學習者進行評量，藉以找出證據並檢視學習者是否或者如何進行概念的改變。

概念卡通在教學上的另一重要用途就是可達到鑑別 (differentiation) 的功能，由於學習者通常都是採取他們認為有意義與相關連方式對卡通的內涵進行詮釋，當學習者對該科學概念的認知只到達某種層次時，他只能用他所知道的範圍與程度進行陳述；反之，已達較高認知層次的學習者自然能更深入的觀察與理解，並作出適當地表達，因此在扮演提供教師鑑別學生認知程度差異時，是一項非常有利的工具。例如，有些學習者也許只會從高空彈跳的人(如圖 3)的體重上來思考，但其他學習者可能就還會從繩子粗細、彈性、橋的高度等角度進行探討；也就是說同樣的概念卡通對於不同的學習者其實具有不同的意義，它取決在學習者先備知識上的差異。

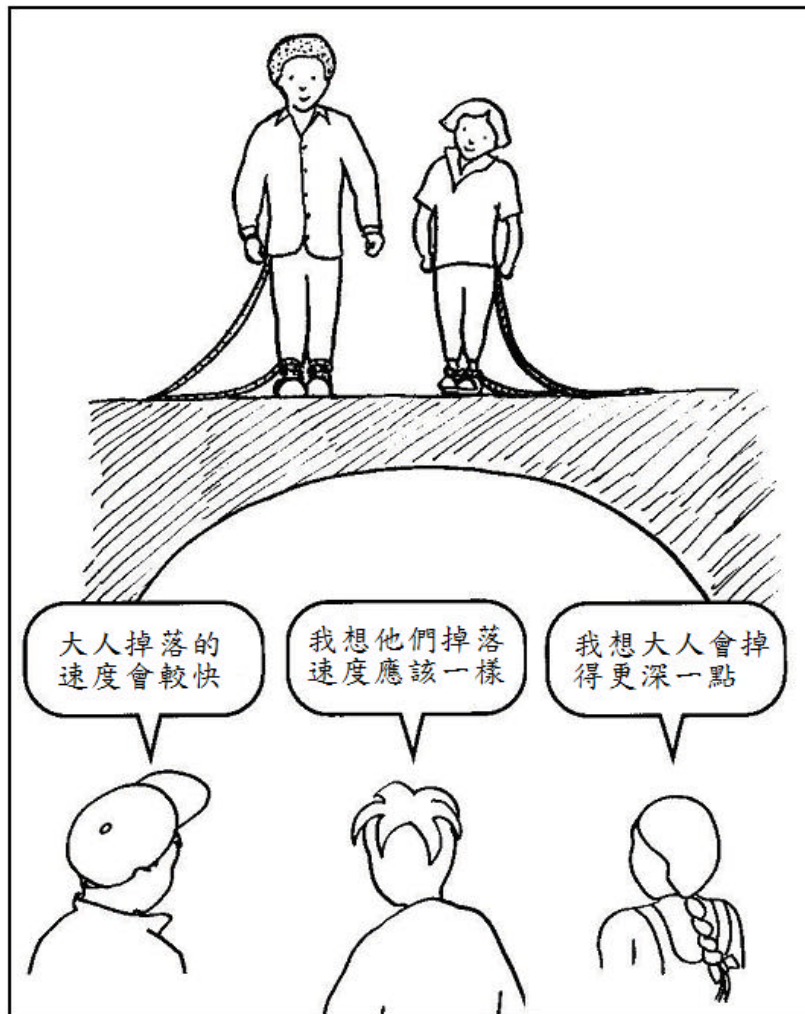


圖 3 高空彈跳

表面上，概念卡通當作評量工具時與一般的選擇題好像有點類似，然而它從學習者所得到的反應卻是截然不同的，這其中包括幾項原因：首先，是因為它們的視覺化與較少的文字呈現，所以因文字理解程度所造成的學習困難不存在；再者，概念卡通中的人物是以對話的形式出現，能吸引學習者參與其中的對話；此外，由於是用對話的形式，對學習者而言，不致於像進行其他只有唯一標準答案的測驗一般，其所產生的威脅感也明顯地降低許多。

肆、概念卡通教學實例

Stephenson 和 Warwick (2002) 運用建構主義主張之動機導引- 調查- 反思的教學模式並輔以概念卡通，對年齡介於 10~11 歲間的學童，針對兩種不同狀況下光影產生之相關概念進行教學實驗，藉以證明採概念卡通教學策略確實有助於學習者對於各種科學概念之理解，其教學策略與實施的成效略述如下：

一、光影形成之迷思概念發掘階段

在開始的階段是由全班學童一起參與討論，其目的是要為下一階段進行小組探索過程時先行提供討論的脈絡與刺激因子。第一張概念卡通(如圖 4)呈現的是四位學童針對手電筒的光束分別照射於大小相同的黑色與白色紙卡後其可能產生的結果分別提出的想法，其中一位學童認為黑色紙卡將會產生出最暗的影子，這似乎也印證了 Osborne 等人(1990)的研究結果，即許多的學童經常將反射與影子形成的概念混淆，當進一步追問學童“為甚麼？”時，學童的回答經常是“黑色的紙卡會產生黑色的影子，因為它們是黑色的”，有學童甚至還回答“白色紙卡會產生白色的影子”。多數年齡較長的學童傾向於選擇“兩者產生的影子是一樣的”，儘管仍有明顯多數的學童仍然抱持有紙卡的顏色會決定影子的深淺程度的想法。



圖 4

由這類的回答可反映出學童經常將”個人”的觀點置入於”科學”觀點之中，認為影子的形成與光線通過之物體本身顏色的明暗程度有關。就某種程度而言，這意謂著經由一些有限的實驗證據後，學習者對於某些科學概念的瞭解，已經將個人原本的想法進行了某種明顯的修正，更明確的說，這也是教師介入學習後所得到的結果。在這種情境下，教師試圖傳達的科學概念包括：

光線無法穿透某些物質，以及它如何導致影子的產生

光線如何從物質的表面反射(例如鏡子，磨光的金屬表面等)

同樣地，教師在這個時候也須留意在這個階段的學童他們的真正理解程度，並確認他們能真正知道”對”的答案為何。基本上，將影子的晦暗程度視為完全一樣，其實也不全然正確，且在多數的情況下，它應該是錯誤的；因為除非所有的背景光源都完全排除在外，且沒有任何反射的光線由白色紙卡投射到影子上，才可能有這種結果產生。此外，為了彌補原來過度簡化的概念卡通內容，並能促進學童發展更客觀的觀察技能及更深入的科學概念理解，教師可將概念卡通上的白色紙卡以一面鏡子加以取代，藉以幫助學童能更深入的討論與探索。經由後設認知發展策略，學童可以反思自己想法並比較同儕的想法，經由這類反思過程所得到的結果也可以作為教師檢視學習者對該科學概念理解程度的依據。

二、光影形成之迷思概念之再檢驗階段

再接下來的步驟，另一則概念卡通所呈現的是觀察光線經過兩棵樹所形成影子的結果(圖 5)。這裡涉及到的是當影子重疊時又會如何的概念，正如判斷黑白色卡形成影子時一樣，學童仍然是以高度的個人感受來進行判斷，且傾向於選擇影子會呈現兩倍的暗度，由此顯示許多學童認為影子是會經由累加形成的。其中特別有價值的地方在於這些學童將討論的焦點集中在”會呈現相同的影子”或是”影子會較暗沉，但不會是兩倍的暗度”。對教師而言，此時必須認真的探討到底學童所認定的樹影其真正的意涵為何？是單純指光線經過樹枝與樹葉的投影亦或是也包括光線透過樹蔭的間隙而產生的斑點效應，因為要探討學童對於樹影是否具累加效應之前，必須先釐清學童本身對於樹影的定義。這一則概念卡通的價值就在於它能促進這類的討論，也極有助於教師掌握學童對該概念的理解程度。



圖 5

三、光影形成之概念探索與應用階段

接下來的探索活動，可經由利用將網狀的布簾致置於投影機上所呈現的光影來繼續探討，其探討的內容可包括學童該如何描述當幾張簾幕重疊時所呈現的完全黑暗投影效應；是否有特定數目的重疊會導致完全的黑暗等等，進行這一部分的教學目的其實是教師進行“鷹架(scaffolding)”的過程。這個活動還可進一步利用嵌有黑色圖案裝飾的白色網狀布簾來進行光投影的實驗。從表面上看起來，這個部簾似乎呈透明狀，儘管已經過前面運用概念卡通的探討，仍有超過八成的學童會預測他們將看到與原來類似的圖案投影在螢幕上(事實上也有七成二的職前教師有相同的預測)，而當該不簾置於投影機上呈現出結果的一剎那，很難不帶來一陣驚呼，因為投影出來的結果只是呈現出黑色的縱橫交錯的編織紋路而已。這個超出預期的結果事實上對於先前經過概念卡通學習活動的學童而言是一項很大的衝擊，因為他們必須根據這些證據很快的去重新評估他們原有的想法，並對於這些黑色圖案為何消失進行重新的解釋，在這個階段學童對於光影之形成概念的瞭解事實上又進入到另一種層次了。在這個教學活動的最後，教師用這個問題作為整個教學活動的結束，即“將印有與剛才相同布簾圖案的墊板至於投影機上，會呈現出何種投影結果呢？”

經過這整個的教學實驗活動，參與研究的老師發現透過這樣教學歷程，學習者所反應出的理解程度遠遠超過教師原先對於這個年齡層孩子的預期。

伍、結語

運用概念卡通教學策略來幫助學習者反思本身對於科學概念的理解並提供作為教師進行形成性評量時的證據，在在的都反應著建構式學習理論的精神內涵。如果期待能達到有效的教學，教師們需明確的了解到學習者對於各種科學概念所擁有的另有架構是極其多樣且其來有自的，這些另有架構在教學活動設計時絕對必須認真地加以重視。無庸置疑地，若能靈活運用概念卡通的教學策略，且整合有關學生迷思概念之相關研究成果，或搭配如概念構圖之整體概念體系之教學，應該是一項能支援上述合於建構主義教學與學習歷程的有利工具，值得持續的探研究與開發。

參考文獻

- 郭重吉(1988).從認知的觀點探討自然科學的學習.教育學院學報.13期.335-363.
- 郭重吉(1990)：學生科學知識認知結的評估與描述。國立彰化師範大學學報，1，279-319。
- 黃萬居(1993)：國小學生的概念構圖和自然科學學習成就之研究。台北市立師範學院學報，24，47-66。
- 黃文俊(1994)：國中生物理壓力迷思概念及概念改變教學可行性之研究。淡江大學教育資料科學研究所碩士論文。
- 許健將、郭重吉、李成康(1992)：利用二段式測驗探查高三學生有關共價鍵及分子結構之迷思概念。科學教育，3，175-196。
- 自然與生活科技(2002).南一書局.中華民國:台南市.
- Airasian,P.W. and Walsh,M.E.(1997).Constructivist cautions. Phi Delta Kappan,78,444-449.
- Bentley, D. and Watts, M. (1991) Constructivism in the curriculum. Can we close the gap between the strong theoretical version and the weak version of theory in practice? *The Curriculum Journal*, 2, 2, 171-182.
- Blosser(1987). Science misconception research and some implication for the teaching to elementary school students, EIRC ED 282776.
- Bishop,B.A.,& Anderson,C.W.(1990). student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in science Teaching*,27(5),415-427.
- Brumby,M.(1982). Students' perceptions of the concept of life. *Science Education*,66(4),613-622.
- Carre, C.(1993). Performance in subject-matter knowledge in science. In N.Bennett and C.Carre(Eds.) *Learning to Teach*. London:Routledge.

- Duschl, R., Ellenbogen, K. and Erduran, S. (1999) *Understanding dialogic argumentation among middle school science students*. American Educational Research Association Annual Conference, Montreal, Canada.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. and Scott, P. (1994) Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 7, 5-12.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes, Open University Press.
- Driver, R., and Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Keogh, B., and Naylor, S. (1996). *Scientists and Primary Schools*. Sandbach, Millgate House Publishers.UK.
- Keogh, B., and Naylor, S. (2000). *Concept Cartoons In Science Education*. Sandbach, Millgate House Publishers.UK.
- Leeds (1992). *Leeds National Curriculum Science Support Project*. Leeds, Leeds City Council and University of Leeds.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mercer, N., Wegerif, R. and Dawes, L. (1999) Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British Educational Research Journal*, 25, 1, 95-111.
- Needham, R. (1987). *Teaching Strategies for Developing Understanding in Science*. Leeds, Children's Learning in Science Project, University of Leeds.
- Newton, P., Driver, R. and Osborne, J. (1999) The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 5, 553-576.
- Nuffield Primary Science (1993a). *Nuffield Primary Science Teachers' Guides (various titles)*. London, Collins Educational.
- Nuffield Primary Science (1993b). *Nuffield Primary Science Teachers' Handbook*. London, Collins Educational.
- Osborne, J., Simon, S., Erduran, S. and Monk, M. (2001) *Enhancing the quality of argument in school science*. European Science Education Research Conference, Thessaloniki, Greece.
- Osborne, J., Simon, S., Erduran, S. (1990). *Light: Primary SPACE project research report*. Liverpool University Press.
- Osborne, R., and Freyberg, P. (1985). *Learning in Science*. Auckland, Heinemann.

- Scott, P. (1987). *A Constructivist View of Teaching and Learning*. Leeds, Children's Learning in Science Project, University of Leeds.
- Shymansky, J.A. (1992). Using constructivist ideas to teach science teachers about constructivist ideas, or teachers are students too! *Journal of Science Teacher Education*, 3(2), 53-57.
- Stephenson, P. and Warwick, P. (2002). Using concept cartoons to support progression in students' understanding of light. *Physics Education*, 37, 2, 135-141.
- Swain, J., Monk, M. and Johnson, S. (1999). A quantitative study of the differences in ideas generated by three different opportunities for classroom talk. *International Journal of Science Education*, 21, 4, 389-399.
- Swann, J. (1992) *Girls, boys and language*. London: Blackwell.
- Vygotsky, L. (1978) *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- White, R. (1994). Dimensions of content. In Fensham, P., Gunstone, R. and White, R. (Eds) *The content of science*. London: Falmer, 255-262.
- Yager, R.E. (1991). The constructivist learning model: Towards real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6), 52-57.

