

# 論證式探究教學對八年級學生學習成效影響之研究-以浮力單元為例

施富吉<sup>1</sup>、陳錦章<sup>2</sup>

<sup>1</sup>台中縣立爽文國民中學、<sup>2</sup>彰化師範大學物理系

<sup>1</sup>tnsfuchi@mail.tn.edu.tw、<sup>2</sup>ccchen@cc.ncue.edu.tw

## 摘要

本文旨在探討以論證為導向的5E探究教學（簡稱論證式探究教學）和一般傳統教學對學生在浮力單元的概念改變以及科學能力、合作和自信素養（簡稱3C素養）的影響，並探討學生概念改變的機制。本研究以兩班常態班的八年級學生為研究樣本，依準實驗研究設計，分為實驗組與對照組，實驗組採用論證式探究教學；而對照組採用一般傳統教學。研究發現實驗組在概念改變的成效明顯優於對照組；在3C素養方面，實驗組在科學能力和合作素養顯著優於對照組，而自信素養沒有顯著差異。最後分析學生的概念改變主要發生在探索和解釋階段以及小組和全班的論證階段。

關鍵詞：5E探究教學、概念改變、論證

## 一、緒論

### （一）研究背景與動機

長久以來，科學知識經常被認為是永恆不變的真理，並且課室的教學常以教學者為中心，對學習者進行科學知識和概念的灌輸，就算是科學實驗也僅止於驗證科學原理的「食譜式實驗」。即使學生所得到的實驗結果與理論不符，也經常認為是自己實驗操作上的問題，而不對理論加以質疑和批判，讓學生對科學的本質產生誤解。科學的理論並非永恆不變，當新的現象與既有的理論產生衝突時，科學家和科學社群就會針對理論進行討論和修正以便合理解釋新的現象。科學的革命與學生的概念改變有相似之處，學生在進入課室之前就已經具備屬於自己的另有概念，而許多研究指出學生的另有概念通常不容易改變（邱美虹，2000）。因此教學者應該要選擇合適的教學策略，營造概念上的衝突，讓學生發現既有的認知結構無法解釋新的概念時，才會對認知結構進行調適以接收新的概念。研究者根據自己多年的教學實務經驗發現，學生在「浮力」單元經常存有許多的另有概念，並且有些另有概念在教學之後依然根深蒂固無法改變。因此，研究者希望能夠設計合適的教學策略以促進學生對浮力概念的學習。

### （二）研究目的與問題

本研究的目的是在發展以論證為導向的5E探究式教學（以下簡稱為論證式探究教學）作為促進八年級學生對浮力另有概念的改變與提升科學能力（Competency）、合作（Cooperation）和自信（Confidence）這三方面素養（以下簡稱3C素養）的教學策略，並利用二階層浮力概念診斷測驗，研究學生浮力另有概念改變的情形；以及藉由質性資料的分析，探討實驗組學生概念改變的機制。另外，藉由3C素養量表（張惠博、陳錦章及郭國禎，2009）探討學生在科學能力、合作和自信這三個素養的變化情形。本研究

採用準實驗研究法，選取兩班常態編班的八年級學生各 35 位，以論證式探究教學的學生為實驗組；以一般傳統教學的學生為控制組，比較兩組學生在教學後對浮力另有概念改變的成效以及 3C 素養的變化情形。基於以上研究目的，本研究的待答問題如下：

1. 實驗組與控制組兩組學生對浮力另有概念的改變情形是否達到顯著差異？
2. 實驗組學生對浮力另有概念的改變機制為何？
3. 實驗組與控制組兩組學生在 3C 素養的變化情形是否達到顯著差異？

## 二、文獻探討

學生在面對新學習情境時，早已存在許多概念，當這些概念不同於科學家所認為的正確科學概念時，就稱之為「另有概念 (alternative conceptions)」。研究者根據自身教學經驗與探討有關浮力概念學習的文獻 (郭重吉, 1990; Mullet & Montcouquiol, 1988)，發現學生在浮力單元普遍存在許多另有概念，且有些浮力另有概念在教學後依然難以改變。然而，學習就像是一連串概念改變的過程，為了讓學生能夠將另有概念轉變成正確的科學概念，便產生了如何讓學生進行概念改變的理論，其中 Posner、Strike、Hewson 和 Gertzog (1982) 的概念改變模式 (conceptual change model, CCM) 是最重要也是最早被提出來的理論。Posner 等人根據 Piaget 的認知發展階段論觀點與 Ausubel 的意義學習論主張，提出概念改變模式，並引用了 Piaget 的「同化」與「調適」這兩個學習觀點，來說明概念改變的兩種形式：如果學習者僅僅使用既有的概念去應付處理新的現象，就是同化；當學習者的既有概念無法解釋新的現象，必須置換或重組自己的核心概念，就稱為調適。其中，Posner 等人認為只有學習者對既有的概念感到不滿意，且新的概念對學習者而言是合理、可理解且豐富的，才會進行調適，也就是概念改變。為了讓學習者感到不滿意，就要造成認知衝突的情境，而造成認知衝突的教學法有 POE 教學 (White & Gunstone, 1992) 和 5E 探究教學 (Bybee & Landes, 1988) 等，其中 5E 探究教學的五個階段：參與 (Engagement)、探索 (Exploration)、解釋 (Explanation)、精緻化 (Elaboration) 以及評量 (Evaluation)，非常符合 Posner 等人所提的概念改變模式，如：在參與階段營造認知衝突 (不滿意的)，提升學生的學習興趣；在探索階段讓學生藉由探究實驗，建立正確的科學概念 (合理的)；在解釋和精緻化階段透過小組討論方式，理解所學的科學概念 (理解的)；在評量階段提供學生應用科學知識和概念的機 (豐富的)。

科學的學習應該以學習者為中心，讓學生體驗科學家探索自然世界的方式，並建立正確的科學概念 (NRC, 1996)。Schwab (1962) 曾大力呼籲，認為科學的學習應該採取探究的方式，而美國的科學教育改革也注意到科學探究的必要性。美國國家研究委員會 (National Research Council, 簡稱 NRC) 也特別強調探究式學習與教學的重要性，並在前言中特別說明科學教學應該以探究的方式進行 (NRC, 1996)，因此「探究」成為整個科學教育改革的核心。NRC 並指出為了促進探究，現今科學學習活動所強調的重點與以往所已有所改變，包括強調使用證據和策略來發展或修正解釋；應用實驗的結果到科學的論證和解釋；以及將想法公開地與全體同學溝通 (NRC, 2000)。從這些強調重點改變可以看出「論證」在現今探究式學習中已逐漸扮演重要的角色，Toulmin (1958) 認為一個完整的論證需要包含：數據 (data)、主張 (claim)、理由 (warrant)、支持 (backing) 和反例 (rebuttal) 等五個論證元素。許多研究也紛紛藉由 Toulmin 的論證架構進行論證

教學，研究結果也顯示論證確實能促進學生的概念學習（林燕文和洪振芬，2007；黃翎斐、張文華和林陳涌，2008）。除了科學學習方式的改變，美國科學促進會(American Association for the Advancement of Science)所提的 2061 計畫也希望能夠培養學生具有科學素養 (AAAS, 1990)，了解科學的本質，並能應用科學概念以解決環境上所遭遇的問題。因此，本研究主要以 Posner 等人 (1982) 的概念改變理論為基礎，結合 5E 探究教學與 Toulmin (1958) 的論證架構，設計以論證為導向的 5E 探究式教學，以改善學生對浮力概念的學習並提升學生的 3C 素養能力。

### 三、研究方法

#### (一) 研究方法：準實驗研究法

1. 研究樣本：本研究樣本為台中縣某國中兩班常態編班的八年級學生各 35 位，隨機分為實驗組與對照組，其中實驗組學生按照異質性分成 6 組，每組 5~6 人。
2. 研究工具：(1) 二階層浮力概念診斷測驗試題 (侯佳典，2007)；(2) 3C 素養量表 (張惠博和陳錦章)；(3) 論證式探究教學訓練教材 (三份論證訓練文本與學習單)；(4) 論證式探究教學浮力課程教材 (三個浮力單元的探究教學教材和四份浮力的論證文本與學習單)；(5) 二年級自然與生活科技下冊課本和實驗記錄本 (南一版，97 年)。

#### (二) 研究設計與步驟

對照組學生使用南一版的二年級自然與生活科技課本對浮力單元進行傳統講述式教學，並搭配課本實驗步驟驗證實驗結果。實驗組學生在進行浮力課程之前，先進行三節課的論證訓練，學生熟悉論證的方法和技巧後，再使用研究者設計並經效化過的論證式探究教學浮力教材，進行引導式 5E 探究教學和論證活動。在每個單元的浮力探究教學都有與其概念相搭配的論證文本，讓學生在探究教學後，可以利用所學的概念對論證文本進行小組和全班的論證，並於教學後填寫論證學習單。兩組的浮力教學時程為期兩週，共八節課，並在實施浮力單元教學前，先進行二階層浮力概念診斷試題和 3C 素養量表的前測，教學後再進行二階層浮力概念診斷試題和 3C 素養量表的後測。

#### (三) 資料分析

##### 1. 統計分析：

- (1). 利用 SPSS 軟體將實驗組與對照組的二階層概念診斷試題的前後測進行描述性統計分析，再進行兩組學生前後測的成對樣本 t 檢定，分析兩種教學法對於學生概念改變是否達到顯著差異。最後以前測為共變項進行共變數分析，探討論證式探究教學對於概念改變的情形是否顯著優於一般傳統教學。
- (2). 利用 SPSS 軟體將實驗組與對照組的 3C 素養量表的前後測進行描述性統計分析，再進行兩組學生前後測的成對樣本 t 檢定，分析兩種教學法對於學生的科學能力、合作和自信素養的提升是否達到顯著差異。最後以前測為共變項進行共變數分析，探討論證式探究教學對於 3C 素養的提升是否顯著優於一般傳統教學。

##### 2. 質性分析：

本研究的質性資料包含教學過程中的錄音、學生的學習單和晤談內容。其中晤談的對象是藉由分析浮力概念診斷試題，選取在診斷試題前、後測改變題數最多的六位學生

進行晤談。並將這些學生的晤談內容、學習單和課室錄音進行歸納與編碼，進行統整和分析，以探討學生在論證式探究教學過程中概念改變的機制。

#### 四、研究結果

針對論證式探究教學的實驗組和一般傳統教學的控制組在概念改變和 3C 素養的學習成效做進一步的分析，並依據研究問題將所得結果分述如下：

##### (一) 實驗組與控制組兩組學生對浮力另有概念的改變情形

經過不同教學法後，兩組學生在浮力概念診斷試題的平均分數都有提升（表一），而且兩組學生在前、後測分數的進步達到顯著差異（表二），可見兩種教學策略對學生浮力另有概念的改變都有成效。並將實驗組和對照組的前測成績當共變項，後測成績當依變項，進行共變數分析（表三）。從表三的結果可以發現，實驗組和對照組在後測成績方面有顯著差異（ $p < .05$ ），顯見論證式探究教學在浮力另有概念的改變成效優於一般傳統教學。

表一 實驗組與對照組在浮力概念診斷試題前後測的平均數與標準差

	個數	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差
實驗組	35 人	1.69	1.13	5.20	3.02
對照組	35 人	1.40	0.98	3.46	3.23

表二 實驗組與對照組在浮力概念診斷試題前後測的成對樣本 t 檢定

組別	實驗組(前測-後測)	對照組(前測-後測)
t 值	7.48***	4.21***

註：\*\*\* $p < .001$

表三 實驗組與對照組在浮力概念診斷試題前後測之共變數分析

	平方和	自由度	均方合	F 值
組間(教學法)	32.65	1	32.65	4.04*
組內(誤差)	540.90	67	8.07	
全體	2029.00	70		

註：\* $p < .05$

##### (二) 實驗組學生對浮力另有概念的改變機制

經由統計診斷試題前、後測結果，發現實驗組學生的概念發生改變（包含另有概念變成科學概念以及科學概念變成另有概念）的情況共 162 人次，其中由另有概念變成正確科學概念共有 142 人次，佔 87.7%；而由科學概念變成另有概念共有 20 人次，佔 12.3%，前者的改變比例遠大於後者。由此可知，論證式探究教學對克服學生的浮力另有概念有顯著的成效。然而，論證式探究教學造成概念改變的機制為何？研究者以浮力概念診斷試題為依據，選取六位代表性學生進行晤談，並統整和分析質性資料（晤談、探究學習單、論證學習單和課室錄音）以探討論證式探究教學中造成概念改變（另有概念變成科學概念）的機制。根據研究者與六位學生的晤談結果，發現大部分學生的概念改變主要發生在 5E 探究教學的過程中的探索和解釋階段，另外有些則發生小組和全班的論證階段。關於概念改變發生在探索和解釋階段，以下僅以 S31 學生的晤談資料為代表，並將內容節錄如下：

**概念改變發生在探索和解釋階段：**

研究者：你在試題八的答案一開始寫錯的原因是什麼？

S31：因為沒學過浮力…，最後就認為浮的越上面的浮力越大嘍！

研究者：那你後來寫對。你認為這樣的改變是在教學過程中的那個部分？

S31：(翻閱)…嗯…就是這裡畫的力圖【探索階段】

研究者：為什麼木塊的力圖就讓你改變？

S31：力圖上只有浮力和重力的線…物體不動就是合力為零，…所以浮力就會等於重力…。【探索、解釋階段】

研究者：還有其他的原因嗎？

S031：(翻閱)喔…還有我們這一組的討論…【解釋階段】 (980730I06)

另外，研究者根據晤談與分析課室錄音，發現有些學生雖然在探究過程中習得正確的科學概念，但其另有概念依然與正確科學概念並存，並且繼續使用另有概念進行論證活動，但是透過小組的論證活動學生的另有概念會進行改變。關於概念改變發生在小組論證階段，以下僅以第三組小組論證的錄音文字稿為代表，並將內容節錄如下：

**概念改變發生在小組論證階段：**

S33：那蘋果浮力有變大嗎？

S34：有啊！

S33：那為什麼會變大？

S34：因為在不同液體中。

S33：可是浮體不就等於…浮體的浮力等於物重。

S34：因為加入食鹽後，蘋果往上升，所以浮力大於物重阿。

S33：喔，我知道了！因為往上升所以浮力和物重的合力向上。

然而小組中具有正確科學概念的學生也有可能被另有概念的成員所說服，但是最後在全班論證的階段又轉變成正確概念。關於概念改變發生在全班論證階段，以下僅以 S08 學生的學習單為代表 (圖 1、圖 2 和圖 3)，並內容摘錄如下：

**概念改變發生在全班論證階段：**

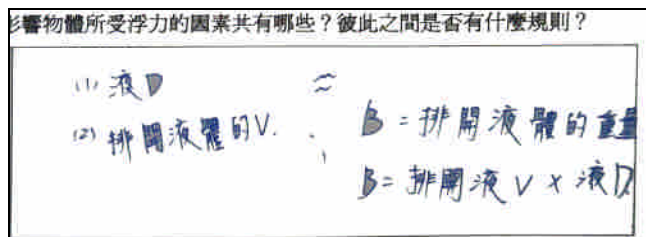


圖 1 探究活動學習單  
探究活動後習得正確科學概念。

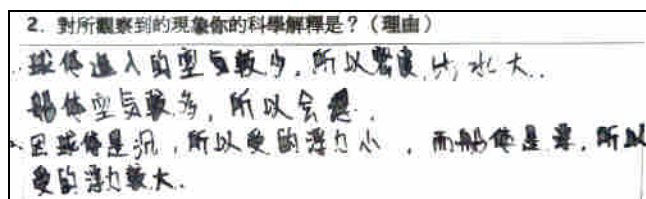


圖 2 小組論證學習單  
進行小組論證後，被另有概念的組員說服，轉變成另有概念。

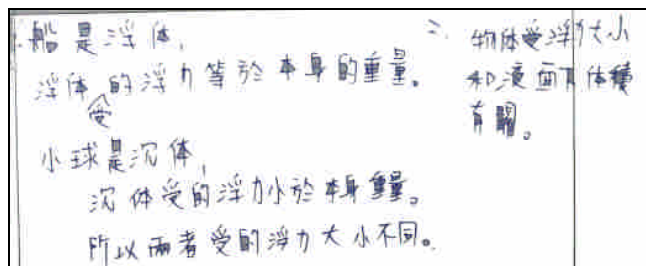


圖 3 全班論證學習單  
經過全班論證活動後，又轉變成正確科學概念。

透過上述質性資料的分析結果，可以發現論證式探究教學對於學生的概念改變主要發生在 5E 探究活動的探索和解釋階段；另外，有些學生在探究活動後依然存在有另有概

念，但透過後來小組和全班的論證活動也發生概念改變的情形。

### (三) 實驗組與控制組兩組學生在 3C 素養的變化情形

分析 3C 素養量表的前後測，發現實驗組和對照組兩組學生在 3C 素養的平均分數雖然都有進步（表四），但只有實驗組學生在科學能力、合作和自信素養的前、後測有顯著差異（表五）。

表四 實驗組與對照組在科學能力、合作和自信素養量表前後測的平均數與標準差

	素養	前測平均數	前測標準差	後測平均數	後測標準差
實驗組 (35 人)	科學能力	87.49	23.19	101.49	19.59
	合作	59.71	13.40	65.69	12.85
	自信	84.31	22.63	91.51	20.02
對照組 (35 人)	科學能力	90.34	18.49	90.80	17.66
	合作	61.74	12.05	63.03	11.51
	自信	86.37	16.21	88.69	15.55

表五 實驗組與對照組在科學能力、合作和自信素養量表前後測的成對樣本 t 檢定

組別	科學能力素養 t 值	合作素養 t 值	自信素養 t 值
實驗組 (前測-後測)	4.93***	4.14**	2.90
對照組 (前測-後測)	0.23	0.78	1.57

註：\*\* $p < .01$ ，\*\*\* $p < .001$

研究者將實驗組和對照組的 3C 素養前測成績當共變項，後測成績當依變項，進行共變數分析。結果發現實驗組在科學能力素養的後測成績比對照組有顯著差異( $F=17.15$ ,  $p < .001$ )；在合作素養的後測成績方面比對照組，也有顯著差異 ( $F=4.13$ ,  $p < .05$ )。但在自信素養方面兩組沒有顯著差異 ( $F=2.75$ ,  $p > .05$ )。

## 五、結論與建議

透過量化和質性的資料分析可以發現，論證式探究教學對八年級學生的學習成效有正面的影響，但也有不足之處。茲將本研究的結論和建議分述如下：

### (一) 結論

1. 論證式探究教學法對實驗組學生在浮力單元的概念改變有顯著成效，且優於一般傳統教學法的對照組，達顯著差異的水準。
2. 論證式探究教學對實驗組學生在科學能力素養、合作素養和自信素養的提升有顯著的成效，且在科學能力素養和合作素養方面優於一般傳統教學的對照組，達顯著差異的水準。但是在自信素養方面實驗組與對照組沒有明顯差異。
3. 實驗組學生由另有概念變成正確科學概念的比例遠大於從正確概念變成另有概念，由此可知論證式探究教學適合做為概念改變的教學策略。
4. 論證式探究教學的概念改變機制，主要發生在 5E 探究教學過程中的「探索」和「解釋」階段，以及小組和全班的論證階段。

## (二) 建議

1. 本研究並未探討論證式探究教學對概念保留的影響，建議未來可以進一步探討論證式探究教學在概念保留的成效。
2. 雖然論證式探究教學讓大部分學生由另有概念轉變成正確概念，但還是有學生從正確概念轉變成另有概念，建議未來可以進一步探討論證式探究教學造成另有概念的原因。
3. 論證式探究教學與一般傳統教學在自信素養部分沒有顯著差異，推論其原因可能是自信素養屬於情意方面，需要較長時間的教學才可能會有成效，研究者建議未來可以嘗試用論證式探究教學進行長時間的研究。

## 六、參考文獻

- 林燕文和洪振芬(2007)。對話論證的探究中學童論述策略對促進科學概念理解之研究。  
*屏東教育大學學報*，**26**，285-324。
- 邱美虹(2000)。概念改變研究的省思與啟示。*科學教育學刊*，**8(1)**，1-34。
- 郭重吉(1990)。利用晤談方式探查國中學生對重要物理概念的另有架構之研究(II)。  
行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。臺北：行政院 國家科學委員會。
- 侯佳典(2007)。5E 探究式學習環教學對國二學生浮力概念改變成效之研究。國立彰化師範大學物理系物理碩士班碩士論文，未出版，彰化縣。
- 黃翎斐、張文華和林陳涌(2008)。不同佈題模式對學生論證表現的影響。*科學教育學刊*，**16**，375-393。
- AAAS (1990). *Project 2061: Science for All American*. New York: Oxford University Press.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS).  
*Science and Children*, *25(8)*, 36-37.
- Mullet, E., & Montcouquiol, A. (1988). Archimedes' effect, information integration and individual differences. *International Journal of Science Education*, *10*, 285-301.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*, 994-1020.
- 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)*, 211-277.
- Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science as enquiry*. The Teaching of Science. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. London: Cambridge University Press.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: The Falmer Press.