

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫進度報告

最佳化雙重效應”教學對國中學生不同複雜度之理化迷思概念  
心智模式改變機制的研究( )

The research on the mechanism of “optimal dual effect” on changing middle school students three different complex level of physical science concept mental model

計畫類別： 個別型計畫  $f$  整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2511-S-009-004

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：余曉清

處理方式： $f$ 可立即對外提供參考

(請打 ) 一年後可對外提供參考

$f$ 兩年後可對外提供參考

(必要時，本會得展延發表時限)

執行單位：國立交通大學教育學程中心

中華民國 89 年 5 月 31 日

## 摘要

計畫第一年針對學生對於不同複雜程度之理化迷思概念本體架構進行研究，進而結合認知科學的學習遷移理論與科學教育的概念改變理論，發展出“雙重情境學習模式”。並以此模式實際應用於不同複雜之理化概念進行概念改變研究，而促進學生概念首先需瞭解科學概念的本體觀以及科學概念的本質，其次雙重情境學習活動設計需同時兼具引發學生原有科學概念本體架構產生衝突，並提供學生合理的、新的概念架構。研究顯示概念轉移所需之雙重情境學習活動數目因概念複雜度有所不同。

## 研究動機

由於學生在學習理化概念上常常會產生迷思概念。因此，在過去十多年來許多的科教學者均致力於學生究竟有那些迷失概念。未來的究竟該走向何方？

Wandersee, Mintzes, Novak(1994)根據 100 位科教領域專家學者意見綜合提出來的研究方向，其中最重要是：

- (1). 學習研究必需由描述學生的迷思概念進展到研究學生概念改變過程的了解。
- (2). 科學迷思概念應該與問題解決和科學認知研究結合。
- (3). 如何將現有的迷思概念研究放入課程和教學活動中。
- (4). 這些迷思概念研究最後應會影響教學。
- (5). 教學方式可促進學生概念轉移並成為教室教學有效方式。

因此，本研究便是針對此建議方向，期望經由更深入探討學生理化迷思概念的心智模式，以及研究教學方式對於學生迷思概念心智模式改變的機制，進而發展出促進學生迷思概念轉移的有效教學。

事實上，當我們需要研究學生理化迷思概念的改變前的先決條件，應反歸到學生對理化概念的本體架構為何。而當我們仔細以本體論來思考科學概念的特色時則發現其最大有別於非科學知識是科學的知識是有極明顯的階層性，新概念的

學習是建立在前概念的學習的。理化概念的學習難易可能可依學生理解某一概念所需牽涉到其他概念的數目多寡有所不同，愈易產生迷思概念的理化概念可能牽涉相關概念數目愈多，且愈難改變。因此，本研究特地針對理化概念複雜度大約分成三大類，進行了解學生對於此三大類理化概念的本體心智模式 ( ontological mental model )。

## 文獻探討

截至目前為止不論是國內亦或是國外的研究幾乎都在嘗試以某種特定的教學方式期望能協助學生概念轉移(徐順益,1993,1994;陳瓊森,1992;Glynn, 1989;Wong, 1993 ; Clement, 1993 ; 黃寶鈿,1996 ; Dreyfus, et, al., 1990 )。而未有研究仔細分析學生理化迷思概念本身即具有複雜程度的差異，因此該如何做才能協助學生進行概念轉移，本研究認為應該先回到迷思概念的本體，了解學生的知識本體架構，以及其在建構不同之複雜度的概念時需要些什麼。

正如 Driver,Guesere 和 Riberghien(1985)所提到學生迷思概念形成的原因往往是由於其注意力與思考力侷限於某範圍，以及其線性因果關係的推理促使學生在一維以上的複雜度的迷思概念形成的頻率高出很多。因此，本研究希望很根做起，即研究學生對於不同複雜度理化迷思概念的心智模式。正如 Norman(1983)提出當人與環境、人、其它科技互動後將會發展一套自我詮釋的表徵，而影響人的行為和成就。這些表徵即為人的心智模式(mental model)基模基礎，且包含執行工作行為的看法。Norman 更提出心智模式是自然發展而成的模式，且這些模式不一定要完全正確，只要在功能上能夠運作，且能達到操作後的結果。而心智模式會受到個人的背景，過去類似系統內的經驗，以及資訊處理系統的結構影響。根據 Norman(1983)對 mental model 的觀察，提出( 1 )心智模式是不完整的(incomplete)。( 2 )一般人控制自我心智模式的能力有限。( 3 ) 心智模式是不穩定的。( 4 ) 心智模式不具備固定的範疇。( 5 ) 智模式是不科學的。( 6 ) 心智模式是節制的。

為協助學生的理化迷思概念的轉移，根據認知心理學的 Sternberg 和

Frensch(1996)提出學習遷移( learning transfer )的四個要素為~ .解碼特性( encoding specificity ) ™.組織 ( organization ) §.區別 ( discrimination ) > .心智模式。充分說明要協助學生學習遷移，教學上必須提供給學生新的的心智模式，而其必須能針對學生原有的心智模式的迷思因素提供解碼專一性，區別的概念，並且協助以組織化的方式和訊息協助學生由舊的心智模式轉移到新的心智模式。Reed(1996)更進一步提到當提供給學生一些類似的情境 ( analogical situation ) 將有助於學生對於類似概念的問題進行學習遷移。

以上 Sternberg 和 Frensch(1996)以及 Reed(1996)的認知心理學的學習遷移的理論，使本研究者因而提出 - 假設：即對於不同程度的複雜度的迷思概念的改變也就可能差別在提供學生概念遷移的數目不同，即意指較單純的概念可能只需要一個類似情境即可遷移，愈為複雜的概念則可能需要較多個情境才能達成。除此之外，依據科教界的研究，如 Posner(1983)提出概念改變四因素，即為讓學生不滿意現有觀念，即造成內部認知結構的衝突，且新的解釋必須非常充分、合理，才能進而達到概念轉移的效果。Steinberg 和 Clement(1997)進行電學的家教式的教學實驗，發現經由特別的教學設計，Discrepant events 不僅可讓學生產生不平衡，同時提供給學生新的模式建立新的概念。正如 Steinberg 和 Clement 指出 Discrepant events 不僅可以讓學生的舊有概念架構產生 dissonance，同時經由特別的設計可以提供新的架構協助學生建構新的概念。本研究期望經由發展“雙重情境學習模式”，進而研究其對於學生原有科學概念架構、概念轉移改變的過程情況以及對新概念建構發展之情況與影響進行深入研究。

### 發展“雙重情境學習模式”

本研究者以認知心理學為經，科學教育研究為緯，發展出“雙重情境學習模式”，進行迷思概念心智模式的改變。該模式共分為五大步驟：

(一) 理化概念的特質分析

(二) 深入了解學生對於不同複雜度的理化迷思概念之本體架構，進而瞭解學生

本體概念中缺乏何概念，因而無法建構科學界所認同的概念。

(三) 針對(一)和(二)設計雙重情境學習活動。

(四) 以雙重情境學習活動進行概念轉移教學，以了解學生在不同複雜度的理化概念心智模式改變之機制。

(五) 設計挑戰性情境學習活動，以確定學生概念轉移成效。

## 雙重情境學習模式應用研究

應用作者所發展之“雙重情境學習模式”分別針對不同複雜度的理化迷思概念進行深入研究其改變之過程、階段、程度和機制。

### 研究對象

22 位國中三年級學生參與本研究，男生 11 人，女生 11 人。

### 研究概念

溶解、擴散、熱膨脹

### 研究進度與成果

#### 第一階段 學生理化概念之本體架構之瞭解

以 IAI( Interview-about-instance ) 的方式對每一位學生針對所選取的不同複雜度迷思概念進行一對一的訪談，並要求學生以 think aloud 的方式以及繪圖方式表達出其 mental model ( 心智模式 )。歷時一至一個半小時，所搜集之資料除 20 卷 tapes (90 min.) 外同時包括學生對於各概念的心智模式繪圖資料。

研究者已經完成 20 卷 tapes 的文字轉譯，同時也已完成初步資料的分析，了解其所擁有的迷思概念之本體架構。

#### 第二階段 最佳化雙重效應教學的設計

此階段主要是針對第一階段研究分析所得不同複雜度迷思概念的本體架構，設計一系列的雙重情境學習活動。

#### 第三階段 雙重情境學習活動教學

以所設計之雙重情境學習活動進行一對一的 IAI 教學訪談，以瞭解最佳化雙

重效應教學情境對於學生迷思概念架構改變與重建的影響。

## 結果

本研究針對溶解、擴散、熱膨脹等概念以“雙重情境學習模式”進行概念轉移研究。

### 溶解

學生在使用“水的分子結構圖”後，增加 40 % 學生建構糖分子會溶解在水分子之間，另增加 40 % 學生建構糖分子最後會均勻分佈於水中。在使用“糖溶於水”後，顯示又增加 10 % 學生建構糖分子會溶解在水分子間，同時又增加 30 % 學生建構糖分子最後會均勻分佈於水中。即有 90 % 的學生或認為糖分子是溶解在水分子間或與水分子結合，且均勻分佈於水中。

### 擴散

在使用“染料滴入水中”後，顯示增加 34 % 學生建構擴散是指“分子由高濃度向低濃度運動”。在使用“芳香劑在教室中進行擴散”後，顯示又增加 33 % 學生建構“染料分子由高濃度向低濃度運動”，同時增加 67 % 學生建構“最後染料分子會均勻分佈於水中”。即有 76 % 學生認為染料分子是由高濃度向低濃度運動，85 % 學生認為最後染料分子會均勻分佈於水中。

其次在所提供的“染料在不同濃度液體的擴散速率”挑戰情境學習活動，更充分顯示約 80 % 學生成功運用之前所建構的擴散概念於此學習活動，同時更應用之前在溶解時所建構的分子結構圖於其心智模式中。

### 熱膨脹

在使用“不同支蠟燭燃燒後水進入杯內的量”是否相同前，顯示 40 % 學生認為 5 支蠟燭會有較多的水進入，原因或為燃燒用掉氣體或產生氣體之故。另 50 % 學生認為進入水量相等，因所含  $O_2$  量相同。活動後則所有學生均改成 5 支會有較多水進入，但 72 % 學生不知原因，其餘或認為氧未完全用掉，或認為蠟燭體積不同，或因產生較多氣體。在“蛋”活動後，則發現有 33 % 學生不知何原因造成蛋

進入廣口瓶內，27 % 學生則認為是因為熱使瓶膨脹，進而使蛋進入；33 % 認為燃燒耗氧，氣壓變小使蛋進入。而後在“加熱鉛罐不同時間”後，有 89 % 學生則建立加熱使杯內氣體變少，壓力降低，外面壓力大於杯內，使水被推入；只 11 % 學生依舊說不知道。最後再測試學生“不同支蠟燭燃燒後進入杯內的水量”則顯示 95 % 學生轉變成蠟燭燃燒會使空氣因熱膨脹，造成內外壓力差，而蠟燭支數愈多造成短時間氣體受熱膨脹愈快，壓力差愈大，而使水進入愈多。

結論：

不論是在溶解或擴散或熱膨脹中，從學生所繪的心智模式與描述之本體架構，可明顯看出概念轉移的現象，同時更由挑戰學習活動中顯示學生可將所學的概念成功的運用在另一新的情境。同時顯示愈複雜的概念，所需概念轉移的雙重情境學習活動愈多。

林振霖(民 81)：我國學生分子概念發展與診斷教學的研究，國立彰化師範大學學報第三期。

陳冠全、余曉清（2000）應用衝突情境式教學改變國中學生壓力的迷思概念。

第二屆中等學校之教學與學習地方教育輔導學術研討會論文集，P.166-P.178

廖琳瑩、劉秀寶、余曉清（1999）應用衝突情境式教學改變國中學生理化迷思概念。

中等學校之教學與學習地方教育輔導學術研討會論文集，P.182-P.191

黃湘武（1997）. 我國學生空間測量概念發展之研究. 國科會研究計畫.

黃湘武（1998）. 我國學生運動,時間,空間概念的認知發展研究. 國科會研究計畫.

黃寶鈿（1996）. An investigation of conceptual change in the conceptions of heat by the teaching strategy of cognitive conflict. July 14.

黃寶鈿（1995, 1996, 1997）. 熱與溫度概念之認知衝突教學與認知發展的研究(I, II, III). 國科會研究計畫.

黃寶鈿（1998）. 以教學測略促進認知發展與科學概念改變(1/3). 國科會研究計畫.

郭重吉(民 81) 從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進.《科學發展月刊》. 20(5), 548-570.

- 郭重吉、江武雄(民 82)。從協助學生建構意義的觀點國中理化教學的改進。( 及 )國科會專題研究成果報告。彰化市，彰化師大。
- 郭重吉、江武雄、謝志仁(民 81)，國中學生化學變化相關概念另有架構之探究，中華民國第八屆科學教育學術研討會，論文彙編 P409。
- 蕭月穗 (1997)。同儕互動對動物、植物概念建構的影響。國科會研究計畫。
- 蕭月穗 (1998)。同儕互動與動植物方面的建構。國科會研究計畫。
- 邱美虹。(1998)。概念學習與解題關係之研究: (I)。學生化學概念與解題之表現。國科會研究計畫。
- 邱美虹、傅化文 (1993)。分子模型與立體化學解題。科學教育學刊, 1 (2), 161-189。
- 邱美虹、翁雪琴 (1993)。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。
- 姜滿。(1993)。國小學童地球科學概念之理解。台南師院學報, 26, 193-219。
- 姜滿。(1997)。國小學童地球地形及地心引力另有概念之之研究。國科會研究計畫。
- 徐順益。(1993)。國中學生力學概念之類比教學與學習。國科會研究計畫報告。
- 徐順益。(1994)。類比解題策略之研究:國中物理力。國科會研究計畫報告。
- 徐順益。(1997)。類比解題策略之研究:國中物理力(III)。國科會研究計畫。
- 陳瓊森。(1993)。設計有效的類比和模型來幫助學生學習科學概念: 基本電學教學之研究。國會研究計畫報告。
- 陳瓊森。(1993)。應用有效的類比和模型來做補救教學:電學迷失概念轉變之研究。國科會研計畫報告。
- 余曉清(1998)。中學科學教學環境中教師與學生互動關係之研究。國科會專題研究計畫成果報告
- Boujaoude, S.B. (1992). The relationship between students learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 687-700.
- Cavallo, A.M.L. & Schafer, L.E. (1994). Relationships between students meaningful learning orientation and their understanding of genetic topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 393-418.
- Clement, J. (1998). The role of dissonance in conceptual change. Presented at National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting. April, 1998. At San Diego, CA.
- Chi, M. T. H.(1992).Conceptual change with and across ontological categories : Implications for learning in science. In R. Giere(Ed.), *cognitive models of science Minnesota studies in the philosophy science* (pp.129-186). Minneapolis : University Minnesota press.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with30(10), 1241-1257.
- Deal, D., Sterling, D. (1997). Kids ask the best questions. *Educational Leadership*, 54 (6), 61- 63.
- Donn, S. & Novak, J.(1989). Epistemological issues in science education. Paper



- represented at the annual meeting of the National association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Dweck, C.S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(1), 1040-1048.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Elivovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change---some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R., Guesene, E. & Tiberghien, A. (1985) . *Children's Ideas in Science* . Philadelphia : Open University Press.
- Driver, R. (1985). Beyond appearances : the conservation of matter under physical and chemical transformation . In R . Driver, E . Guesene. & A. Tiberghien (Eds.) , *Children's Ideas in Science*.(pp.145-169). Philadelphia : Open University Press.
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221-230.
- Fraser, B.J. (1981). *Test of science-related attitudes (TOSRA)*. Melbourne: Australian Council for Education Research.
- Gabel , D. L. , Samul , K. V. & Hunn , D. (1987). Understanding the particulate nature of matter , *Journal of Chemical Education*, 64 (8) , 695-697.
- Gilbert, S.W. (1992). Systematic questioning. *The Science teacher*, Dec., 41-46.
- Glynn, S., Doster, E., Nichols, K., & Hawkins, C. (April, 1991). Teaching biology with analogies: Explaining key concepts. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Glynn, S.M. (1989). The teaching with analogies model: Explaining concepts in expository text: Research into practice. Newark, DE: International Reading Association, 185-204.
- Hackling, M, & Garnett, D. (1985) Misconceptions of Chemical equilibrium". *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- Liem, T. L. (1987). *Invitations to inquiry*. Lexington, MA: Ginn press.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In A. L. Stevens & D. Gentner (Eds.), *Mental Models*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Peterson, R., Treagust, D., Garnett, P. (1986). Identification of secondary students' misconceptions of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument. *Research in Science Education*, 16, 40-48.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1991). *Bibliography: students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Ger: University of Kiel Institute for Science Education.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., Gerzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*,

66, 211-227.

- She, H. C. and Fisher, D. (1998). Combining quantitative and qualitative approaches in studying student perceptions of teacher behavior in Taiwan and Australia. Accepted by 70<sup>th</sup> Annual Convention of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), April 1998, San Diego, CA. (NSC-87-2511-S-009-001)
- She, H.C. and Fisher, D. (1997). The Development And Validation Of a Questionnaire For Assessing Student Perceptions Of Teacher-Student Interaction in Taiwan And Australia. Presented by 70<sup>th</sup> Annual Convention of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), April 1996, at Chicago,IL. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 408174) (NSC-86-2511-S-009-009).
- Steinberg, M., & Clement,J. (1997). Constructive model evolution in the study of electric circuits. In R. Abrams (Ed.), Proceeding, The Fourth International Seminar on Misconceptions Research. Santa Cruz, CA: The meaningful Learning Research Group.
- Sternberg, R. J. & French, P. A.(1996). Mechanisms of transfer. In Detterman, D. K. & Sternberg, R. J.(eds.) Transfer on Trail : Intelliqence, cognition, and Instruction. NJ: Ablex Publisher.
- Reed, S. K.(1996). A shema-based theory of transfer. In Detterman, D. K. & Sternberg, R. J.(eds.) Transfer on Trail : Intelliqence, cognition, and Instruction. NJ: Ablex Publisher.
- Treagust, D. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal fo Science Eudcation*, 10, 159-169.
- Treagust, D., & Smith, C. (1989). Secondary students' udnerstandings of gravitiy and the motion planets. *School Science and Mathematics*, 89, 380-391.
- Wandersee, Mintzes, Novak (1994). Reserach on alternative conceptions in science. In Gabel, D. L. (ed.) *Handbook of reserach on science teaching and learning*. New york: Macmillan Publishing Company.
- Wong, E.D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations ofScientific phenomena. *Journal of reserach in science teaching*, 30(40), 367-380.