



■ 科學模型

科學模型 (mental model) 是科學家在研究自然現象時，根據觀察和實驗數據，在腦海中形成的對自然現象的簡化、近似的描述 (Gentner & Stevens, 1983)。Chi (2008) 認為科學模型是科學家在研究自然現象時，根據觀察和實驗數據，在腦海中形成的對自然現象的簡化、近似的描述 (2008)。科學模型在科學研究中具有重要作用，它不僅有助於科學家理解自然現象，還有助於科學家預測自然現象。科學模型通常包括科學模型、類科學模型、電路進階模型、電路雜型模型、電極混淆模型、電池雜型模型和電池概念不完整模型。

科學模型 (Vosniadou & diSessa) 是科學家在研究自然現象時，根據觀察和實驗數據，在腦海中形成的對自然現象的簡化、近似的描述。科學模型在科學研究中具有重要作用，它不僅有助於科學家理解自然現象，還有助於科學家預測自然現象。

科學模型

層次	科學模式			綜合模式		初始模式	
類型	科學模式	類科學模式	電路進階模式	電路雜型模式	電極混淆模式	電池雜型模式	電池概念不完整
圖示							
心智模式特徵	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，以及完整的延伸思考關係。	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，也建立完整的成分之間的關係，但尚未建立完整的延伸思考關係。	電池的組成成分完整且有電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解延伸思考關係。	電池的組成成分大部分完整，及小部分電池的反應、通路的概念，但尚未建立完整的成分之間的關係，亦不了解延伸思考關係。	電池電極的正、負極(陰、陽極)混淆，在電極、電路與電池的反應皆與科學模式相反。	僅具備電池的巨觀組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)，不了解電池反應、通路概念，不了解電池的微觀機制。	對於化學電池無任何科學概念，僅認識少部份電池部份巨觀的成份組成(電極、外電路、鹽橋、電解質)。
範例	對於各概念、關係與延伸思考的內容皆為正確的，屬於科學模式。	對於化學平衡未清楚了解，其餘的關係與概念皆正確，屬於類科學模型。	了解元件概念，並對於關係有大部分的認識，僅未能掌握延伸思考關係。	了解元件概念，並對於關係有大部分的認識，僅未能完全掌握元件之間的關係。	了解元件的概念，但在化學反應或關係與科學模式相反，屬於電極混淆模式。	正確了解元件的概念，關係與延伸思考的內容皆錯誤，屬於電池雜型模型。	僅了解外電路的概念，其餘元件概念、關係與延伸思考皆錯誤，屬於電池概念不完整。

○ 表示為元件。 ◻ 表示為延伸思考概念。 —— 深色實線表示為此概念或關係存在。 ◄ ► 表示為元件與元件關係。  
 ..... 灰階虛線表示為此概念或關係不完整。 -·-·- 表示為此概念或關係與科學概念相反。

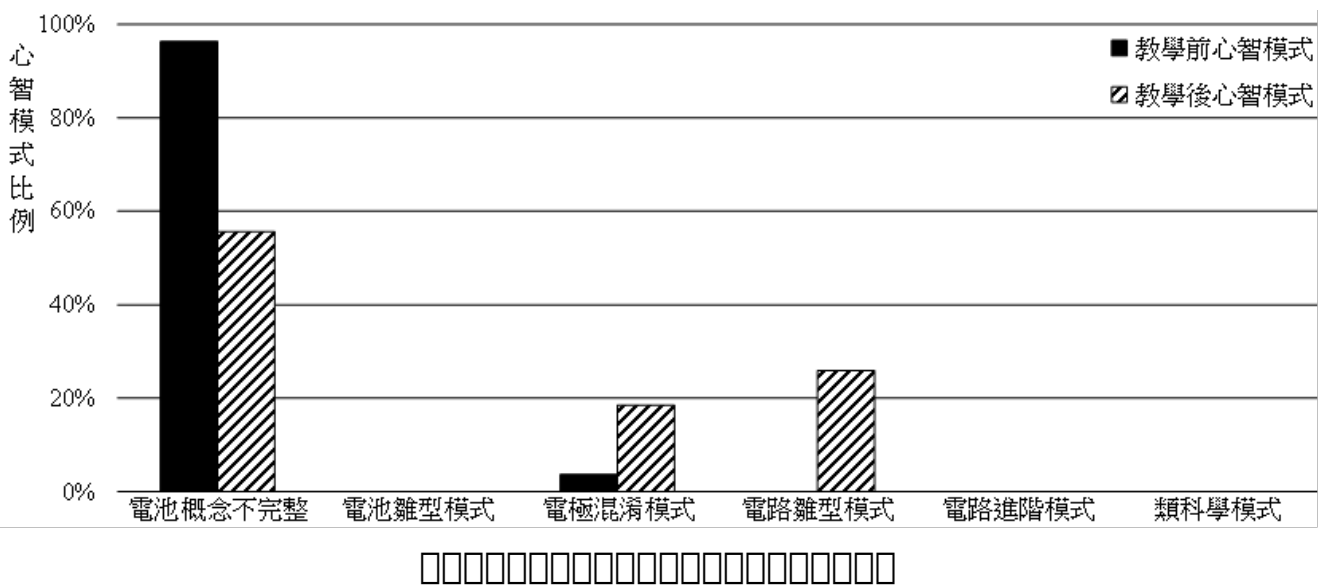
■ 科學模型

科學模型 (mental model) 是科學家在研究自然現象時，根據觀察和實驗數據，在腦海中形成的對自然現象的簡化、近似的描述 (Gentner & Stevens, 1983)。Chi (2008) 認為科學模型是科學家在研究自然現象時，根據觀察和實驗數據，在腦海中形成的對自然現象的簡化、近似的描述 (2008)。

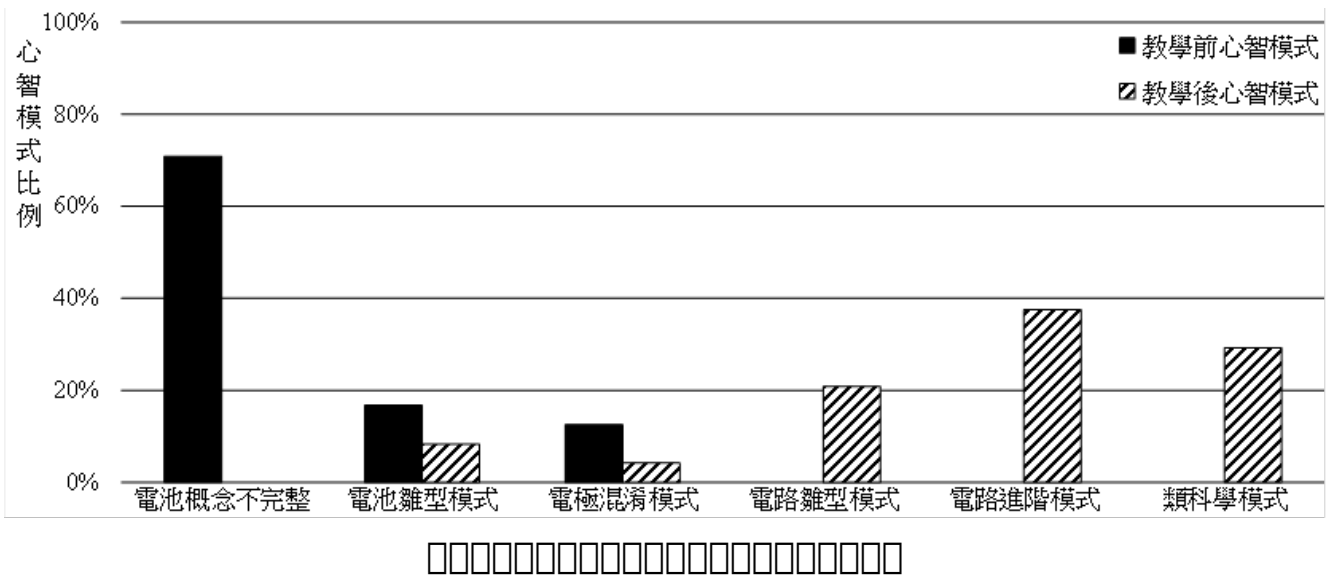
表二「建模探究教學組」與「一般教學組」心智模式分佈情形

心智模式	建模文本教學		一般文本教學		
	前測	後測	前測	後測	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	
科學模式	類科學模式	0	7 (29.2)	0	0
綜合模式	電路進階模式	0	9 (37.5)	0	0
	電路雛型模式	0	5 (20.8)	0	7 (25.9)
	電極混淆模式	3 (12.5)	1 (4.2)	1 (3.7)	5 (18.5)
初始模式	電池雛型模式	4 (16.7)	2 (8.3)	0	0
	電池概念不完整	17 (70.8)	0	26 (96.3)	15 (55.6)

建模探究教學組前測時，有 96.3% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，教學後則有 55.6% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，有 25.9% 的學生處於「電路雛型模式」的心智模式，有 4.2% 的學生處於「電極混淆模式」的心智模式，有 8.3% 的學生處於「電池雛型模式」的心智模式，有 16.7% 的學生處於「電池雛型模式」的心智模式。一般教學組前測時，有 96.3% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，教學後則有 55.6% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，有 3.7% 的學生處於「電極混淆模式」的心智模式，有 44.4% 的學生處於「電路雛型模式」的心智模式，有 25.9% 的學生處於「電路雛型模式」的心智模式，有 0% 的學生處於「電路進階模式」的心智模式，有 0% 的學生處於「類科學模式」的心智模式。



一般教學組前測時，有 96.3% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，教學後則有 55.6% 的學生處於「電池概念不完整」的心智模式，有 3.7% 的學生處於「電極混淆模式」的心智模式，有 44.4% 的學生處於「電路雛型模式」的心智模式，有 25.9% 的學生處於「電路雛型模式」的心智模式，有 0% 的學生處於「電路進階模式」的心智模式，有 0% 的學生處於「類科學模式」的心智模式。



此圖顯示了教學前後的心智模式比例。在教學前，「電池概念不完整」的心智模式比例最高，約為70%。教學後，「電池概念不完整」的心智模式比例降至0%。此外，「電池雜型模式」、「電極混淆模式」、「電路雜型模式」、「電路進階模式」和「類科學模式」的心智模式比例在教學後均有不同程度的增加。

■ 討論

Schwarz (2009) 指出，學習者在學習過程中，會經歷不同的心智模式。這些心智模式的變化，反映了學習者在理解概念上的進步。例如，在學習電池概念時，學習者可能會從「電池概念不完整」的初始狀態，逐漸發展到更完整的理解。

此外，教學過程中的互動和討論，也有助於學習者修正錯誤的心智模式。

本研究發現，教學後的心智模式比例，與教學前的心智模式比例相比，發生了顯著的變化。這表明教學對學習者的心智模式產生了積極的影響。

這些結果提示我們，在教學設計中，應關注學習者的心智模式，並通過適當的教學策略，促進其心智模式的發展和修正。

參考文獻：

Schwarz, D. L. (2009). *Conceptual Change in Science Education*. Cambridge, MA: MIT Press.

10

Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. *International handbook of research on conceptual change*, 61-82.

diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), 843-900.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7(2), 155-170. geology laboratory-based course. *Science Education*, 92(4), 631-663.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners.