

學習策略與科學學習

邱美虹
國立臺灣師範大學科學教育研究所

摘要：治學講求方法，若能培養學習者有效的治學之道，則不論學習何種學科、何種主題，皆可達事半功倍之效。本文的目的是在探討知識結構與「自我解釋」與「發問技巧」的學習策略對科學學習之影響。文獻指出，自我解釋與發問技巧的訓練有助於科學知識的獲得與問題的解決。

關鍵詞：知識表徵、自我解釋、發問。

前 言

近年來認知心理學的蓬勃發展使我們對人類認知方式、知識表徵、知識獲得、知識的使用、以及學習策略等都有較為深入的了解。本文擬從知識表徵的角度來探討學習策略的應用。

知識表徵

有關心智組成，可從結構（structure）與過程（process）兩種角度視之。所謂結構指的是認知系統的組織，它代表心智實體的組織方式。而過程所指為操作或功能系統在分析轉型或改變心智之歷程。有關此方面的研究甚多，本文以較常被學界所引用的陳述性知識（declarative knowledge）與程序性知識（procedural knowledge）為例來說明知識的結構及其發展的過程（Anderson, 1985/1990）。所謂陳述性知識是指對事實和事物的知識（knowledge about the facts and things, p.220），它的表徵可從命題網路（propositional network）的角度來看。因此，有兩個基本的要素考量，一是論證（argument），另一則是這些論證之間所存在的關係（relationship）。而論證（argument）可以命題（proposition）方式存在。

根據 Gagne 等人（1993）的看法認為知識中命題的獲得有三種：

1. 新的命題經由活化蔓延（spread of activation），使相關知識被抽取（retrieve）出來。

2. 新的命題可刺激學生產生其他新的命題（這種過程稱為精緻化，下節討論）。
3. 所有新的命題是與學習過程中被激發的相關知識儲存在一起的。

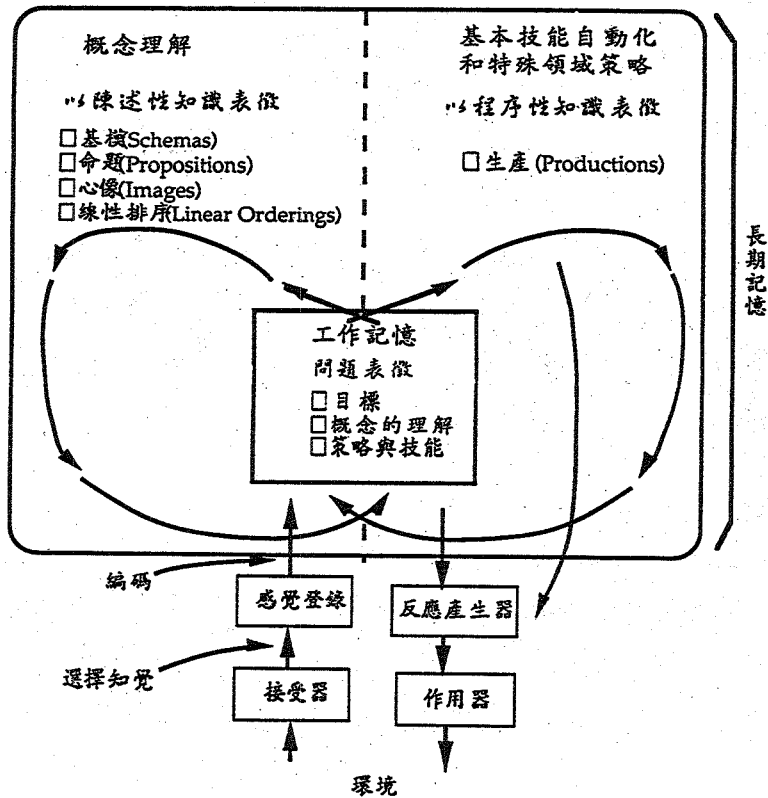
由此可知知識結構中，各組成之間的關係可疏可密，端視個體建構時如何形成對其個人而言為「有意義」的知識網路。在科學學習中，其意涵便是如何將學科知識的關聯性建立起來。

除了從命題網路來分析知識結構外，亦可從基模（schema）、線性排序（linear ordering）、心像（image）存在的方式來理解知識的結構。因此在新知識要進入既有的知識庫中的知識表徵時，就已界定了新舊知識之間所存在的特定關係，而這關係因人而異，因此也就影響不同個體對相同事物所產生不同的認知結構。這種知識通常屬於一種靜態的表徵。

而所謂程序性知識是指如何執行不同認知行為的知識（how to perform various cognitive activities），它具有一種動態的特質，同時它與陳述性知識之間有密不可分的關係。程序性知識的執行過程有賴抽取長期記憶中的陳述性知識，以便進行解題、採取策略等活動。基本上，程序性知識是以一種生產系統（production system），即以「如果條件成立（If），就…（Then）」方式出現（Anderson 1990）。

Anderson 認為如何將陳述性知識轉換成可資使用的程序性知識，是認知過程中相當重要的一環；而 Chi 則認為將資訊有效的編碼才是首要之務。無論如何，二者之間相輔相成之關係由此可見一斑。若無有效的編碼在前，爾後恐難產生可供執行的程序性知識。舉例來說，要解一道有關化學平衡的問題時，學生不僅需要知道勒沙特列原理（陳述性知識），同時還必須要能根據已知條件，進行判斷、選擇適當的解題策略（程序性知識），應用到待解的問題中。若只具備勒沙特列原理的觀念，而不知如何應用到解題上，那麼充其量知識只是一些名詞的堆砌罷了。因此從兩者之間的互動程度，可以了解知識結構的組成與機制。因此在科學教學中，除將科學概念透過不同的教學策略正確的教予學生之外，還應審慎思考如何協助學生將這些知識轉換成可用以選擇策略、進行判斷、進而採取行動、解決問題等認知活動。Gagne 等人（1993）對陳述性知識與程序性知識的互動關係提出如下的模式（見圖一），此模式或可說明概念性的理解與策略選取、解決問題之關係。

以下將探討個人的學習策略（如精緻化及自我解釋），及小組學習（如相互發問並提出解釋）的互動模式對科學學習的影響。



圖一 解題特質之組成（概念理解、專業領域技能、專業領域策略）和它們在記憶中的位置。概念理解是經由基模和其他單位發展而得。專業領域技能與策略在程序性記憶中，當其條件與工作記憶一致時，便會被激發（Gagne et al., 1993, p.218）

精緻化

在學習過程中，不論資訊呈現是否完整，學習者常根據個人背景知識對該資訊產生某種程度的詮釋，這種不同程度的詮釋，可從精緻化（elaboration）或自我解釋（self-explanations）的角度來探討其對學習的意義。

所謂精緻化，根據上節 Gagne 等人（1993）的定義是新的命題經由活化蔓延使舊有的相關知識被提取出來，而與新命題產生互動，刺激學習者產生其他新命題的過程。精緻化擴大了吾人的知覺與確認（recognition）的能力。Marzano 和 Hutchins（1985）指出，精緻化是學習者對一些遺漏的資訊加以推論的過程。在精緻化的過程中，學習者對概念特質、因果關係、情境（context）、或目的加以推論（

Grimes, 1972; Halliday, 1967; Warren 等人, 1979, 引自 Marzano 和 Hutchins, 1985)。Owens, Bower 和 Black (1979) 的研究指出, 利用精緻化過程所產生的詳細說明, 可以幫助記憶, 同時亦可增加推論的產生。Anderson (1985/1990) 也指出, 精緻化的過程是在原有的命題上加以闡述, 因此它除了可提供較多幫助回憶的途徑外, 也可經由精緻化以後之較完整的知識結構中產生推論。同時, 透過網路表徵亦可用以描述一個現象的“解釋原因”或其“發生的機制”。在 Stein 和 Bransford (1979) 的一連串實驗中也說明了自我產生的詳細說明較實驗者所提供的說明為佳, 同時更進一步證明這些精緻化的內容能有效地提供再建構一些必須被記憶資訊的途徑。根據 Webb (1989) 分析 19 個已發表有關於學習數學和電子計算機科學的研究指出, 當學習者將自己所知傳遞給他人時, 必須先思考如何將其以新面貌呈現與人 (如連結他人的先備知識、使用可被理解的詞彙、注意概念間的關係、或是產生新的範例), 則個人的學習成就與主動提供 (giving) 精緻化的解釋呈正相關; 相反的, 被動的接受一些解釋訊息 (如教師或教科書) 並無助於改進學習成就。因此, 基本上精緻化的過程可以使學習者 (1) 連結原有的知識, (2) 對學習的內容加以想像及推論, (3) 能更瞭解目前學習內容的要點及關係。

自我解釋

所謂自我解釋是學習者在閱讀文章過程中, 為澄清或補充句子的敘述所提出的推論。不論這些推論的大小、完整與否、正確與否, 都算是自我解釋的一部分 (Chi, de Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1991; Chi & VanLehn, 1991)。自我解釋的特質如下: 微小的 (通常是很小的推論)、區域性的 (只關於一些正在閱讀的資訊)、片斷、不一定相關且不一定正確。雖然每個自我解釋的特質可能如前面所述, 但整合這些自我解釋可能推衍出一完整且彼此相關的理解 (Chi 等人, 1994)。這也正說明了為何自我解釋的多寡會有所影響, 而產生自我解釋的過程也是導引學生是否成功之途。

Chi, Bassok, Lewis, Reimann 和 Glaser (1989) 等人曾要求大學生以自我解釋的學習策略進行力學的範例學習, 進而探討自我解釋對物理解題的影響。結果指出: 1. 一般而言, 好的解題者不僅能對範例 (example) 的解題原理及步驟提供較多的評論 (comments) 外, 同時也產生較多的自我解釋。相反地, 差的解題者很少對自己說明範例中每一個步驟的意義與關聯性。2. 好的解題者能正確地判斷自己是否瞭解, 然而差的解題者却不然。3. 好的解題者和差的解題者在使用範例上迥然不同。好的解題者,

以範例為參考物 (reference source, prompts), 然而差的解題者只會以範例作為模板 (template) 來尋找相同的解題過程而已。該研究最重要的結論是證明了要使學習有明顯效果, 學習者必須主動對呈現的資訊進行連結並提出自己的解釋, 以建構一個有意義的表徵 (Chi 等人, 1989; Chi 等人, 1994)。

自我解釋在物理解題上有上述的效應, 在生物知識建構上亦有類似發現。Chi 等人 (1990, 1991, 1994) 曾以生物課程中的心肺循環課題, 進行國二學生對教材內容進行自我解釋的實驗。研究結果顯示: 高成就者較低成就者在學習心肺循環的教材時產生較多的自我解釋, 以使新舊知識產生連結; 其次在閱讀過程中有進行心智活動「自我解釋」的學生, 其學習成效較佳。其他如 Pirolli 和 Bielaczyc (1989) 以自我解釋的設計來探討學生 LISP 編碼的行為; Ferguson-Hessler 和 de Jong (1990) 也曾就學習者將以電學和磁學知識對 Aston 質譜儀手冊所做的解釋加以分析; VanLehn, Jones 和 Chi (1992) 探究以自我解釋來學習 Cascade; 邱美虹 (民 81) 亦曾以自我解釋的學習策略探究高中生利用範例進行化學平衡解題的過程; 邱美虹和翁雪琴 (民 84) 探究國中生學習四季以及邱美虹、陳英嫻 (民 84) 的月相研究等都發現自我解釋的量 (quantity) 和 / 或質 (quality) 與是否能成功解題及產生概念改變有正相關, 這些結果同時也支持自我解釋對學習的正面效應。而邱美虹與陳英嫻 (民 84) 在對學生月相盈虧的研究中進一步指出, 雖然採用「自我解釋」的學生表現較傳統學習者表現為佳; 但此法對高成就組的學生較為有效, 其產生的推論大都較為正確, 故能形成較完整的心智模式 (mental model); 然而此法却不見得對低成就的學生有效, 因低成就的學生缺乏學科相關知識, 故多為不正確的推論, 因而影響其對概念的理解。雖然, 不正確的推論有時亦可提供認知衝突的機會, 但低成就組的學生通常後設認知 (metacognition) 的能力亦較弱, 因此也無法產生預期自我解釋有助於學習的效果。

綜上所述, 自我解釋的過程有以下五點特質:

1. 自我解釋是一種主動建構的活動, 而不是被動的接受一些解釋或說明。
2. 自我解釋可能是將一些隱含的知識明顯化, 以便能檢驗或反思。
3. 自我解釋鼓勵學生將新知識與舊知識相互整合。
4. 雖然每一個自我解釋可能是些微小的推論, 但整合所有的自我解釋可能構成一個完整的理解。
5. 雖然有些自我解釋是錯誤的, 但他們可能提供一些衝突情境, 使學習者能面對它而採取改進之策略。

精緻化和自我解釋的區別

是否上述的精緻化和自我解釋有所區別呢？Chi 和 VanLehn (1991) 認為自我解釋事實上與傳統心理學上所使用的精緻化略有不同。自我解釋著重於“解釋”的本質，經由解釋的過程將已知的知識和正在學習的知識相連結，是一種屬於連續不斷學習新事物的策略；亦即強調學習新事物時，新舊知識間的互動關係。然而傳統精緻化則是利用既有的知識將脈絡中的一部分資料加以潤飾以利記憶。因此在探討精緻化時，著重其在一特定脈絡中的適用性與流暢性 (*facilitativeness and appropriateness*)。簡單而言，傳統精緻化的過程是吾人利用既有的知識 (*existing knowledge*) 對現況去加以說明 (邱美虹，民 81)。

但若從晚近認知科學家 Anderson 對精緻化的過程提出的兩個特性：1. 詳細的說明 (精緻化) 可以提供回憶時較多抽取記憶的途徑。2. 詳細的說明之所以可以幫助記憶是因為它能使個人推論其已不再確實記得的事物。以及 Gagne (1993, p.127) 認為所謂精緻化即為學習者對學習內容提供新資訊的過程。這增加的內容可以是推論 (*inference*)、延續主題 (*continuation*)、範例 (*example*)、細節 (*detail*)、心像 (*image*) 或任何能連結資訊的部分。本文作者曾就此分別當面請益過 Chi (1993, 1996) 和 Anderson (1996) 兩位學者，他們認為彼此見解相近，本質上實無不同。從本文作者的觀點而言，兩位學者在觀點上相近，但前者多以實證研究來支持「自我解釋」學習策略的功能與對學習者心智模式的理解，同時還有其他學者的研究進一步支持其論點；而後者僅是提出其個人對精緻化的詮釋，並未有實證研究的結果來佐證之。

總之，不論是「自我解釋」或「精緻化」都強調由學習者主動學習，除上述的精緻化或自我解釋的學習模式在各研究中指出其具可行性及正面的具體意義外，學生發問能力的訓練，亦在學習過程中扮演著舉足輕重的角色。以下將探討發問與解釋對科學學習的影響。

發問與解釋

有關發問 (*asking questions*) 的研究，過去多著重於教師的層面；如教師發問的技巧、等候的時間 (*wait time*) 等，對於探討學習者如何產生問題或發問如何影響學習的層面則相對較少，本節擬從 King (1989, 90, 92, 94) 的「發問與解釋」

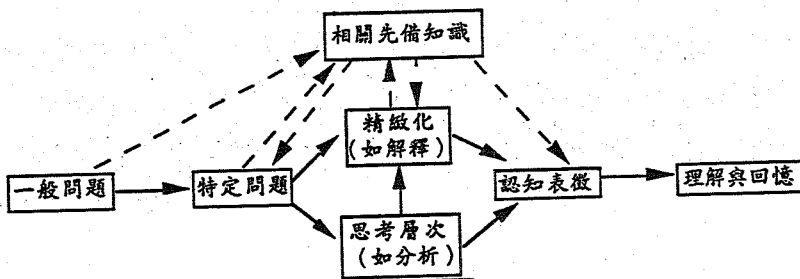
的學習觀點來探討學習者如何產生問題、如何對問題進行合理的解釋，以建構自我之知識體系。

要學生提出適切的問題並非易事，Miyake 和 Norman (1979) 曾指出在學習某些新課題時，學生往往需要引導才能產生好的問題。因此問好問題必須具備相當多的特殊領域知識。(引自 Scardamalia & Bereiter, 1992)。根據 King (1989, 1991) 對大學生及九年級學生(相當於我國國三學生)進行四組(引導式的個別發問、無引導式的個別學習、引導式的小組發問、無引導式的小組討論)學習模式的實驗指出，接受引導式發問訓練的兩組學生(不論是個別或同儕分組)皆優於未接受發問訓練的另外兩組學生。而其中同儕發問的小組又較優於自我發問的小組。從社會認知學的角度來分析，原因有四：(1)在小組中討論問題呈現個人對某一主題的迷思概念或在理解上出現鴻溝(gap)，這種活動提供反思的機會。(2)學生與同儕討論時通常關心的是自己「笨拙」的行為，這種社會壓力可促使學生提出一些較具有思考性的問題和較為精緻化的答案。(3)在小組中發問或回答高層次的問題可使學生以新的方式來思考這些教材，因為他們必須面對所學的內容提出不同的觀點。同時他們還必須說出自己的想法，並為這些想法來辯駁。這個過程可提供個人對自己的觀點加以澄清和調和衝突之處，並將新的教材整合到自己的知識中。最後，從社會認知的角度來看，引導式的同儕發問策略可促進學生產生自我解釋的機會(King, 1992)。此論點更加擴充前述自我解釋的效應。

King (1992) 接著又對小學四、五年級學生進行以教材為主的同儕相互發問與解釋(peer questioning and explaining)的類似研究，研究結果指出，若提供學生發問與解釋的機會，則學生的表現將會較那些未經使用該學習法者為佳。同時有引導語指示如何發問與解釋的小組又較無引導發問的小組為佳。此結果與先前研究具一致性。根據 King 的看法，發問的訓練不僅可以幫助學生集中他們的問題在學習的內容上，並將新知識與既有的知識相連結，同時亦可幫助學生提出與獲得一些與教材更直接相關的精緻化的資料。這樣的活動可將學習教材在長期記憶中建立正確的和有效的表徵，使學生有較佳的理解和記憶。

所以 King 對學生產生問題與解釋提出如下的模式(圖二)：(見下頁)。她認為發問的訓練應從一般性的問題先著手，然後再針對特定主題提出問題，利用先備知識進行自我解釋或精緻化的過程以形成表徵，達到對科學知識理解的目的。

至於應提出何種類型的問題呢？圖三主要是呈現 King (1994) 問題分類的研究架構，除 King 原有的範例外，本文作者並依需要增加範例，以便說明問題類型的意涵



圖二 引導學生產生問題之策略的組成與過程 (King, 1994)

問題類型	問題範例
(一) 記憶性問題： 要求學生只需記憶或重複他們在課堂上所聽到的或所記得的。	如：循環系統的主要部分是什麼？ 身體內有多少骨頭？ 何謂氣體動力論？何謂溶解？ 鈍氣是那些氣體？
(二) 思考性問題： 要求學生不僅要記得上課的內容，而且還須以某種方式去思考那些問題。	如：用你自己的話來描述循環系統是如何運作的？ 晶體溶解時發生了什麼？晶體還在水中嗎？
(1) 理解性問題 確定你是否已完全了解、用自己的話（不是教師的言辭）來說明某一定義或某些所學的知識。	如：離子代表什麼意義？ 用自己的話來說明何謂神經元？ 為什麼理解原子結構很重要？
(2) 統整性問題 連結課文中兩三個或更多的觀點在一起 包括：解釋有關為什麼 (why) 的問題。 解釋如何發生 (how) 的問題。 解釋 A 和 B 有何相同。 解釋 A 和 B 有何不同。 解釋 A 或 B 在某種情況下可以如何被使用。 解釋 A 與過去我們所學過的 B 有何相關。	如：動脈、靜脈有何區別？ 循環系統與消化系統有何關係？ 平衡常數和速率常數有何不同？

圖三 修改自 King 發問問題的類型與範例

在不同科學學科上的應用。

除此之外，King 還希望圖三的問題架構能刺激學生產生應用性的想法（如你會如何用它去作什麼？）、發展範例（如那新的例子為何？）、分析關係（這會如何影響？）、解釋概念（如何解釋為什麼…）、活化或使用一些相關的先前知識和經驗（這與我們先前學的…如何連在一起）、預測（如果…你認為會發生什麼？）、整合概念（如對某問題有什麼其他可能解決的方法？）、比較和對比（如這兩個有什麼相似性和不同性）、最後評量（「何者最佳？為什麼？」）（King, 1992）。由簡單的回憶知識性的問題開始，再逐漸提升問題的層次，進入思考性的問題以促進智慧的產生。子曰：

「善問者，如伐木，先其易者，後其節木。善待問者，如撞鐘，扣之以小者，則小鳴；扣之以大者，則大鳴。」

我們或可「借用」孔子對善問者的看法來說明發問技巧發展的歷程。會問問題的人如孔子所言先從簡單的問題開始發問，然後逐漸提出較難解決的問題。我們在訓練學生時亦可由簡單背誦的內容先讓學生學習發問，再進而要求學生發展出較具挑戰性、思考性、批判性的問題。這正是所謂先其易者，後其節木——發問技巧的特質。教師也可因應學生的問題給予適度的引導與回應，不同程度的問題所獲得的迴響畢竟不同。

Baird & Mitchell (1986, 引自 White & Gunstone, 1992, p.171) 在其研究中也提出一個由師生共同發展的具體發問方案，藉以評量問題之優劣。此方案與 King 之理論架構雖同中有異，但異中亦有同（見圖四）。King 的記憶性問題對應 Baird & Mitchell 事實性的問題，兩者皆以回憶、重述知識為主；而 King 對思考性問題的分類層面較廣，且強調比較知識之間的異同與其關係；而 Baird & Mitchell 因以評量學生閱讀成效為評量發問內容的準則，故在問題分類的廣度與深度上則不及 King 所發展的發問架構。雖是如此，但仍有參考的價值。

事實性的問題

- 問題通常可以一兩個字來回答。
- 答案是可以在書中或筆記中的某頁找到。
- 答案不是對就是錯。
- 問題通常以「什麼 (what)、何時 (when)、何處 (where)」方式發問。

部分事實性、部分思考性的問題

- 問題通常可以一兩個句子來回答。
- 答案不在書中或筆記中，但如果你了解這個問題，你便能知道答案。
- 如果能解釋合理，則答案可能是對的，但它仍有可能是錯的。
- 問題通常以「如何」(how)方式發問。

思考性的問題

- 問題通常需要以一個段落來回答。
- 答案無法在書中或筆記中找到。
- 根據書或筆記中的判斷和合理的解釋，則答案總是會對的。
- 問題通常以「為什麼 (why)」或「如果…會怎麼樣 (what if)…」方式發問。

圖四 由問題類型判斷問題優劣的準則 (Baird & Mitchell, 1986, 引自 White & Gunstone, 1992, p. 171)

最後，在這些發問技巧的背後，其實還有一項不容忽視的能力，那就是所謂的後設認知 (metacognition)。根據 Flavell (1976) 所發展的後設認知理論指出，後設認知是一種個人通曉自我認知過程、成果、和自我調適 (self-regulation) 的能力。從此觀點觀之，後設認知的能力可提供學習者思考下列幾個問題：(1)我在理解的過程中進行得如何？(2)我在連結性問題的表現如何？(3)我在解釋給他人理解時表現如何？若學生對上述三個問題有明確的答案，也就是「知道自己所知的部分以及知道自己所不知的部分」，或許許多問題也就迎刃而解了。問題就在很多時候學生並不知道自己的癥結何在。Greeno (1977) 曾指出，當你知問題 (problem) 在問什麼時，你就已經解決問題了。子曰：「由，誨女知之乎。知之為知之，不知為不知，是知也。」不也正是這個道理嗎？

綜上所述，King (1994) 指出問題類型與知識建構之關係如表一所示。事實性問題的產生大多僅須透過簡單陳述的資訊便可回答，故為層次一：知識達述 (knowledge restating)；若是理解性問題，學習者則必須用自己的話加以闡述，此時知識的結構出現在同化的階段 (knowledge assimilation)— 視為層次二；而最後所有知識統整後產生推論、說明知識系統之關係，則為層次三統整性知識。由此

表一 知識建構陳述的三種層次

層 次	特 質	問 題 型 式
Level 1 知識重述	簡單陳述的資訊	事實性問題 對事實的記憶或從教材中得來的詳述知識
Level 2 知識同化	重述教材中的定義或過程（用自己的話加以闡述）	理解性問題 確定你是否已完全了解、用自己的話（不是教師的言辭）來說明某一定義或某些所學的知識
Level 3 知識統整	解釋、推論、詮釋 觀念之間的關係、判斷，將課程內、外知識相連結、先備知識與個人經驗之連結	統整性問題 超越教材中簡單的陳述、連結兩個簡單的概念或尋求解釋、推理、證明等方式

可知，發問的內容有助於對學習教材後局部（local）的認知到整體（global）的理解，而在發問過程，這種知識的建構，可與前述精緻化或自我解釋策略，相互配合，形成有意義的、相關的知識網路。

結 論

許多研究指出教師的發問技巧會影響學生學習，但對學生如何主動提出學習上的疑難、發現問題的相關研究，則相當有限。「工欲善其事，必先利其器」。同樣的，我們可引伸到學習的過程中，當我們在學習時若要能舉一反三、觸類旁通，就必須講求方法。因此教學時，若能培養學生一套治學的方法，則不論學習何種學科、何種主題，皆可達事半功倍之效。本文從知識網路的角度，提出自我解釋或精緻化的學習策略之建議，強調培養學生對現象或學習內容提出有意義的解釋。同時從學生主動發問的觀點，說明引導式的發問是有效的學習策略。前者強調知識連結的重要性，而後者則強調對自我學習的監控之必要性。在目前的科學教學中，學生在此兩種能力的訓練仍待加強。最後，我以我那三歲十個月大的兒子的問話與我個人的反思作為結語。某日在夕陽西下返家的途中，兒子問道：「為什麼小鳥的翅膀要動才能飛，而飛機却不需要呢？」我猶記得當時我措愕的表

情，一時不知如何回答。措愕的原因並非是沒有一個好的理由來說明，而是深深的感覺成長彷彿讓我們對週遭的許多事情都視為理所當然，而喪失了用一顆純樸的心去觀察、去探索、去挖掘更多珍貴的知識寶庫。科學教學中，不僅要能維持學生的一顆赤子之心，還更應去開發他們的心靈。

參考文獻

- 邱美虹 (民 81) : <從「自我解釋」的建構模式來看範例在化學平衡解題中的角色> , 《中華民國第八屆科學教育學術研討會論文彙編》, 第 706-721 頁。
- 邱美虹 (民 83) : <從「自我解釋」所產生的推論探究高中生化學平衡的學習> , 《師大學報》, 第 39 期, 第 489-524 頁。
- 邱美虹、翁雪琴 (民 84) : <國三學生學習「四季成因」的影響> , 《科學教育學刊》, 第三卷, 第一期, 第 23-68 頁。
- 邱美虹、陳英嫻 (民 84) : <月相盈虧之概念改變> , 《師大學報》, 第 40 期, 第 511-547 頁。
- Anderson, J. (1996). Personal communication.
- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive Psychology and Implication*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Bargh, J. A., & Schul, Y. (1980). On the cognitive benefits of teaching. *Journal of Educational Psychology*, 72, 593-604.
- Bearison, D. J. (1982). New directions in studies of social interactions and cognitive growth. In F. C. Sarafica (ED), *Social-cognitive development in context* (pp.199-122). New York: Guilford.
- Chi, M. T. H. (1993, 1996). Personal communication.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Laewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M.T.H., Chiu, M. H., de Leeuw, N. (1991). Learning in a non-physics science domain: The human circulatory system. Milestone report for The National Center of Students Learning supported by the Office of Educational Research and Improvement (OERI), U.S.A.
- Chi, M. T. H., & VanLehn, K. A., (1991). The content of physics self-explanations. *The Journal of the Learning Science*, 1, 1, 69-105.
- Chi, M. T. H., De Leeuw N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.

- Doise, W., & Mugny, G. (1979). Individual and collective conflicts of centrations in cognitive development. *European Journal of Social Psychology*, 9, 105-108.
- Ferguson-Hessler, M. G. M., & de Jong, T. (1990). Studying physics texts: differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7, 41-54.
- Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning*. Harper Collins College Publishers.
- King, A. (1989). Effects of self-questioning training on college students' comprehension of lectures. *Contemporary Educational Psychology*, 14, 366-381.
- King, A. (1990). Enhancing peer interaction and learning in the classroom, *American Educational Research Journal*, 27, 4, 664-687.
- King, A. (1992). Facilitating elaborative learning through guided student-generated questioning, *Educational Psychologist*, 27, 1, 111-126.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain, *American Educational Research Journal*, 31, 2, 338-368.
- Miyake, N., & Norman, D. A. (1979). To ask a question, one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 357-364.
- Owens, J., Bower, G. H., & Black, J. B. (1979). The 'soap opera' effect in story recall. *Memory and cognition*, 7, 185-191.
- Palincsar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 2, 117-175.
- Resnick, L. B. (1987). *Education and Learning to Think*. National Academy Press, Washington, D. C.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9, 3, 177-199.
- Stein, B. S., & Bransford, J. D. (1979). Constraints on effective elaboration: Effects of precision and subject generation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 769-777.
- Vankehn, K., Jones, R. M., Chi, M. T. H. (1992). A model of the self-explanation effect. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 1-59.
- Warren, W. H., Nickolas, D. W. & Trabasso, T. (1979). Event chains and inferences in understanding narratives. In R. O. Freedle (Ed.) *New directions in discourse processing*, Vol. 2 Norwood, N. J. :Ablex.

Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups.

International Journal of Educational Research, 13, 21-39.

White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Burgess Science Press, Basingstoke, Great Britain.

Learning strategy and science learning

Mei-Hung Chiu

Graduate Institute of Science Education
National Taiwan Normal University

Abstract

In order to learn effectively and meaningfully, learners should be able to develop a set of learning strategies for interdisciplinary training. This article intends to discuss two potentially powerful cognitive strategies (questioning and explaining) for improving science learning. Research has shown that self-explanations and questioning have positive effects on students' learning in different domains of sciences.

Keywords: knowledge representation, self-explanations, questioning

(收稿日期：85年5月24日，接受日期：85年5月30日)

★