

國小教師科學教學基準系列報導（三）

科學知識

王靜如

國立屏東教育大學自然科學教育學系教授

周金燕、蔡瑞芬

國立屏東教育大學自然科學教育學系研究助理

科學的一大功能就是提供世人理解大自然奧秘的知識，除了提供龐大豐富的知識外，科學知識能說明許多現象的因果關係，還可以用來預知或預防某些未發生的事情。換言之，科學知識具有很好的解釋力（Bybee, 2002）。在科學領域中，科學家思考的知識結構與一般人不同，研究指出一般人（新手）想到的科學知識往往只是片段的訊息或毫無意義的公式；科學家（專家）思考的知識則具有條理分明的架構，科學家運用條理分明的概念去理解相關的問題（Bransford, Brown & Cocking, 2000）。

反觀傳統學校裡的自然或科學課本，大都是呈現一堆事實與片段的訊息，沒有特別強調學科的「核心概念」。為了協助學生對科學概念的理解，美國國家科學教育標準（NRC, 1996）建議中小學科學課程應該強調統合性的核心概念，並且要適合學生的背景，連結學生的生活經驗。美國國家科學教育標準提供如下五個跨科學領域的統合概念與過程（unifying concepts and processes），供教師或課程選擇的參考：（1）系統、順序與組織（systems, order, and organization）、（2）證據、模型和解釋（evidence, models, and explanation）、（3）改變、經常性與測量（change, constancy, and measurement）、（4）演化與平衡（evolution and equilibrium）、（5）性狀（或形態）與功能（form and function）。台灣九年一貫自然與生活科技內容（九年一貫課程與教學網站：<http://teach.eje.edu.tw/>）也有打破科學領域、強調核心概念的趨勢，例如「交互作用的認識」、「變動與平衡」，同時亦強調培養學生的探究能力。

教師對學科知識的理解及信念與其教學成效有密切的相關（Magnusson, Krajcik & Borko, 1999），科學教師必須對其任教的科目有相當程度的認識與理解，才有能力辨識學生錯誤的概念。然而有足夠的學科知識不能保證能有效的把知識轉換成兒童可以理解的

概念（Bransford, Brown & Cocking, 2000）。七0年代有關兒童另有概念的研究指出，兒童在生活中很自然的以直覺或感官的經驗來解釋自然現象。與科學家的知識相比較，兒童的知識往往是比較不完整、不恰當、而且不適宜的，我們稱之為迷思概念、另有概念或先備概念。Bybee（2002）警告這些與語言、文化、直覺有關的迷思概念將會阻礙學生學習正確的科學概念。因此教師教學時需要特別注意學生的學習興趣、文化背景與先備概念，提供有利的學習環境，讓兒童經由社會性的互動，引導其對新舊經驗的比較、判斷，進而理解新的概念，並且將所學概念應用到新的情境中。

國內研究者也指出，科學教師在科學史、科技與科學、社會的生活運用等教學專門知識及專業知能均有待加強，因為教師的學科知識不足所產生的迷思概念，可能在教學中不自覺的傳授給學生；教師對概念的說明條理不明或缺乏統整性，學生亦無法理解正確的概念及架構（王國華、段曉林、張惠博，1998；張惠博，1996；郭金美，1999；盧玉玲，2000；蘇育任，1999）。此外，如果教師不能將課室與其它領域作有效的連結，也會導致學生「忘記」或「不知」將課堂上所學的科學知識與技能，用於了解、改善、甚至解決日常生活的問題（楊榮祥、Fraser，1998）。顯然的，教師的專業學科知識、教學法知識、教育專業知識及科學哲學觀等都會影響其學科教學表現，進而阻礙學生的學習成效（林煥祥，1996）。

筆者歸納近年來專家教師的研究，發現有效的科學教學有如下三點特色：（1）充分理解科學課程所涵蓋的基本科學概念，會運用概念圖呈現對教學單元概念的理解，能協助學生將其認知架構組織成更有用的完整模式（Keng, 1999）。（2）將科學概念與日常生活經驗或所觀聞的現象相連結。從學生熟悉的情境開始，引起學習動機及興趣，同時利用舊有經驗去理解新的資訊（許瑛珖、廖桂菁，2002；陳忠志、Taylor、Aldridge，1998；許民陽、王郁軒、梁添水、鄭紹龍，2001）。（3）以主題或問題為焦點，統整不同領域的知識成一主題概念，即各學科之教學內容都與主題有關（熊同鑫、王振興、陳淑麗，2001）。例如以「能」為主題，貫穿各種不同的形式的能（化學能、位能、熱）、能源（太陽能、石油、生物能）及能的改變，此即為優質的中小學在職或是職前科學教師應該具備的科學知識內涵及教學表現。

綜合上述，在師資培育方面，學者專家建議師資培育機構應增加職前教師學科背景相關之科學課程，並且配合科學探究以獲得概念；提供合適的教學情境及與資深教師接觸交流的機會，協助職前教師逐步體驗教學知識的內涵，促進教學之表達能力，讓職前教師在成為正式教師前，持續擴充他們對科學本質及科學概念的完整認識（王美芬，

1994；林曉雯，1996；張惠博，1996；賴慶三，1997）。在學校教學方面，無論是課室或實驗教學，教師應能清楚了解所要教授之本體知識，這些知識如何發生、其主張如何被辯護、以及其限制為何；對於課堂所涉及之科學知識不但能清楚解說及尋求理論與實驗的一致性，更能進行批判質疑並分析歸納原理原則，以避免純粹記誦科學概念與事實（林陳涌、童麗珠，2000；洪振方，1997；鄭湧涇，1998；蘇懿生、黃台珠，1999）。教學時，教師應先審視教學單元所涵蓋的重要概念與其間的脈絡關係，以概念圖圖示邏輯關係，並在中間關連性的標定關鍵詞，讓學生了解學習概念的全貌，及個別概念在整個學習中的地位與關係；此外，科學知識與概念的學習過程中，亦能提供學生科學與生活環境的相關內容，並適時配合其它科目，從而協助、引導學生以統整生活中的事件及現象，使其自行發現學科與學科之間、知識與日常生活之間的連結，進而了解生活周遭科學與科技相關的問題（辛懷梓、張自立，2002；靳知勤，2002；賴麗琴、張俊彥，2003）。

誌謝

本研究承蒙國科會計畫（NSC93-2522-S-153-001 及 NSC93-2522-S-153-002）經費補助，特致謝忱。同時感謝本校同仁林曉雯、洪文東、李文德及高慧蓮等多位教授之寶貴意見。

參考文獻

- 王美芬（1994）。職前教師所具有的月亮錯誤概念診斷。**臺北市立師範學院學報**，25：465-482。
- 王國華、段曉林、張惠博（1998）。國中學生對科學教師學科教學之知覺。**科學教育學刊**，6(4)，363-381。
- 辛懷梓、張自立（2002）。國民中小學自然資源教育架構圖。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，15，127-156。
- 林煥祥（1996）。初任理化教師之教學成效評量。**科學教育學刊**，4(2)，113-134。
- 林曉雯（1996）。國中生物教師教學內容知識的詮釋性研究。**屏東師院學報**，9，263-290。
- 林陳涌、童麗珠（2000）。生物實驗教學能力重要性評估比較研究。**師大學報：科學教育**

類，45(2)，21-38。

洪振方（1997）。科學史融入科學教學之探討。**高雄師大學報**，8，233-246。

張惠博（1996）。職前科學教師學科教學知識發展之研究。**科學教育學刊**，4(1)，59-92。

許瑛珺、廖桂菁（2002）。情境式網路輔助學習環境之研發與實踐。**科學教育學刊**，10(2)，157-178。

陳忠志、Taylor、Aldridge（1998）。國中教師科學本質及科學教學信念對理化教室環境的影響。**科學教育學刊**，6(4)，383-402。

許民陽、王郁軒、梁添水、鄭紹龍（2001）。國小運用 STS 教學模式－天象與時空概念教學模組之探討。**科學教育學刊**，9(1)，79-100。

靳知勤（2002）。「有素養」或「無素養」？－解讀非科學主修大學生對三項全球性環境問題之敘述表徵。**科學教育學刊**，10(1)，59-86。

楊榮祥、Fraser, B.（1998）。台灣和西澳科學教室環境的合作研究－研究架構、方法及對台灣科學教育的啟思。**科學教育學刊**，6(4)，325-342。

熊同鑫、王振興、陳淑麗（2001）。以國小高年級自然科為核心之課程統整設計研究。**科學教育學刊**，9(2)，123-145。

鄭湧涇（1998）。生物認知偏好與教學能力相關屬性的關係。**師大學報：科學教育類**，43(1)，47-61。

賴慶三（1997）。國小職前教師科學教學知識之研究。**臺北師院學報**，10，455-500。

盧玉玲（2000）。以社會文化觀點應用 S(KPL)S 模式於國小職前 STS 教師培育的成效。**科學教育學刊**，8(1)，77-100。

賴麗琴、張俊彥（2003）。三位地球科學教師對統整課程觀感之個案研究。**師大學報：科學教育類**，48(1)，1-20。

蘇育任（1999）。職前及在職國民小學教師的天氣概念及其相關迷思概念之探究。**科學教育學刊**，7(2)，157-176。

蘇懿生、黃台珠（1999）。實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。**科學教育學刊**，

7(4) , 393-410 °

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.

Bybee, R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. In R. W. Bybee (Ed.), *Learning science and the science of learning* (pp. 25-35). Arlington: NSTA.

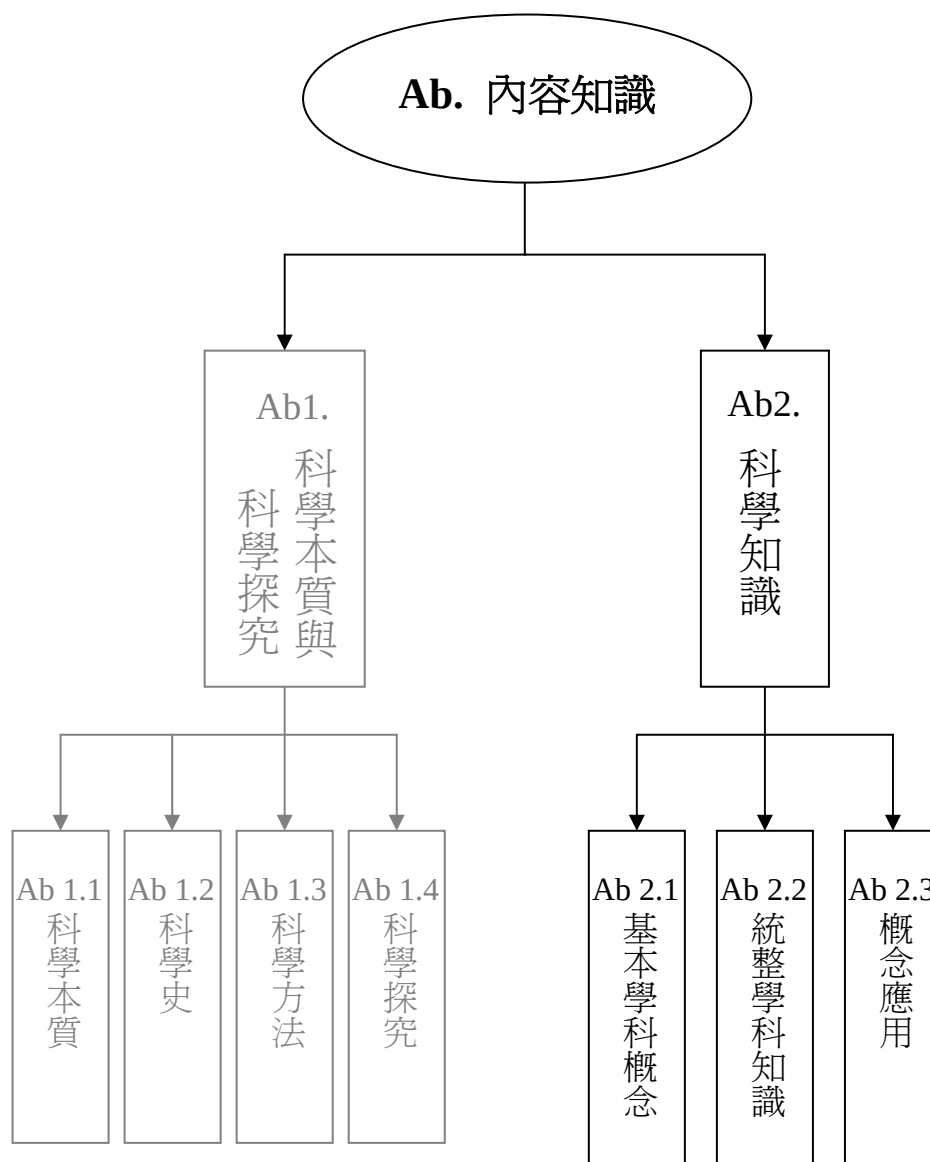
Keng, H. T. (1999). A comparative study of different learning strategies on teachers college students understanding of heat and temperature. *Journal of National Taipei Teachers College*, 12, 317-352.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

附錄

以下是依據「科學知識」所發展之相關基準架構圖（圖一）及基準細目：



圖一、科學知識之內容

「科學知識」之內容定義：

內容 Ab 2. 科學知識
定義： Ab 2.1 對國小科學課程涵蓋的基本科學概念有足夠（充分）的理解。 Ab 2.2 能統整不同科學領域的知識，形成可促進學生理解的主題概念。 Ab 2.3 能將科學概念與生活連結。

「科學知識」之基準實作表現及評分規準：

Ab 2.1 對國小科學課程涵蓋的基本科學概念有足夠（充分）的理解。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ab 2.1.1 教師在大學至少修過自然科教材教法或自然與生活科技教材教法及不同科學領域的科目（例如：生物、物理、化學、地球科學、或自然科學概論、生活科技概論）。	在大學至少修過自然科教材教法及 ☐ A.四科或四科以上不同科學領域的科目。 ☐ B.二至三科不同科學領域的科目。 ☐ C.只修過一科科學領域的科目。
Ab 2.1.2 教師透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具）呈現對教學單元基本科學概念的理解。	透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具）呈現 ☐ A.與教學內容相關且正確的科學概念。 ☐ B.與教學內容相關但參雜不適宜的科學概念。 ☐ C.與教學內容無關或不適宜的科學概念。
Ab 2.2 能統整不同科學領域的知識，形成可促進學生理解的主題概念。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ab 2.2.1 教師透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具）呈現不同科學領域知識的連結，促進學生理解主題概念。	透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具）， ☐ A.呈現與主題相關的其它科學領域的知識，促進學生理解主題概念。 ☐ B.呈現與主題相關的其它科學領域的知識，但不足以促進學生理解主題概念。 ☐ C.只有呈現單一領域的科學知識，沒有連結其它科學領域的知識。
Ab 2.3 能將科學概念與生活連結。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ab 2.3.1 教師透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具）呈現科學概念與生活的連結，並引導學生應用科學概念解決相關的生活議題。	透過適當的方式（例如教師的教案、教學、概念圖、其他知識表徵或認知工具） ☐ A.呈現科學概念與生活的連結，且引導學生應用科學概念解決相關的生活問題。 ☐ B.呈現科學概念與生活的連結，但未引導學生應用科學概念解決相關的生活問題。 ☐ C.沒有呈現科學概念與生活的連結。

證據來源 (Evidences)
1. 訪談。 2. 教學觀察。 3. 相關文件。 4. 量表或工具。