

國小教師科學教學基準系列報導（五）

課程

王靜如

國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系教授

蔡瑞芬

國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系研究助理

稱職的國小科學教師應具備科學內容知識、教學知識及學科教學知識。內容知識與教學知識之相關理論已報導於本期刊第 22、23、24 與 25 期，本篇開始介紹學科教學知識。本文將學科教學知識概分為課程、教學與學習及評量，以下說明科學課程設計時需要考量的重要元素。

壹、課程目標

課程目標使課程設計不致偏離教育目標。自從一九六一年美國國家科學教師聯盟（National Science Teachers Association, NSTA）課程委員會提出科學教育的主要目標在培養具有科學素養的公民以來，科學素養逐漸成為大多數國家科學教育的目標與教育之主要目的，並視為人類適存於世界的重要能力。我國中小學自然與生活科技領域所欲培養的國民科學與科技素養，其下分為八大項能力指標：

- （1）過程技能：增進科學探究過程之心智運作能力；
- （2）科學與技術認知：培養科學概念與科學技術之知識；
- （3）科學本質：增進對科學本質之認識；
- （4）科技的發展：了解科技如何創生與發展的過程；
- （5）科學態度：處事求真求實、感受科學之美與威力及喜愛探究等科學精神與態度；
- （6）思考智能：提昇資訊統整、對事物能夠推論與批判、解決問題等整合性的科學思維能力；

（7）科學應用：應用科學探究方法及科學知識處理問題的能力；

（8）設計與製作：運用個人與團體合作的創意來製作科技的產品。

科學教師要能詮釋上述能力指標，將能力指標轉化為教學目標及相關的教材內容，透過適當的教學方式與評量歷程，使學生習得科學與科技知識，達成預定培養的基本能力（許民陽、林麗詩，2004）。此外，教師還需要了解學生的學習需要、先備知識、學習特質及學習策略，透過教學活動，提昇學生的科學素養，期能適應並改善人類日新月異的科技生活。

貳、課程設計

課程，引導學生到達教學目標的藍圖。但是，教學現場實施時，一般教師習慣拿到一本課本，就從中挑選教學活動，在很有限的時間內進行教學，而忽略了教學目標。因此教學活動或學生的學習，未必能有效地反應學生是否達到教學目標的程度。為了達到教學目標，Wiggins 與 Mctighe（1998）建議使用“逆向”（backward design）思考模式：從終點站開始思考，確定預期達到的結果（目標），然後想一想學習的證據（實作表現），再據此設計學習活動進行需要的教材、教學流程或教學策略。這種逆向式的教學設計也稱為目標導向工作分析（purposeful task analysis）或有計畫的培訓（planned coaching）。這與前者只思考一系列學習活動的思考模式，以及只有在學習活動結束時，才來進行評量，有極大的差別。簡言之，逆向設計的流程有三個步驟：第一，確定預期的結果；第二，決定可接受的證據；第三，計劃適合學生的學習活動與教學。

教育改革呼籲教師的角色不再是課程的消費者，而是課程的設計者。換句話說，教師要有能力與信心自編課程與教材。這種自主能力的養成必須建立在對現行教材的分析與批判，充分了解概念的內涵，以及靈活運用教學的策略與流程。以下分別就教材分析與評鑑、概念內涵及教學策略與流程三方面進行討論。

一、教材分析與評鑑

作為一個專業自主的教師，不應該奉教科書為主臬，宜先對教科書或教材進行嚴格的審閱與批判，教師對於教材中的單元教學活動，應檢視其是否包含重要的科學概念及過程技能？是否培育學生的科學思考和解決問題的能力？是否符合學生的興趣？是否呈

現好的探究問題與探究活動？是否真實且客觀地呈現各種問題與情況？是否提供學生學習批判性思考的機會？是否將知識與能力真實應用於生活中？

教師進行現行教材的分析與評鑑之後，覺知教科書或教材的缺失，才能進一步修改教材，使其符合個人的教學風格，同時適合學生學習。對教材的評析重點，不在版面彩圖或文字編排的精美評分，而是有專業理論依據的。評析教材時，教師需依據如下知識進行判斷：（1）學生的需求（包含興趣、文化背景、先備知識與經驗、認知發展層次）、（2）學習理論（如：建構學習理論強調，依學生的先備知識，設計學習活動；後設學習觀強調，協助學生了解自己學習的歷程與改變）、（3）科學的重要性質（如：科學探究及科學本質）、（4）科學概念的應用。

二、概念內涵

九年一貫自然與生活科技的目標在培養學生八大科學素養，強調培育學生成為一個具有科學素養的公民。科學知識只是八大科學素養中的一部分，學生要學習的科學知識不是片片斷斷、支離破碎的科學術語或某些定義，因為死記這些零散的訊息，有可能只是應付一次的考試，也可能抹煞學生未來學習科學的興趣。學生要學習的知識是其未來可以隨時擷取或應用的知識，換言之，學生要學習的是將科學概念內化為活知識，可以遷移應用的知識。據此，教師設計課程時，對於科學知識應有所篩選，而不是一味的塞給學生一大堆訊息。Wiggins 與 Mctighe（1998）建議教師在篩選概念時宜依次思考三個關卡性的問題：首先考慮學生需要熟悉哪些知識（worth being familiar），這是比較廣泛的知識；其次是從中挑出重要的知識（important to know and do），也就是學生要完成某些實作表現時，需要具備的知識與技能；最後再從第二個關卡中挑出可以持久不忘的概念（enduring understanding），也就是課程或單元的定錨概念。持久不忘的概念意指關鍵性的概念，學生必須將其「內化」為有意義的概念。未來，當其他瑣碎的知識忘記時，這個關鍵性的概念仍牢記在心，並可隨需取用，應用於解釋不同情境的現象或問題。

為了促進學生對概念的理解，Wiggins 與 Mctighe（1998）建議教師過濾教學概念時，應有如下判斷：第一，概念的重要程度為何？教師選擇的主題、概念或過程技能是否為學生未來生活必需具備的知識與能力？第二，概念或過程技能在學科上（如科學）的重要地位為何？學校教育的目的在提昇學生的角色，從被動的知識接受者，轉變為類似科學家主動建構知識的個體。因此，我們需站在科學家的立場思考，科學家是如何建構科學知識的？如何進行科學的探究？如何撰寫有說服功能的科學報導？以及如何看待科學、科技與社會相關的議題？第三，需要澄清哪些迷思概念？為了促進學生理解重要的

科學概念與過程技能，教師應該要了解，為什麼學生總是學不會某些重要的概念或操作技能？更重要的是，哪些迷思概念阻礙學生對科學概念的理解？學習前，教師宜提供學生澄清迷思概念的學習活動；第四，什麼樣的主題或學習活動可以提高學生的學習興趣？一般學生不愛唸書，因為課本呈現的是一堆枯燥乏味的文字訊息，為了引導學生投入學習活動，教師除了考慮上述重要概念外，還要思考學生有興趣的問題、議題或困惑的事情，才能開啓學習之窗，引領學生投入探究的活動。簡言之，教師應具備引導學生針對重要科學概念進行探究活動（兼顧對科學概念的理解和探索思考的活動）的能力。

三、教學策略與流程

教師為了達到教學目標，需考慮各項教學因素，選擇合適的教學策略與流程（郭丁熒，1995）。黃台珠、蔡秀芳（2000）認為教師在真實教學情境中，應了解自己的教學理念、教學問題及教學目標，進而擬定適當的教學策略，務必使教學理論、教學目標及教學策略一致。因此，教師的教學應依據單元教學目標，選用合適的教學策略與流程，促進學生達到單元的學習目標。

通常學生在上課前已具有先前概念，而學生的認知又往往不同於在科學領域中已被接受的認知（Clement, 1983）。教師教學時應先引發、澄清學習者原有的想法，安排探究活動，製造衝突情境，使學習者檢視並判斷新舊概念的合理性，據此，捨棄或修正舊概念，再將新概念應用在類似的生活情境中，以熟悉新概念（蘇育任，1999）。

參、誌謝

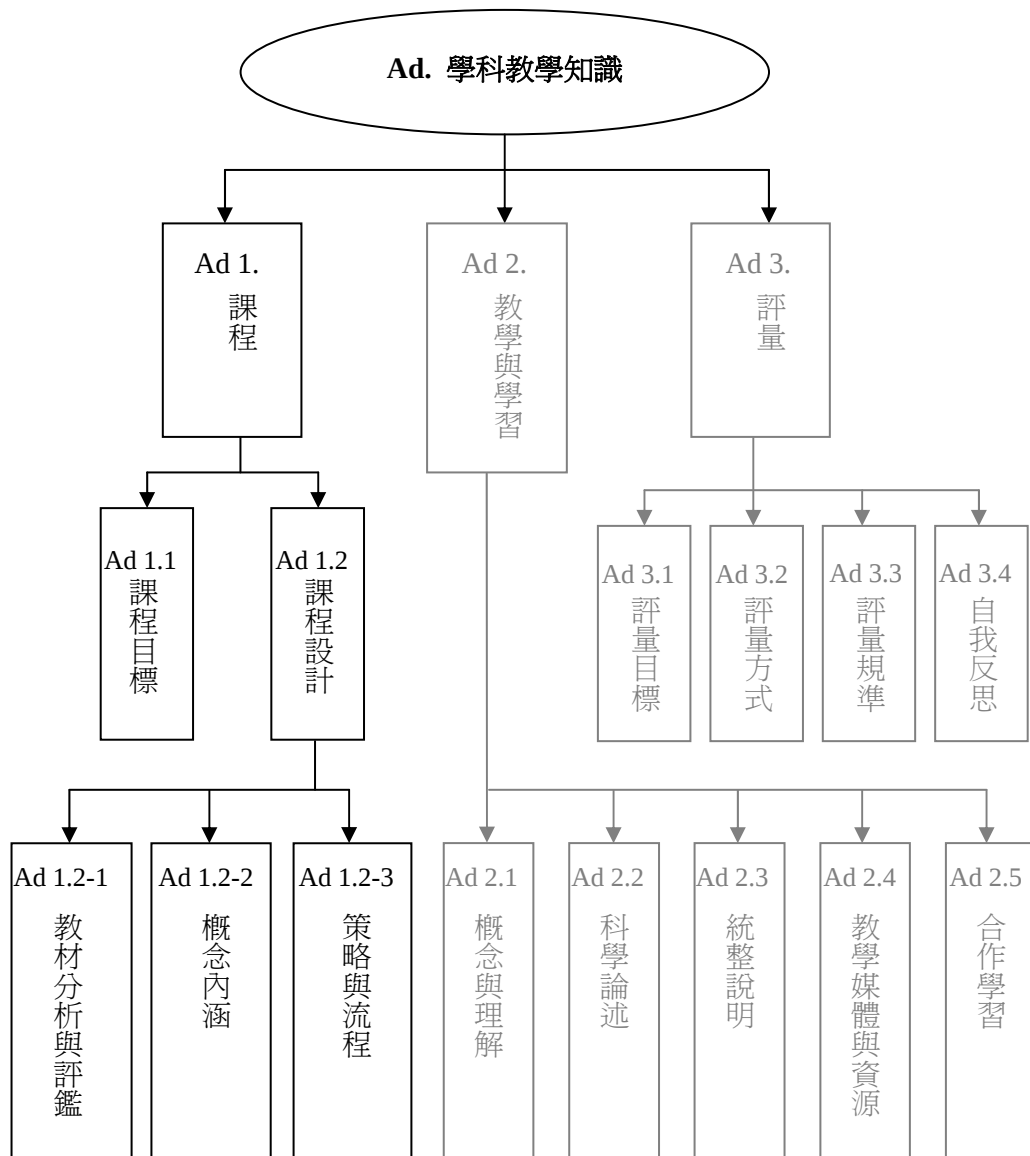
本研究承蒙國科會計畫（NSC93-2522-S-153-002）經費補助，特致謝忱。同時感謝本校同仁林曉雯、李文德及高慧蓮等多位教授之寶貴意見。

肆、參考文獻

- 許民陽、林麗詩（2004）。自然與生活科技教科書之能力指標。**教育研究資訊**，12(1)，77-101。
- 郭丁熒（1995）。「以學生認知架構為基礎的教學模式」之設計與應用。**教育學刊**，11，351-378。
- 黃台珠、蔡秀芳（2000）。營造學生為主動學習者之合作行動研究。**科學與教育學報**，4，197-218。
- 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研究。**科學教育學刊**，7(2)，157-176。
- Clement, J. (1983). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. In Gentner, D. & Stevens, A. (Eds.), *Mental models* (pp. 325-340). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wiggins, G., & Mctighe, J. (1998). *Understanding by design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

附錄

以下是依據「學科教學知識」發展之相關基準架構圖（圖一）及基準細目：



圖一、學科教學知識之內容。

「課程」內容之定義：

內容 Ad 1. 課程
定義： Ad 1.1 了解自然與生活科技學習領域目標在培養全民的科學素養。 Ad 1.2-1 能對現行教材進行分析、評鑑並選擇重要的科學概念，規劃一系列適合學生的學習活動。 Ad 1.2-2 能選擇重要科學概念引導學生進行探究活動。 Ad 1.2-3 能依據單元教學目標選用合適的教學策略與流程。

「課程」之基準實作表現及評分規準：

Ad 1.1 了解自然與生活科技學習領域目標在培養全民的科學素養。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ad 1.1.1 教師的教學涵蓋如下九年一貫自然與生活科技分段能力指標之科學素養，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效：(1)過程技能、(2)科學與技術認知、(3)科學本質、(4)科技的發展、(5)科學態度、(6)思考智能、(7)科學應用、(8)設計與製作。	(1)過程技能 ☐ A.教師的教學目標強調過程技能能力指標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.教師的教學目標雖強調過程技能能力指標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.教師未根據過程技能能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(2)科學與技術認知 教師 ☐ A.以科學與技術認知能力指標為教學目標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.雖以科學與技術認知能力指標為教學目標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.未以科學與技術認知能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(3)科學本質 教師 ☐ A.明確訂定科學本質能力指標為教學目標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.雖訂定科學本質能力指標為教學目標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.未根據科學本質能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(4)科技的發展

	☐ A.教師的教學目標含科技發展能力指標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.教師的教學目標雖含科技發展能力指標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.教師未根據科技發展能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(5)科學態度 ☐ A.教師的教學目標強調科學態度能力指標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.教師的教學目標雖強調科學態度能力指標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.教師未根據科學態度能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(6)思考智能 教師 ☐ A.以思考智能能力指標為教學目標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.雖以思考智能能力指標為教學目標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.未根據思考智能能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(7)科學應用 教師 ☐ A.以科學應用能力指標為教學目標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B.雖以科學應用能力指標為教學目標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C.未以科學應用能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。
	(8)設計與製作 ☐ A. 教師的教學目標含設計與製作能力指標，並據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ B. 教師的教學目標雖含設計與製作能力指標，並未完全據此組織教學內容及評量學生的學習成效。 ☐ C. 教師未根據設計與製作能力指標，組織教學內容及評量學生的學習成效。

Ad 1.2-1 能對現行教材進行分析、評鑑並選擇重要的科學概念，規劃一系列適合學生的學習活動。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ad 1.2-1.1 教師的教學檔案或教案中，能以下列規準評鑑現行教材，並據此規劃適合學生學習的活動： (1)學生的需求(包含興趣、文化背景、先備知識與經驗、認知發展層次)、(2)學習理論(如：建構學習理論強調依學生的先備知識設計學習活動；後設學習觀強調協助學生了解個人學習的歷程)、(3)科學的重要性質(如：科學探究及科學本質)、(4)科學概念應用。	(1)學生的需求(包含興趣、文化背景、先備知識與經驗、認知發展層次) 教師 ☐ A.能依據學生的需求分析評鑑現行教材，並據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ B.能依據學生的需求分析評鑑現行教材，但未能據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ C.未對現行教材進行評鑑或修改，完全遵照現行教材教學。
	(2)學習理論(如：建構學習理論強調依學生的先備知識設計學習活動；後設學習觀強調協助學生了解個人學習的歷程) 教師 ☐ A.能依據學習理論分析評鑑現行教材，並據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ B.能依據學習理論分析評鑑現行教材，但未能據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ C.未對現行教材進行評鑑或修改，完全遵照現行教材教學。
	(3)科學的重要性質(如：科學探究及科學本質) 教師 ☐ A.能依據科學的重要性質(如：科學探究及科學本質)分析評鑑現行教材，並據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ B.能依據科學的重要性質(如：科學探究及科學本質)分析評鑑現行教材，但未能據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ C.未對現行教材進行評鑑或修改，完全遵照現行教材教學。
	(4)科學概念應用 教師 ☐ A.能評鑑現行教材是否含科學概念應用，並據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ B.能評鑑現行教材是否含科學概念應用，但未能據此規劃適合學生學習的活動。 ☐ C.未對現行教材進行評鑑或修改，完全遵照現行教材教學。
Ad 1.2-2 能選擇重要科學概念引導學生進行探究活動。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ad 1.2-2.1	☐ A.引導學生針對重要科學概念進行探究活

國小教師科學教學基準系列報導（五）課程

教師的教案或教學以重要的科學概念為學生進行探究活動的主軸。	動（兼顧對科學概念的理解和探索思考的活動）。 ☐ B.介紹重要科學概念，但未引導學生進行探究活動。 ☐ C.介紹許多科學知識，但未引導學生針對重要概念進行探究活動。
Ad 1.2-3 能依據單元教學目標選用合適的教學策略與流程。	
實作表現（Performance）	評分規準（Rubric）
Ad 1.2-3.1 教師的教學能依據單元教學目標，選用合適的教學策略與流程，例如(1)以學生的先備知識為基礎；(2)藉由操作實驗與討論，發展概念的理解；(3)能引用適當的類比或隱喻協助理解；(4)藉由科學讀物之閱讀、討論與科學寫作，發展學生科學聽說讀寫的能力；(5)應用科學知識解決日常生活問題；(6)單元教學結束前，要求學生反思其科學學習心得。	(1)以學生的先備知識為基礎 教師 ☐ A. 教師根據教學目標，引出學生的先備知識，安排合適的教學流程，促進學生概念的發展。 ☐ B.教師根據教學目標引出學生的先備知識，但未依此安排合適的教學流程，協助學生概念的發展。 ☐ C.教學活動中未包含引出學生的先備知識。
	(2)藉由操作實驗與討論，發展概念的理解 教師 ☐ A.協助學生藉由操作實驗與討論，發展對概念的理解。 ☐ B.協助學生操作實驗，但未協助學生發展對概念的理解。 ☐ C.未協助學生藉由操作實驗與討論，發展對概念的理解。
	(3)能引用適當的類比或隱喻協助理解 教師 ☐ A.引用適當的類比或隱喻，協助學生發展對科學的理解。 ☐ B.提出類比或隱喻，但未引導學生發展對科學的理解。 ☐ C.未引用適當的類比或隱喻引導學生發展對科學的理解。
	(4)藉由科學讀物之閱讀、討論與科學寫作，發展學生科學聽說讀寫的能力 教師 ☐ A.引導學生藉由閱讀科學讀物、討論與科學寫作，發展科學聽說讀寫的能力。 ☐ B.指定學生查閱科學資料並撰寫報告，但未引導學生發展科學聽說讀寫的能力。 ☐ C.未協助學生藉由閱讀科學讀物、討論與科學寫作，發展科學聽說讀寫的能力。
	(5)應用科學知識解決日常生活問題

	教師 ☐ A.引導學生應用科學知識解決日常生活問題。 ☐ B.告知學生科學知識的應用，但未協助學生解決日常生活問題。 ☐ C.未告知學生應用科學知識，亦未解決日常生活問題。 (6)單元教學結束前，要求學生反思其科學學習心得 教師 ☐ A.於單元教學結束前，指導學生反思其科學學習的歷程與改變，引導學生達到單元教學目標。 ☐ B.於單元教學結束前，向學生複習學習的內容，但未指導學生進行反思活動。 ☐ C.於單元教學結束前，未指導學生反思其科學學習的歷程與改變，亦未複習學習的內容。
證據來源（Evidences）	
1. 訪談。 2. 教學觀察。 3. 相關文件。 4. 量表或工具。	