

國小教師科學教學基準系列報導（二）

科學本質與科學探究

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

壹、科學本質

培養學生發展對科學本質的理解及科學探究的能力，已成為中外科學教育界一致認同的重要目標（AAAS, 1989, 1993；NRC, 1996；教育部，2000，2002）。我國教育部（教育部，2000，2002）與美國科學促進會（AAAS, 1989）以及美國國家科學教師協會（NSTA, 1982）更將了解科學本質及科學探究能力列為有科學素養公民的重要特徵，並呼籲科學教育學者及教師應注重培養學生對科學本質的了解及發展科學探究的能力。

基本上，科學本質屬於科學認識論的範疇，亦即科學知識發展過程中的價值與信念。在科學教育的改革聲浪中，科學本質適用在中、小學教育的範圍，雖然有一些爭議（Alters, 1997; Smith & Scharmann, 1999），但也有一些共通的看法，Smith 和 Scharmann（1999）歸納近二十年來科學哲學與科學教育文獻中關於科學本質的陳述，將科學家與哲學家共識的科學本質內容劃分為兩方面：科學研究的目的與過程和科學理論的價值判斷標準。在科學研究的目的與過程方面包括五點特質：（1）經驗性（以直接或間接的觀察為基礎），（2）可測試性（有事實根據的），（3）重複性（可重複檢驗的），（4）暫時性（新的證據可以推翻舊的理論），（5）自我修正性（排除錯誤）；在科學理論的價值評斷方面有以下七個準則：（1）解釋力（the largest explanatory power），（2）預測力（predictive power），（3）創造力（fecundity），（4）包容性（open-minded），（5）簡明性（parsimony），（6）邏輯一貫性（logical coherence），（7）質疑性（skepticism）。科教學者認為中、小學階段

應該教授一些比較沒有爭議的科學本質特性，例如：科學知識具有暫時性的特徵；科學知識基於觀察的經驗基礎；科學觀察是理論負載的（theory-laden）；科學知識包含人類的推論、想像力和創造力、以及科學知識受到社會的影響（McComas, Almazroa & Clough, 1998, 2000）。

王靜如（2003，第4章）綜和台灣、美國和英國改革課程中有關科學本質的比較分析，發現台灣九年一貫課程與美國課程標準都強調提供低年級兒童學習科學探討過程的經驗，隨著年齡增加逐漸擴大、加深科學本質的學習範圍。台灣九年一貫課程與美國課程標準、英國國定課程不同的是美國與英國課程不但強調經驗學習，還強調結合科學人物、歷史與科學本質的學習，台灣九年一貫課程雖然指出學習科學本質的細目，也指出學習科技的發展，但是沒有建議從科學人物或科學史的角度切入，結合科學本質的學習。

事實上閱讀科學人物或科學故事將有助於釐清科學知識形成的複雜真相，理解領導人類躍進的科學知識並非某一位科學家石破天驚、突如其來提出的洞見，更非簡單、突如其來的真理（翁秀玉、段曉林，1998；陳文靜、洪振方，2000；李玉貞、洪振方，2001；Irwin, 2000）。為了讓學生知道科學及科學知識發展的真相，科教學者（許良榮、侯志洋，2002；許良榮、陳雅惠，2004；廖麗貞、林寶英、洪振方，2000；Driver & Leach, 1993; Lederman, 1998）建議科學教師應提供學生閱讀並進一步討論科學本質或科學探究的議題。

台灣九年一貫課程已開始強調科學本質的學習，然而在國內的科學教育方面，我們仍可以發現傳統的教師在教學上依舊只灌輸學生科學知識、講述及列舉過多的例子，甚至照本宣科，忽視培養學生的演繹思考及創造思考能力，只在乎學生的考試表現，造成學生死背片段的知識，忽略科學是一個不斷演變的動態過程（楊榮祥、Fraser，1998；盧秀琴，2004）。此外，教師在教學進行中主導問題方向，且未善用教學情境來引導學生對問題的思考、質疑與批判，更使學生無法真正了解科學本質的概念（王靜如，2001）。

在師資培育方面，國內學者（王靜如，2001；侯志洋、許良榮，2002；洪振方、賴羿蓉，1997；許良榮、柯玉婷，2001；Tsai, 1998）建議科學相關課程及教材教法中應加強引導教師在教學前的規劃或教學進行中適時導入探討科學本質的議題，並藉討論問題澄清科學本質的概念，或是開設促進教師對科學本質理解

的相關通識課程，例如：科學本質、科學史、科學哲學和科學方法課程等，以充實學科背景知識，讓教師反省、解構對「科學方法」及「科學知識發展的類型」等科學本質觀，進而建構有關「科學理論的地位」、「科學知識的判別標準」與「觀察的本質」。教師之課程設計及教學宜掌握重要的原理原則，妥善運用與生活經驗相關之科學知識，並以科學史及科學哲學融入教學（王靜如、張靜儀，2001；邱明富、高慧蓮，2004；洪振方，1997；許良榮，1996；張自立、辛懷梓，2003；廖麗貞、洪振方，2001；鄭湧涇，1998；劉振中、熊召弟，2002），達到讓學生獲得概念及理論的知識、培養學生對科學本質與方法的理解之目標（Tsai, 1999）。

貳、科學探究

科學探究是科學知識產生的複雜過程，包含過程技能與思考智能，然而一般人對科學探究仍存有如下三大迷思：

一、科學探究是一套有系統的步驟

科學探究並非如一般教科書所呈現的「一套有系統的步驟」，教科書上所陳述的科學方法包括：問題、假設、實驗、資料分析與結論，只是科學家用來蒐集實證資料，解答科學問題的簡化過程。事實上，科學家的問題源自於異常的資料或與原先想法不一致的發現，經過深思熟慮後，科學家才提出假設，經由推論提出預測，再設計實驗，檢驗假設的合理性，一旦假設被確認，科學家才公開發表結果。如果假設不被支持，再提出新的假設或改變實驗方法。雖然科學家的探究活動並非如大眾所說的那麼的理性、嚴苛，它還是需要明確地陳述探究的問題，使用正確、合適的方法與技術。此外，科學家是基於自己理解的概念與知識提出問題，科學探究收集到的資料是理論負載的。最後，不論假設被確認或否定，科學家必須透過研討會或研究期刊把研究結果公諸於世，供科學社群對科學知識產生的過程進行評鑑與認同（Bybee, 2002）。一般而言，科學探究的類型依問題性質有三大類型：（1）敘述性的研究、（2）相關性的研究、（3）試驗性的研究。敘述性的研究是研究者對探究現象的描述與說明；相關性的研究目的是在描述變異之間的相關性；而試驗性的研究目的是在證明或否定因果之間的關係（Lederman, 1998）。由此觀之，不同領域的科學家將因觀點不同而採用不同的探究方法，其中還包括想像、創思、先備知識與堅持（McComas, 2000），因此，科學沒有一套

固定的方法。

二、經驗的累積可以促進對科學概念的理解

只有經驗，不足以形成對科學概念的理解。Minds of Our Own (1997) 錄影帶的第一集，呈現整天在鏡子前面工作的理髮師，與一般人一樣，對光的反射，具有迷思概念。由此推論，經驗本身不足以形成概念的理解，同理，傳統食譜式的實驗活動，只有動手操作的經驗，不能促進學生對概念的理解，也不能提昇學生的科學探究能力，因為傳統的實驗活動都預先規劃好所有的探究議題，包括要探究的問題、調查的方法、實驗器材、資料收集及分析等，學生沒有機會進行科學探究的心智活動。根據 Clough (2002) 的建議，真正的科學探究應協助學生慎思如下問題：(1) 相關的背景知識是什麼？與其相關的問題是什麼？(2) 針對探討問題，應該採取什麼調查方法？(3) 進行調查時，需要用到哪些器材？(4) 如何分析資料？(5) 收集到的資料有何意義？(6) 資料分析時，需要用到哪些數學技能？(7) 如何進行研究工作的溝通與發表？

如果上述探究的議題都事先為學生規劃好了，等於剝奪了學生進行探究的機會。Tobias (1990) 在其著作 "They're Not Dumb, They're Different" 建議科學活動不宜修飾到一點創思都沒有，否則，許多有創造力潛能的孩子會因為學校科學課程沒有提供其創思的機會而失去興趣，以致於拒絕選擇與科學相關的生涯規劃。

三、開放式的探究活動可以培養探究能力

完全開放式的讓學生調查自己的問題，將會是另一種無效的學習。如果一位教師沒有引導學生進行探究議題的討論，任憑學生自行進行專題調查，亦無法培養學生的探究能力 (Clark, Clough & Berg, 2000)。有關課室中的科學探究，美國國家科學研究會 (NRC, 1996) 在 National Science Education Standards 列舉如下五點特性：(1) 引導學生思考科學上的問題 (scientifically oriented questions)、(2) 根據證據 (evidence)，學生針對問題，進行說明，並評鑑說明的合理性、(3) 學生根據證據，形成科學問題的說明 (explanations)、(4) 學生評鑑另類說明 (alternative explanations)，尤其是可以反應科學理解的說明、(5) 學生溝通想法並對自己的想法，提出合理的解釋。

Duschl (2003) 在 "Assessment of Inquiry" 文中以傾聽探究 (listening to

inquiry) 比喻探究活動時教師扮演的角色，建議教師要營造一個溝通科學思考的環境 (communication of scientific way of thinking)，師生共同審議與探究問題相關的數據、證據與說明。

目前國內教師在自然科學課程上，雖重視科學概念及科學過程技能的學習，但教學活動仍僅限於教室講解或操作訓練 (許民陽、王郁軒、梁添水、鄭紹龍，2001)，即使實施探究教學，不是引起的學習動機不足 (例如：學生學習氣氛不如預期、滿足單一科學概念學習、未能進一步討論等)，就是教師在科學探究方法的設計上，已先行幫學生規劃好實驗步驟，學生只要依樣畫葫蘆，卻忘了善用課堂中所習得的科學過程技能，自行思考、組合設計、解決問題，以致於學生不如教師期待的充分主動參與學習 (毛松霖、張菊秀，1997；黃鴻博，2000)。學生的被動學習、不愛問問題，並非不知從何問或不會發現問題。事實上，他們能察覺多方面的事實也能提出關鍵問題，但卻沒有機會充分提出想法或思考不周密 (張俊彥、翁玉華，2000)，這些因素導致探究教學無法普遍落實。

不過，仍有一些個案 (張美玉，1998；楊宏衍、段曉林，2001；楊榮祥、Fraser，1998) 發現學生藉由探究教學或是自行選擇一探究主題，小組進行探究活動，包括實行、反省、討論、重新設計等過程，能讓他們習慣科學思考並學會表達自己想法或提出個人的困難。當學生了解概念後，亦能解釋他們所熟悉或矛盾的現象，並為不同的概念爭辯，最後由教師及同學共同評鑑或分享學習成果。此外，一些研究 (邱美虹、林秀蓁，2004；林雅慧、張文華、林陳涌，2003；張美玉、吳玉明，1999) 亦發現學生在課堂上是以舊有經驗、課外所獲得的知識及實驗結果，相互辯證、解釋及重新建構概念。因此，教師在自然科的學習中給予學生判斷及解釋的機會，能讓學生表現出較多的「判斷」及「解釋」行為 (例如：根據教學活動中所預測及觀察的現象做出解釋)，教師亦能依據學生的回答詢問更進一步的相關問題，促使學生深入思考某一主題。如果師生間的對話具有互動性，亦可使教師了解學生的科學想法及思考方式，協助學生澄清許多的科學概念。

邱美虹和林秀蓁 (2004) 的研究曾指出師徒制的學習方式除了傳統的「示範」(modeling)、「訓練」(coaching) 及「鷹架」(scaffolding) 三部分，應再包含「闡明」(articulation)、「反思」(reflection) 和「探索」(exploration)，這樣的學習方式即是探究式的學習，呈現科學家探究的真實情境，鼓勵學生對科學概念進行思考及深層理解。探究式的教學活動，不但可讓學生從中獲得過程技能，也能培養

其思考的智能。正如美國國家科學研究會(NRC, 1996)在 National Science Education Standards 對科學探究教學的建議，國內學者（李建億、黃瑋苹，2004；陳文典，1997；洪文東，2002；莊奇勳，1997；郭琪瑩、王美芬，2004；張政義、熊召弟，2003；游淑媚，2002；黃萬居，2004；鄒慧英，2001；劉宏文、張惠博，2001；蘇明俊、江新合，2004）積極建議並強調教師在引導學生學習時，應能激發學生的批判思考能力，鼓勵學生從事或參與探究活動（例如：專題學習、科學展覽等）。不過，在學生學科知識及探究經驗尚未成熟時，教師宜以引導式的探究（guided inquiry）為主，先擇定一個與學生生活經驗相關的主題，在教師領導下，由班級討論形成若干適合探究的問題，再由學生分組從中擇一進行研究，活動期間教師與學生相互討論：（1）科學性的問題；（2）設計及進行科學的探討；（3）使用適當的工具與技巧去收集、分析、解釋資料；（4）根據獲得的證據去做解釋、預測或做成結論；最後各組將結果寫成報告，於課堂中口頭報告並分享研究心得。此後，學生具備探究經驗後，教師可鼓勵學生自行參與探究活動，或是針對某一項感興趣的主題進行深入探討，讓學生透過資料蒐集、閱讀、觀察並建立概念後，能針對問題更深入去探索、解釋，以增進思考之流暢性、變通性及獨創性，進而提昇學生的創造思考能力。

參、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，特製謝忱。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

- 王靜如（2001）。小學教師科學本質概念及教學之研究。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，9(2)，197-217。
- 王靜如（2003）。國小科學本質教學。行政院國家科學委員會科學教育成果應用推廣計畫（NSC 92-2511-S-018）。
- 王靜如、張靜儀（2001）。教師科學本質觀、教學信念與教學實務之研究。刊載

- 於國立屏東師範學院編印。**屏東師院學報**，14，859-898。
- 毛松霖、張菊秀（1997）。「探究式教學法」與「講述式教學法」對於國中學生地球科學「氣象」單元學習成效之比較。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，5(4)，461-497。
- 李玉貞、洪振方（2001）。光學史融入教學對高中學生科學本質觀的影響。發表於「科學教育」學術研討會。國立臺灣師範大學科學教育研究所主辦。2000.12。又收於**第十六屆科學教育學術研討會論文集**（頁 45-51）。臺北：國立臺灣師範大學。
- 李建億、黃瑋萃（2004）。網路專題學習活動中多元智慧對學習成果影響之研究。刊載於國立臺灣師範大學編印。**師大學報：科學教育類**，49(1)，65-80。
- 邱美虹、林秀蓁（2004）。以 CHILDES 分析一對一科學教學活動中師生互動共建科學知識的行為表現。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，12(2)，133-158。
- 邱明富、高慧蓮（2004）。科學史融入教學以提昇國小學童科學本質觀之研究。刊載於國立臺北師範學院編印。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，17(1)，183-214。
- 林雅慧、張文華、林陳涌（2003）。國小低年級學生參與科學對談的類型之研究。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，11(1)，51-74。
- 洪文東（2002）。創造型兒童之思考特性與科學創造力的關聯性。刊載於國立屏東師範學院編印。**屏東師院學報**，16，355-394。
- 洪振方（1997）。科學史融入科學教學之探討。刊載於國立高雄師範大學編印。**高雄師大學報**，8，233-246。
- 洪振方、賴羿蓉（1997）。教師對以邏輯實證與後邏輯實證主義科學哲學觀建構之電化電池發展史教材的認識與抉擇。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，5(3)，347-390。
- 侯志洋、許良榮（2002）。國小自然科教師對科學史融入教學之態度（I）：調查研究。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，16，523-550。

- 翁秀玉、段曉林（1998）。國小自然科教師傳達科學本質之行動研究。刊載於國立彰化師範大學編印。**科學教育**，8，36-52。
- 教育部（2000）。**國民中小學九年一貫課程總綱**。台北：教育部。
- 教育部（2002）。**全國第一次科學教育會議資料**。台北：教育部。
- 陳文典（1997）。STS 教學教師所需之專業準備。**科學教育學刊**，5(2)，167-189。
- 許良榮（1996）。課文結構與先備知識對於科學理論之學習助益性的研究。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，10，471-504。
- 莊奇勳（1997）。師院環境科學 STS 教學模組之開發研究。刊載於國立嘉義師範學院編印。**嘉義師院學報**，11，273-308。
- 張美玉（1998）。建構取向的科學教室內師生互動實例。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，6(2)，149-168。
- 郭琪瑩、王美芬（2004）。學校本位戶外教學對於科學態度之影響－以象山生態教學為例。刊載於臺北市立師範學院編印。**臺北市立師範學院學報**，35(1)：165-186。
- 張自立、辛懷梓（2003）。在職國小教師對物理的態度及對物理教學與學習意見之調查研究。刊載於國立臺北師範學院編印。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，16(1)，167-192。
- 張美玉、吳玉明（1999）。不同學習型態學生學習表現的探討－解釋推理及問題解決能力。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，7(3)，255-280。
- 張俊彥、翁玉華（2000）。我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，8(1)，35-55。
- 陳文靜、洪振方（2000）。以情境化科學本質問卷探討原子與電子科學史融入教學後學生的科學本質觀。發表於「科學教育」學術研討會。國立臺灣師範大學科學教育研究所主辦。2000.12。又收於**第十六屆科學教育學術研討會論文集**（頁95-101）。臺北：國立臺灣師範大學。
- 許良榮、柯玉婷（2001）。台中地區國小職前與在職教師對科學本質的理解與教

- 學態度之研究。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，15，335-361。
- 許良榮、侯志洋（2002）。國小自然科教師對科學史融入教學之態度（Ⅱ）：晤談研究。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，16，551-576。
- 許良榮、陳雅惠（2004）。國小自然科教師對過時科學理論的教學價值觀之研究。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，18(1)，135-157。
- 張政義、熊召弟（2003）。由「超炫 3D 立體鏡」的創製探索兒童科學專題的學習過程。刊載於國立臺北師範學院編印。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，16(2)，213-256。
- 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。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，9(1)，79-100。
- 游淑媚（2002）。職前國小教師真實的科學探究能力之培育。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，16，577-593。
- 黃萬居（2004）。問題導向生活化國小自然與生活科技教學模組發展及學習成效研究。刊載於臺北市立師範學院編印。**臺北市立師範學院學報**，35(1)：187-210。
- 黃鴻博（2000）。兒童科學探究活動遭遇問題的探討。刊載於國立臺中師範學院編印。**臺中師院學報**，14，389-409。
- 鄒慧英（2001）。課程、教學、評量三位一體的專題學習。刊載於國立臺南師範學院編印。**臺南師院學報**，34，155-194。
- 楊宏衍、段曉林（2001）。合作學習－高中化學教學之行動研究。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，9(1)，55-77。
- 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啓思。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，6(4)，325-342。
- 廖麗貞、洪振方（2001）。科學史、哲融入生命科學通識教育之學習成效。刊載於國立高雄師範大學編印。**高雄師大學報**，12，1-22。

廖麗貞、林寶英、洪振方（2000）。將達爾文演化論發展史融入大學生命科學通識課程之研究。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，8(2)，179-198。

鄭湧涇（1998）。生物認知偏好與教學能力相關屬性的關係。刊載於國立臺灣師範大學編印。**師大學報：科學教育類**，43(1)，47-61。

劉宏文、張惠博（2001）。高中學生進行開放式探究活動之個案研究－問題的形成與解決。刊載於中華民國科學教育學會編印。**科學教育學刊**，9(2)，169-196。

劉振中、熊召弟（2002）。國小教師的科學本質觀及其教學實踐個案研究。刊載於國立臺北師範學院編印。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，15，285-314。

盧秀琴（2004）。不同教學策略影響中小學學生學習顯微鏡相關課程之探究。刊載於國立臺北師範學院編印。**國立臺北師範學院學報（數理科技教育類）**，17(1)，147-172。

蘇明俊、江新合（2004）。歸納式野外探究教學模式。刊載於國立新竹師範學院編印。**新竹師院學報**，18，323-361。

Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.

American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University 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.

Clark, R. L., Clough, M. P., & Berg, C. A. 2000. Modifying cookbook labs: A different way of teaching a standard laboratory engages students and promotes understanding. *The Science Teacher* 67(7): 40-43.

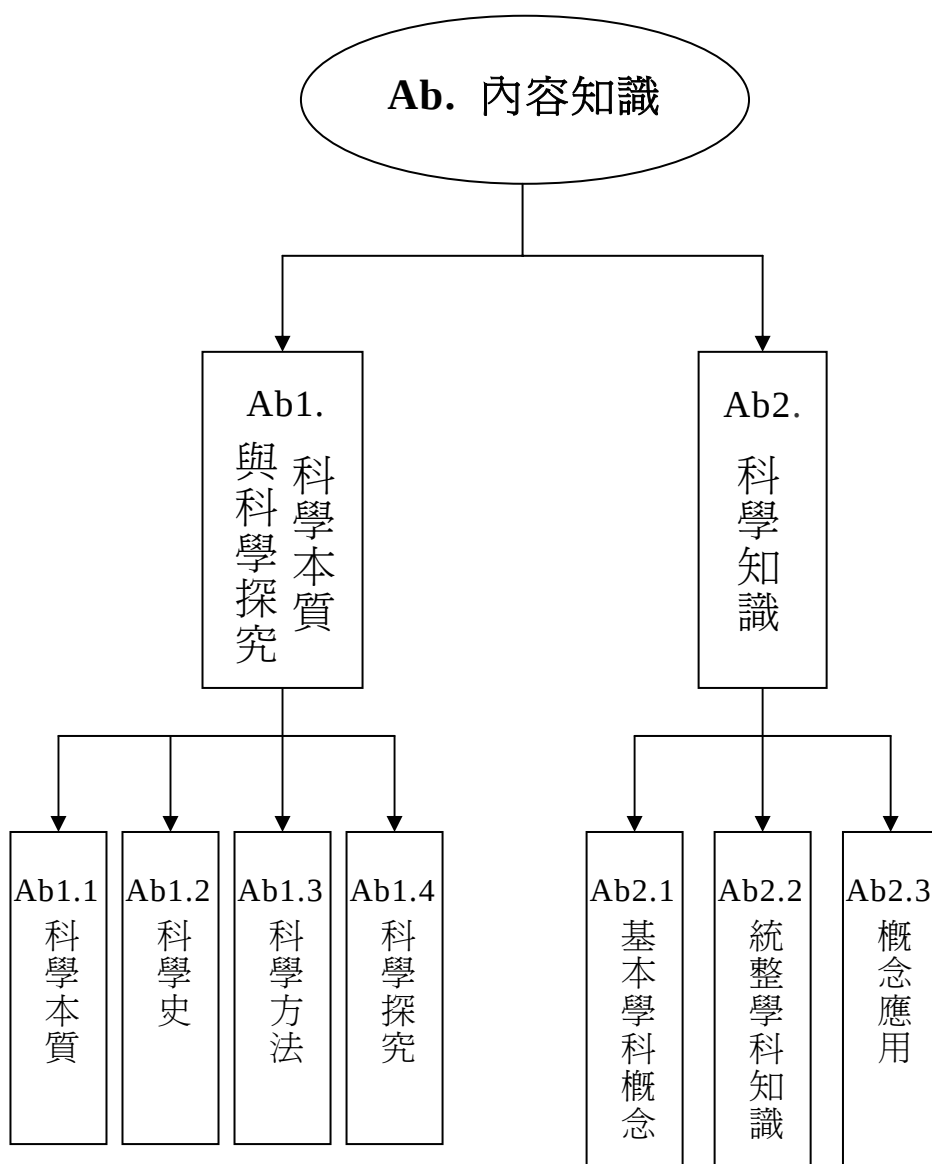
Clough, M. P. (2002). Using the laboratory to enhance student learning. In R. W. Bybee (Ed.), *Learning science and the science of learning* (pp. 85-94). Arlington: NSTA.

- Driver, R., & Leach, J. (1993). A constructivist view of learning: Children's conceptions and the nature of science. In R. E. Yager (Ed.), *What research says to the science teacher V7: The science, technology, society movement* (pp. 103-112). Washington, DC: NSTA.
- Duschl, R. A. (2003). Assessment of inquiry. In J. M. Atkin & J. E. Coffey (Eds.), *Everyday assessment* (pp. 41-60). Arlington: NSTA.
- Irwin, A. R. (2002). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2). Retrieved January 11, 2005, from the World Wide Web: <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/lederman.html>
- McComas, W. F. (2000). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 53-70). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). *The nature of science in science education: An introduction*. *Science and Education*, 7(6), 511-532. Virginia: NSTA.
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3-40). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Minds of Our Own. (1997). *Videotape Program One: Can We Believe Our Eyes*, Annenberg/CPB Math and Science Collection, P.O. Box 2345, South Burlington, VT 05407-2345.
- National Science Teachers Association (NSTA). (1982). *Science-technology-society: Science education of the 1980's* (a National Science Teachers Association position statement). Washington, DC: NSTA.

- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Smith, M. U. & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, 83, 493-509.
- Tobias, S. (1990). *They' re not dumb, they' re different*. Tucson: Research Corporation.
- Tsai, C. C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82(4), 473-489.
- Tsai, C. C. (1999). “Laboratory exercises help me memorize the scientific truths” : a study of eighth graders’ scientific epistemological views and learning in laboratory activities. *Science Education*, 83(6), 654-674.

附錄

以下是依據「科學本質與科學探究」所發展之相關基準架構圖（圖一）及基準細目：



圖一、科學本質與科學探究之內容

「科學本質與科學探究」之內容定義：

內容 Ab 1. 科學本質與科學探究
定義： Ab 1.1 能區別科學與其它知識不同的特性，例如：科學探究的目的在解釋人類對大自然的疑惑、科學知識具有不確定性、科學沒有固定的探究方法、科學方法是由理論引導的(theory driven) Ab 1.2 引用國小科學課程相關概念的科學史知識。 Ab 1.3 瞭解探索科學不只一種方法。 Ab 1.4 體會科學探究包含理解科學概念和培養探究思考的活動。

「科學本質與科學探究」之基準實作表現及評分規準：

Ab 1.1 能區別科學與其它知識不同的特性，例如：科學探究的目的在解釋人類對大自然的疑惑、科學知識具有不確定性、科學沒有固定的探究方法、科學方法是由理論引導的(theory driven)。	
實作表現 (Performance)	評分規準 (Rubric)
Ab 1.1.1 在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），教師引用實例說明如何在探究活動之後，引導學生對科學的本質，進行討論。	在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），引用實例說明 ☐ A.在探究活動之後，引導學生討論相關的科學本質議題。（請說明：活動內容：_____；科學本質：_____。） ☐ B.在探究活動之後，直接講述相關的科學本質議題。（請說明：活動內容：_____；科學本質：_____。） ☐ C.教師的教案或教學未進行科學本質討論活動。
Ab 1.2 引用國小科學課程相關概念的科學史知識。	
實作表現 (Performance)	評分規準 (Rubric)
Ab 1.2.1 在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），教師引用實例說明如何將科學史（如科學發展之時代背景，科學家之發現與貢獻，科學與人類文明之關係，科學之未來趨勢等）融入教案、教學或補充教材中。	在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），引用實例說明如何 ☐ A.針對科學概念介紹相關的科學史並引導學生進行有關「科學知識發展」的討論。 ☐ B.針對科學概念介紹相關的科學史。 ☐ C.教案或教學中沒有呈現相關的科學史。

Ab 1.3 瞭解探索科學不只一種方法。	
實作表現 (Performance)	評分規準 (Rubric)
Ab 1.3.1 在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），教師引用實例說明如何安排適當的學習情境（探究模式或融入科學史），協助學生理解科學方法不只一種（可能包含現象描述、實驗歸納或演繹等）。	在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），教師引用實例說明如何 ☐ A.引導學生用自己的方法解決問題，並討論科學探究方法的多元性。 ☐ B.引導學生用自己的方法解決問題，但未進一步討論科學探究方法的多元性。 ☐ C.只提供學生一種解決問題的方法。
Ab 1.4 體會科學探究包含理解科學概念和培養探究思考的活動。	
實作表現 (Performance)	評分規準 (Rubric)
Ab 1.4.1 在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），教師引用實例說明如何協助學生進行探究式的學習活動，針對可探究的問題，採用合理的方法收集相關資料（例如：觀察、預測結果、操縱變因、分析資料、評鑑結果），探索並理解大自然的知識。	在適當的場合（例如輔導會議、教學研究報告、課程發展委員會、示範教學、晤談等），引用實例說明如何進行 ☐ A.符合探究式的學習活動並兼顧理解科學概念和培養探索與思考的活動（例如：如何進行合理的預測？如何判斷實驗設計的合理性？如何判斷實驗推論的合理性？）。 ☐ B.只有動手操作活動，但缺少培養探索與思考的活動。 ☐ C.著重在傳授知識，缺少動手操作活動及探索與思考的活動。
證據來源 (Evidences)	
1. 訪談。 2. 教學觀察。 3. 相關文件。 4. 量表或工具。	