

國小科學本質能力指標的詮釋研究

蘇明洲

大仁科技大學環境資源管理學系副教授

呂仲誠

建國科技大學土木工程系講師

高慧蓮

國立屏東教育大學數理教育研究所教授

壹、科學本質能力指標詮釋的重要性

科學素養包含很多的內涵，而「科學本質」的領域是科學素養一個很重要的內涵。近年來國內外科學教育家和主要的科學教育組織，在科學素養中明列出「增進學生對科學本質的瞭解」這一項(American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; Lederman, 2007; National Research Council [NRC], 1996; 教育部，2003)。楊桂瓊(2009)以美國為例指出，美國科學促進學會(AAAS)在 1989 年所研發 project 2061 課程計畫中，以培養具有「科學素養」公民為目標，並於 1993 年出版的《科學素養的里程碑》(Benchmarks for Science Literacy)，界定 K-12 學生應該學習的科學內容。我國教育部 2000 年有鑑於美國國家科學教師協會(NSTA, 1982)已將科學本質界定為科學素養中的重要內涵，因此在 2008 年制定的最新課程綱目中，已將「科學與技術本質」編入「自然與生活科技」學習領域中分段能力的第三項指標(教育部，2008)。由此可見，科學本質是達成學生科學素養的要件。

雖然科學本質是達成學生科學素養的要件，但在實際教學上卻很少提及。教科書的內容亦是很少涉及有關科學本質的內涵(McComas, Clough & Almazroa, 1998)。郭月婷、高慧蓮、王靜如、林曉雯、蘇明洲(2009)以內容分析法分析國內國小自然與生活科技領域習作與教師編寫的試題(九十七學年度)，也有同樣的發現。林陳涌(2000, p.38)在「新世紀中、小學自然科學課程與師資培育研討會」時也指出，像「科學本質、科學態度、思考智能、科學應用

這些東西在每次教育改革時都會被提出，但最後落實到教科書課程中就全部不見了」。所以，科學教育學者呼籲科學教師有必要在教室中主動培養學生對科學本質的瞭解，以達成科學教育的總目標(Collette & Chiapetta, 1994；高慧蓮，2006)。

在一般的自然科學教學裡，學生並不容易從科學的學習活動中去主動思考科學本質的內涵，需要老師營造具有科學本質教學內涵的環境，以及老師增進本身對科學本質的了解，再加以配合適當的科學教材與引導方式，將科學本質融入教學理念中，才能在教學時讓學生真正認識科學的本質，瞭解科學本質的意涵(黃俊偉，2004)。

由上可知，科學本質是科學教師必備的專業知識之一。然而，自從教育部於民國八十九年九月七日公佈中小學「自然與生活科技課程綱要」，揭櫫科學教育的目標在提昇國民的科學素養，科學素養涵蓋過程技能、科學與技術認知、科學本質(九十七年改為科學與技術本質)、科技發明(九十七年改為科技的發展)、科學態度、思考智能、科學應用、設計與製作等八大項目。其中最令現職科學教師困惑的莫過於「科學本質(the nature of science)」。科學教師缺乏對科學本質理念與教學實務的理解，以致在傳達科學本質理念上產生困難(王靜如，2006)。

現階段的師資培育養成過程中，有的已把科學史哲和科學本質的相關議題，納入在有關的課程中。有些教師已對科學的本質有正確的瞭解，然而，傳達科學本質的教學行為仍是欠缺的，教師往往難以具體描述如何在教學中培養學生正確的科學本質觀(Wang, 2001)。因而導致大多數的學生對科學的本質並不瞭解(Lederman & O'Malley, 1990; Ryan & Aikenhead, 1992)。從傳統的科學教學中，他們很少對科學獲得真實的映像。

影響教師科學本質的教學的因素很多，如教師的教學風格、學生的個別差異、教材單元、教室氣氛、教學策略…等(Schwartz & Lederman, 2002)。許多的教師可能沒有經歷過第一手的科學研究，以至於無法理解科學探究的本質(Bransford & Donovan, 2005; Morrison, Raab, Ingram, 2009)。教師也往往缺乏將教學策略與科學本質觀相連的能力(陳筱雯，2003)，尤其是初任教師在教學時，會有無法將科學本質轉換成教學設計或活動的困難(翁秀玉、段曉林，1997; Birkhouse, 1990; Lederman, 1995)。科學本質包含了科學哲學、科學史

以及科學探究等成分，在教學的實施中，這些成分易使教師產生迷思，以致於在教學時缺乏有效的教學策略與評量，導致科學本質的培養無法全面落實 (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998)。這些困難與科學本質學科教學知識息息相關，亦即教師除具備「現代科學本質觀」外，還需懂如何將他們的知識轉換至教學策略(陳筱雯，2003；Kao, Su, Lin, Chen & Lu, 2008, Schwartz, Lederman, Lederman, Khishfe, Matthews, & Liu, 2002)。

鄭淑妃、劉聖忠和段曉林(2005)指出，科學本質議題的研究應多與教師們合作，朝結合理論與實務的方向進行。尤其九年一貫課程實施後，在職教師們對科學本質的能力指標可能尚不熟悉，建議未來研究的方向可著重於如何透過各種管道引導在職教師提昇對能力指標的了解，甚至轉換符合當代的科學本質觀於教學行為中。

近年來我國為因應時代的潮流以及教育改革的需要，教育部於民國八十七年九月公布了國民教育階段九年一貫課程總綱綱要，正式宣告國民教育新課程時代的來臨，並已自九十學年度起逐步實施。此一跨世紀的教育改革工程，可說是台灣教育史上最重大的改變，對於未來的國民教育，乃至國家發展將會產生巨大的影響。然而，如此大幅度的改變，使擔任各學習領域教學的教師專業能力面臨相當嚴峻的考驗。新課程綱要中各階段能力指標是達成十大基本能力的重要指標。因此，教師對各階段能力指標內涵的瞭解轉化與實踐，是當前重要的課題(蔡葉榮，2001)。尤其是科學本質能力指標的解讀有其爭議性，所以高慧蓮(2006)建議學者與教學實務者應針對科學本質能力指標提出一致性的解讀，以落實提昇學童對科學本質能力指標表現的教學。

有鑑於此，本文其宗旨即針對「九年一貫自然與生活科技領域科學本質能力指標」進行解讀與詮釋，並據此研發有關「熱與物質」教學單元之國小高年級教師教學時所需的教學素材。而且，研究者在真實的教學情境中，詮釋出學生學習的表現，以修正能力指標條文的解讀與詮釋。

貳、國小學童科學本質的範疇與內涵

高慧蓮(2004)分析現有文獻對「科學的本質」的界定，根據文獻分析的資料及九年一貫課程科學本質分段能力指標，擬定「科學的本質」所應涵蓋的項目(Categories)，以界定其內容範圍：(1)科學知識的本質；(2)科學探究的本質；(3)科學事業的本質。根據擬定之項目進行「內容分析」(Content analysis)，確定各項目所包含的內容，並分別賦予適當、具體的指標(Indicators)。這些項目和其指標稱為 Domain of the Nature of Science(DNS)，將擬定之 DNS 送請數位對科學本質素有研究的科學教育學者審閱、修訂，以建立「內容效度」。國小學童科學本質的範疇與內涵(見表一)建立後，經過教師用於國小的自然科學教學，發現可以適用於國小的科學本質教學。

表一、國小學童科學本質的範疇與內涵

層面	項目	細目敘述
科學知識的本質	累積性	科學的知識經由時間累積而來的。
	暫時性	科學知識是可能改變的。
	可重複性	在相同的條件下，科學知識可以被重複的驗證。
	創造性	科學的知識是人類智力的創造，它運用很多創造性的想像力，如同一位藝術家、一位詩人或是一位作曲家的工作。
	公開性	科學家必須正確地發表他們所觀察到的科學現象，科學知識必須公開的發表。
科學探究的本質	可預測性	科學知識運用來作推論時，可推測一些事並獲得證實。
	質疑性	科學探究的起始動機及延續的動力就是為了解決某些可能被質疑的部份，如此科學探究活動才能持續進行。
	經驗性	科學探究的過程是基於觀察的經驗基礎。
	實徵性	形成科學理論的過程需要經過試驗驗證的階段。
	觀察是理論蘊涵的	不同的觀察者即使在相同地點、觀察相同的現象，所得結果可能會不同，因為觀察者已有的智識、信念和理論會影響觀察的結果。

科學事業 的本質	科學方法的多元化	科學的方法與過程不具有獨特性，只要是可以解決研究問題的科學方法就是好的科學方法，並沒有所謂一成不變的科學方法。
	邏輯推論性	相信自然現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的。
	科學的限制	有些事件(如飛碟)因採證困難，無法做科學性實驗；有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異。
	倫理與道德原則	從事科學研究必須考慮到倫理與道德原則。
	科學家的身份	科學家兼具有科學專業及公民的身份，科學家又利用科學思考的特性來解決公眾事務，無論如何，科學家在其專業領域之外，並不具有專業上的可靠性。
	科學社群的重要性	科學研究受到科學社群的影響。
	STS	科學、技學與社會具有交互影響的關係。

以上高慧蓮(2004)所制定的國小學童科學本質的範疇與內涵，楊桂瓊(2009)認為包含了台灣教育部所制定的科學本質能力指標，也涵蓋了各個學者與國際教育標準文件所指定的科學本質觀。因此本研究採用高慧蓮(2004)所擬定的科學本質範疇與內涵，作為本研究進行「科學本質能力指標」解讀與詮釋的參考。

參、「科學本質能力指標」的解讀與詮釋

研究者以「詮釋性研究法」(Interpretive Research)的研究理念及做法，邀請六位國小「自然與生活科技」領域教師參與研究，並實施研究群研習、教師成長活動。爾後進行「九年一貫科學本質能力指標」的解讀與詮釋，並列出能力指標的「行為表徵」。研究者與研究群針對九年一貫課程「自然與生活科技領域」中的「科學本質」能力指標，做條文的解讀，並藉由能力指標以「行為表徵」的方式，來重新詮釋能力指標，賦與能力指標更精細的意涵，以下為十項科學本質能力指標的詮釋說明。

一、3-1-0-1 能依照自己所觀察到的現象說出來

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「經驗性」：科學知識是基於觀察的經驗基礎，學生能根據事實將自己觀察的現象說出來。

(二)行為表徵

1. 能利用五官來知覺所看到的現象。
2. 能將五官知覺到的現象，表達分享給其他的同學。
3. 知道所獲得的現象是利用觀察得到的。

二、3-1-0-2 相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「經驗性」：科學知識是基於觀察的經驗基礎，仔細觀察是科學活動中很重要的活動之一，相信每個人只要能仔細觀察，常可有新奇的發現。

(二)行為表徵

1. 能正確的操作簡單的科學儀器來進行相關的科學活動。
2. 能將觀察到的現象紀錄下來。
3. 能和舊經驗比較是否有差異。

三、3-2-0-1 知道可用驗證或試驗的方法來查核想法

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「實徵性」：科學知識的產生需要經過試驗的階段，所以學生對自然現象能提出個人的看法或想法，並能利用科學方法來查核。

(二)行為表徵：

1. 能動手做實驗。
2. 能將自己的想法寫下或說明出來。
3. 能將自己的想法設計實驗來證明。
4. 能檢核自己的想法與實驗結果的關係。

四、3-2-0-2 察覺只要實驗的情況相同，產生的結果會很相近

(一)條文解讀

此項條文符合科學知識本質中的「可重複性」：科學知識可以一再重複的被驗證，能在相同的實驗條件下，比較各組的實驗結果，從各組的實驗結果發表中發現其結果是相近的。

(二)行為表徵

1. 能控制變因，在相同的條件下能做出相近的結果。
2. 能了解在相同的實驗條件，結果會差不多。

五、3-2-0-3 相信現象的變化，都是由某些變因的改變所促成的

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「邏輯推論性」：相信自然現象的變化，都是有某些變因改變所促成的，所以學童能操作變因來觀察實驗，實驗結果因變因不同而有所改變。

(二)行為表徵

1. 相信現象的變化，都是由某些變因的改變促成的。
2. 能操作變因來觀察實驗結果變化。

六、3-3-0-1 能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「實徵性」：科學知識的產生需要經過試驗的階段，學生能透過科學性的探究活動，了解科學知識是必須經過驗證的。

(二)行為表徵

1. 能就單元活動設計的內容作科學探究活動。
2. 能就探究活動中獲得相關的科學知識。
3. 能瞭解科學知識是經過重複驗證的考驗才能產生。

七、3-3-0-2 知道有些事件(如飛碟)因採證困難，無法做科學性實驗

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「科學的限制」：科學也是有所限制的，

不是所有的事件或現象，都可以做科學性實驗，所以對於無法驗證的大自然現象要抱持尊重與關懷態度。

(二)行為表徵

1. 能了解科學並不能解釋驗證自然界所有的事物。
2. 學生能列舉哪些現象或事件是採證困難的，或根本無法證明。
3. 能積極主動尊重生命、關懷自然環境。

八、3-3-0-3 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實

(一)條文解讀

此項條文符合科學知識本質中的「可預測性」：科學知識運用來推論或預測一些事並且根據所推測的事加以證實是否屬實，以印證科學知識所推測事件的正確性。

(二)行為表徵

1. 會運用科學知識來解釋或預測一些事。
2. 能說出所推論或預測現象的依據是什麼。
3. 能證實所推測的事件或現象是否正確。
4. 能主動探索與發現問題。

九、3-3-0-4 察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢視舊理論」時，常可發現出新問題

(一)條文解讀

此項條文符合科學知識本質中的「暫時性」：科學知識是可以改變的。所以舊資料和舊理論並非是完全正確或一成不變的，在新資料或新觀點的仔細檢視和驗證下，常可發現出新的問題。

(二)行為表徵

1. 能察覺科學知識是可以改變的。

十、3-3-0-5 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異

(一)條文解讀

此項條文符合科學探究本質中的「科學的限制」：在科學實驗中，雖然實驗的情況相同，但並非所有的因素都能掌控，有時雖然在相同的實驗情況

下操作，這些無法控制的因素會影響實驗，有時會導致實驗結果產生差異。

(二)行為表徵

1. 能依實驗的條件完成實驗，並有具體的成果。
2. 能在相同的實驗情況下，由其他同學的實驗結果中，發現各結果的差異性。
3. 能察覺即使實驗情況雖然相同，但可能有一些無法控制的因素，使得產生的結果可能有差異。
4. 能發覺並提出影響實驗結果差異的可能因素。

在九年一貫課程中，國小學童的科學本質能力指標合計共有十條，由以上的解讀與詮釋，可知內容是以科學探究本質中的「經驗性」（3-1-0-1 及 3-1-0-2）、「實徵性」（3-2-0-1 及 3-3-0-1）、「可重複性」（3-2-0-2）、「邏輯推論性」（3-2-0-3）、「科學的限制」（3-3-0-2、3-3-0-5）和科學知識本質中的「可預測性」（3-3-0-3）及「暫時性」（3-3-0-4）為主，並未涉及科學事業的本質。

肆、單元教學有關提昇科學本質的教學活動

依據能力指標的概念分析、解讀與詮釋的結果，研究群著手編寫「熱與物質」教學單元，經過試教後，研究群再修正其教學活動、評量方式、與教學策略。以下介紹「熱與物質」教學單元、和提昇科學本質的教學活動。

一、「熱與物質」教學單元

(一)「點頭雞」活動

以「點頭雞」玩具讓兒童瞭解氣體熱漲冷縮的現象，並重複實驗以瞭解科學本質的可重複製性，及「察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異」。並以生活中「過橋發出碰碰聲響」的實例，瞭解熱漲冷縮應用於造橋的工程技術上，將科學、技學與社會相結合，作為課程結束。

(二)「拉瓦節與燃素說」活動

以角色扮演的方式探討拉瓦節當初破除「燃素說」的整個流程。讓兒童在角色扮演的過程中，透過分組競賽的方式，深刻瞭解科學理論被推翻的理由在於「以新觀點看舊資料」或「新資料檢視舊理論」的科學本質觀。

二、提昇科學本質的教學活動

以下略舉數例來說明單元教學有關提昇科學本質的教學活動：

(一)科學本質能力指標 3-3-0-1：能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的

情境：學生在進行「點頭雞」玩具的探究活動時，發現放在奧力多瓶子上黏在硬幣上的紙雞會點頭，師生隨後共同探究其原理。

T：這個瓶子上的雞為什麼會跳？就是剛剛講的我們手的溫度，搓一搓手的溫度變熱，他說熱啊～傳到哪裡去？

S_s：瓶子。

T：然後瓶子再傳到那裡去？

S_s：瓶子裡面的空氣。

T：我們的熱，使得裡面的氣體怎麼樣？

S_s：膨脹。

S_s：爆滿衝出去。

(接下來，學生再觀察放入冰庫中的寶特瓶，其瓶身的變化情形)

S_s：啊！縮起來了！

S_s：縮小了！

T：縮小了，什麼東西縮小？瓶子縮小，那瓶子裡面有什麼東西？

S_s：空氣。

T：...這是物質的一個什麼特性？

S_s：熱漲冷縮。(教室觀察)

由以上的教學活動可知學生能就單元活動設計的內容作科學探究活動(符合行為表徵 1)、以及能就探究活動中獲得相關的科學知識(符合行為表徵 2)。

情境：教學活動後，讓學生寫完科學本質實作問卷後，研究者針對科學探究本質的「實徵性」面向之題目「這次活動後，你認為科學知識需不需要經過實驗？為什麼？」，進一步與學生晤談，學生的反應如下：

T：你認為~我們科學知識是怎麼產生的？

S₇：一些人的實驗研究。

S₁：經過親自實驗，還有集合很多人的想法。

S₁₂：還有驗證。

S₅：就是每個人都有很多不同的疑問…他們就想找出問題的答案。

S₂₀：綜合起來最最明顯的答案。

S₁₈：科學知識要經過考驗。

S₁₇：就是~有一些自然現象啊，以前的人都會有他自己的觀點，可是其實不是正確的，然後過來因為科學家有實證的態度，所以去查明正確的答案，了解真相，才會有明確的答案，就是我們的科學知識。

T：喔~這明確的答案，你說怎麼查啊？

S₁₇：就是科學家他們實驗，驗證出來的。

S₂₂：科學知識是要經過考驗的，因為如果沒有經過大家用不同的方式實驗的話，就是說只有一個人實驗嘛！然後也許他的實驗中可能粗心或是做錯哪些步驟，然後答案就變的不一定一樣。…就不一定正確啊~所以就這樣。(晤談)

綜觀學童的問卷與晤談資料，大部份的同學都認為科學知識是而需要經過考驗才能來證實，也才會有更正確的科學知識。因為如果沒經過考驗，就不知這些知識是真的還是假的，那些沒經過考驗的科學知識，不能夠成為科學知識。由以上的資料可知學生能瞭解科學知識是經過重複驗證的考驗才能產生(符合行為表徵 3)。

(二)科學本質能力指標 3-3-0-5：察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異

情境：學生作完「點頭雞」實驗後，老師與學生討論影響實驗的因素有瓶溫、硬幣蓋在瓶子上時蓋得緊不緊、時間、水沾得夠不夠、手握得緊不緊等。學生了解這些他們可以控制的因素後，他們再重新做一次「點頭雞」實驗，並記錄雞點頭的次數，比較各組間的差異。

T：各位再想一想喔~你可以控制的因素都要控制好喔，等一下要做的比剛剛進步喔！瓶子來了就開始做啊~（冰凍的瓶子陸續來到）~數次數啊！

S_s：（學生做實驗並數雞點頭的次數）

T：最後一分鐘，還有 30 秒，好~停~時間到！（接下來老師請各組把雞點頭

的次數報出來，並把次數寫於黑板上)

T：比之前的是不是好多了，好～OK 請問各位啊～為什麼～我們剛剛講啊～自然科學的實驗有一個好處，有一個優點是什麼？條件都一樣，我做的出來你也做的出來對不對？還記得嗎？

S_s：記得。

T：條件都一樣，我做的出來你也做的出來，那我現在是不是都把實驗條件控制的一樣了？

S_s：對。

T：可是做出來有沒有一樣？

S_s：沒有。(教室觀察)

由以上的教學活動可知學生能依實驗的條件完成實驗，並有具體的成果(符合行為表徵 1)。並且學生能在相同的實驗情況下，由其他同學的實驗結果中，發現各結果的差異性(符合行為表徵 2)。

T：為什麼？

S_s：因為還有一些變化。

T：還有一些變化？

S_s：因為還有一些地方沒有控制好。

T：怎麼說？

S_s：手的熱度沒有辦法控制，所以實驗都一樣，還是有一些會誤差。

T：所以我們實驗的時候，就是存在著某些東西，沒有辦法控制的，影響我們實驗的結果，對不對？影響我們的實驗結果，說的很好喔～那當然啊～這些可以控制的控制不好的話，可不可以稱為一個好的科學家啊？

S：不可以。

T：好，所以我們得到一個結果對不對？手的熱度這個不能控制的因素會影響我們的實驗結果。(教室觀察)

由以上的教學活動可知學生能察覺即使實驗情況雖然相同，但可能有一些無法控制的因素，使得產生的結果可能有差異(符合行為表徵 3)。並且學生能發覺並提出影響實驗結果差異的可能因素(符合行為表徵 4)。

(三)科學本質能力指標 3-3-0-4：察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢

視舊理論」時，常可發現出新問題

情境：在「拉瓦節與燃素說」活動中，學生以角色扮演的方式演出拉瓦節當初破除「燃素說」的整個流程。研究者再以兩個議題與學生共同討論：「拉瓦節以什麼觀點來看待普利斯特列發現氧氣的過程？」「拉瓦節是如何破除燃素說的理論？」。研究者發現兒童可以瞭解此兩項議題，之後研究者再拋出以下的議題要學生討論後記在討論單上「你覺得一個理論可不可能永遠正確，為什麼？」。以下是學生的反應情形：

第一組：不可能，因為別人可能會發現別的答案，科學知識經過不同的證據觀點會隨著時代而改變，現代的儀器比以前精準，可能會做出不同的答案。

第二組：不可能，因為經過一段時間之後可能會有新理論，然後那個舊的理論可能就變成錯的。

第三組：不可能，因為可能以後的人會再改變，除非大家都認同。

第四組：不可能，每年代或每個世紀可能會有新觀念、新理論和新思想出現，再以這些去看以前的舊資料，可能會發現一些問題。

第五組：不可能，因為還有可能發明更先進的儀器來研究，推翻原先的理論。

第六組：不會，因為可能會有新觀念產生，然後再用實驗去驗證。(教室觀察)

由以上各組學生的反應情形可知學生能察覺科學知識是可以改變的(符合行為表徵 1)。

伍、結語

有鑑於科學本質能力指標的解讀有其爭議性，所以高慧蓮(2006)建議應針對科學本質能力指標提出一致性的解讀，以落實提昇學童對科學本質能力指標表現的教學。所以，本文旨在進行「九年一貫科學本質能力指標」解讀與詮釋，並列出能力指標的「行為表徵」，並且在實際的教學情境下來檢核、測試研究群所列出的能力指標行為表徵，是否真的可以在課堂上由學生之行為表現出來，據以修正能力指標的解讀與詮釋。根據實驗教學的結果發現，本研究所列出之行為表徵可以在課堂上由學生之行為表現出來，並且有助於國小科學教師在「自然與生活科技」領域教學過程中評量學生達成科學本質能力指標的程度。

致謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費，黃志賢老師、邱明富老師、吳仲謀老師、楊明達老師、陳俊強老師、林裕仁研究生等的參與研究與實驗教學；加上論文評審委員提供許多卓見與指正，均此致謝。

參考文獻

- 王靜如(2006)。傳達科學本質之理論與教學實例。出版社：秀威資訊。
- 林陳涌(2000)。九年一貫課程發展模式與內容。科學教育，231，35-39。
- 翁秀玉、段曉林(1997)。科學本質在科學教育上的啓示與作法。科學教育月刊，201，2-15。
- 高慧蓮(2004)。九年一貫課程「自然與生活科技」領域國小學童科學本質多元化評量工具之發展與個案研究(1/3)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（NSC 92-2511-S-153-016-）
- 高慧蓮(2006)。九年一貫課程提升學生科學本質能力指標表現可行教學模組之開發研究。科學教育學刊，14(4)，401-425。
- 教育部(1999)。國民教育九年一貫課程綱要(草案)。台北：教育部。
- 教育部(2003)。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。台北市：教育部。
- 教育部(2008)。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。97 課程網修訂，2011 年 6 月 24 日，取自：<http://teach.eje.edu.tw/9CC/index.php>。
- 郭月婷、高慧蓮、王靜如、林曉雯、蘇明洲(2009)。國小自然與生活科技領域習作評量分析研究。論文發表於第二十五屆中華民國科學教育學術研討會，國立師範師範大學。
- 陳筱雯(2003)。國小自然科教師科學本質學科教學知識之研究。屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 黃俊偉(2004)。國小五年級學生科學本質觀與科學家形象之研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 楊桂瓊(2009)。論證教學對國小學童的效益探討。國立中山大學教育研究所碩士論文。
- 蔡葉榮(2001)。健康與體育分段能力指標之內涵與轉化——以第三主題軸——運

- 動技能為例。國民教育，42(2)，37-42。
- 鄭淑妃、劉聖忠、段曉林(2005)。國小自然科教師科學本質觀與教學之個案研究。科學教育學刊，13(2)，169-190。
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (1998, April). *Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Project 2061: Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Birckhouse, N. W. (1990). Teachers beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Branford, J.D., & Donovan, S.M. (2005). *How students learn: History, mathematics, and science in the classroom*. Washington, DC: National Academies Press.
- Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary schools* (3rd ed.). New York: Maxwell Macmillan.
- Kao, H. L., Su, M. C., Lin, U. L., Chen, S. M., & Lu, C. C. (2008). *The construction and effectiveness of strategies for teaching the nature of science*. Paper presented at the XIII. IOSTE Symposium, The Use of Science and Technology Education for Peace and Sustainable Development, September 21-26, 2008, Kuşadası / Turkey. XIII.IOSTE Symposium Proceedings, pp. 765-771. ISBN: 978-605-5829-16-2.
- Lederman, N. G. (1995). *Translation and transformation of teachers' understanding of the nature of science into classroom practice*. (ERIC Document Reproduction Service No.ED382474).
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research in science education* (pp. 831-879). Englewood cliffs: NJ: Erlbaum Publishers.
- Lederman, N., O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of the tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74, 225-

239.

- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of nature of science in science education. In W. F. McComas (ed.). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, 3-39. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Morrison, J. A., Raab, F., Ingram, D. (2009). Factors influencing elementary and secondary teachers' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 384-403.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Ryan, A., Aikenhead, G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559-580.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G. (2002). "It's the nature of the beast": the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., Khishfe, R; Lederman, J. S; Matthews, L; Liu, S. Y. (2002). *Explicit/reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: impact on student learning*. (ERIC Document Reproduction Service No.ED465622).