

# 科學素養與課程統整

黃茂在\* 吳敏而\*\*

## 摘要

科學素養內涵因時代演替而變動，而自然科學課程目標隱含著當代科學社群對於自然科學教育的期待與價值，也反應科學社群關於科學素養內涵的詮釋。從歷史演替過程，可見自然科學課程不再只是培養科學精英或科學家，培養具科學素養的公民成為領域重要的目標。素養導向的課程，學習者不是為「知道」而獲取資訊，更重要的是為了「解決問題」找資訊。以情境促進學習者活用、善用學科領域知識成為教學設計之關鍵，這時我們會發現教學將跨越領域界線，亦即領域之間的連結是促進素養學習必要的途徑。本文藉由文獻與我國自然科學課程的歷史回顧，檢視自然科學素養內涵，再引述美國「共同核心」課程概念，論述語文教學如何連結自然科學的課程，以促進科學素養的培養。

**關鍵詞：**科學素養、課程統整、科學閱讀



## 壹、前言

12年國民基本教育總綱對素養（literacy）有如下的描述：

「為落實十二年國民基本教育課程的理念與目標，茲以『核心素養』做為課程發  
第1頁/共16頁

展之主軸，以裨益各教育階段間的聯貫以及各領域／科目間的統整。核心素養主要應用於國民小學、國民中學及高級中等學校的一般領域／科目……」（p.3）

「『核心素養』是指一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度。『核心素養』強調學習不宜以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活的結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展。」（教育部，2014：3）

以上描述指出核心素養為各領域課程規劃的核心主軸，隱含著各領域課程設計與實施，應該不再是各自獨立各司其職。由於人類智能表現是融合的表現，領域的劃分是為了課程教學實施而分工。如果課程設計是以學生的素養為核心，那麼校本課程應是一個總體課程概念，不是領域各自獨立。

本文分析自然科學素養內涵，說明科學素養與科學課程目標的關係，再引述美國共同核心（common core）課程概念，論述語文教學如何連結自然科學的課程，以促進科學素養的培養。

## 貳、科學素養定義與內涵

### 一、素養的定義是模糊的

科學素養是什麼？有沒有一個客觀具體存在的「科學素養」定義呢？

孫維新（2013）「認為科學素養的定義與內涵應該包含：具備思考和判斷科學現象的知識，具備辨別與解決生活中科學問題的能力，以及具備積極面對生活中的疑難並作出理性判斷和決定的態度。」曾志朗（2013）「科學素養是一種文化、更是生活態度，融入在這個社會的生活方式裡，我們藉由語言、文字和外界溝通，而語言、文字影響我們的思維及分析事物的方式。」

假如科學素養的內涵與文化和生活相關，它會隨著當代科學社群對於科學教育的目標的抉擇而改變，有些學者也因而提出質疑，科學素養的觀點是具有真實意義，抑或者只是空洞的標語（Bybee, 1997）？九年一貫自然領域課程綱要（2003）「素養蘊涵於內，即為知識、見解與觀念；表現於外，即為能力、技術與態度。」似乎也點出「科學素養」儘管科學社群認為重要，但是其內涵卻是模糊的。

當我們想要解析定義或羅列科學素養的內涵時，會發現那是不可能精準和完整的。除了「內涵」本身廣博，至少尚有兩個原因：

1、所謂「智能」或科學知識，只受限於人類的想像力，因為科學的內涵是由人開發出來的。「科學素養的內涵」依據教學者心中所秉持的價值觀、所著重的教學目標、所運用的教學方式，及該能力在當時社會所受到的評價等等而決定！

2、所謂「能力」的切分和「命名」也都是主觀的決定，沒有客觀的標準。事實上，不同項目的能力之間，常有相依或相互包含的情形，實在無法截然分割。例如說「創造力」的展現，其實需要先具備有一些基本知識、需要此人有自信並願意去承擔這個問題，需要此人有批判的能力、需要有催促的力量…。這種情形不僅發生在「創造力」，幾乎各項「能力」皆是如此（黃茂在、陳文典，2012）。

## 二、素養內涵的論述是有用的

儘管科學素養沒有客觀標準的定義，但是科學素養內涵的論述，著實帶給科學教育目標內容的演進與改革。探討科學素養內涵的過程，使我們進一步思考科學教育的目標和角色。Hurd（1958）首次提出科學素養（Science Literacy）的概念，認為科學教育不應只是少數菁英擁有的奢侈品，接續在哪個時代都有學者提出對於科學素養內涵的解析，例如：

Shen（1975）將科學素養分為三類：

1、實用的科學素養（practical scientific literacy）：擁有可用於解決實際問題的科學知識。

2、公民的科學素養（civic scientific literacy）：擁有的科學知識與理解，足以論述公共議題與政策制定論述。

3、文化的科學素養（cultural scientific literacy）：知道與欣賞科學是人類文化的重要成就。

Miller（1983）提出科學素養中三個向度的意涵：

1、了解科學方法與科學本質（norms and methods of science）

2、了解科學關鍵概念與科學用語（key scientific terms and concepts）

3、了解科學與科技對社會的影響（impact of science and technology on society）

Shamos（1995）將科學素養分為三種類型：

1、文化性科學素養（cultural scientific literacy）：擁有基本的科學語彙與概念，能夠讀懂科學相關新聞或媒體報導。

2、功能性科學素養（functional scientific literacy）：在文化性科學素養之基本閱讀能力以外，能掌握科學相關報導的重點並與人溝通互動，亦即具有讀寫及交流科學諮詢的能力。

3、真實性科學素養（true scientific literacy）：三類型中最高的素養層次，認知科學的重要理論與理論形成的過程，從問題、假設、探究驗證到結論之科學歷程。亦即能理解科學探究過程，以及體會科學本質。

鄭榮輝與林陳涌引述Dillon和Roberts的觀點，以兩種視野（vision）區分科學素養，視野一指科學內部本身，例如科學的定律、理論，以及科學假設與實驗等過程。視野二則指科學在外部的情境中其所扮演的角色，例如科學社會性議題的決策（鄭榮輝、林陳涌，2015；Dillon, 2009；Roberts, 2007）。視野二即是關注「公民科學素養」。Dillon在文中特別提出這兩種視野的背後哲學存在著對立性。

從不同時代的學者對科學素養內涵的解析，可以看出來在每個時代對於科學教育的目標，有著共同性，也存在差異性。此外，從早期重視科學知識概念及科學實驗研究方法，演替到重視科學思考，以及科學的態度和科學倫理。並且在這些科學素養的內涵描述中，我們可以發現科學教育目標朝向多元性發展，以及科學教育逐步對於公民科學素養的關注。

### 參、科學素養與科學教育目標

儘管科學素養的定義仍存在模糊與爭議，但是，科學素養的概念已對很多國家的自然科學課程標準或課程綱要產生實質的影響。自從2000年國際學生評量方案（Programme for International Student Assessment, PISA）開始實施以來，科學素養更成了參與國家比較學生成就的核心項目（Dillon, 2009），臺灣也不例外，十二年國民基本教育總綱即以核心素養作為整體課程發展主軸。

其實，我國自然科學課程的發展，一直是與國際科學素養發展接軌，也就是說上述對於科學素養內涵的演替，也能在我國的科學教育課程中發現其軌跡，下文描述我國國小自然科學課程發展脈絡。

#### 一、1975年自然科課程

「國民小學自然科學教育目標，在於指導兒童接近自然，了解其周圍的環境，增進科學知能與科學情趣，熟練科學方法，以養成具有科學素養的國民。為了達成上述目標，必須使兒童能夠：

- 1、主動探索自然現象及其周圍的事物，養成能隨時發現問題，探究問題，及自行解決問題的習慣以及正確的科學態度。
- 2、經由學習活動過程，了解有關物質、能量、與生物等的基本科學概念。
- 3、在學習活動過程中，獲得觀察、實驗等的科學方法，藉以啟發其獨立思考與創造發明的能力。
- 4、應用科學方法，科學概念，及科學態度於日常生活之中。」（教育部，1975：183）。

我國早期1960年的課程發展幾乎是美國的翻版，當國家從農業社會轉成工業社會，需要高科技的支援，在教育上的也是如此。臺灣省國民學校教師研習會自美國引進SAPA課程，這核心課程的精神就是科學家的學識與實驗研究方法，課程設計以科學家的實證方式來設計，此課程的引進帶動我國科學課程第一次的改革和新教材的研發與實驗，這套實驗課程的理念也轉移到1975年修訂的課程標準。科學素養一詞已經出現在這一個版本，課程目標，除了包含「生物世界」、「物質與能量」、「系統與相對性」以及「我們所在的地球」四個主軸的科學概念以外，還特別提出科學實驗過程技能：觀察、應用時空關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理、控制變因、解釋資料、形成假設、操作型定義、以及實驗等13項。

這套課程實施近20年，陸續有些修改與調整，不過實驗為基礎的課程理念一直維持著。然而科學家在實驗過程，是綜合運用各種技能與知識來解決其研究問題，亦即，過程技能的學習不能單獨分列實施，而是在問題解決的脈絡中培養，否則容易落入有動手操作，卻沒有動腦思考問題，當然也就無法整合運用技能與知識以解決問題。

## 二、1993年自然科課程

「國民小學自然教育目標，在於指導兒童接近自然，了解人與其周圍的環境和諧共存之重要，增進科學知能與科學情趣，熟練科學方法，以養成具有科學素養的國民。為了達成上述目標，必須使兒童能夠：

- 1、主動探究自然現象及其周圍的事物，養成隨時發現問題，探究問題，及自行解決問題的能力。
- 2、經由學習活動，了解有關物質、能量、地球環境與生物等的基本科學概念。
- 3、在學習活動中，獲得觀察、實驗等科學方法，藉以啟發其獨立思考與創造發明的能力。

4、應用科學方法、科學概念、科學態度於日常生活中事務之處理，並養成欣賞自然、愛護自然、保護環境的情操。」（教育部，1993：133）

與1975年課程標準比較，其科學課程目標並未有大的改變，僅加環境教育議題的關注。儘管課程目標內容沒有太大改變，但是「教學方法」的描述顯示，兩者對於科學素養的培養已有很大不同：

「自然科學的教學，以兒童的「做」為開始，並以兒童的「做」為終結。教材中每一科學概念的發展，應以兒童的科學活動為前導，期能在概念的發展中，訓練研究科學的方法，並培養兒童具有正確的科學態度。」（教育部，1975：193）

「自然科的學習是指兒童持有問題意識來探討自然，並透過解決問題的過程，擴大對自然的認識能力：包括科學概念、科學過程技能及科學態度（p.156）……為順利進行解決問題的活動，應注意問題的適切性。」（教育部，1993：156）

科學探討是心智活動動態與連續的過程，而科學素養的涵養也是一種持續精進歷程。從課程目標的內容，包含科學認知、實驗技能及科學態度，1993年課程基本上延續1975年的版本，但是對於科學素養的內涵敘述卻有很大不同；科學素養從擁有知識、技能與態度，轉變到需要能綜合運用以解決問題。而在科學運用上也有不同，1975年強調將「科學運用於個人生活中」，而1993年課程強調除了運用科學解決生活問題以外，了解人與其周圍的環境和諧共存之重要，已加入「欣賞自然愛護自然保護自然」的重要。

### 三、九年一貫自然領域課程

就科學素養影響國家課程綱要內容而言，九年一貫課程可以說是相當徹底的一次改變，自然科學課程也直接以科學素養對應總綱十大基本能力的目標，並將科技素養整合在課程中。

「自然與生活科技的學習，在於經由適當的教材內容與探究活動中，獲得科學與科技素養的增進。而科學與科技素養之增進，即等同於促進課程目標所揭示之「基本能力」的培養。」（教育部，2003）本次課程所揭示的國民科學與科技素養，依其屬性和層次來分項：

- 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：科學概念與技術的培養與訓練；
- 3、科學與技術本質：科學是可驗證的、技術是可操作的；
- 4、科技的發展：了解科學如何發現與技術如何發展的過程；
- 5、科學態度：處事求真求實、喜愛探究之科學精神與態度、感受科學之美與影響力；
- 6、思考智能：對事物能夠做推論與批判、解決問題等整合性的科學思維能力以及資訊統整能力；
- 7、科學應用：應用科學知識以及探究方法以處理問題的能力；
- 8、設計與製作：能夠運用個人與團體合作的創意來製作科技的產品。

與之前版本相較，有幾個重點：納入科技素養、將科學本質與思考智能獨立羅列。羅列「思考智能」基本上是延續1993年版本，強化問題解決能力的科學學習需要綜合性、整合性的學習方式，不是片段零碎的概念或技能的練習，而「思考智能」是串接知識、技能的重要方式，藉由思考智能更增加系統性的科學學習視野。

將「科學本質」納入科學教育課程目標，應屬臺灣科學課程一項重大的改變，這和PISA將科學本質納入科學素養評量項目中有相同意涵。亦即科學知識不再只是科學知識（knowledge of sciences），也包含關於科學的知識。（knowledge about sciences）。

這與Shamos（1995）所提出的「真實性科學素養」（true scientific literacy）具有類似的內涵。從這再次看出科學素養內涵的演進改變，隨之引領科學教育課程目標與學習內容的改革。

另外一項重大改變是，為呼應科學素養的教學，課綱文件把教材細目（學科科學概念內容）置放於附錄，取而代之的「科學與技術認知」內容。這樣的安排乃為揭示科學素養核心在於科學認知概念發展以及核心概念學習，不在於細碎的事實知識。這當然引起教科書以及教師極大的壓力，畢竟以大概念或素養方式編撰教科書是我國從來沒有的經驗。也讓九年一貫課程能力的教學目標，引發部分教育人士的質疑與爭議。

#### 四、2018年自然科課程<sup>[1]</sup>

「十二年國民教育自然科學領域核心素養的內涵包含：（一）提供學生探究學

習、問題解決的機會並養成相關知能的『探究能力』；（二）協助學生了解科學知識產生方式和養成應用科學思考與探究習慣的『科學的態度與本質』；（三）引導學生學習科學知識的『核心概念』。藉由此三大內涵的實踐，培育十二年國民教育全人發展目標中的自然科學素養。」（國家教育研究院，2015：3）

1、本次課程將科學素養內涵簡併為三項，包含探究能力、科學概念、科學的態度本質，主要是為讓教學設計或教科書編撰時，更從科學核心概念（core ideas）與科學探究切入，掌握核心目標與素養的學習，整體性與系統性的規劃學習進程和重點。

2、跨科概念及核心概念，強調科學素養的學習需要落實核心概念的課程，避免學生記憶很多的事實知識，卻無法活用。

3、以探究與實作作為本次課程核心素養重要的實踐方式。依此，國小階段以跨科概念整合知識系統，全面性配合實作探索與體驗，豐富學生的主體經驗。國中階段採分科為主、跨科為輔，藉由各科核心概念、跨科概念，以及1/3教學時數實施探究實作課程，整合認知、技能與態度，落實科學素養的學習。高中設定「自然科學探究與實作」四學分必修課程，提供整合國中小學學習經驗的機會，藉由解決個人生活中的問題、探討地方性或者國際性公共議題，活用自然科學知識與能力。對於傳播媒體報導訊息能做出判斷，對於社會國家公共議題能參與並有自己的主張，而這主張背後是有所本，那個「所本」就是公民科學素養。

#### 肆、科學素養的課程結構

科學素養內涵因時代演替變動，而自然科學課程目標隱含著當代科學社群對於自然科學教育的期待與價值，也反應學科社群關於科學素養內涵的詮釋。我國自然科學課程目標，從模仿一個科學家的研究歷程（科學知識、研究方法、處理問題的態度），經歷重視個人學習方式多元性（科學概念由學習者主動建構），到這次十二年國教的核心素養（公民的科學素養），每次轉變除呼應國際科學教育課程發展，也呼應自然科學素養內涵發展趨勢。

總綱「核心素養」是指一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度。自然科學課程如果延續這個理念，那麼自然科學課程目標僅止於Shen（1975）的「公民的科學素養」或是Shamos（1995）文化性科學素養，但是並未達到Shamos（1995）的「真實性科學素養（true scientific literacy）」以及Miller（1983）的了解科學方法與科學本質（norms and methods of science）。

呼應科學素養內涵發展，十二年國教自然科學課程綱要納入上述「真實性科學素養」以及「科學本質」內涵。但是，就如Dillon特別提出兩種素養視野，其背後哲學存在著對立（鄭榮輝、林陳涌，2015；Dillon, 2009；Roberts, 2007）。十二年國教自然科學領域課程目標，除了培育公民科學素養，也為升學、就業而做準備。如何兼顧科學內部素養（internal sciences）與科學外部素養（external sciences），將會是這次課程實踐的挑戰。如果科學素養是這個時代每位公民都該具備的智能之一，那麼科學教育目標，就需要朝多元化發展，平衡兩個科學素養的視野，尤其以往課程比較忽略的視野二：促進學生了解「科學是人類重要的文化成就之一，有能力對應現代社會之日常生活情境中遭遇的科學相關議題，同時也能對科學持正向的態度」（鄭榮輝、林陳涌，2015）。目前課綱的規劃以「必修課程」作為公民科學素養主要課程目標，以「選修課程」作為進階素養課程目標以呼應Shamos（1995）「真實性科學素養」，是否能兼顧兩個素養內涵的培養，值得後續課程實施加以關注。

再者，科學素養是一種連續與動態發展的過程，在課程規劃設計從國小、國中到高中層次上如何區隔，自然科學領域綱要，依循總綱規範以學習表現、學習內容在各學習階段的發展作為課程架構，那麼融合學習表現和學習內容的課程設計，是否對應科學素養的發展？這也是值得後續檢視與反思的議題。鄭榮輝與林陳涌（2015）引用Shamos（1995）以及Shen（1975）對於科學素養內涵的詮釋，提出科學素養課程設計的架構（如表1），可供後續課程發展設計參考。

表1 科學素養的結構

階層／ 類型	做科學（從事）	說科學（表述）	愛科學（評價）
文化的 cultural	知道有科學方法但不會用	知道一些科學知識但不是理解	完全相信科學是真理，仰賴科學解決一切問題
功能的 functional	會運用科學方法進行探究與解題	了解一些科學知識並與人溝通	區分科學與不科學，知道有些科學的限制

真實的 <i>true</i>	了解科學探究的本質：觀念/證據、發明/發現	了解科學知識的本質：理論/定律、實在論/工具論	了解科學是人類文化成果，科學事業的本質，會評價科學、科技與社會的關係
-----------------	-----------------------	-------------------------	------------------------------------

十二年國教的轉變，對於課程發展、教材教學設計以及師資、評量都是一大挑戰。總綱以「核心素養」做為課程發展之主軸，以裨益各教育階段間的聯貫以及各領域/科目間的統整。各領域課程須延續這個理念，揭示領域核心素養，並徹底討論領域核心素養之間的互動與互補。以下以自然科學核心素養與語文素養為例，簡單的論述領域間的合作與統整。

### 伍、科學素養在領域之間的統整

所謂「統整」課程，並非單指內容上的連結。九年一貫課程所談的統整是指基本能力的連結和統整，但是許多校本課程卻誤解為主題上的統整，以致常常設計了全校性或班級性的「大單元」，例如：以「生日」為主題，教師設計語文去寫賀卡和邀請卡，數學計算年齡和採購禮物的算術，自然科學提供汽球和空氣實驗等各種學習。不過，那只是拼湊並非結合，因為領域之間的學習，並沒有相互獲得互動和互補。

本節以科學「實作與探究」來探討核心素養的關聯，也許能夠澄清領域技能之間相輔相成的關係。語文和數學的工具性強，其他各領域或多或少都要使用語文和數學來支持學生的學習。從美國NGSS（Next Generation Science Standards）中的實作（practice）和ELA（English Language Arts, ELA）中的語文練習（practice）看得最清楚（NGSS Lead States, 2013）。圖1顯示美國共同核心（common core）裡的科學、數學和語文三領域之間，技能練習（practice）的互動關係（Michaels, 2015）。

Michaels將8項科學技能、8項數學技能和7項語文技能放入三圓組成的范氏圖，表示出數學的M3和M4跟科學素養有關，而語文的E3（統整所獲得的資訊，並依工作和目的做清楚的、有效的報告和回應）、E4（建構有用的論點，並批判別人的推論）和ESL（重視證據）能支援科學的學習。下文將從兩個向度讀寫和聽說，談語文能力與科學學習的連結。

#### 一、科學的讀和寫

語文學習的功能，不只是文學和古書的閱讀，還有透過閱讀學習（reading to

2016 年 02 月,第 5 期

learn），是自主學習的重要能力；語文學習的範疇，不只是寫作記敘文、說明文等等，還有計畫書、工作報告……。

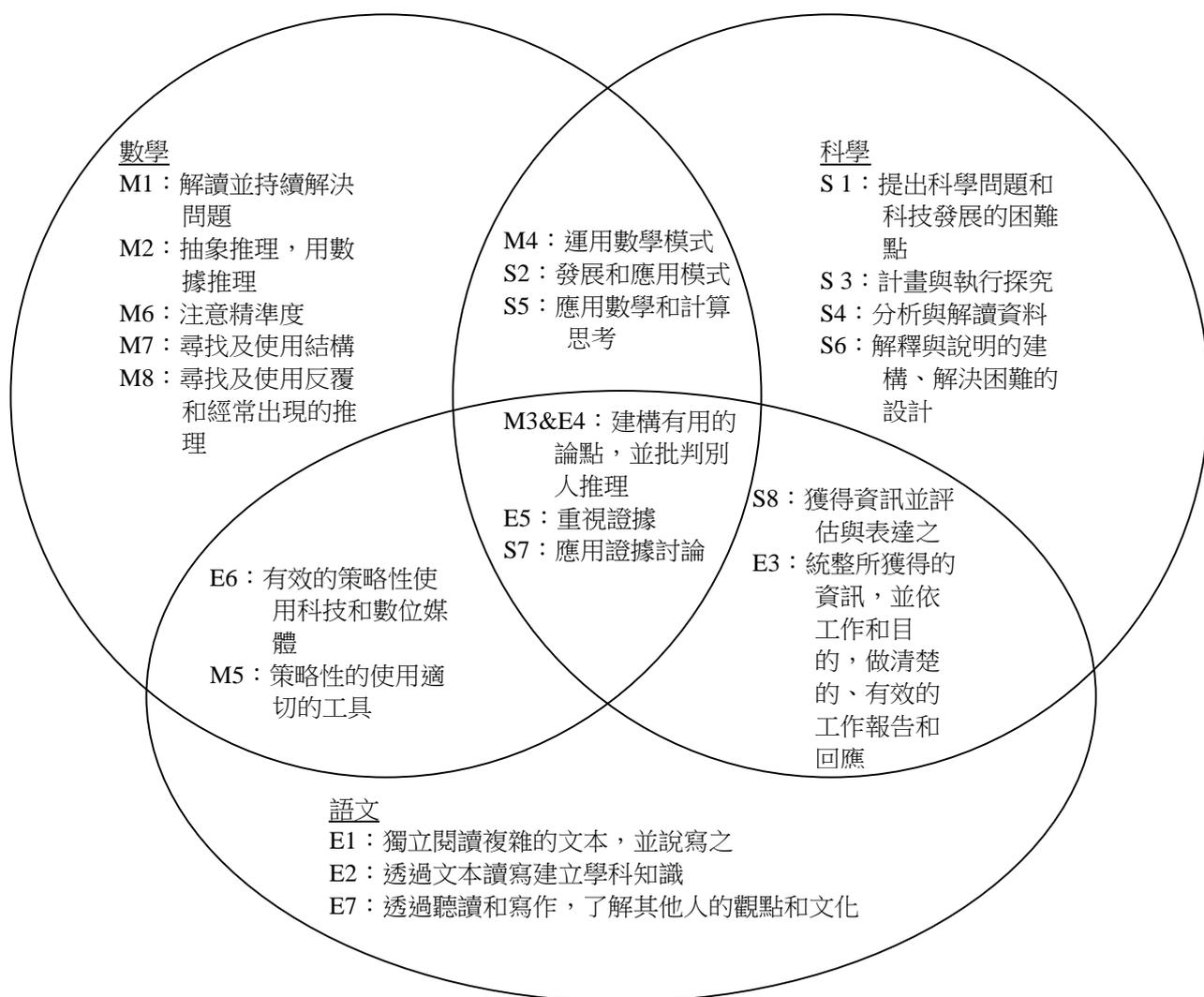
科學閱讀不限於科普閱讀；科普文章是寫給一般讀者，興趣性的休閒閱讀。學生需要從教科書和其他科學文本中學習，不能只靠教師說明和強記講義。因此，美國共同核心課程（common core）的科學實作，包括資訊性閱讀和資訊評估。並且美國中小學的教科書還包含大量的科學閱讀指導。相對而言，臺灣的自然科學教科書裡，小學階段的科學閱讀很少，中學階段的閱讀量雖然明顯增加，但是書寫形式是為提供學生知識來應付考試，缺少閱讀策略的說明和練習。科學閱讀的重點，以邏輯推理和知識應用為主，有別於文學的誇張特性。例如科學文本中的比喻，重點在運用比喻說明現象和道理，因而以明喻為主。圖 2 是小學科學閱讀策略指導的例子。

臺灣學生一向習慣回答選擇題，只有少數參加科展的學生需要撰寫專題報告，或是用文字表達個人的想法，甚至連寫簡單筆記的機會都不常練習。然而文字和圖表是表達和整理科學概念的重要工具，學生未必要一下子就寫出完整的論點，交出完美作業。但是，在學習的過程當中，教師必須鼓勵學生透過各種媒體表達想法和構思。Krajcik 和 Merritt（2012）指出討論科學模式（models）在科學實作的重要性：模式是思考的工具，幫助科學家和學習者想像和構思、找出現象的關係或意義，或者發展解說和解決方案。模式的樣貌相當多元，包括圖表、立體模型、電腦程式或數學公式以及類比和比喻。重要的是，既然模式在表達物質的關係，學生需要用較複雜的句子和語言來說明。

重視學生素養的科學教學，不但要注意多給予學生動手實作進行探究，也必須培養科學閱讀和書寫的習慣，而技能上的結合就在此互動過程。

2016 年 02 月,第 5 期

圖 1 三個學科領域的（實作）素養及互動關係



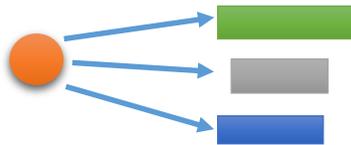
2016 年 02 月,第 5 期

圖 2 小學科學閱讀策略指導的例子

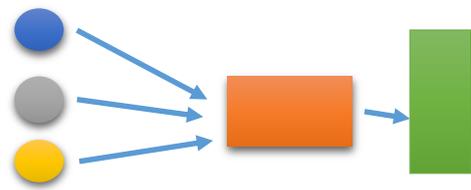
**怎樣讀出因果關係？**

科學家探究時，常常會想找出因果關係。  
 因就是事情發生的原因，果就是事情發生的結果。  
 有時候，單一項起因，能造成很多果。  
 有些結果，是由很多個原因造成的。  
 也有些結果，本身又是另一些結果的起因。

**一因多果**



**多因一果  
再一果**



最直接說出因果關係的句子，就是：  
 因為……，所以……。

另外一些句子，用各種語詞幫助讀者推論出因和果，例如：

- ……以致……
- 既然……就會
- ……為了……
- ……的後果……
- ……的方法……
- ……才會……
- ……是……的關係

接下來，閱讀本單元的文章時，試著找出因果關係的句子。  
 讀懂了因果關係的句子，會幫助你理解很多科學的道理。

## 二、科學的說和聽

圖 1 的中央有四個核心素養，每個都不離證據和討論，因為它們是每個學習領域都必須重視的。素養的描述雖然不直接提到說和聽，但是這些高層的論證和推論都必須透過語言來表達意義，意思是說：學生必須公開的向同學說出自己的想法和道理。各學習領域所傳授的認知和概念不一樣，但是每個領域都要求論點的表達和溝通，所以，以素養為基礎的課程必須培養思考和討論的能力。這是以素養為核心的課程中最重要轉變，代表著教室互動文化的大改革。

全世界各主要國家的教學模式，已經從教師講解說明為主的傳授，轉向以學生

探究和討論為主的模式，因為科技和知識的發展，以及文化的轉變太快速了，今日學生記住的知識，離開學校到職場時，知識已經不敷使用，唯一能穩住價值觀和協助學生應變的在技能練習和態度培養。探究教學的模式由此興起。

臺灣正流行「引導」與「提問」的教學互動模式，主要是由教師引出一個問題（initiation）再等待學生的回應（response）。通常，教師所求的回應是一個正確的答案，如果教師對回應不滿意，就會多問幾次，或多聽幾個學生的回應，到最後對學生們的回應做一個評估（evaluation）。這就是所謂IRE的互動模式。可以用來評估學生是否知道答案或記得考試要測的知識，由於這是一個非常不錯的師生互動，有些教師更誤以為IRE即是討論，以為學生踴躍發言即是熱烈的討論。

為何單看踴躍發言和正確答案卻不足夠？因為學生不只要獲得正確的答案，他還需要練習解釋自己的立場給意見不相同的人，需要比對自己的想法和別人的想法，需要謹慎思考各方面的證據，需要理性的依理路反駁或堅持，需要經過來來往往的交換意見後，理出交集達成共識。由於這種共識，必須依靠同儕互動來建立，因此十二年國教總綱提出自發和互動為養成素養的推動力。

在討論和提出論證的過程中，學生練習日後獨立學習時的思維過程以面對未來的社會和新知；他們也在練習如何從任何人獲得新的認知，學會溝通與合作，學會領導與服務。

### 三、領域間的互助與互補

從上述論述得知，以素養為核心的課程，並不是把授課學分數重新分配，也不是增減科目與內容，而是教學文化的大改革。就自然科學來說，教科書的編寫將有可能增加閱讀的、探究指導的篇幅，而教學設計將加重實作、書寫和討論的成分，同時減輕正確答案的IRE操作。

語文教學則需挑戰功能性的改革，不能只教課文的聽說讀寫，更要注意到培養學生深度的高層次的思維及討論技能，以作為整個課程推動的主力。

這些挑戰並非辦理一些研習說明或跟書商洽談即能收到成果，教育的改革若要成就每一個孩子，就必須認真投入人力物力的資源，做好領域間的合作與長期規劃，持續的與教師、學校和行政機關合作，以研發出符合學生運用的教材型式，適切的教學模式，與學習目標相符的評量系統，來支持教育改革。

參考文獻

- 教育部（1975）。國民小學課程標準。臺北市：教育部。
- 教育部（1993）。國民小學課程標準。臺北市：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。  
臺北市：教育部。
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北市：教育部。
- 鄭榮輝、林陳涌（2015）。科學素養與科學本質。載於鄭榮輝與林陳涌（主編），*科學實作教學理論與實務*（1-29頁）。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。
- 黃茂在、陳文典（2012）。科學素養的內涵。*教師天地*，178，11-16。
- 靳知勤（2007）。科學教育應如何提升學生的科學素養—台灣學術精英的看法。*科學教育學刊*，15（6），627-646。
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*.  
Portsmouth, NH: Heinmann Publishing.
- Dillon, J.(2009) On Scientific Literacy and Curriculum Reform. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 201-213
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(1), 13-16, 52.
- Krajcik, J., & Merritt, J. (2012). Engaging students in scientific practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom. *NTSA journals*, March.
- Michaels, S. (2015). *The source web seminar: Connections between practices in NGSS, Common Core math and Common Core ELA*. Retrieved from <https://youtu.be/3nbvKicxK9Q>.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29-48.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states.*

Washington, DC: National Academies Press.

Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In S.K. Abell & N.G.

Lederman, (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780).

Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Shamos, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers

University Press.

Shen, B. S. P. (1975). Scientific literacy and the public understanding of science. In S. B. Day (Ed.),

*Communication of scientific information* (pp. 44–52). Basel: Karger.

參考文獻（擇要選列，完整書目請洽作者）

---

[1]本課程預計2018年實施，本文引述內容是2015年國教院辦理自然科學領域課程綱要公聽會版本。

---

\* 黃茂在，國家教育研究院課程及教學研究中心副研究員（通訊作者）

\*\* 吳敏而，國家教育研究院研究員

電子郵件：[nature170@gmail.com](mailto:nature170@gmail.com)（通訊作者）；[rozwu.rw@gmail.com](mailto:rozwu.rw@gmail.com)