

## 科學素養 學習科學的新態度

未來公民應該具備科學素養，才能適應快速變化的社會，並具有國際競爭力。台灣的科學教學現場應該如何改變，才能教出具有科學素養的未來公民？

撰文／李名揚

孩子具備銜接世界的的能力，才能真正挑戰未來。現代公民需要什麼樣的素養？特別是二十年後的公民需要具備什麼核心能力？

今年《科學人》雜誌團隊開啟這一系列講座，期以行動引發更多的共鳴和行動。特別邀請到李世光教授、李國偉教授、曾志朗院士、孫維新館長、徐明達教授(依姓名筆劃排序)，以不同面向探討科學素養這個重要議題，了解科學素養如何養成，以及進一步認知科學素養的價值和重要性。座談會活動免費報名，歡迎關心教育的教師、家長和學生一起參加。

### 【2012 公民素養大未來—科學素養，創新的原動力】

活動時間：2012/12/16 (日) 14:00-17:00

活動地點：福華國際文教會館 1F 前瞻廳 (台北市新生南路三段 30 號)！

更多資訊請上[活動官網](#)。

位於新北市的豫章工商是教育部評選為「優質化高職」的學校，但是說起學生的基本科學程度，卻讓該校物理老師吳東明直搖頭。每次他播放介紹簡單科學知識的影片「怪頭博士」(Beakman's World)，大家都看得興味盎然，但是當他想接著介紹其中的科學原理時，大多數同學卻一臉茫然。

類似的場景也發生在宜蘭縣復興國中。今年剛退休的理化老師方琮民指出，有些學生在實驗課堂上可以動手做得很高興，但是習題、考卷卻答不出來，因為他們的科學基礎沒打好，也缺乏推理、演繹、計算的能力。

屏北高中幾位老師指出，國、高中數學和科學課程（尤其是物理）缺乏基本觀念的釐清，有些抽象規則並非人人都可以想通，應該只教最基礎的原理與原則，並且要澈底講清楚。北一女中物理老師簡麗賢也認為中學教育應該強調概念就好，若教了太多複雜的計算，會讓學生產生「科學就是計算」的錯誤印象，不但無助於培養學生的演算能力，反而使他們對科學卻步。

除此之外，現在的國、高中數學和科學課程教了太多過於專業的知識，對於生活中所需要的常識反而不足，例如很多學生熟記番薯與馬鈴薯生物學上的特性，卻無法

從外觀來辨別，考試能答題，上市場卻會買錯菜。課本知識和生活經驗無法產生連結，是導致學生缺乏學習興趣與動力的原因之一。台中市光正國中數學老師陳美伶舉例指出，國一數學所教的因倍數，對大多數學生只有考試解題的意義，但如果老師在教學時能將因數和生活做連結，例如當眾人分食一盒糖果時，因數就可以派上用場，這種活潑的教學方式不僅能吸引學生的興趣，也能讓學生了解數學和生活其實是息息相關的。

### 偏差的課程與升學考試制度

在這些中學老師眼中，台灣的國、高中生沒有學好基本的科學概念，也不知道學習科學對自己的將來有何用處，卻被硬塞了太多很可能用不到的知識、做了太多複雜的計算題。究其根源，問題出在於課程設計與升學考試制度。

以普通高中的數學和科學課程為例，台灣師範大學生命科學系名譽教授鄭湧涇指出，高中教育偏重高深的知識，重要原因之一是根據教育部的規定，高一、高二的課程目標是培養國民基本能力，高三則是為升大學做準備；然而大學指定科目考試偶爾考到艱深的知識或複雜的計算，使得高三數學、科學課程隨之提高難度與份量，原本應培養基本能力的高一、高二課程為了和高三銜接，也跟著變得又多又難。

國內科學教育也一直有個迷思，就是只強調科學知識，卻忘了科學除了知識以外，還有思考和探究。只重視知識層面，加上內容太多又太難，造成學生無法理解，只能硬記，大多數文組學生上大學之後，很快就將這些科學知識拋諸腦後；而理組學生則面臨僅有片段知識、缺乏科學脈絡的理解和概念整合的困境。台師大生命科學系教授林陳涌舉例指出，國中生物課程包含「演化論」，但為數不少的非生命科學系大學生都講「進化論」，足見學的時候並沒有真正弄懂。鄭湧涇以他自己教大一普通生物學的經驗為例：有些明星高中畢業的學生表示上課的內容在高中都學過了，但期末被當的也是這些人，因為這些學生學了零星的知識便足以應付升學考試的選擇題，但無法回答他所出的申論題。

除了課程設計，更糟糕的是長期以來升學考試也只測驗知識的程度，造成老師的教學目標完全扭曲。多年來負責培訓台灣參賽國際物理奧林匹亞競賽選手的台師大物理系退休教授林明瑞指出，「最簡單有效」的教學方法，就是老師直接教一個定律、定理，然後讓學生開始做習題，這種教法可在短時間內傳授科學知識，卻無法教導學生真正學會科學。

### 國際評量揭露的台灣問題

台灣學生在國際數理競賽的表現一向很傑出，各項奧林匹亞競賽都是獎牌的常客，甚至物理還多次榮獲世界第一。但除了這批經過挑選、特別培訓的資優生之外，大多數的中學生表現如何？現有的教育方式造成了哪些問題？

從台灣學生參加「國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment, PISA)的結果，可以看出一些端倪。PISA 是由經濟合作與發展組織(OECD)發展出來，針對閱讀、數學、科學三個領域的素養進行分析，從 2000 年開始，每三年針對參與國家中即將完成或剛完成基礎教育的 15 歲學生進行評量，評量的重點不在他們對知識本身的嫻熟程度，而是透過包含生活情境的試題，來了解他們在學校所習得的知識和技能，能否因應未來世界的變化、能否解決將來生活上可能遭遇的問題。後來 PISA 的評量結果逐漸成為各國朝向科技化、現代化發展時，制定教育政策、進行教育改革，甚至分配資源的參考指標。

參加 PISA 的國家，從 2000 年的 32 國增加到 2012 年的 64 國，顯見其評量意義逐漸受到國際重視。台灣學生參加了 2006~2012 年三次評量，在科學素養方面，2006 年的平均分數是 532 分，為世界第四，落後於芬蘭、香港與加拿大；2009 年分數降低為 520 分，名次則下跌到第 12 名，芬蘭、香港仍居前，首次參加的上海則躍居第一名；數學素養方面，台灣 2006 年排名第一，平均分數為 549 分，2009 年平均分數為 543 分，排名掉到第五，落在上海、新加坡、香港、韓國之後。2012 年的成績尚未公佈。

2006 年評量的主要領域為科學(詳見左上〈看看 PISA 怎麼定義科學素養?〉)。根據這一次評比的細部分析，台灣學生解釋科學現象的能力在全世界排名第三，但科學舉證能力卻排名第八，形成科學議題的能力更只有第 17 名。此外，台灣學生的科學知識雖強，然而關乎科學本質的探究與解釋能力卻有一段落差，而鄰近台灣的香港、韓國和日本學生在這方面的差距則不大。在面對科學的態度方面，台灣學生的學習興趣約略與國際平均相當，然而對學習科學有自信的比例卻遠低於國際平均。

接受 PISA 評量的學生主要是國三和高一，根據學者詳細檢視台灣和德國學生的表現發現，台灣國三學生的表現優於德國，但高一卻嚴重落後，這顯示在國三至高一這一年間，德國學生持續進步，台灣學生卻在經歷過升高中的考試後，學習就停滯下來。

從 2006 年的世界排名第四下降到 2009 年的第 12 名，原因主要是許多參與國都針對 PISA 的評量結果中所顯現自己國家的教學缺失進行改革。而從台灣參加 PISA 評量的結果分析則可發現，台灣的中學科學教育所面臨的主要問題包括：過於偏重知識、升學至上的教育方式造成學生為考試而念書、缺乏形成科學議題及科學舉證

的能力、探究與解釋科學的能力弱化、對科學課程的自信心不足等。這讓許多關心教育的人士憂心忡忡。

中央研究院院士曾志朗表示，數位化為教育和科學研究帶來了巨大的改變，也加快了改變的速度；而人類文明的進展除了個人對知識的好奇心和興趣，往往是為了解決問題以因應世界的變化。目前國際上大多數國家都同意美國正在推行的「科學、科技、工程、數學」( science, technology, engineering, mathematics, STEM ) 教育計畫，以及 PISA 所評量的項目（閱讀、科學、數學），確實是學生應付未來世界的核心能力，也確實可以預測一個國家完成科技化的可能性，包括中國、美國、英國、新加坡、香港、澳洲、紐西蘭等，都據此訂定素養指標，並設計新的課程，希望能提升國家的競爭力，只是各國根據自己的文化與國情，在重點和內容上稍有差異。在科學方面，台灣學生背誦的知識很好，基礎能力很強，但缺乏將不同領域的學問連結，或是把熟記的知識應用出來的能力，必須做一些改變，好讓我們的學生能夠適應未來的世界。

### 由知識取向轉為素養導向

教育部今年 5 月成立了「提升國民素養專案計畫辦公室」，由曾志朗出任召集人，提出由知識取向轉為素養導向，希望能導正台灣中學教育的大方向；經過諮詢委員會的討論，暫定分為語文、數學、科學、資訊、教養五組，以及明年度即將成立的師培小組。中央大學學習與教學研究所教授柯華葳是副召集人，她解釋現在之所以要加強培養孩子的素養，不是因為台灣學生的素養不好，而是未雨綢繆，畢竟整個世界都在快速變化，台灣一定要跟著這種趨勢一起往前。

國立自然科學博物館館長孫維新認為，科學素養就是邏輯思考的生活態度。他經常拿「立蛋」做為上課和演講的開場：許多民眾相信只有端午節中午才能立蛋，甚至有大學教授猜想立蛋跟端午節那天地球、月球、太陽的位置有關；其實根據邏輯推理就知道隨時都可立蛋，只是「大家只在端午節中午立蛋！」形成一種人云亦云的民間傳說。

信任科學也是科學素養的一環，不信任科學的結果往往是盲從或迷信。中央研究院數學所研究員李國偉表示，台灣社會有許多人對於未可知或突發的事情缺乏整體認識，只好訴諸迷信。如果有了科學素養，就不會自己嚇自己，可以處之泰然。他提到「2012 年 12 月 21 日是世界末日」，其實只要有一點科學素養，就可以判斷這種預言其實不值得大驚小怪。不過科學素養也不是否定所有事情，例如買彩券時可以特別偏愛某一個號碼，不必刻意否定這號碼給自己心理上的滿足，但應知道「中獎與否有其數學根據」。孫維新也強調「科學必須講求實證」，他規劃以 921 地震教育園區內的高壓電塔做為教育展示的道具，在園區各處佈置磁力計，讓民眾實際看到電塔周邊的磁場變化，「若能親眼看到磁力計顯示的偵測數字，遠低於政府所制訂

的管制規範，應可判斷、相信自己是安全的，當然也就不會輕信謠言！」

科學素養還包括「能把所學所知表現出來，並能參與日常生活科學議題的討論」，例如討論基地台的優點和缺點時，台師大數學系教授林福來認為，有科學素養的人應能根據科學資料與證據，建立自己的主張、論點，形成見解，也就是講話要「有所本」。鄭湧涇也說，應讓學生從小學習在回答問題、提出論述時，一定要有證據，就會成為基本的素養，最後表現在生活上。

自我學習也很重要，林陳涌舉了一個例子：他和太太今年暑假到美國華盛頓特區探望一位 80 多歲的長輩，這位長輩為了接待他們，自己上網下載華盛頓特區的地圖，然後開車載他們到處逛，「如果這叫資訊素養，台灣的老人甚至許多年輕人可以做得到嗎？」林福來也表示，學過的知識或許會忘，但在需要用到的時候，可以自己重新學習，然後用來解決問題，就是有科學素養，因此必須學會「學習的方法」，這是所有現代公民必備的能力。

### **如何培養科學素養**

然而這些科學素養要如何培養？首先是確立有哪些基本知識是所有現代公民都應該知道、屬於科學素養的一部份。台北市東山高中的幾位自然科學教師都認為，中學生學習的科學知識應該要能應付日常生活所需，特別是要能避免傷害，例如化學應熟知基本用品的成份，並知道與不同物品混合的結果，物理應明白用電安全、電磁爐和微波爐的原理，地球科學要知道颱風、地震等天災的成因與因應之道，並對全球暖化有一定了解，生物學則應了解生物體構造與生理的基本原理、食物鏈、生態循環、過度捕殺造成生態系不平衡的後果等。如此一來，將來到了職場上才不容易給自己或別人造成危險，也會正確使用科技產品，而且有能力閱讀科學議題的新聞，並能和別人討論，不會以訛傳訛，也不被無根據的言論或商業廣告所迷惑。

鄭湧涇和林陳涌則嘗試透過大幅修訂高二生物課綱，納入屬於科學素養的基礎知識，並加強科學素養的訓練：他們於高二基礎生物（2）課綱中納入生物科學與農業、生物科學與食品、生物科學與醫藥、生物科學與環境等課程，增加了倫理、法律、社會相關的議題如試管嬰兒、基因改造食品等，希望學生自己找資料，並藉由討論，建立自己的價值體系。若要培養公民，這些應用生物的議題正是培養科學素養的好材料，「尤其對於未來很可能不再學習自然科學的社會組學生特別重要！」林陳涌如此表示。

要培養科學素養，林明瑞認為，應讓學生學會「學習科學的方法」，即透過學習科學史，知道前人如何發現問題，進而推導出定律、定理來解決問題；若對自己學到的知識有所懷疑，要能自己找方法驗證其對錯，這些都應融入國、高中的科學教育。

其實，培養科學素養與強化自我學習能力，有一個非常重要且基礎的方法：閱讀，這從 PISA 的評量項目以閱讀素養為首即可看出。柯華葳解釋，閱讀的主體是文字，與數學一樣都是符號，是獲取知識、資訊的關鍵工具，經由閱讀適合的科學文章，可以讓學生循著文字，從中理解科學的思考方式，並提出支持的證據，而如果能夠舉一反三、加以應用，便是建立了自我學習的能力。

### 從改變老師著手

要進行這些課程改革，家長和老師的觀念都必須轉換，家長要知道「孩子在學校該學些什麼，才對人生最有幫助」，老師也必須大規模調訓，以提升、改變科學教學的能力。台灣社會其實有不少好老師，有自己的一套方式來引起學生學習科學的興趣與意願（見 [〈科學可以這樣教〉](#)）；但也確實有很多老師受限於「考試領導教學」的現況，只顧著傳授「升學考試會考的知識」……

孩子具備銜接世界的能力，才能真正挑戰未來。現代公民需要什麼樣的素養？特別是二十年後的公民需要具備什麼核心能力？

今年《科學人》雜誌團隊開啟這一系列講座，期以行動引發更多的共鳴和行動。特別邀請到李世光教授、李國偉教授、曾志朗院士、孫維新館長、徐明達教授(依姓名筆劃排序)，以不同面向探討科學素養這個重要議題，了解科學素養如何養成，以及進一步認知科學素養的價值和重要性。座談會活動免費報名，歡迎關心教育的教師、家長和學生一起參加。

### 【2012 公民素養大未來—科學素養，創新的原動力】

活動時間：2012/12/16 (日) 14:00-17:00

活動地點：福華國際文教會館 1F 前瞻廳（台北市新生南路三段 30 號）！

更多資訊請上 [活動官網](#)。

### 科學可以這樣教：數學

#### 融入生活，建立自信

陳美伶

台中市光正國中數學老師

2005 年講義 Power 教師獎

每年、每班、每位學生都不一樣，每個單元也不一定要選用相同的教材，且可用不一樣的教法。陳美伶非常重視因材施教，她的數學課要用什麼教材和方法，視班級

的整體程度而決定。她還會針對一些特別不容易理解的單元，將班上不同程度的學生分成兩組來教學，教 A 組時，就讓 B 組坐在後面寫作業或測驗卷，然後兩組交換。

陳美伶經常會舉例說明新教的數學會在什麼地方用到，例如幾何的相似形可用來計算影子長度或埃及金字塔高度，這樣可讓學生較有感覺，知道學數學是有用的。她還會選一些比較生活化的單元，讓學生進行分組討論；對於成績比較不好的學生，就選最簡單的題目讓他們在討論時發表，獲得成就感之後，他們就能建立信心，不再怕分享，如此一來，至少可讓這些學生不畏懼數學，而能學到基礎的概念。

陳美伶給每個學生訂的成績標準也不一樣，發考卷時會讓學生先自己研究錯的地方，然後要那些沒有達到標準的學生一個一個跟她討論錯誤的原因，等這些學生訂正之後，還要再說明一次給她聽，因為「一定要真的會了，才講得出來」。

程度真的很不好的學生，陳美伶會詢問他們願不願意放學後留下來接受補救教學，不願意的她也不勉強，但第二天會繼續追蹤這些學生的進度，如果還是不會，她就再問一次，一直到這些學生無法推拒為止。她認為一定要讓學生自己心甘情願，學習才有效果。

## 科學可以這樣教：物理與天文

### 趣味故事引發互動討論

孫維新

台灣大學物理系暨天文物理研究所教授

2004 年中央大學教學傑出獎

2010 年台灣大學教學傑出獎



從中央大學到台灣大學，孫維新的通識課「認識星空」一向一位難求，學生多到擠在走廊上聽課。「認識星空」課堂上的內容、圖片都很豐富，他喜歡講從觀星延伸出來的故事，例如歷史，或是如克卜勒以為行星位置與音樂有關，這樣可以引發學生的興趣。這堂課有很多非理工科的學生來修，他希望讓這些學生不懼怕科學，覺得「我其實可以弄懂科學，而且我還可以教別人！」如此即可建立成就感、信賴感及推廣性。

不同課程有不同做法，在物理系三學分選修課「普通天文學」的課堂上，前兩個小時他不講課本，因為「台大的學生自己看就行了！」他會針對某一主題，天馬行空講很多有趣的故事或知識，另外也將天文現象或天文新聞、新知夾在其中一起介紹。他會在教室裡走來走去，並隨時問問題，點名學生回答，以吸引學生的注意

力。

第三個小時才回到教科書，用內附的投影片很快把主題的科學知識講完。然後出作業，要學生做研究去找答案，例如「錢塘潮每年最大潮是 8 月 17、18 日，第一、為什麼不是 15 日？第二、為什麼是 8 月？」他認為這種情境題才能刺激學生認真思考。

孫維新還開設「大一新生專題討論」，以天文學家的故事為主題。他會先提供一些簡單資料給學生讀過，然後設計題目讓學生分組搶答，有七成認真題和三成搞笑題，例如「伽利略是什麼星座？」第二堂課開始真正討論這個人時，學生已經有一些背景知識，可以進行比較深入的討論。

後來這其中有 10 幾個學生希望孫維新繼續開課，他就建立「三一學堂」，希望學生戒除一朝成名、一夕致富、一步登天三大弊病。他選了 10 幾個不同領域的歷史人物，讓每位學生挑一個自己最不熟悉的，每次由兩位學生報告兩個對立的人物，例如巴頓和隆美爾，或德川家康和豐臣秀吉；報告完再討論，這次則由學生自己設計搶答題，也必須有認真題和搞笑題。

孫維新表示，研究天文學家、歷史人物並經過多次討論後，學生得到的結論是：為什麼這些聰明人老幹蠢事？他認為對台大學生而言，偉人是可以企及的，這些學生看到了許多偉人走過的錯誤路徑，可能影響往後幾十年他們在求學、工作的路上，會小心不要和這些人犯了相同的錯誤，是很重要的收穫。