

自然科學領域課綱談的科學素養究竟是什麼？

【測驗及評量研究中心助理研究員 蕭儒棠】

108 課綱敘述自然科學領域的基本理念時指出：「科學源起於人類對生活周圍的好奇或需要。人類觀察研究自然界各種現象與變化，巧妙地運用科學來解決問題、適應環境及改善生活，科學在文明演進過程中持續累積，而成為文化重要內涵。……一個有科學素養的公民，應具備科學的核心概念、探究能力及科學態度，並且能初步了解科學本質。」

讀完這段文字，許多人還是認為課綱所指的科學素養只是一個抽象的名詞，除了生活情境的應用，再無其他想法。科學素養究竟是什麼？我們可以從「科學家」這個名詞的誕生著手，先了解什麼是科學，接著再進一步認識何謂科學素養。

第一個故事：科學家的誕生

「科學家」並不是一個歷史悠久的名詞，它被發明至今還不到二百年。世人熟悉的哈維、波以耳、牛頓、道耳吞等學者，都沒有自認為或被稱為科學家，也沒有被認為是從事科學的研究工作。這些學者當時被稱為「自然哲學家」甚至就以「哲學家」稱之，從事的是「自然哲學」的研究工作。直到 1833 年 6 月 24 日召開的英國科學促進會第三次會議，正當會議主席 William Whewell (1794-1866) 演講即將結束之際，頭髮花白，已多年足不出戶的詩人 Samuel Taylor Coleridge 站了起來，他堅決地告訴所有與會者，不該再自稱「哲學家」了。Coleridge 認為，這些與會的成員或者在野外挖掘化石，或者在房間裡用電力設備做實驗，他們透過實作找尋自然世界運作的規律與機制，他們工作隨時可能會弄髒雙手，他們一點都不像坐在沙發上冥思苦想的哲學家。令人意外的是，於此同時，Whewell 却在臺上說道，他贊同 Coleridge 的想法，哲學家一詞的確不能準確描述所有的「科學之人」(men of science)。他建議仿照從事藝術 (art) 創作的 artist (藝術家) 一詞，以 scientist 一詞代表研究自然哲學的學者們。隨著 scientist 一詞逐漸被接受，science (科學) 也開始被廣泛採用，科學真正的從哲學獨立出來，成為一個有別於哲學研究的獨立學門。

由科學家一詞誕生的故事，我們知道科學家從事的科學工作，除了需要傳統哲學家擅長的「思考」，還必須結合現代科學特有的「實作」。透過這個故事，我們可以確定科學包含了思考與實作。那麼科學中的思考與實作究竟是什麼？我們可以看看第二個故事：物理學家費曼和父親的對話。

第二個故事：父與子的對話

費曼小時候和鄰居在公園玩。鄰居指著一隻鳥問費曼：「看到那隻鳥了嗎？那是什麼鳥？」費曼回答：「我不知道那是什麼鳥。」鄰居說：「那是棕頸畫眉。看來你爸爸什麼也沒教你！」

然而，費曼的父親真的沒有教過他？父子倆曾有一段對話：

父親：「看到那隻鳥了嗎？那是一隻會唱歌的鳥。……就算你弄清楚了牠在全世界的稱呼，你對牠仍一無所知。我們不如來看看這隻鳥在做什麼。」

父親：「你看，那鳥經常要啄啄自己的羽毛。看到了沒？牠一邊走來走去，一邊啄羽毛？」「你想想，牠為什麼要啄羽毛？」

費曼：「嗯，也許牠們飛行時把羽毛弄亂了，所以要整理一下。」

父親：「好，若是這樣，牠們剛飛翔落地之後應該會啄得勤些，而停留在地面一段時間後就不太會啄了，你聽懂我的意思嗎？」「我們來看看牠們剛落地時是不是啄得勤些！？」

透過父親一連串的提問，小費曼學到了觀察自然現象時，不只是認識幾個名詞。他學到了，當現象出現有趣或奇異的特殊之處時，可以先思考幾個可能的想法，接著再透過有計畫的觀察，得到解答或驗證自己的想法是否正確。

科學素養究竟是什麼？

總結前述的兩個故事，我們知道科學是一個解釋自然現象的過程。科學家在這個過程中，常會先針對某個現象提出可能的想法，接著透過觀察或實驗蒐集資料，並檢驗蒐集到的資料是否能支持自己的想法，最後再結合自己的想法與蒐集到的資料，試著解釋自然現象。在這個過程中，解釋自然現象所需的能力，指的就是自然科學領綱的「學習表現」，而對自然現象的解釋就是「學習內容」。簡言之，自然科學領綱所指的科學素養，就是培養能結合學習內容與學習表現的學生，讓他們學會觀察、蒐集或處理資料，甚至是設計實驗或提出有根據的結論等，以科學的方式描述對於自然現象的理解或批判。

如何評量科學素養？

如何以紙筆測驗評量學生的科學素養，始終是各界關心的議題。本文最後分別就設計或評估科學探究、科學地詮釋資料或數據，以及科學地解釋現象等面向，提供三個試題作為命題示例參考。第一題評量設計科學探究的能力，要求學生運用已知的科學知識與技能，於給定的情境及所提供的簡易步驟中，思考並排列適當的執行步驟，製備實驗所需的材料（應選 B）。第二題評量學生是否能科學地詮釋數據，要求學生比較、分類數據後，評估假說成立或結論得以形成的理由（應選 A）。第三題評量學

生是否能科學地解釋現象，要求學生在觀察科學現象後，運用科學知識與原理，形成適當的科學解釋（應選 A）。

試題一

在選購飲料時，對話中的「全糖」、「半糖」等，是一種飲料中含糖多寡的相對比例概念。但是科學上使用「濃度」來定量表示溶質存在於溶液中的情形。

濃度的表示方法有很多種，其中，「重量百分濃度 (%)」是指每 100 公克溶液中所含溶質的公克數，例如：100 公克的砂糖溶液中，含有 5 公克的砂糖與 95 公克的水，便稱此溶液的濃度為 5%。

現有器材及藥品：砂糖、水、電子秤一臺、玻璃棒一支、小燒杯 2 個（A、B）。配製砂糖溶液的操作包括以下五項：

1. 計算所需要溶質與溶劑的重量
2. 取小燒杯（B）量取 45 公克的水
3. 取小燒杯（A）量取 5 公克的砂糖
4. 將小燒杯（A）放在電子秤上，按下電子秤上的歸零鈕
5. 將小燒杯（B）放在電子秤上，按下電子秤上的歸零鈕

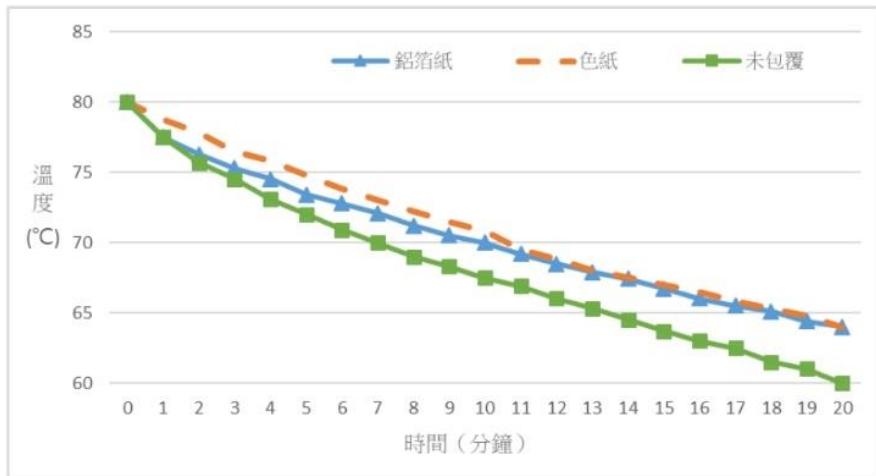
待上述五項操作完成之後，最後再將水倒入裝有砂糖的小燒杯，並以玻璃棒攪拌使之完全溶解，便完成砂糖溶液的配製。

關於上述五項步驟，下列何者為較適當的順序？

- (A) 15234
- (B) 14352
- (C) 52314
- (D) 31452

試題二

小傑完成鋁罐包覆不同材料的實驗後，得到 0 至 20 分鐘的水溫數據並繪製實驗結果如下圖。



小傑認為色紙的保溫效果比鋁箔紙好，可能的證據是什麼？

- (A) 10分鐘內，鋁箔紙降溫速度比色紙還要快
- (B) 第11至20分鐘內，鋁箔紙的降溫速度較慢
- (C) 20分鐘內，鋁箔紙與色紙溫度下降一樣多
- (D) 20分鐘內，未包覆的鋁罐降溫速度比較快

試題三

準備抽血時，有一個針頭插入阿雯手臂的血管，血液此時並未大量流出，但當醫檢人員將真空管接上針頭的另一端後，血液便自動地流入真空管。於是，醫檢人員鬆開綁住阿雯手臂的橡皮管，使血液順暢流動，以利血液的收集。



真空管示意圖

當真空管接上針頭的另一端，血液便自動地流入真空管的原因為何？

- (A) 血管內的壓力比真空管內的壓力大
- (B) 血管內的血液溫度較高

- (C) 血管內的血液為充氧血
- (D) 真空管內的靜電力大，能吸取血液

資料來源

蕭儒棠 (2020)。第四學習階段科學素養長期追蹤研究。國家教育研究院整合研究計畫案 (NAER-2019-041-A-1-1-E1-09)。新北市：國家教育研究院。計畫網址：<https://tpwli.naer.edu.tw>。連結網址：<https://rh.naer.edu.tw/handle/umqvh>