

科學本質小活動

高慧蓮

國立屏東教育大學自然科學教育學系教授

林裕仁

國立屏東教育大學數理教育研究所研究生

壹、前言

美國科學促進會(American Association for the Advancement of Science)指出學生持有當代科學本質觀是具備科學素養的要素之一。九年一貫課程也指出要在教學活動中培養學生八項「科學與技學素養」，其中也包含了「科學本質」。由此可知「科學本質」是科學素養中的重要內涵之一，國內外皆然。

學者指出科學本質內涵包含了科學哲學、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 (Abd-El-Khalick, Bell 與 Lederman, 1998)。在實際教學或教科書中，也發現科學本質的確很少被提及(McComas, Clough 與 Almazroa, 1998)。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，1997; Birckhouse, 1990; Lederman, 1995），即使是持有良好科學本質觀的教師，也往往難以具體描述如何培養學生科學本質觀(Wang, 2001)。

在科學教室中，如何以簡單的小活動落實培養學生的科學本質觀呢？Lederman 與Abd-El-Khalick（1998）提出數種培養學生科學本質的教學小活動，教師可以利用類似的小活動培養學生科學本質觀。這些活動包含不明確的情境，也結合了建構主義與明示討論，可引發學生對「科學如何形成？」有進一步的理解，而在活動中也有許多契機培養學生的科學本質觀。本文亦即主要參考Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）與科學本質教學之相關文章，整理出培養中小學學童科學本質觀之趣味活動，提供教師參考應用。

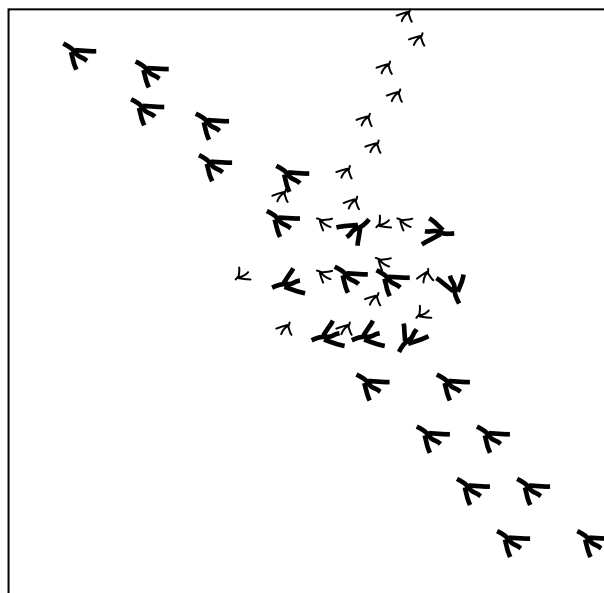
貳、科學本質小活動列舉

Lederman 與 Abd-El-Khalick (1998) 提出數種培養學生科學本質的教學小活動，分別為「雪地上的足跡、有洞的資料夾、視覺的錯覺、黑箱作業」等，每一個活動有其適合培養的科學本質，教師可依學生的能力、所需的材料，選擇最適合學生學習的活動，或自行設計類似的活動應用於課程之中。

一、雪地上的足跡（圖一）：

教師可在活動中以圖片或投影的方式呈現兩隻動物在雪地上相遇的足跡，一大一小，在相遇之處的足跡呈現混亂，最後只見大的足跡離開，小的則消失不見，藉此引起學生好奇與動機。此時向學生提問：「你們觀察到什麼？猜猜看這兩隻動物相遇之後發生了什麼事？為什麼這兩對足跡相遇之後會亂成一團？」學生觀察後發揮想像力，大膽的推理、猜測這兩隻動物發生了什麼事，為什麼最後只見大的足跡，小的怎麼不見了，是被吃掉還是飛走呢？教師肯定學生任何答案，並引起討論。在一番的討論與臆測後，教師引入科學家在觀察未知的事物時也會做推理、猜測，甚至需要想像力與創造力。

此活動所隱喻的科學本質為：1. 區辨觀察與推理。（觀察客觀的成分多，推理主觀的成分多）；2. 科學知識部分源於人類的想像、創造與推測，具有主觀性。；3. 科學知識是必須以證據為基礎（必須經過實驗驗證與觀察）。；4. 科學知識是會隨著證據的獲得而改變，具有暫時性。

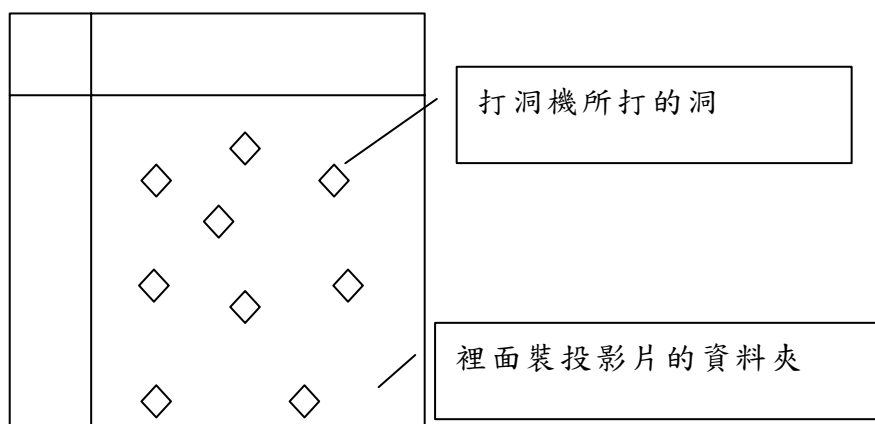


圖一：雪地上的足跡（本圖修改自 Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）經出版商 Springer 同意刊出）

二、有洞的資料夾（圖二）：

本活動適合分小組進行，每一小組發一個不透明的資料夾、數張色紙、頭影片。讓學生在資料夾中隨機打洞（可限制洞的數量），之後學生分組將色紙剪成某種圖案貼在投影片上，此投影片裝入打洞的資料夾，色紙剪成的圖案不能公開給別組知道。分組交換資料夾，讓學生從資料夾的洞中做觀察，並試圖畫出資料夾裡色紙的圖形。學生只能從小洞中觀察、推理、創造，進而畫出完整的圖形。

教師在活動後可以明示學生科學家的工作就是對未知的事物做觀察、蒐集資料、推理。而每一個洞就像是一份證據，尚有需多證據未被發現。年級較低的學生最後可以將資料夾裡的投影片抽出，比對答案。此活動可以學習的科學本質為：1. 科學知識部分源於人類的想像、創造與推測，具有主觀性。；2. 科學知識是必須以證據為基礎（必須經過實驗驗證與觀察）。；3. 科學知識是會隨著新證據的獲得（再多打一些洞）而改變，具有暫時性。



圖二：有洞的資料夾（本圖修改自Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）
經出版商Springer同意刊出）

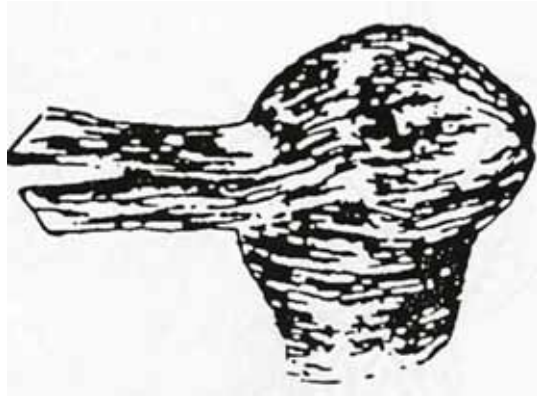
三、視覺的錯覺：

教師在活動中以圖片或投影的方式呈現模稜兩可的錯覺圖形（圖三），如果學生看不出來，可提供一些暗示，引起學生的好奇與動機。引起動機後可問學生「你看到了什麼？」、「還有沒有人有不同的觀點？」...等引起師生討論。之後教師明白指出這圖片不只一種看法，是模稜兩可的，並藉此引導學生理解科學家在觀察證據、解釋證據時也會遭遇到模稜兩可的情況，甚至受到先前經驗或主觀經驗的影響，是很難完全客觀的。例如科學家發現曖昧不明、模稜兩可的證據時，往往會以自己喜歡、自己認為的方式來解釋，其情況就似視覺錯覺圖形般，但當更多的證據被發現與確認時，例如，確定是兔子的耳朵不是鴨子的嘴巴；確定是少女的項鍊而不是老太婆的嘴時，科學家解釋資料時所存在的疑慮也就愈少了。所以證據在詮釋資料時扮演重要的角色。此活動可以向學生介紹的科學本質為：

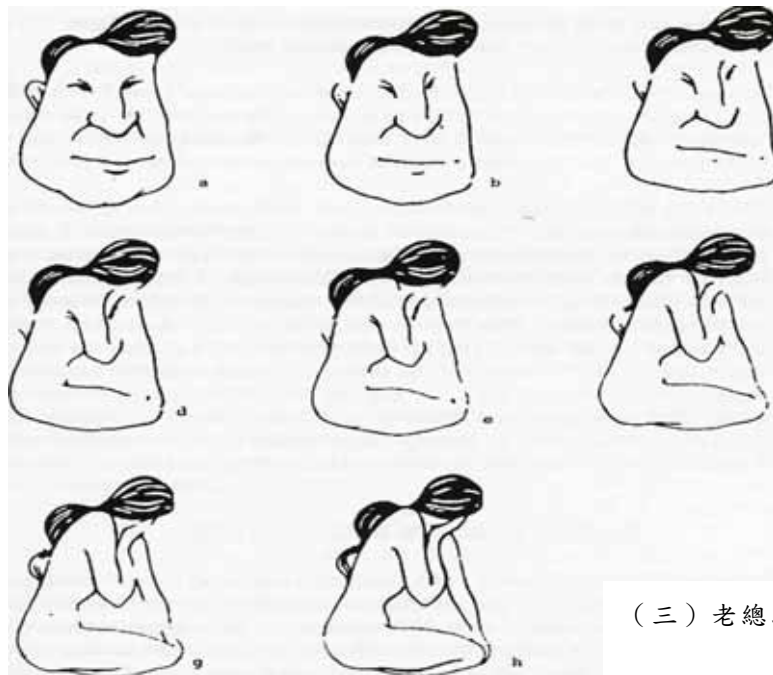
1. 科學知識具有創造、推理與主觀性；
2. 科學知識是會隨著證據的獲得而改變，具有暫時性...等。



(一) 少女或巫婆



(二) 兔子或鴨子



(三) 老總統或仕女

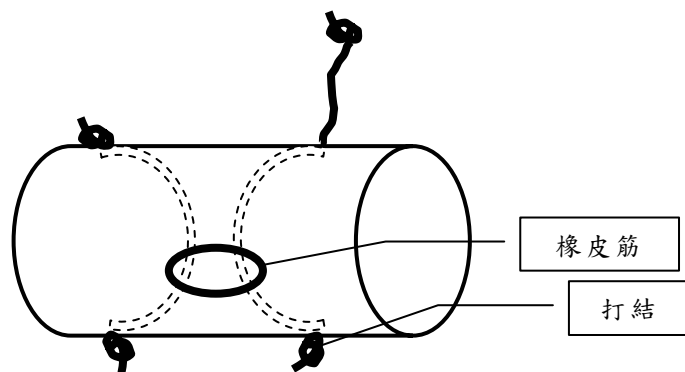
圖三：模擬兩可的圖形（以上三張圖修改自Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）
經出版商Springer同意刊出）

四、黑箱作業：

黑箱作業提供類似科學家遭遇到問題的情境，對學生而言，是既神秘且有趣的，學生觀察、操作這些神秘箱子的現象之後，必須設法推理、猜測箱子裡到底暗藏何種機關，之後再依學生所做的解釋來設計實驗並證實它。黑箱也提供學生練習操作科學過程技能的機會，如觀察、蒐集資料、推理、假設與驗證、建構理論等，在此學生可能學習到的科學本質為：1. 科學知識部分源於人類的想像、創造與推測，具有主觀性。2. 科學知識是必須以觀察、證據為基礎。3. 能由科學性的探究活動中，了解科學知識是經過考驗的（九年一貫課程自然與生活科技科學本質能力指標:3-3-0-1條文內容）。4. 科學知識是會隨著證據的獲得而改變，具有暫時性。5. 科學知識是由科學家觀察、推理、驗證以解釋觀察的現象。以下為黑箱例舉：

（一）神秘圓桶（圖四）

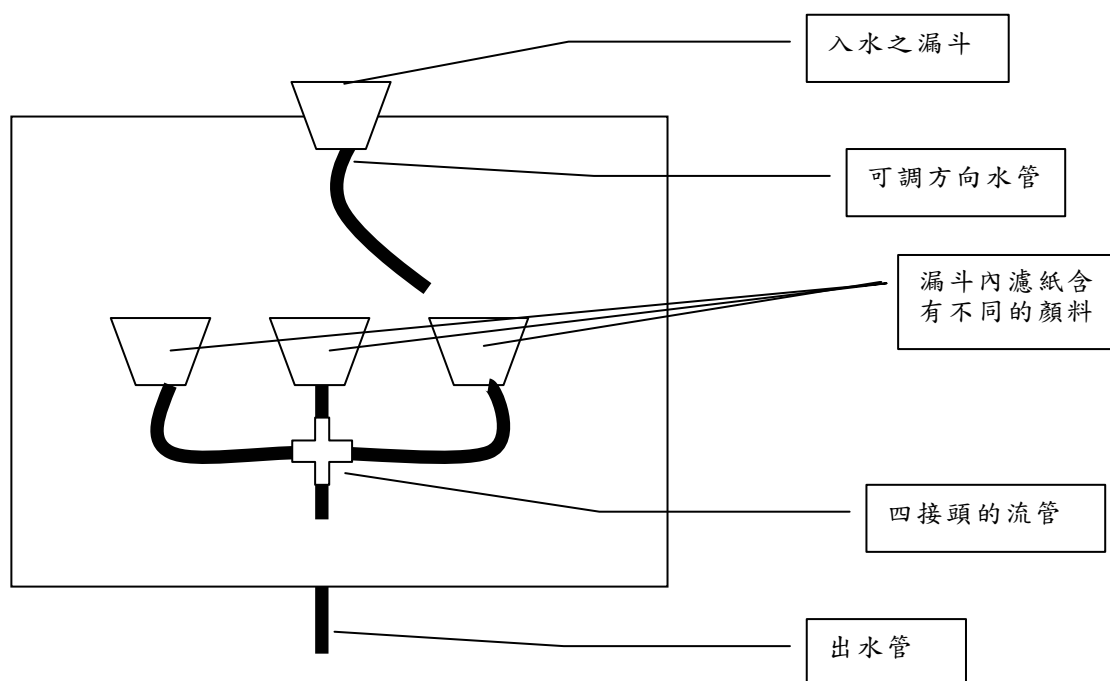
類似科學家遭遇到問題的情境，神秘圓桶對學生而言，是既神秘且有趣的，學生觀察、操作神秘圓桶的神奇現象之後，必須設法推理、猜測圓桶裡到底暗藏何種機關，之後再依學生所做的解釋來設計試驗。教師可以讓學生操作，發現不管拉那一條線，都會相互牽連。學生思考、假設、推理裡面的結構如何。適用年級，國小中低年級。材料：橡皮筋、雙蓋圓桶、細繩一長一短。



圖四：神秘圓桶（本圖修改自Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）經出版商Springer同意刊出）

（二）假設箱（圖五）

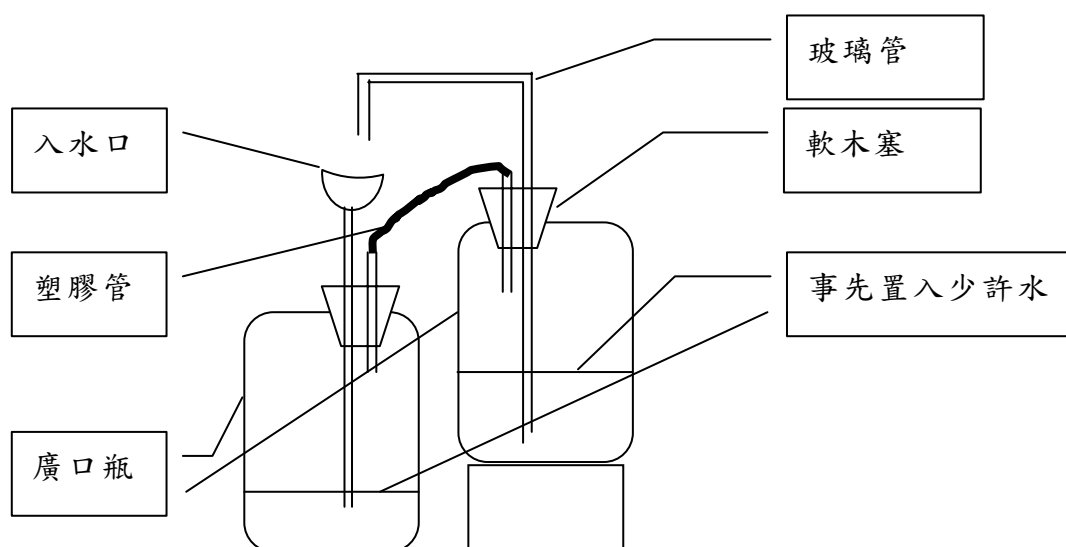
學生只可以看到上面的漏斗，教師調整漏斗，發現無色的水經過此箱子後，會流出有顏色的水，而且每調整一次，水的顏色就會改變，讓學生思考、假設、推理裡面的結構如何。材料：漏斗四個、水管、箱子等四接頭的流管。適用年級：國小中高年級至國中。



圖五：假設箱（本圖修改自Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）經出版商 Springer同意刊出）

（三）自動循環桶（圖六）

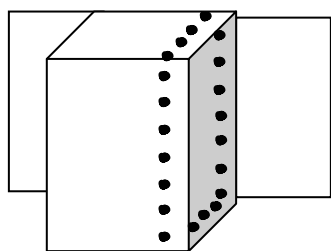
如果設計的好，在入水口中到入少許水，此裝置就可以讓水自動的循環許久，可引起學生動機與好奇，不妨讓較高認知水平的學生嘗試思考，為何此裝置能讓水自動循環。適用年級：國、高中。



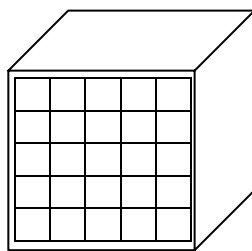
圖六：自動循環桶（本圖修改自 Lederman 與 Abd-El-Khalick（1998）經出版商 Springer 同意刊出）

四、模擬拉塞福探究原子內部實驗

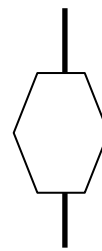
Abd-El-Khalick（2002）也提供一個模擬拉塞福利用 α 粒子撞擊原子內部的實驗，讓學生藉著模擬此實驗而培養科學本質。其過程簡述如下：1.準備一個箱子，兩邊均打開。2.在打開的一面邊緣取七公分穿洞（圖七）並牽上線形成一個5×5的方格箱（圖八）；3.在箱子裡置一物品，形狀不限（圖九）。4.把箱子有牽線開口置於上方，將乒乓球垂直丟入箱中。5.要求學生藉著乒乓球穿過紙箱，猜想箱內的物品是什麼形狀。教師可向學生說明當年拉塞福就是用類似的方法得到原子內部的模型，提示學生製作表格記錄，如乒乓球往下丟時有撞擊到物品時記一個圈，順利通過則記一個叉。此活動除讓學生模擬科學史上重要實驗外，也讓學生理解科學理論是由觀察、想像及推理而得成的，或許並非完全的正確。



(圖七)



(圖八)



(圖九)

圖七、圖八、圖九：此三圖為作者依 Abd-El-Khalick (2002) 之內文敘述，所繪而成。

重複科學史上重要的實驗，是提供機會學生思考若你是科學家，你會怎麼解釋這樣的現象，這樣的解釋又有那些不足。這個過程說明再精緻的假設也可能隱含著某些不合理，再完美的詮釋也可能存在缺失。以上述拉塞福實驗為例，我們會發現實驗的結果圖形與真正物品形狀還是有誤差，要如何改善精緻，師生可以一同思考。例如可以把方格縮的更小，形成一個50×50的方格箱，並以 B B 彈來代替乒乓球，實驗結果將更接近物品真正的形狀；最後教師明示科學知識（原子理論）原來是這樣產生的，它與實驗的方式、科學家的推理息息相關。

參、結論

上述列舉了七個科學本質小活動，教師可以利用彈性教學的時間或者融入科學的學習，甚至也可以自行設計類似的小活動來培養學生的科學本質觀，而活動的特色即是：1. 呈現未知或問題的情境，引起學生動機與好奇；2. 把學生當成小小科學家，提供機會動手操作、思考想像；3. 提供學生驗證自己想法的機會；4. 將活動中的科學本質明示出來，使學生體會科學家的任務就似如此，藉此理解科學本質；5. 提供學生反思與討論科學本質的時間。當然，科學本質的培養同時也涉及不少探究與創造能力的表現，就如九年一貫自然與生活科技領域指出要培養「科學與技學八大能力要項」般，豐富多元的科學學習，也可能吸引學生的興趣與引發學生的思考。

誌謝：本文經過出版商Springer以及作者McComas, W.F.同意刊出，在此致謝。

參考文獻

- 翁秀玉（1997）。國小自然科教師傳達科學本質之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。（未出版）
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Abd-El-Khalick, Fouad (2002) Rutherford's Enlarged: A Content-Embedded Activity To Teach about Nature of Science. *Physics Education*; v37 n1 p64-68 Jan
- American Association for the Advancement of Science.(1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, D.C. :AAAS 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.
- 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., & Abd-El-Khalick, F (1998). Avoding de-nature science activity that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Ed) *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*, 83-127.Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of nature of science in science education. *The Nature of Science in Science Education*, 3-39.Kluwer Academic Publishers.
- Wang, Jing-Ru. (2001). *Improving Elementary Teachers' Understanding of the Nature of Science and Instructional Practice*. (ERIC Document Reproduction Service No.ED452077)