

小學科學探究活動： 促進兒童科學思維的發展

蘇詠梅

香港教育學院數社科技系

鍾媚

華南師範大學課程與教學系

通過科學探究促進兒童對科學的理解，發展科學思維及探究能力，是科學教育中的重要議題。本文以近三屆「常識百搭」科學專題探究活動中獲傑出表現隊伍的書面報告和口頭匯報，從產生意念、提出問題、調查測試、資料處理及經驗總結五個角度分析學生進行探究的過程特點，提供科學思維發展的概貌。結果發現學生的問題意識較強，能清楚陳述目的，收集和整理資料，具歸納推理能力；在判定問題、公平比較與反思質疑等科學思維上則較薄弱。

關鍵詞：小學科學、科學探究、科學思維

科學技術的高速發展對我們今天的社會和生活產生了很大的影響，沒有人能夠承擔起忽視這些發展所付出的代價(Giere, 1991)。為了應對這一挑戰，提高公民的科學素養，世界各國紛紛將科學探究作為一項重要的教學策略寫入課程改革綱要。美國科學促進會(American Association for Advancement of Science, 1989)認為，只有公眾理解了科學、數學和技術，形成科學的思維習慣(habits of mind)，科學和技術提高人類生活的潛能才能實現，理解科學內容必須與發展科學的思維習慣相統一。《國家科學教育標準》(National Research Council, 1996)認為對探究本質的理解與探究能力的培養同樣重要。2000年出版的《科學探究與國家科學教育標準》(National Research Council, 2000)更為科學探究的教與學提供了指引。英國明確將科學探究納入《國家科學課程》，認為學生應該充分理解科學思想與證據的關係(DfEE/QCA, 1999)。Lederman 在一次探討科學探究的國際性會議中(Abd-El-Khalick et al., 2004)指出，對探究的理解比「做」探究更為重要，因為，我們不可能期望人們在決定每一個與科學相關的個人或社會問題時，都進行一次科學調查。然而，只有每個公民對於科學知識、探究過程和科學本質具有充分的認識，才能夠理解科學並作出理智的決策。具備獲取和處理資訊的能力已經成為生活在這個日益依賴科學與技術的社會的必備要求(Duggan & Gott, 2000)。因此，如何通過科學探究促進兒童對科學的理解，特別是發展兒童的科學思維及相應的探究能力，是當前科學課程教學改革極待解決的一個重要問題。

科學探究過程

科學探究過程曾一度被解析為一系列的「過程技能」(process skills)，如觀察、分類、測量、假設、預測等等。它的前提假設為，學生的科學探究能力是一系列過程技能的集合，這些技能可以通過練習來獨立發展，學生通過掌握這些方法技能，就可以將它們遷移到新的情境，從而認識科學探究的效用(Driver, Leach, Millar, & Scott,

1996)。這種解析很容易令人們誤將科學探究簡單地等同各種技能的掌握，導致的結果是，儘管學生經歷了探究過程，但仍不知其意義所在。Warwick (2000)建議，將「過程」與「技能」綜理解為一種科學的工作模式 (scientific way of working)，它包含實踐技能與心智技能的發展。Gott & Duggan(1995)認為發展學生的「程式性理解」 (procedural understanding)，讓學生理解「證據的概念」，是科學實踐活動的關鍵所在。Llewellyn(2002)亦指出探究是一個主動探索的過程，在這個過程中，我們使用批判的、邏輯的和創造性的思維技巧，提出並致力於解決個人感興趣的問題。事實上，早在20世紀初，杜威 (Dewey, 1997)就強調了發展科學思維的重要性，指出兒童有一種進行推論的天生素質，並且具有實驗和檢驗的內在願望。可見，科學探究過程不僅包含從事探究的各種過程技能，而且內在地包含科學思維的發展，前者是探究過程中表現的可觀察行為，後者則是隱藏在行動背後的思考。

學生的科學探究能力

Huveyda(1994)的研究 (對象是10-11歲的兒童)發現，兒童並不會自發地進行以解釋為導向的探究活動，而需要教師進行有意識地培養。在開展探究之前，學生往往缺乏對問題的分析與探究的設計，不理解假設或實驗在科學探究中的作用 (Rop, 2002)。在探究的過程中，學生在確認和控制變數進行公平測試上還存在很大障礙 (Duggan, Johnson, & Gott, 1996)，且學生很少將重複觀察或測量作為實驗的必要工作，或記錄測量資料以外的現象 (Lubben & Millar, 1996)。在結果分析方面，當對資料與現象之間的關係認識不清時，學生經常會根據自己的已有經驗強加判斷，套上規律或結論 (Kanari & Millar, 2004; Sternadel, 2004)。此外，學生通常難以意識到實驗方法論的不足之處 (Hackling & Garnett, 1995)。這些研究顯示，儘管學生參與科學探究，但是在整個活動的過程中，對於「證據」在科學解釋中的地位並沒有清晰地認識。

已有的研究主要針對國外學生，缺乏對本土學生科學思維發展特點的認識。為此，本研究希望通過剖析在香港的真實情境下，小學生進行科學探究的過程特點，讓教師更深入地瞭解學生探究能力的發展情況，從而幫助教師有效地協助學生進行科學探究活動，促進學生科學思維的發展。

研究方法

「常識百搭」小學科學專題探究活動於1998年啟動，由當年的香港教育學院科學系和香港教育署聯手舉辦。近幾年，香港科學館也加入為主要的舉辦機構，參加的隊伍由十幾個發展到上百個，部分小學甚至在校內舉辦類似的活動，讓更多小學生有機會參與科學專題探究學習。每年的活動都有不同主題，形式也相應地修改，讓學生有更大的發展空間。由於舉辦活動的目的著重學生的科學交流觀摩，籌委會在事前除派發評選準則外，還附有報告的內容要求：包括意念／靈感／目的、科學原理（包括資料搜集及假設）、材料、設計（包括圖解及設計圖）、過程（包括實驗、探究及製作）、用途／應用／優點、困難／改良／建議、總結、學生感想、參考及鳴謝。歷屆活動中的傑出表現科學探究書面報告已被輯錄成書供教師及學生參考（蘇詠梅，1998-2005）。

從2002年起，開始在實踐層面對小學生的科學探究活動進行系統研究(So, 2003)。本研究的取樣來源於第五屆(2002)、第六屆(2003)、第七屆(2004)連續三屆「常識百搭」小學科學專題探究活動中共58份獲傑出表現的書面報告和彙報錄影片段（錄影片段可瀏覽<http://pspc.hkedcity.net>）。研究主要收集質性材料，使用內容分析的方法探討小學生進行探究過程的整體情況。根據美國《國家科學教育標準》(National Research Council, 1996)和《科學探究與國家科學教育標準》(National Research Council, 2000)、中華人民共和國教育部出版的《科學（3-6年級）課程標準（實驗稿）》(2001)，以及國內外實踐研究的總結，可以將科學探究過程歸納為以下五個要素：產生意念、提

出問題、調查測試、資料處理和經驗總結。本研究據此建構分析框架與待答問題：

1. 產生意念

- 學生的探究想法是怎樣產生的？
- 學生是否具有知覺問題的敏感性？

2. 提出問題

- 學生如何陳述探究目的？
- 學生是否提出問題或建立假設？

3. 調查測試

- 學生採用哪些探究方式？
- 學生如何進行變量控制？
- 學生有否進行重複測量？

4. 資料處理

- 學生如何組織和呈現所得資料？
- 學生如何分析和整理資料？
- 學生如何歸納得出結論？

5. 經驗總結

- 學生如何對探究過程進行檢視？
- 學生如何對探究結果進行質疑

研究結果與分析

產生意念

學生在報告中提及他們的探究想法的來源，主要包括日常生活經驗、從物品得到啟發、已學知識、課外閱讀、新聞時事、環保意識等等，其中過半數意念源於日常生活經驗。學生的探究想法產生方式也不盡相同，有的是源於一個靈感，然後依據這個靈

感啟發整個研習的意念，也有的是由多個來源同時影響而啟發探究的想法。

• 研習「幻想時空」（蘇詠梅，2003，頁6-8）：「我們在一個日本玩具展覽中，看見一款多彎路窄的火車路軌配件玩具，引發出我們製作此模型的靈感。我們記得在六年級上學期常識科學過『力的種類』和『簡單機械』的原理……。」（研習的想法源自玩具的啟發，學生把意念聯繫到課堂中所學過的科學知識）。

• 研習「洗手計時器」（蘇詠梅，2004，頁44-47）：「『沙士』過後，禽流感又來勢洶洶。特首夫人在電視台呼籲市民參加『洗手！洗手！洗手！』行動，再加上電視台日以繼夜不停播放的宣傳片，令我們忽發奇想，設計了一個『洗手計時器』，希望吸引人們多些使用。」（學生同時受日常生活經歷和傳播媒介刺激而產生設計製作的想法。）

可見，這群小學生對於周圍環境和身邊事物比較敏感，具有較強的問題意識。問題意識即一種懷疑精神，一種探索意識，它是創造的起點，沒有問題意識就沒有創新意念。

提出問題

除了3份研習在內文間接陳述其目的，其餘所有研習都有明確展示探究目的；然而，大部份都沒有清楚地提出可探究的問題或建立合理的假設。只有7份報告（約一成多）能清楚地提出問題、陳述目的並建立假設；有9份報告提出問題和陳述目的；5份報告陳述目的和建立假設；其他37份報告只陳述目的（表一）。

另外，學生較少提出一連串的思考問題來引導探究的進行，58份研習中只有11份能提出一連串（三個或以上）的思考問題來引導探究，例如：

研習「自動定時澆水器」（蘇詠梅，2004，頁8-11）：

- 如何防止水箱漏水？
- 如何固定澆水器位置？
- 澆水的分佈不平均？

表一 探究意圖的表達情況

探究目的/問題/假設	研習份數	示例
提出問題 陳述目的 建立假設	7	研習「冰加鹽的魔力」(蘇詠梅, 2002, 頁27-30) 問題: 為什麼在有雪的馬路上撒上鹽? 目的: 看看鹽對冰產生的影響。 假設: (1)鹽無論在高於攝氏0度還是低於0度的環境, 都能加快冰塊的溶解; (2)鹽愈多愈能加快冰的溶解; (3)鹽是最能令冰迅速溶解的物質。
提出問題 陳述目的	9	研習「跟魚腥說再見」(蘇詠梅, 2002, 頁20-23) 問題: 用什麼方法可以去除手上的魚腥味? 目的: (1)探究檸檬、茶、鹽燒酒、牙膏、洗米水、洗菜水、洗潔精和清水的去除魚腥的效能; (2)觀察以上物料對皮膚的影響。
陳述目的 建立假設	5	研習「磁浮飯車」(蘇詠梅, 2003, 頁39-41) 目的: 設計「磁浮飯車」減輕工友叔叔、嬸嬸搬運飯盒的辛勞。 假設: (1)電芯數目愈多, 磁力愈大; (2)線圈數目愈多, 磁力愈大; (3)增加線圈及電芯數目, 電磁鐵磁力增強。
陳述目的	37	研習「環保智能背囊」(蘇詠梅, 2004, 頁20-23) 目的: 為方便喜愛戶外活動的人士, 在背囊上添加太陽能電池板為供電器的電風扇、電筒裝置、輕便帳幕。

- 要流入多少水, 才能令澆水器轉動?
- 澆水器豎直起來, 不能澆水?
- 如何固定開關器位置?
- 馬達如何轉動花盆?

這一連串相關的思考問題對學生來說意義重大, 有助學生理清思路, 繪製整個研習的設計藍圖。同樣, 學生也不善於建立假設來思考探究的進行, 在58份研習中, 有13份研習建立假設, 其中5份設有多個假設, 例如:

研習「綠化天臺降溫環保計畫」(蘇詠梅, 2003, 頁24-27)

- 假設一: 屋頂花園有儲水缸的樓房室溫較低。
- 假設二: 屋頂花園種有植物的樓房室溫較低。

- 假設三：植物的覆蓋範圍越大，越能降低樓房的室溫。
- 假設四：屋頂花園種植物和有儲水缸能更有效降低室溫。

在設計科學探究時，雖然不一定要有假設。但建立假設有功學生沿著一個自行既定的方向進入探究之路，然後就所得的資料證實或否定先前預作的假設，從而獲得對事物有更深入的認識。

調查測試

在決定採用調查測試方法時，學生需要運用合理取證的科學思維。Watson, Goldsworthy, & Wood-Robinson(2000)指出探究的方式可以有「公平測試」(fair test)、「分類與鑒別」(classifying and identifying)、「尋找規律」(pattern seeking)、「探索」(exploring)以及「設計與製作」(making things or developing systems)。58份研習的探究方式主要集中在「設計與製作」和「公平測試」上，分別為48份（約佔五分之四）和19份（約佔三分之一）。在進行過「公平測試」的19份研習中，有9份進行過兩次或以上的重複測試。另外，還有5份研習涉及「尋找規律」，2份研習涉及「分類與鑒別」，2份研習涉及「探索」。可見，部分學生已經能夠透過不同的方式進行合理取證。值得注意的是，除了27份研習只採用「設計與製作」的探究方式外，其他研習都同時採用了兩種或以上的探究方式（表二）。

應該指出的是，雖然只有19份研習進行過公平測試，但從這部分的研習中可以看出學生開始嘗試控制變量，即在改變一個因素，而維持其他因素不變的情況下進行實驗測試，然後加以比較。譬如學生能夠用相同數量、相同質量（或大小）或相同種類的物料做測試對象，而將其他因素，如：時間、質量、體積、測試次數、測試方法、收集資料的方法以及量度器具等，維持不變以作公平比較。以下是兩個例子：

1. 用不同物料作比較

用鹽、白糖、黃糖、阿司匹林、可樂、檸檬汁、漂白水、白糖、維生素C、清水10種物料，比較哪種物料能延長鮮花的生命。控制

表二 探究方式的選用情況

探究方式	研習份數	示例
設計與製作	48	研習「SUN力UN-UN車」(蘇詠梅, 2002, 頁56-60): 利用生活中的廢品材料製作太陽能汽車。
公平測試	19	研習「哪種物料最保暖」(蘇詠梅, 2002, 頁1-3): 探討膠袋、絲綢、羊毛、發泡膠、棉花等物料保溫效果。
尋找規律	5	研習「綠化天臺降溫環保計畫」(蘇詠梅, 2003, 頁24-27): 探討天臺種植植物的葉片大小對室內溫度的影響。
分類與鑒別	2	研習「趕走矇查查」(蘇詠梅, 2004, 頁12-15): 通過探討各種物質在防止浴室鏡面佈滿水珠效果上的差異, 發現了洗手液等化學物質可以趕走水珠, 而米水等含有天然成份的物質效果不好。
探索	2	研習「吸盤吸附的真理」(蘇詠梅, 2002, 頁31-34): 探索吸盤為什麼會「吸」著牆壁? 為什麼吸盤多用在廚房或浴室? 什麼形狀的吸盤能發揮最佳效果?

變量: (1)花朵的種類、顏色、大小必須相同; (2)物料的水溶液體積和膠瓶大小相同; (3)每天在同一時間觀察與比較花朵的生長情況(研習「揭開鮮花保鮮之謎」〔蘇詠梅, 2004, 頁51-56〕)。

2. 在不同情景下進行測試

比較在天臺灑水和不灑水的降溫散熱情況。控制變量: (1)大小相同以及相同物料製造的模型宿舍; (2)同一時間溫度、同一高度量度; (3)接受日照的面積是一樣(研習「綠化天臺降溫環保計畫」〔蘇詠梅, 2003, 頁24-27〕)。從分析中得知只有少數學生懂得控制一些因素來取得準確、可靠的探究結果, 但是其餘的探究尚欠公平測試, 尤其是涉及「設計與製作」的研習, 用不同的物料、不同的時間或其他因素進行測試, 很可能會得出不同的效果, 影響設計與製成品的效能。由此可見, 大部分學生還是比較缺乏公平比較的科學思維。

資料處理

學生能夠通過觀察和測試, 有系統和合乎邏輯地收集數據, 包括質量、音量、溫度、彈力等。除了兩份報告只採用文字處理外,

其餘的報告都使用其他方法來展示資料和記錄探究的過程與成果，如表格、統計圖表、圖片等，使結果分析的重點突出，簡潔明瞭。

在科學探究中曾使用「公平測試」探究方式的學生，大都能夠透過資料分析得出合理的結論。另外，大部分使用「設計與製作」方式的報告也都作出科學性的解釋，顯示學生們都有一定的歸納推理性思維。以下依次是兩個實例：

研習「誰比我大」（蘇詠梅，2004，頁29-31）：電池以串聯方式連接時的燈泡發光較強，所以電池輸出的電流較大；電池以串聯方式連接到蜂鳴器時，發出的聲音較大，所以電池輸出的電流較大；電池以串聯方式連接到電池，會吸起較多別針，所以電池輸出的電流較大。可見，電池以串聯方式排列較並聯的輸出電流較大。

研習「濾水再生匣」（蘇詠梅，2003，頁46-48）：使用四層設計的濾水器較三層設計的濾水器能更有效去除雨水中的異味，因這濾水器的最底層是海沙，它可以減慢雨水的流速，使雨水有更長時間在活性炭濾層停留。

有些探究所得結果與先前假設不吻合。例如：**研習「揭開鮮花保鮮之謎」**（蘇詠梅，2004，頁51-56）中學生發現黃糖不能延長鮮花生命，與假設不吻合。學生的解釋是「可能是我們加入的黃糖的份量太多，而令鮮花不能承受。令蛋白質不能分解，氣孔也不能張開，防礙了正常的蒸散作用，引致鮮花提早凋謝。」但很多時小學生未必有能力作合理的解釋，有時甚至隨意用一些個人認為合理的說法來解釋不吻合的結果與假設。有研究指出，當探究所得結果與先前假設不吻合的時候，學生往往傾向於否定最後的研究結果，而保留開始的研究假設。這種對先前假設的辯護並沒有可靠的實驗證據支援，帶有很強的主觀揣測色彩。Chin & Kayalvizhi(2002)的研究也發現，在某些情況下，當所得結果與學生的預測不相符合時，學生會忽視甚至捏造數據，以使研究結果與他們的先前假設相吻合。

經驗總結

在研習書面報告中，學生不僅談到他們在探究歷程中的體驗和

感受，如意識到團隊合作的精神、學習態度的改變以及樂於探究的情感等，而且還總結了在探究過程中遇到的種種問題及相應的解決辦法，如「這個發明的困難是如何使銅片能在乘客離座後自動分開，我們先是選用了彈簧的彈力來解決這個問題，可是彈簧會因長期使用而失去彈力，後來我們用磁力同級相斥的特性來代替彈簧，不但耐用，而且不會生鏽」（研習「座無虛設」〔蘇詠梅，2003，頁30-33〕）。值得肯定的是，在2002年，只有約一半的研習提到探究過程中遇到的困難和改善辦法，而到了2003和2004年，大部分的研習都展開了這方面的討論。從半數到幾乎所有，說明在這三年期間，學生的問題解決能力得到了提升。究竟是甚麼原因引致這個質的飛躍？相信與教師在這方面對學生的幫助及指引有著重要的關係。

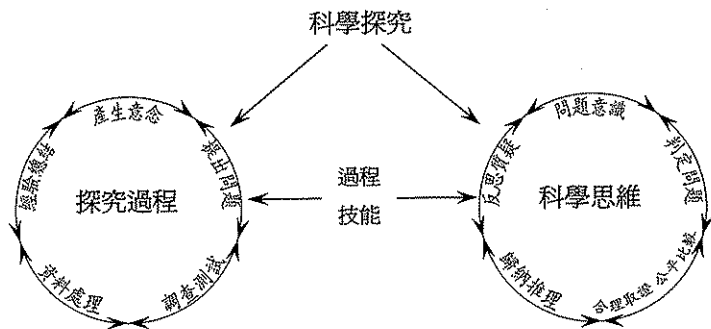
分析還顯示，有三份研習報告對探究過程中可能出現的錯誤、研究設計或方法進行了反思及評價，如「我們只用自己鼻子去感受魚腥味，欠缺科學儀器去偵測，有欠科學化」（研習「跟魚腥說再見」（蘇詠梅，2002，頁20-26）；「可以嘗試其他的導熱和隔熱材料」（研習「節省能源浴缸」（蘇詠梅，2003，頁19-21）；「我們只做了一種花的測試，不夠全面」（研習「揭開鮮花保鮮之謎」〔蘇詠梅，2004，頁51-56〕）。這說明，雖然只有小部分學生具有相當的探究能力與反思質疑的意識水準，也值得我們關注學生在這方面能力的發展。

結論與建議

根據本研究的分析框架——科學探究過程的五個要素：產生意念、提出問題、調查測試、資料處理和經驗總結，透過58份研習書面報告的分析可發現，當中的科學思維過程包括問題意識、判定問題、合理取證、公平比較、歸納推理以及反思質疑（圖一）。在科學探究過程中，各種過程技能的發展與科學思維能力的發展是一致的。例如，進行變數控制是外顯的探究技能，而理解公平比較的意義則是內隱的科學思維。在科學思維的指引下，學生使用各種過程

技能，包括觀察、分類、測量、實驗、控制變量等等，以達致成功的探究。

圖一 科學探究模型圖



儘管學生的科學思維發展受到許多因素影響，如學生學習科學的興趣、學校設備、教師的教學效能等。從總體來看，這群小學生在科學探究活動中已經具有相當的探究意識和科學思維水準，但在某些環節上，還存在較大的不平衡性和差異性。作為學生學習協助者的教師，在設計和組織科學探究活動時，還需要把握學生思維發展的不同特點，恰如其分地發揮組織效能，幫助學生開拓探究之路。

分析顯示，小學生主要從日常生活經驗中獲得探究想法，探究意念的產生方式可以是一點發散（由一個情景聯想到過去的經驗知識），也可以是多點收斂，以前者居多。好奇心是開啟理智思維的萌芽。生活中的各種事物往往是最吸引學生，最令他們感到興奮和新奇的。作為教師，要善於發現和捕捉學生思維中的閃光點，在學生已有經驗的基礎上，啟發學生思考，開闊學生的視野，培養他們的問題意識。

儘管擁有很多探究的想法，但是學生往往不能將探究意圖轉化為可進行探究的調查或實驗設計。縱觀這58份研習，學生的思考多是在陳述目的，對於提出問題或建立假設還顯得比較困難，只有個別學生可以提出一連串問題及多個假設引導思考進行探究。判定可以通過科學實驗或調查研究能回答的問題是進入探究之路非常重要

的一步。學生喜歡經常追根溯源的問「為什麼」，如「為什麼空中的物件會掉回地面」，但是卻不會將這類問題轉化為探究事物機制的「怎麼」或「如何」的問題，如「空中的物件是怎麼掉回地面」(Malley, 1992)。為此，教師在這個階段應該給予學生適當的提示，幫助他們轉換問題，縮小探究範圍，尋找能夠用作探究的問題。在此基礎上，可以進一步引導學生逐層思考問題，為探究的主題發展連串的次級問題和建立相應的假設。

在調查測試方面，雖然有部分學生能夠運用變數控制來進行公平測試，但是只佔三分之一，說明學生還是欠缺公平比較的思維，特別是在「設計與製作」探究活動方面，有過半數的探究是需要改變及控制變因來進行公平測試。這方面還需要教師給予學生更多的引導和解釋，使其明白如何獲得可靠的證據。另外，學生大多專注於「設計與製作」或「公平測試」，較少考慮「尋找規律」、「分類與鑒別」和「探索」這三種探究方式。事實上，科學探究並不存在唯一的模式和方法，恰當地運用不同的探究方式，有助於獲得更具說服力的證據。分析中還發現，只有七分之一的學生進行了重複測量，說明學生對於平均值在保證信度上的意義還缺乏認識。儘管如何獲得有效的證據對於小學生來說仍然是一個極大的挑戰，但是教師也可以根據學生的認知水準，提醒他們注意測試時間、時間間隔、測量的範圍以及不同儀器的選擇等因素對所得結論產生的影響(Dispezio, 2004)。

在資料處理方面，大部分學生都具有歸納推理的科學思維，他們除了能夠運用文字，還會使用圖片和表格來整理和處理資料，並得出合理的解釋和建議，這是值得肯定的一面。但是，研究也發現，在一定程度上，學生對探究結果的預先期望會影響他對最終結果的解釋，特別是在所得資料與假設不一致的情況下，學生往往傾向於否定實驗過程的有效性，而維持預設判斷。面對這種情況，教師應該及時提醒學生注意證據的可靠性，使其明白什麼是合理的推理以及如何做到。只有形成了這樣的科學思維習慣，人們才能理智地處理各種紛繁複雜的問題，作出明智的決策。

最後，鼓勵學生對探究過程或結果進行反思質疑，例如對研究的設計、過程或者結果等進行反思，再提出合理的建議，有助於培養學生的批判性思維，提升學生的自我評價能力。

總的來說，兒童的思維需要從早期得到自然發展(Dewey, 1997)，教師應該給予學生更多的發展空間，但這並不意味著完全放手讓學生自由探究，而是需要教師發揮更高層次的組織智慧。本研究通過分析近三年來「常識百搭」科學專題設計活動的58隊傑出的研習書面報告及口頭匯報，嘗試提供一個小學生科學思維發展的概貌，希望以上的分析結果可以給從事小學科學教育的工作者帶來思考和啟示。

參考文獻

- 中華人民共和國教育部(2001)。《科學(3-6年級)課程標準(實驗稿)》。北京：北京師範大學出版社。
- 蘇詠梅(主編)(1998)。《香港小學科學探究活動——理論與實踐》。香港：香港教育學院。
- 蘇詠梅(主編)(1999)。《香港小學科學探究活動舉隅》。香港：香港教育學院。
- 蘇詠梅(主編)(2000)。《小學科學學習活動：經驗彙編》。香港：香港教育學院。
- 蘇詠梅(主編)(2001)。《小學科學專題研習：思考的進路》。香港：香港教育學院。
- 蘇詠梅(主編)(2002)。《小學科學專題研習：集思錄》。香港：第五屆「常識百搭」科學專題設計展覽籌委會。
- 蘇詠梅(主編)(2003)。《小學科學專題研習：創意之匙》。香港：第六屆「常識百搭」科學專題設計展覽籌委會。
- 蘇詠梅(主編)(2004)。《小學科學專題研習：衣、食、住、行》。香港：第七屆「常識百搭」科學專題設計展覽籌委會。
- 蘇詠梅(主編)(2005)。《小學科學專題探究：環保生活》。香港：第八屆「常識百搭」科學專題設計展覽籌委會。

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamluk-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- American Association for Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Open-ended investigations in science: A case study of primary 6 pupils. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 25(1), 70–94.
- Dewey, J. (1997). *How we think*. Mineola, NY: Dover.
- Dispezio, M. A. (2004). *Super sensational science fair projects*. New York: Sterling.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia: Open University Press.
- Department for Education and Employment/Qualifications and Curriculum Authority (DfEE/QCA). (1999). *National curriculum science*. London: DfEE.
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Understanding evidence in investigations: The way to a more relevant curriculum? In J. Sears & P. Sorensen (Eds.), *Issues in science teaching* (pp. 60–69). London: Routledge Falmer.
- Duggan, S., Johnson, P., & Gott, R. (1996). A critical point in investigative work: Defining variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 461–474.
- Giere, D. (1991). *Understanding scientific reasoning* (3rd ed.). Fort Worth, TX: Holt, Rinehart & Winston.
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham; Philadelphia: Open University Press.
- Huveyda, B. (1994). NEED. The effect of the inquiry teaching method on biochemistry and science process skill achievements. *Biochemical Education*, 22(1), 29–32.
- Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1995). The development of expertise in science investigation skills. *Australian Science Teachers Journal*, 41(4), 80–86.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Llewellyn, D. (2002). *Inquiry within: Implementing inquiry-based science standards*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.

- Malley, M. (1992). The nature and history of science. In *Teaching about the history and nature of science and technology: Background papers* (pp. 67–80). Colorado Springs, CO: Biological Sciences Curriculum Study.
- National Research Council. (1996). *The National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rop, C. F. (2002). The meaning of student inquiry questions: A teacher's beliefs and responses. *International Journal of Science Education*, 24(7), 717–736.
- So, W. M. W. (2003). Learning science through investigations: An experience with Hong Kong primary school children. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 175–200.
- Sternadel, L. (2004). Inquiry and developing interpretations from evidence. *The Science Teacher*, 71(4), 38–41.
- Warwick, P. (2000). Developing a scientific way of working with younger children. In P. Warwick & R. S. Linfield (Eds.), *Science 3–13: The past, the present, and possible futures* (pp. 49–63). London: Routledge Falmer.
- Watson, R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (2000). SC1: Beyond the fair test. In J. Sears & P. Sorensen (Eds.), *Issues in science teaching* (pp. 71–79). London: Routledge Falmer.

Primary Science Inquiry Activities: Promoting the Development of Children's Scientific Thinking

Winnie Wing-Mui SO and Mei ZHONG

Abstract

Scientific Inquiry has been seen as an important goal of science education to facilitate scientific understanding and develop scientific thinking and scientific processes. This paper makes reference to written reports and oral presentations of the outstanding teams of the last three Primary Science Project Exhibitions based on five aspects: idea generation, asking of questions, investigation and testing, data collection and interpretation and the evaluation of experience. The study aims to provide a better general picture of children's science thinking during the scientific inquiry process. Findings show that children had an inquiring mind and could raise appropriate questions, state aims of the inquiry clearly, collect and organize information well, and could reason and draw conclusions. However, children were relatively weaker in the areas of making sound judgment, fair comparisons and critical reflection.

蘇詠梅，香港教育學院數社科技系副教授。

鍾媚，華南師範大學課程與教學系博士生。

聯絡電郵：wiso@ied.edu.hk