科學探究工作坊 — 培養學生的科學思辯能力

吳木嘉先生（高級學校發展主任）
孔鑑堂老師、羅明輝老師（聖公會柴灣聖米迦勒小學）

科學常給予人們一種權威的感覺，科學家說的仿佛就錯不了。就連奶粉廣告也會突顯「DHA」、「ARA」等字眼，其實沒有多少人知道甚麼是「DHA」和「ARA」，但只要經一個身穿白袍的人說出，大眾就覺得是信心的保證。我們不難看出這種盲目附和的心態，其實與科學的事事存疑、努力求證的態度大相逕庭。但我們的學校教育會否也墮入類似的陷阱，把科學教育矮化為接受課文內容的過程，而忽略了培養學生存疑、求證、主動探索自然世界的能力和態度呢？

在這個工作坊中，我們會探討思辯能力在科學教育的重要性，並分享培養學生思辯能力的課堂經驗。與會者會經歷部分常識科科學範疇課堂的學習活動，親身體會如何運用課堂群體學習的機會，誘發學生主動整理和詮釋資料，藉此培養學生的科學思辯能力。分享老師亦會總結他們的課堂經驗，提出處理這類課堂的教學策略。

怎樣的科學

透過課文為本的學習，學生究竟會對科學建立怎樣的認識？綜觀小學常識科的課本，課文一般會把相關內容作出清晰的陳述，即使偶有提出問題，但也都總可在旁邊的揭頁找到答案。提問的作用似乎並不是要凸顯疑問，而是方便引入所要陳述的資料。學生從這種學習經驗領會到的科學，恐怕就是如 Newton, Driver & Osborne (2004) 所說的「無爭議的資料滙集」(unproblematic collation of facts)。我們不禁要問科學是否真的如課本所呈現的絕對及毫無爭議？回顧科學的發展，我們卻發現科學家彼此常有爭論：從糾纏數百年，有關光是粒子還是波譜的經典辯論，到生活的話題 — 究竟是牛油，還是人造牛油較為健康？不同科學家在不同年代提出了不同的答案。這些答案莫衷一是，甚至互相對立，而在這些爭辯的過程中，每個年代科學家的工作，正是依據當時所掌握的資料，判斷和提出最能夠完善解釋這些資料的理論，推動科學勇往直前地發展，也促進我們對這個世界和其中事物的認識。波普爾(Popper,1991)提出科學知識並不是真理，但卻是邁向真理(approximation to the truth)，而推進邁向真理的方法就是對一切科學理論存疑，甚至是刻意用盡方法去否定這些論理，去蕪存菁。故此科學思辯能力在這個驗證科學知識過程的重要性更見突出。從這個角度看，科學教育不應是靜態「無爭議的資料滙集」，而是動態的測試和辯證。近年，不少學者(Scott, 1998; Newton et al., 2004; Osborne, Erduran, & Simon, 2004; Jimenez-Aleixandre & Erduran, 2008) 也提出以培養學生的科學思辯能力(science argumentation)作為科學教育的重要發展方向，好讓學生對科學建立更深切的認識，也協助學生面對這個科技發達的資訊年代。

科學思辯能力的培養

在真實的科學探究中，數據並不會如課本般的編排整潔有序，一面倒指向清晰的結論。科學思辯能力正是在雜亂和無序的情況下，整理和詮釋資料的能力，從而排除及反駁某些觀點，並為所要確立的理論提供堅固的基礎。

負責分享的老師認同科學思辯能力應從小開始培養，一方面可以促進學生認識和體驗科學的知識觀，也同時建立學生主動探究這個世界的能力和態度，這亦與課程改革所倡議的學會學習路向相符。

為了能有效地培養學生的科學思辯能力，老師在組織課程時參考了相關文獻 (Osborne et al., 2004; Monk & Osborne, 1997; Newton et al., 2004)，並綜合整理為下列數點，以引導課堂的設計：

- 課堂要跳出傳統著重老師權威式講授的常態，學生的科學思辯能力是透過練習中鍛鍊出來，而不大可能從老師的講授獲得，學生在課堂的任務是理解和判斷相關資料，而不是按提示猜測老師心目中的答案。
- 課堂的素材應提供豐富的思考空間，讓學生不囿於單一的觀點，而應容讓學生提出不同的、甚至對立的構想。這些多樣化的想法往往提供學生排除及判別不同觀點的寶貴學習機會，促進學生建立他們的思辯能力，亦有助學生對所探討現象建立更深入的認識。
- 建立鼓勵思考和尊重證據的課堂文化。老師應表達對學生積極提出觀點的欣賞，培養學生主動與他人分享思考的態度，並且說出觀點背後的理據，好讓課堂成為滙聚理性思考的場地。

培養科學思辯能力的實踐

在商討常識科六年級「生物多樣性」的單元中，聖公會柴灣聖米迦勒小學的老師不願停留在講授動物與其環境的關係的表面手法，也不滿於抽空地灌輸保護色和警戒色等概念。為了鼓勵學生主動應用知識，培養科學思辯能力，老師透過豐富的課堂學習經驗，讓學生分組觀察三個不同品種蚱蜢的圖片，藉小組的互動刺激學生彼此的思考，讓他們記錄及整理所觀察的，並推斷這些蚱蜢的棲息地和其他生活情況，從而建立動物與環境之間密切關係的概念。

由於課程材料生活化，亦並非課文的例子，故提供了一定的思考空間，讓學生可以跳出課本的框框，使學習建基於學生的觀察和推論，從而提出不同的觀點。而老師在聆聽小組滙報時，亦刻意運用黑板記下各組的要點，並鼓勵他們提出支持理據。例如其中一隻蚱蜢身上混有不同顏色，同學對此各有不同的演繹：有同學認為這是保護色，有助蚱蜢隱藏於泥地，但有同學卻認為這是警戒色，使其他動物不敢走近，故推論這種蚱蜢可居於任何地方。老師讓各組初步提出他們的意見後，沒有即時給予權威的答案，反而從黑板記下的要點中，凸顯彼此不同的觀點，讓學生進行第二輪分組討論，重新考慮全班各組的觀點，衡量背後的理據，並為自己最終的立場提供進一步的支持，亦嘗試反駁對方所提出的理據。

下表綜合各組在該課堂所提出的要點，與前一輪的討論相比，學生所提出的理據更見清晰，而且亦會考慮別人的不同觀點，並加以反駁。

支持警戒色的理據	支持保護色的理據
• 身上的多種顏色及斑點是警戒色的特徵 • 體型特別龐大，不用怕其他動物，故不用保護色作掩護 • 背部與泥地顏色不符，故不會形成保護色 • 強大的後腿可以使蚱蜢迅速移動，故不需隱藏	• 身體與泥土的顏色相似，故泥地可提供掩護 • 雖然體形在三隻蚱蜢中最大，但在大自然仍會有比牠更大的，故此仍需隱藏自己 • 強大的後腿雖然可以使蚱蜢迅速移動，但不等於不需保護色

學生提出有關警戒色和保護色的理據，兩者也未必完全「正確」，但學生肯定對動物與環境的緊密關係這個概念作出了深入的思考。而且學生展現了主動的探究精神，發揮科學的思辯能力，整理及判斷立場不一的理據，體驗了如科學家般的探究經驗。

就上文提及的三種蚱蜢，牠們固然有其特定的棲息地及生活模式，老師在總結課堂時當然會提出圓滿的答案以及支持的理據。學生在課堂上所推斷的未必都完全正確，但這些思辯的經驗卻有助學生對科學知識建立恰當的觀點，學習細心聆聽理據，對科學知識存疑，避免墮入神化科學的陷阱。

科學課堂的教學策略

要孕育以上豐富的學習，具探究空間的教材固然不可少，但老師的教學策略也是不可忽略的。如上文文獻整理提及，科學思辯能力的培養不能透過權威式的講授達成，而是需要學生親身練習而得。故此老師需要建立開放的課堂討論氣氛，以提供學生練習的機會。在上述課堂中，老師運用了多個策略，以培養學生思辯能力的發展:

- 在各組滙報的過程中，老師刻意不批評各種觀點的對錯，卻讚賞學生主動提出意見。這正是老師放下權威，刻意營造課堂開放討論氣氛的策略。
- 老師細心聆聽滙報，協助學生澄清他們的觀點，並在黑板記下要點。這有助把各組的討論能夠滙聚至全班的層面，擴濶學生的思考，亦使跟進的學習活動有所依據。
- 在協助學生整理滙報的過程中，老師引導各組撇下重複的論述，卻把自己組的想法聯繫到黑板上的摘要，從而協助學生對討論作出初步的整理。此外，老師經常鼓勵學生提出不同的觀點，從中篩選合適的題材再作跟進討論，讓學生學習從不同的觀點中作判斷。

綜合上述的策略，老師嘗試創造一個開放的課堂討論氣氛，滙集各組的討論成果，鼓勵學生提出不同的觀點，發揮了課堂內群體學習的優勢，使學生跳出自我中心的個人思考框框，從而促進他們的科學思辯能力。

基於以上課堂的開放性，學生討論的細節並不保證會與課文內容相同，也未必達至「正確」的答案，但卻環繞主題相關的重要概念作了深入的探索。科學本來就不是旨在頒布真理，而是盡力探求最合乎現有資料的理論，好助人類邁向真理。透過以上的觀察、討論、爭辯，學生體驗了科學家般的思考，學習建基於資料來提出觀點，整理自己的理據，及嘗試以理據反駁不同的觀點，從中涉足科學的重要探究歷程。要促進上述的學習，課堂的師生互動需要作出轉變，老師的主要角色在於營造開放的課堂討論氣氛，鼓勵各組滙集他們的觀點，協助整理各組的構想，從而促進全班的互動，讓各組的構想更進一步交流，促使學生需要對自己及其他的觀點作出重從新的審視，在過程中建立科學思辯的能力。

參考資料

1. Jimenez-Aleixandre, M., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education. In Erduran, S., & Jimenez-Aleixandre, M. (Eds.) *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. (pp. 3—28). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
2. Monk, M., & Osborne J. (1997). Placing the history and philosophy of Science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Ducation, 81*, 405-424.
3. Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (2004). The place of argumentation in the pedagogy of school Science. In Gilbert, J. (Ed.), *Science Education*, (pp.97-109). London: RoutledgeFalmer.
4. Osborne, J., Erduran S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school Science. *Journal of research in Science teaching*, 41(10), 994-1020.
5. Popper, K. (1999). *All life is problem solving*. London: Routledge.
6. Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms. *Studies in Science education, 32,* 45-80.