

## 科學素養的培育 — 讓學生學習像科學家般思考

吳木嘉先生 (高級學校發展主任)

尹淑娛老師、陳超群老師 (林村公立黃福鑾紀念學校)

何國媚老師、陳詩雅老師 (樂善堂梁錫琚學校)

在教科書裏，科學實驗往往是在清晰的指示下得出確切的結果，以證實已知的知識。既然一切已是預知和預定的，「探究」的歷程當然簡單，但在真實的世界中卻不然。沒有書本可以告訴伽利略如何觀察和記錄天體，或如何運用他的數學天賦分析這些數據，從而為「地心說」提出支持。同樣地，也沒有教科書指示達爾文在加拉帕戈斯群島如何觀察和記錄生物，但他透過有系統的資料整理，漸漸建立創新的觀點，並提出進化論的構思。從以上兩個例子反映，科學家會因應他們所研究的對象，發展適切的方法蒐集和分析數據，為所提出的理論提供穩固的支持。故此科學探究並不是千篇一律，而是靈活多變的思考，在科學教育中，我們也應讓學生經歷多元化，而不是落入倒模式的探究；讓學生像科學家般去思考，從而培育學生的科學素養；讓學生認識科學這門學科，也藉這扇窗認識這個世界。

Goldsworthy、Watson及Wood-Robinson (2000及2004)在英國做了一項很有趣的研究。他們把學校科學課堂進行的探究活動作出分析，最後把活動歸納為6種不同類型的科學探究，包括公平測試、鑑別與分類、找出規律、探索現象、以模型引導探索及設計與製作。乍看下，英國的科學課堂活動包羅萬有，但Goldsworthy等人卻發現這6類活動各佔的比重卻相差甚遠。單是公平測試已佔了小學課堂中51%的探究活動，而在初中這個比例更升至82%，失衡的情況極為明顯。而香港的情況只怕不比英國好(張善培，2006；蘇詠梅、鍾媚，2006)。更令人擔心的是研究同時發現：即使公平測試是課堂中最常見的探究模式，但學生卻仍然存著頗多對於公平測試的誤解。

Goldsworthy 等人 (2000) 及 Watson 等人 (2004) 提出的 6 種不同的科學探究類型：

- 公平測試
- 鑑別與分類
- 找出規律
- 探索現象
- 以模型引導探索
- 設計與製作

### 讓學生體驗公平測試的思考模式

公平測試是經典的科學探究模式，其要點在於透過對照實驗，排除有待研究因素以外其他實驗條件的影響，以致實驗結果能夠提供確切的結論。林村公立黃福鑾紀念學校的老師發現課本的不少課題，也有公平測試的影子，例如在解說水的蒸發時，出現一對一對的照片，引導學生逐一掌握蒸發與熱力、表面面積及空氣流動程度的關係，以便向學生解釋影響蒸發的因素。從掌握知識的角度而言，這個鋪排固然是一目了然，但學生卻沒有多大機會了解其背後隱藏的公平測試探究模式。老師認為科學的學習也應包括科學方法，好讓學生有機會體驗如科學家般的思考歷程。故此，老師在「水」這個單元中加入與公平測試相關的學習元素，促進學生在探究過程中的思考。

老師先在教授冰的融化課堂中引入一個小實驗，讓學生把一小塊冰放在手掌上，觀察它的轉變，並記錄融化所需時間。從知識的角度而言，這個實驗固然有助學生了解手掌的熱力使冰由固體轉變為液體，但更精彩的是當同學發覺各組所需時間相差頗大時，便激發起他們主動提出各種原因，以解釋不同組別結果的差異。學生從中學會像科學家般思考，因應客觀的實驗數據提出解釋。此外，學生亦了解這個實驗的結果其實受多個因素的影響，而由於設計實驗時沒有統一這些因素的處理方法，故此導致各組結果的顯著差異。

冰塊融化實驗的課堂語錄：

「我們的時間最快，因為我們不斷磨擦雙手。」

「我們的手可能比其他同學的冷！」

「我看見那組在組員間傳冰，我們卻只由一個組員完成。」

「我們把手攤開，其他組別卻把手合起來。」

在教授水變蒸氣時，老師雖然沒有讓學生動手做實驗，但卻提供了不同環境下衣服變乾的模擬數據。這次學生需要透過小組討論，進一步把可能影響實驗結果的因素分為「相同」和「不同」的實驗條件。在這個思考方向引導下，學生漸漸明白「相同」的實驗條件其實並不會影響兩個實驗結果的差異，只有「不同」的實驗條件才會真正有影響。但部份學生卻不明白為何每次公平測試只可以有一個「不同」的實驗條件，才可以透過實驗得出確切的結論。

因應這個難點，老師在「空氣」單元中，再次為學生提供了解公平測試的學習機會。在鐵釘生鏽的實驗中，老師加強培養學生從不同實驗條件及結果作結論的能力。老師引導學生以列表的方式，清楚臚列各個實驗的資料，讓學生容易對照不同實驗的條件，從而判斷應當作出的結論。

在這次單元組織的經驗中，老師體驗到培養學生的科學思考並不容易。動手活動固然可以作為誘發學生探索科學現象的起步點，但活動的設計也需要結合相關的科學技能和思考，才能有效促進學生進行科學探究，例如：學生觀察冰的融化過程時，也需要記錄其所需的時間，並且從各組所需時間差異的啟發下，提出影響實驗結果的因素。而且這些技能和思考不是在一個課堂可以培養出來的，而是需要多次反覆練習和有系統地組織的。

在設計這個單元的學習時，老師借助公平測試概念加強學生對實驗條件和結果的分析，讓他們掌握「不同」的條件會引致實驗結果的差異，學習作出合理的實驗結論。但老師卻不打算要學生清楚解說公平測試的定義，其背後有兩個原因。第一，公平測試的嚴謹定義對小四學生而言未免過太過複雜，「自變項」、「依變項」和「控制變項」等更非小學生容易掌握的抽象詞彙。而更重要是第二個原因，老師的目標是要促進學生進行像科學家般探究，而不是把科學方法(如公平測試)本身作為知識層面的學習目標。換句話說，老師最期望的是學生經歷探究，而不是說出甚麼是探究。故此，老師著力促進學生主動觀察和記錄數據，嘗試分析實驗的條件和結果，從中作出合理的結論，這更能配合像科學家般思考的取向。



## 在課堂培養學生鑑別與分類的能力

分類是一種廣泛應用在不同領域的思考技能，並不是科學專有的，但當應用在科學範疇時，分類能力便會結合其他相關的科學技能和價值。譬如應用在生物分類時，分類便需要建立在客觀觀察的基礎上，透過有系統的整理與分析去進行，以致生物分類學自身成為一門博大精深的知識體系。可是課本的內容多著重列舉生物的分類特徵，卻少有引導學生觀察生物，或是從比較中歸納生物的分類特徵。學生從課本中得到的往往只是透過分類產生的知識，而失卻了經歷分類的思考過程。

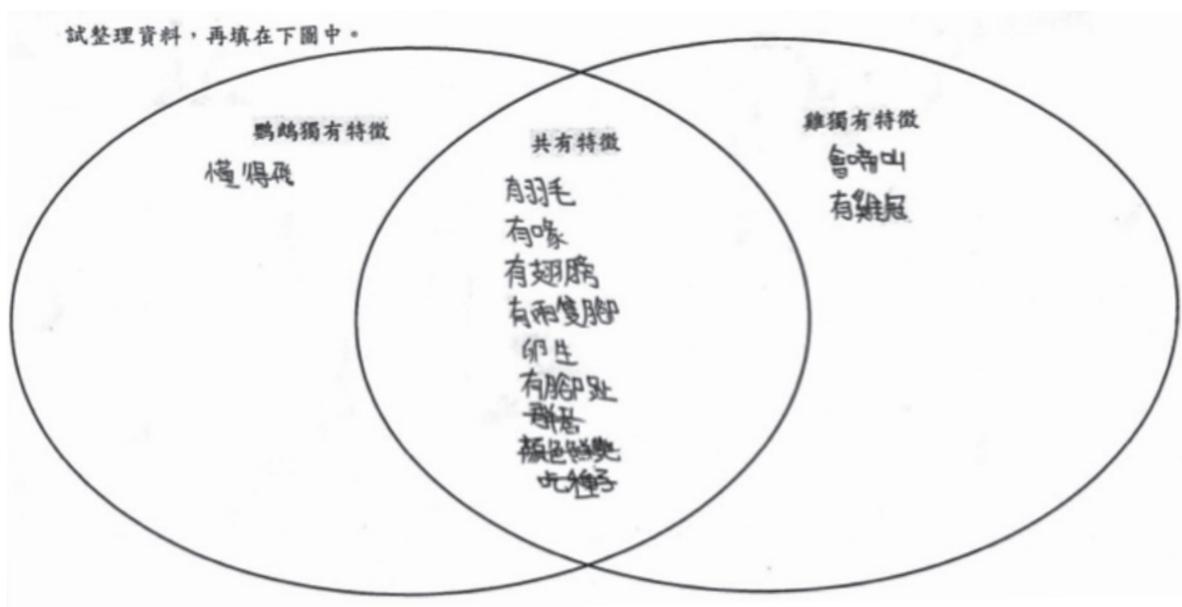
樂善堂梁鈺琚學校的老師在動物分類的課題中，希望學生經驗主動的探究歷程，於是刻意加入觀察和分類作為技能方面的學習目標，以豐富學生的學習。限於客觀條件限制，老師沒法把活生生的動物帶到課室，只能細心挑選合適的動物圖片，讓學生進行細緻的觀察，但這已足夠引起學生投入學習，踏出主動探究的第一步。老師先後為學生提供鸚鵡和雞的圖片，並讓學生記下牠們各自的特徵。往日學生討論記錄一般只是寥寥數字，但今次卻是內容豐富，甚至有組別記下的要點比下面樣本多近一倍。

科學探究往往是從細緻的觀察所引發的，而觀察也能為探究提供重要的資料，例如：學生從觀察中發現鳥的喙與人類的嘴有明顯的分別；而鳥的羽毛和人類的毛髮也有顯著的差異。個人的觀察是常見的學習起步點，而小組和全班的討論則可以讓學生學習向他人提出自己的觀點，同時也從其他人的分享中拓寬自己的思考。此外，在進行課堂匯報時，老師在黑板記下學生所提出的要點。這個簡單的教學策略有助老師和同學掌握豐富的討論內容，讓老師容易跟進學生的思考，同時也促進學生為同儕作出回饋，例如：學生因應同學匯報雞是「吃種子」的，提出雞也會吃蟲，故此應是雜食的。

	鸚鵡	雞
特 徵	-有羽毛 ✓	-有羽毛 ✓
	-有喙 ✓	-有喙 ✓
	-懂得飛	-有翅膀 ✓
	-有兩隻腳	-有兩隻腳
	-卵生 ✓	-卵生 ✓
	-吃種子	-吃種子
	-顏色鮮艷 ✓	-群居 ✓
	-群居 ✓	-會啼叫
	-有腳趾	-有腳趾
	-有翅膀 ✓	-吃種子
	-有創鉤的喙	-顏色鮮艷 ✓

對以上兩種動物所作的豐富記錄正好成為學習分類的練習材料，學生運用溫氏圖把以上鸚鵡和雞的特徵分為兩者共通的和各自獨有的。在過程中，學生學習像生物學家一樣，透過仔細觀察不同的鳥類，從而歸納鳥類的獨特分類特徵。為了進一步引導學生思考，老師提出加入烏鴉，並與鸚鵡和雞的共通特徵作出比較，同學即時提出要剔除「顏色鮮艷」；再加入貓頭鷹的話，同學便提出剔除「群居」。同學明白到生物學家透過研究成果的累積，最終歸納出書本上列出的鳥類分類特徵。





在幫助學生掌握動物分類特徵後，下一步便是引導學生應用這些特徵來鑑別生物。老師提供了蝙蝠的圖片，讓學生比對鳥類和哺乳類的分類特徵。他們發現蝙蝠雖然也有「一對翅膀和一對腳」以及「用肺呼吸」，符合鳥類的其中兩個分類特徵，但它卻同時符合哺乳類的所有分類特徵，故此蝙蝠應被歸為哺乳類，而不是鳥類。學生從中明白動物分類往往不能以單單一個特徵作準，而需檢視所有的特徵。

## 總結

Goldsworthy 等人(2000)的報告提出清楚訊息，學校教育應為學生提供豐富的科學探究經驗，讓學生更全面地發展科學素養。而科學素養所指的不單是科學知識，同時也包括多元化的科學技能和態度的培養，使學生認識科學這門學科是如何靈活地探究世界的。類似的見解亦與不少的國際研究不謀而合，六十多個國家/地區參與的學生能力國際評估計劃(PISA)的要旨也不在測試學生所掌握的課文知識，而是學生在日常生活情境中應用科學的能力(OECD, 2013)，因為社會需要的正是能運用知識的人。學習像科學家般的思考，一方面能夠讓學生領略科學的內涵，同時也正是培養學生應用知識的好方法。

## 參考資料

1. Goldsworthy, A., Watson, R., & Wood-Robinson, V. (2000). *Science investigations: Developing understanding*. Hatfield: ASE.
2. Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *PISA 2015 - Draft Science Framework*. Paris: OECD.
3. Watson, J.R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (2004). *Second Interim Report to the QCA from the ASE/King's College Science Investigations in Schools (AKSIS) Project*. London: King's College.
4. 張善培 (2006)。科學課程改革的挑戰。《基礎教育學報》，第15卷第1期，頁55-57。
5. 蘇詠梅、鍾媚 (2006)。小學科學探究活動：促進兒童科學思維的發展，《基礎教育學報》，第15卷，第1期，頁73-95。

