

透過課程編排提升學生在學習過程中自行探究及學習的經歷

對象：小四級常識科

理念：

近年科學教育的發展越發講求學生在學習的過程中體現探究精神，國際性學生能力測試及本地公開試的評核設計，也強調學生提出疑問、應用原理及設計解難方法。計劃認為科學教學與自主學習關係密切。以科學教學的「5E 探究教學模式」(Bybee & Landes, 1988) 為例，由「投入 (Engagement) → 探討 (Exploration) → 解釋 (Explanation) → 精緻化 (Elaboration) → 評量 (Evaluation)」的探究過程，均可以置入自主學習教學框架中的各個學習階段進行。計劃支援人員與其中一所成員學校的常識科教師於小四級進行協作，透過重新編排課程以提升學生在學習過程中自行探究及學習的經歷。

表 1：「5E 探究教學模式」與自主學習

探究教學模式 (Bybee & Landes, 1988)		自主學習教學框架
1. 引起動機 (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> 引發學生興趣與好奇心 探知學生對前備知識的瞭解情形 	A. 課前預習
2. 探索 (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> 同儕先分享前備知識，並在新的經驗下，對原有觀念產生疑問 教師過程中以問題為核心，澄清學生對觀念的看法 	B. 課堂教學 展示所學、合作探究、點撥釋疑、知識建構
3. 解釋 (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> 鼓勵學生運用前備知識，對所探討經驗及現象作合理解釋 在探討實驗中教師引導學生使用科學的專業用語，加強對於科學知識的瞭解 	
4. 精緻化 (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> 引導學生將科學概念應用於日常生活與事件中，學會將所歸納的科學概念應用或轉移到不同情境中 	C. 課後鞏固
5. 評量 (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> 教師提供機會讓學生評鑑他們所學到的科學概念 	D. 達標檢測

策略及效果：

i. 課程層面：走出教學書的鋪排，以學生興趣及能力重新編排學習環節

計劃人員與學校教師處理的課題為「水的過濾」。即使教學書包含實驗（圖 1），計劃人員觀察到相關鋪排如「食譜」操作，即按照既定步驟（按照預定材料製作「濾水器」過濾污水）得到預定結果（水變得較為清澈），較難令學生發展出科學探究的能力。計劃人員於是與教師改良教學設計。在實驗前，學生於預習環節先猜想不同物料的過濾速度及效果，並指出猜想結果與物料本身特性的關係。如圖 2 中能力較高（甲）和能力較低（乙）學生的估計結果所見，他們均能自行對不同物料的特性進行描述，並就過濾效果及速度進行合理的估計。比較他們的作答，會發現學生對「活性炭」過濾「速度」的估計有所落差，這讓教師得到回饋，需要針對「快慢」這概念進行澄清；又利用這估計的落差調動學生的好奇心提出假設，為實驗過程鋪墊。這應呼應 Bybee & Landes (1988) 提出「引起動機」(Engagement)。

圖 1：教科書中的實驗設計



圖 2：實驗前的預習及學生產出例子

(學生甲)

(學生乙)

物料	物料的特性 (柔軟度、透光度、 疏孔程度等)	過濾效果	速度	物料	物料的特性 (柔軟度、透光度、 疏孔程度等)	過濾效果	速度
1. 絲襪	1. 柔軟度高 彈性 2. 透光度高 好 3. 正疏孔程度中	好 / 不好	快 / 慢	1. 絲襪	解單, 有小孔 柔軟 彈性極高	好 / 不好	快 / 慢
2. 波子	1. 柔軟度低 沒有 2. 透光度高 彈性 3. 正疏孔程度高	好 / 不好	快 / 慢	2. 波子	阻隔沉澱 物 沒有彈性	好 / 不好	快 / 慢
3. 活性炭	1. 柔軟度低 沒有 2. 透光度低 彈性 3. 正疏孔程度中	好 / 不好	快 / 慢	3. 活性炭	吸水, 硬 黑色. 沒有彈性	好 / 不好	快 / 慢
4. 咖啡壺 過濾紙	1. 柔軟度中 少彈性 2. 透光度中 3. 正疏孔程度低	好 / 不好	快 / 慢	4. 咖啡壺 過濾紙	吸水, 薄	好 / 不好	快 / 慢
5. 布	1. 柔軟度低 2. 透光度中 3. 正疏孔程度低	好 / 不好	快 / 慢	5. 布	吸水, 密度高	好 / 不好	快 / 慢

ii. 課堂教學／教師層面：仔細鋪排引導問題及搭建鷹架，協助學生建構知識

圖 3 是實驗前的教學設計。課堂上學生分享猜想的結果，這讓教師有機會了解學生的前備知識，判析學生疑問及誤解，即席澄清概念；又透過提問及討論（例如「甚麼叫好的濾水效果？」），牽繫學生日常生活所知（「探索」Exploration），帶出「過濾所需時間」、「清澈度」等評定濾水效果的準則，並引導學生說出「利用計時器量度」、「於杯後放置白紙比較清濁」等方法，讓學生明白「利用準確量度工具」及「公平測試」等科學專用概念（「解釋」Explanation）。

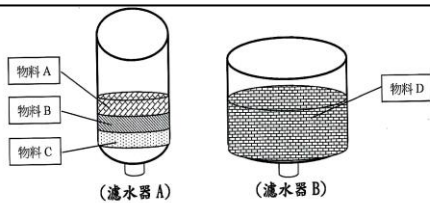
圖 3：實驗前的教學設計

● 小小科學家

- 學生按預習工作紙內容進行小組分享，教師邀請兩位同學向全班匯報預習成果（兩位同學的紀錄須有不同之處，教師按其不同之處，向同學繼續提問）。
- 教師提問：
 - 各過濾物料的特性如何？（疏孔情況？吸水能力？質感？）
 - 如何叫快？可以量度嗎？（用甚麼量度？如何比較？目測？）
 - 甚麼叫好的效果？（清澈度？氣味？過濾的時間？）可以用科學的方法量度嗎？
- 教師於黑板上寫出「一個優質的濾水器是怎樣的？」，並於學生討論（過濾速度快、水要清澈、沒有氣味等）。
- 教師提問：
 - 如何比較過濾速度快與慢？（引導學生說出利用計時器）
 - 如何量度水的清澈度？何謂清澈？（展示 3 支不同清澈度的污水，著學生說出怎樣比較）

透過上述的提問及鋪排，教師能夠在「公平測試」的概念上延伸，讓學生就濾水實驗的設計進行評估及修訂。這個「精緻化」(Elaboration) 的過程，讓學生轉移所學（「公平測試」）於實驗情境。按照學生的產出所見（圖 4），學生掌握除了「物料」的變項外，盡可能讓影響實驗結果的其他變項保持不變。

圖 4：修訂濾水實驗及學生產出



觀察以上兩個濾水器，你能估計出哪一個濾水器中物料的過濾效果和過濾速度較佳嗎？為什麼？

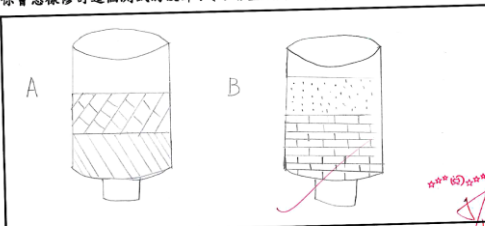
濾水器A。因為物料較多。

這兩個濾水器有甚麼不同之處？

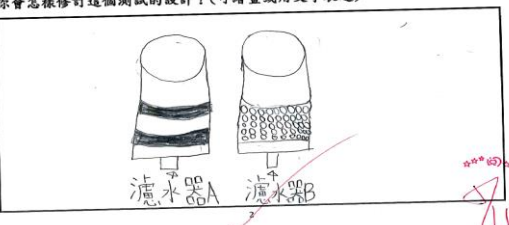
大小不同。2. 使用的物料不同。3. 物料層數不相同。物料數量不同的。

這些不同之處，會否影響測試結果的準確性和公平性？為什麼？

你會怎樣修訂這個測試的設計？（可繪畫或用文字表達）



你會怎樣修訂這個測試的設計？（可繪畫或用文字表達）



在實驗過程中，學生能將之前討論有關測量的準則馬上應用於實驗當中（「評量」Evaluation）。按觀課所見，學生對實驗建立起擁有感，認真地對過濾物料的效能進行觀察（圖 5）。從學生的課業所見，亦能更客觀、準確地紀錄及比較相關數據（圖 6），就課題作出總結。對比實驗前的估計，學生對於濾水物料原本的認知得以被挑戰（例如「活性炭」），從而產生新知識。值得注意的是，以上探究教學的設計，是從「教師主導」的一端過渡至及「學生主導」的另一端，教師按學生水平高低及教學內容深淺拿捏平衡，協助學生自行探究及建構知識。

圖 5：學生觀察濾水物料的效果



圖 6：學生紀錄和比較實驗數據，總結觀察及得到發現

物料	過濾效果	效果排序 (以數字1-6排序， 1代表最清澈， 如此類推)	速度(秒)	速度排序 (以數字1-6排序， 1代表最快， 如此類推)
1. 絲襪	十分清澈 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	4	20s	4
2. 波子	十分清澈 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	5	11s	2
3. 活性炭	十分清澈 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	6	5s	1
4. 咖啡壺 過濾紙	(十分清澈) 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	1	40s	6
5. 布	十分清澈 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	2	37s	5
6. (棉紙)	十分清澈 頗清澈 輕微改善 仍然混濁	3	13s	3

測試結果跟你估計的結果有不同嗎？

①原本以為活性炭的過濾效果是最清澈，但是過濾效果是仍然混濁。②絲襪原本以為是較快的，原來濾出來的速度是較慢。

根據以上測試不同的濾水物料，我們發現：咖啡壺過濾紙的疏孔程度較低，而活性炭的疏孔程度較高。所以咖啡壺過濾紙的過濾效果清澈度較高。

鳴謝：聖公會青衣村何澤芸小學

參考書目：(如適用)

Bybee, J. W., & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25 (8), 36-37.