

學習成果框架與科學探究活動的設計

鄭美紅

香港教育學院

中國 香港 新界大埔露屏路十號

電郵：maycheng@ied.edu.hk

收稿日期：二零零七年三月九日(於五月廿五日再修定)

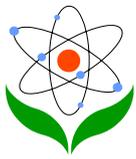
內容

- [摘要](#)
- [前言](#)
- [「科學教育準則」\(Science Education Standards\) 與科學探究活動的設計](#)
- [科學探究活動之設計](#)
- [中學一年級的課題：兩階段式設計之應用](#)
- [評分準則之設計](#)
- [協助學生了解評分準則的要求](#)
- [反思學習與應用科學過程技巧](#)
- [總結](#)
- [鳴謝](#)
- [參考資料](#)

摘要

近年，世界各地（包括香港）進行的教育改革，均提倡使用科學教育準則或學習成果框架。2003年，香港的課程發展議會邀請作者及其研究團隊，為第一至第四學習階段（即年齡界乎六至十七歲）研發「學習成果框架」(Learning Outcomes Framework, LOF)，以協助學生進行科學探究。推行學習成果框架正好配合國際大趨勢，多個國家已實行科學教育準則，比如美國、澳洲及加拿大，這些國家的教師可以參考科學教育準則設計課堂和評估方法，及用以評估能力或學習成果。有了學習成果框架，香港的教師亦可以以之作參考，設計及評估學生在科學探究習作的表現。

本文介紹如何應用學習成果框架以設計科學探究活動。作者建議教師分兩個階段，先讓學生裝備好，然後才做開放式的習作，教師此時則可運用學習成果框



架評估學習成果。本文透過一系列中學一年級生適用的科學探究活動，闡述建議的模式。全文以課堂的實踐建議作結。

前言

2001 年，香港進行教育改革，科學教育因此成為了中小學教育的主要學習領域。2002 年，課程發展議會制訂了小學一年級至中學三年級科學教育的政策及方向（香港課程發展議會，2002）。初中的科學課程分為六個範疇：科學探究、生命與生活、物質社會、能量與轉換、地球與科學以外的事物、科技與社會 (Science, Technology and Society, STS)。其中，以科學探究貫穿其他五個範疇，其學習目標如下（香港課程發展議會，2002，25 頁）：

- 就這些範疇提出假設及測試方法
- 設計及進行科學探究
- 評估測試是否公平，及就研究結果作出結論。

課程檔案還提供了實現的時間表，顯示了項目的迫切性及課程發展者的決心。預期在 2002 至 2005-06 年度，學生能夠（香港課程發展議會，2002，12 頁）：

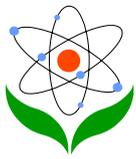
- 設計及進行科學探究
- 對探索當代科學及相關課題展現興趣
- 於科技習作活動中，顯現出基本的科學知識、創意、基本溝通及批判思考的技巧。

2003 年，課程發展議會邀請作者及其研究小組，為第一至第四學習階段^[1]的學生研發學習成果框架，以協助他們進行科學探究。研究小組開發了網頁^[2]

，使學習成果框架得以傳播到學校，並且以一些中一至三的學生習作範本，闡釋學習成果框架的準則。推行學習成果框架與國際發展趨勢配合，科學教育準則已於多國實行，包括美國、澳洲及加拿大。這些國家的教師須參照準則內列

1 香港小一至中五學生（即 6 至 17 歲）的學習水平可分為四個學習階段。小一至小三屬於第一學習階段，小四至小六為第二學習階段，中一至中三是第三學習階段，中四及中五則是第四學習階段。

2 http://cd1.emb.hkedcity.net/cd/science/lof_e/index.htm.



明的能力或學習成果，設計課堂及評估項目。現時，香港的教師可參考學習成果框架，以設計及評估學生在科學探究活動中的表現。

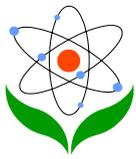
在國際層面，科學教育工作者都指出了一些與教授科學探究有關的問題。大多數的科學教育工作者都認為，科學探究能提供重要及真實的科學經驗 (Minstrell & van Zee, 2000)。科學探究在科學教學所扮演的實際角色，亦經過廣泛研究 (Hodson, 1996)。可是鮮有系統地研究教師對科學探究的本質及目的的。Donnelly(1998) 雖然曾指出，教師如何看待實驗室及實驗室的工作，但是還沒有就教學法作出研究。對於教師覺得該如何進行科學探究及其教學上的考慮的研究卻很少。

本文報告的研究計劃以學習成果框架為起點，釐清學生在科學探究的能力。參與本計劃之教師均在科學探究的設計及評估上獲得支援。本文旨在以學習成果框架，為教師提供設計及評估科學探究的方法。

「科學教育準則」(Science Education Standards) 與科學探究活動的設計

科學教育工作者花了不少心血，致力佐證科學探究能改善學生的學習，及為科學探究下定義。科學探究可以使學生主動參與學習，因而有助對科學概念的理解 (Ryan, 1994)。其他關於中學生的實驗室工作及小學生體驗探究的研究，亦顯示該等項目有助形成對科學持正面的態度 (McMillan & May, 1979; Penick & Johnson, 1983; Hofstein & Lunetta, 1982)。1999年，美國的州科學視導員理事會主動推行「領袖才能、探究及系統思維」(NLIST)，依據美國科學教育標準 (NSES) 為「科學作為探究」下定義，清晰指出其學習成果：「學習事物」及「建構新的知識」。根據「領袖才能、探究及系統思維」的定義，科學探究是一種「多面的活動」，即包含多個活動：「計劃研究」、「以用具去搜集、分析及詮釋資料」、「提出答案、解釋及預測」、「表述結果」。這些過程均需要學生全心全意地投入其中，運用批判及邏輯思維技巧。

由於教、學及評估應協調 (Shepard, 1995)，評估方法須為科學探究活動計劃的一部分，而且能夠處理因之而衍生出來的特色及學習成果。Millar、Gott、Lubben 及 Duggan (1995) 設計了一套計劃，分四個等級，困難程度等級逐漸提高，反映 9 至 14 歲兒童的科學思維技巧，從幾乎沒有任何計劃或目標，到懂得使用自變數或自變量預測趨勢。Crossland(1998) 提出一個具有五個等級的模式，以供科學探究時設計及評估之用，從觀察、說話及畫圖，進展到能在簡單的情境下進行科學實驗。雖然這些計劃可評估學生的科學過程技巧及科



學思維能力，但沒有評估學生如何「建構新的知識」，而且沒有明顯就將來參與探究訂立要求。

科學探究活動之設計

本研究計劃的科學探究活動有兩個階段：初階及進階。這個模式讓教師清楚看得見，如何根據學生的需要及能力，設計科學探究活動。雖然培養獨立學習及計劃科學探究的能力很重要，但是教師亦需要意識到學生可能沒有具備所要求的知識及技巧，不明白評分準則上的要求，這一點同樣重要。對於第一次進行研究的學生，教師應注意到學生先需要時間成功完成習作、培養對科學學習及研究的興趣，才能進一步發展計畫科學探究的技巧。

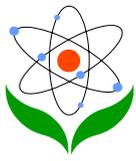
第一階段或初階的活動比較短、不太困難，旨在培養學生對科學探究的興趣、熟悉基本的科學過程技巧及評分準則。Colvill 和 Pattie (2002)指出，在嘗試較複雜或長期的研究活動前，須先讓學生熟悉基本的過程技巧，例如量度、觀察、操控儀器。在研究活動方面，這正好與他們的想法一致。Solano-Flores 和 Shavelson (1997)則對照發展比較研究所需的高程度和低程度探究。低探究的活動包括提供預備知識，如書面指引、習作相關或包涵的例子。教師會告訴學生需要修改的地方及其原因。因此，在初級階段，教師加以支援學生，促進他們的科學探究技巧的發展及對評分準則的理解。

學生有了基礎知識及技術後，教師可著他們進入進階部分，設計科學探究。他們可以使用指引或工作紙作為研究的指引，有需要時教師可給予支援，但須考慮到這並非教師主導的教學策略。教師可給予空間，讓學生可以作同儕及自我支援，以及推動自我學習的能力。習作要求學生計劃、分析及總結結果，旨在提昇學生在科學探究計劃的能力。進階的設計與 Chin (2003)提出的模式相符。該模式包含在研究初期基於已有知識釐訂問題、進行預測；計劃及設計階段；進行研究；分析、詮釋及匯報結果，以及探究完成後進行反思。這些階段或結構提醒教師可設計不同形式的指引，以及需要在不同的階段監察學生的進度。

中學一年級的課題：兩階段式設計之應用

在本研究中，學習對象為中學一年級生，小組形式進行，以能量為探究主題。學生的科學學習活動包括兩個階段，針對以下八項科學過程技巧的學習與評估：

1. 資料蒐集 – 普通



2. 資料蒐集 - 觀察
3. 記錄數據
4. 預測
5. 計劃
6. 界定變因
7. 解釋
8. 結論

評分準則及活動的設計均能處理以上的科學過程技巧。這一組的科學探究活動的設計考慮了評分準則的要求。學生在第一階段(初階) 首先會透過三個科學活動，學習基本的科學過程技巧，以及加深對評分準則的認識，待於第二階段應用。第二階段(或進階) 就一個情境探究問題，讓學生自行設計一個探究實驗，應用所學到的科學概念和科學過程技巧。學生參考過評分準則設計太陽灶。活動過程需時約一個月。於第二階段，教師可讓學生花二個星期到一個月的時間進行研究。圖一概述兩個階段的活動的情況。 本文旨在與教師分享科學探究活動的設計和評分準則的綱要。第一階段(初階) 內的活動一和第二階段(進階) 內的探究活動將於下文詳細闡述。

圖一 兩個階段的活動內容簡介

學習單元

能量(中一)

科學活動(初階)

1.) 科學力量 - 電力(資料蒐集 -- 普通)

學習重點：資料蒐集的程序、一手及二手資料的整理、撰寫資料來源的方法

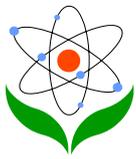
活動重點：蒐集有關電力的發展史和香港現有的發電情況，從而學習資料蒐集的技巧和注意事項

一課節 + 家課

2.) 神奇罐子(預測；資料蒐集--觀察；記錄數據)

學習重點：運用理據支持預測；有系統的觀察；繪畫觀察結果的技巧

活動重點：透過一個簡單的黑盒實驗(特別設計的罐子)，讓學生學習預測、觀察、繪



圖的技巧，以及各項技巧不同的學習要求。

兩課節

3.) 魔法摩天輪 (界定變因; 計劃; 解釋; 結論)

學習重點: 界定問題的變因 (要素)、設計探究方法、解釋實驗得出的數據、從實驗數據歸納結論

活動重點: 透過提供一個思考問題, 讓學生認識問題是有不同的要素組成 (變因), 繼而學習各類要素的特點 (界定變因); 以及學習作出解釋和結論的注意事項。

兩課節

科學探究活動 (進階)

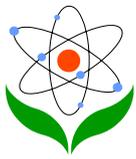
探究主題: 製作太陽灶 / 電池效能測試 (資料蒐集 -- 普通; 資料蒐集 -- 觀察; 記錄數據; 預測; 界定變因; 計劃; 解釋; 結論)

學習重點: 評估學生從科學活動中所學的科學過程技巧的應用。

活動重點: 根據教師的指示, 學生進行自主科學探究活動。過程中, 教師會從旁協助, 學生須自行設計和完成科學探究計劃。

評分準則之設計

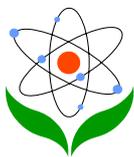
第一階段屬於學習部分, 而第二階段則為應用部分。故此, 教師於初階段和進階扮演不同的角色, 分別為演示者和促進者。由於學生在第二階段會進行自主學習, 他們因而必須清楚探究活動的要求, 所以學生指引和評分準則的運用是十分重要的。學生指引列出了活動所涉及的工作及其範圍, 而評分準則則描述了各項工作的要求。表一為評分準則, 建議於第二階段進行開放式探究習作時使用。



表一 第二階段科學探究活動的評分準則

學習成果	第 4 級	第 3 級	第 2 級	第 1 級
活動一 資料蒐集 - 普通	<ul style="list-style-type: none"> 能從不同的資訊渠道蒐集有關資料，並把它們恰當地組織出來，以及在適當時把數據轉化為其他模式 所有的資料都附上正確的資料來源 	<ul style="list-style-type: none"> 能從不同的資料渠道蒐集有關資料 全部資料都附有資料來源 	<ul style="list-style-type: none"> 能從不同的資料渠道蒐集有關資料 大部分資料都附有資料來源 	<ul style="list-style-type: none"> 能從人及書本蒐集有關資料 小部分資料都附有資料來源
活動二 資料蒐集 - 觀察	<ul style="list-style-type: none"> 除進行有系統的觀察外，還指出在觀察時須注意的事項及 / 或未完善和建議改善的地方 	<ul style="list-style-type: none"> 有系統地從外至內進行觀察，並在有需要時運用工具協助 	<ul style="list-style-type: none"> 借簡單工具幫助，細心觀察物件及 / 或事件 	<ul style="list-style-type: none"> 以五感觀察物件和現象
記錄數據	<ul style="list-style-type: none"> 除運用不同方法詳細地記錄觀察結果外，還以不同方式編制和顯示數據，例如列表和棒形圖 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細地繪畫觀察結果，並加上標籤及文字描述，有系統地描述各部分的關係；或運用合適的圖表記錄測量數據，並附有量度單位 	<ul style="list-style-type: none"> 運用圖畫記錄觀察結果，並加上適當的標籤；或運用合適的圖表記錄測量數據 	<ul style="list-style-type: none"> 運用文字、圖畫、圖表、實驗記錄觀察、結果、量度資料等，如實地記錄觀察結果
預測	<ul style="list-style-type: none"> 以已知理論及 / 或法則為基礎作預測 	<ul style="list-style-type: none"> 根據既有實驗證據為基礎作預測 	<ul style="list-style-type: none"> 根據自己的科學意念及個人觀察，預測結果 	<ul style="list-style-type: none"> 以個人觀察，預測結果
活動三 界定變因	<ul style="list-style-type: none"> 在界定及控制變因時，考慮實物數量和質量兩方面 	<ul style="list-style-type: none"> 界定探究問題中的變因；在計劃探究實驗時控制適當的變因及其變化範圍 	<ul style="list-style-type: none"> 分辨探究問題中的變因；建議在探究期間控制變因的辦法 	<ul style="list-style-type: none"> 指出探究問題中的變因
計劃	<ul style="list-style-type: none"> 為已知問題提出適合的實驗程序和方法；或 / 及明白甚麼驗證可支持或反駁觀點 	<ul style="list-style-type: none"> 以合理的假說為科學探究的基礎，計劃及執行與科學過程相符的科學探究 選擇適合的儀器和證明選擇恰當 	<ul style="list-style-type: none"> 提出一些切合（多個）科學探究的問題及一系列尋找答案和解決問題的方法 選擇適合的儀器 	<ul style="list-style-type: none"> 提出可由科學探究解答的簡單問題及探究方法 隨意選擇可進行實驗的儀器
解釋	<ul style="list-style-type: none"> 識別不同形式數據的異同、模式或關係 	<ul style="list-style-type: none"> 為與證據一致的觀察提出解釋 	<ul style="list-style-type: none"> 從觀察及量度記錄中確定趨勢及因果關係 	<ul style="list-style-type: none"> 簡單觀察後，確定物件及事件類別
結論	<ul style="list-style-type: none"> 結合多項測試結果作出結論 	<ul style="list-style-type: none"> 區分合理和不合理結果 	<ul style="list-style-type: none"> 以觀察及所得資料或結果作結論 	<ul style="list-style-type: none"> 以觀察所得作簡單結論

(註：著色部分之項目比較困難，所以只會在「傑出表現」等級中呈現，與表二著色的項目相符。)



在第一階段，三個活動均集中於以上提及的一個或多個科學過程技巧，譬如活動三，旨在發展學生的設計、解釋及總結能力。評分準則的要求是基於學習成果框架而編寫的（表二）。學習成果框架中，括號裡的每一個編碼代表著一個項目。第一個數位代表項目的適用等級，比如 3 C0 2 即代表預期學生的學習成果為第三學習階段，2 IN 2 則代表預期學生是第二學習階段。第二及第三個字母，如 C0 或 IN 代表科學過程技巧。最後一個數位則是一格內的學習成果的次序，例如 2 IN 1 是第二學習階段的格內的首個學習成果，2 IN 2 則是這一格裡的第二個學習成果。這一系列活動的評分準則參考了學習成果框架內相關的描述而設計。例如評分準則裡對「第 1 級」的要求與第一階段的學習成果相符。沒有在活動中直接處理的學習成果，可能置於要求最高的「第 4 級」，或難以達到因而沒有放在評分準則內。表二中，較困難的學習成果以灰色標示，與表三著色的項目相符。表三內的斜體字表示與本計劃中的科學探究活動無關，因此沒有於表二中出現。由於這是該組中一生第一次進行科學探究習作，所以把原本屬於表三第三學習階段的學習成果置於「第 4 級」或「第 3 級」，第一和第二學習階段的學習成果則分別列於表二的「第 2 級」和「第 1 級」的等級下。這樣設計評分準則，適用於因為沒有進行科學探究經驗，而展現出有限的能力及知識的學生，使他們可以從「第 2 級」或「第 1 級」開始；他們可參考評分準則，了解第三學習階段應有的學習成果，以達到更高層次的表現。

表二 與學習成果框架內的活動相關的項目

活動	學習成果	第三學習階段	第二學習階段	第一學習階段
活動一	資料蒐集 - 普通	(3 I 1) 從第一及第二手資料中，包括文字、列表、圖表，節錄相關資料，將資料恰當組織起來 (3 I 2) 把數據轉化為其他模式	(2 I 1) 確定社區、圖書館及 / 或互聯網上內的資料 (2 I 2) 適當運用資料	(1 I 1) 從人及書本中尋找資料 (1 I 2) 在教師支援下使用資料
活動二	資料蒐集 - 觀察	(3 0 1) 有系統地觀察物件及 / 或事件 (3 0 2) 以科學概念決定哪些主要性需要觀察 (3 0 3) 認識一些影響觀察素質的因素	(2 0 1) 借簡單工具的幫助，細心觀察物件及 / 或事件	(1 0 1) 以學生五感（如觸覺、聽覺）發掘物件和現象
活動二	記錄數據	(3 R 1) 為觀測所得的數據製作有系統和準確的筆記及圖表 (3 R 2) 以不同方式編制和顯示數據，例如列表及棒形圖	(2 R 1) 製作棒形圖及頻率匯算表 (frequency tallies) 來表達資料及數據	(1 R 1) 如實記錄數據 (1 R 2) 用文字、圖像、圖表、實物記錄觀察、結果、量度資料

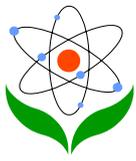


	<i>預測</i>	(3 P 1) 為預測提出理由以分辨預測與猜想之別 (3 P 2) 以既有實驗證據為基礎作預測 (3 P 3) 以已知理論及 / 或法則為基礎作預測	(2 P 1) 運用自己的科學意念和個人觀察作出預測 (2 P 2) 知道同一件事件可以有不同預測	(1 P 1) 讓學生對身邊環境的一些簡單事件作出預測，然後將預測跟實際作出比較
活動三	<i>界定變因</i>	(3 D 1) 控制適合的變因來設計實驗 (3 D 2) 解釋實物數量和質量	(2 D 1) 分辨對科學探究有關的變因 (2 D 2) 建議在探究期間控制變因的辦法	(1 D 1) 認識科學探究包括比較一些在探究期間改變或不改變的變因
	<i>計劃</i>	(3 PL 1) 為探究擬定假說 (3 PL 2) 計劃和執行與科學過程相符的科學探究，如公平測試這個概念 (3 PL 3) 選擇適合儀器和證明選擇恰當 (3 PL 4) 為已知問題提出適合的實驗程序及方法 (3 PL 5) 明白甚麼驗證可支持或反駁觀點	(2 PL 1) 發問一些切合 (多個) 科學探究的問題 (2 PL 2) 建議一系列尋找答案和解決問題的方法 (2 PL 3) 選擇一個對問題與情況合適的方法	(1 PL 1) 發問一些很大機會可以由科學探究解答的簡單問題 (1 PL 2) 提供物料及方法作探究之用
	<i>解釋</i>	(3 IN 1) 識別不同形式數據的異同、模式或關係 (3 IN 2) 為與證據一致的觀測提出解釋 (3 IF 2) 透過肉眼觀測的現象推斷抽象理論	(2 IN 1) 從觀察及量度記錄中確定趨勢及關係 (2 IN 2) 提供和確定因果關係	(1 IN 1) 簡單觀察後，確定物件及事件類別
	<i>結論</i>	(3 CO 1) 結合不同探究方式的結果作出結論 (3 CO 2) 區分合理和不合理結果	(2 CO 1) 以觀察及所得資料或結果作結論 (2 CO 2) 以已解釋的結果為基礎，解釋結果與總結之別	(1 CO 1) 對初步問題提供答案 (1 CO 2) 以觀察所得作簡單結論

(註：斜體代表在這組科學探究活動沒有關係的項目，著色部分表示比較困難，主要是等級三的要求。)

協助學生了解評分準則的要求

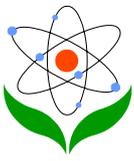
為了協助學生運用學生指引和評分準則及明白各項技巧的要求的原因和重要性，在科學探究活動的第一階段（初階）（圖一）中，教師除了著重概念和技巧的教導外，還須引導學生思考各項技巧有著不同程度的要求。



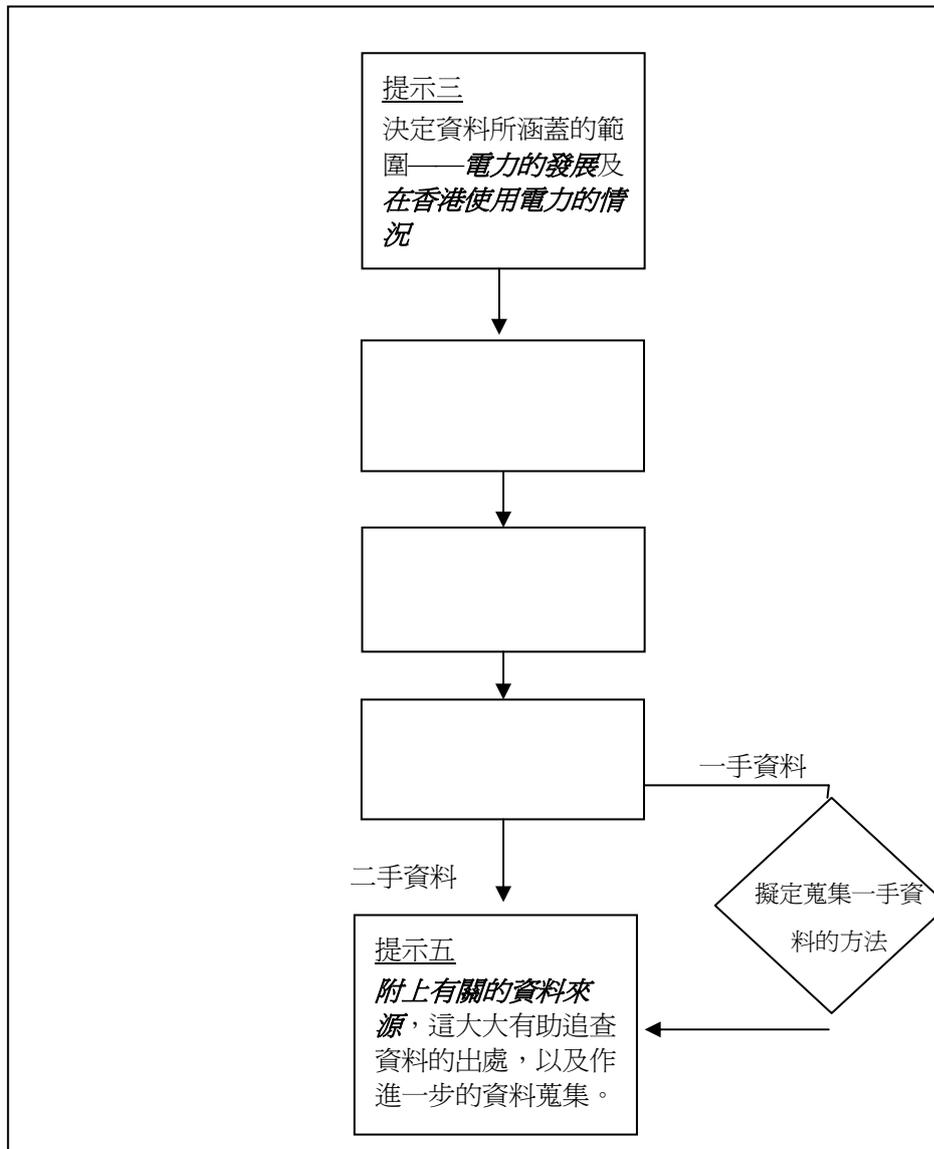
根據上述的評分準則，學生必須認識各等級表現的要求和訂定的原則，因此在學習科學活動初階的一至三的（科學力量、神奇罐子、魔法摩天輪，見圖一）過程中，教師除了需要幫助學生於每一個活動中發展科學過程技巧外，還需要協助他們明白不同等級的要求。以下將就活動一加以闡述。活動一是讓學生經歷資料蒐集的過程，認識資料蒐集的程序和附有資料來源的重要性，以及分辨一手資料和二手資料之別，以決定所需資料的類別。活動設計的基本原則包括：

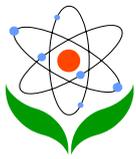
1. 資料分為一手及二手兩種。一手資料是親自蒐集所得的，例如：訪問、問卷調查、實驗、考察等；而二手資料是經由其他資料來源而得到的，例如：書籍、互聯網、百科全書等。
2. 資料蒐集的方法 -- 從不同的資訊渠道（例如：互聯網、百科全書、科學雜誌等）蒐集有關發電方法的二手資料。
3. 決定資料所涵蓋的範圍。
4. 如果不能透過二手資料解答有關問題，便要蒐集一手資料。
5. 附註有關的資料來源，這大大有助追查資料的出處，以及作進一步的資料蒐集。

教師用以上五項原則作提示，讓學生排列該五項提示的先後次序，引導他們思考及認識資料蒐集的過程。教師可利用圖二之流程表引導學生思考：



圖二 引導學生想出搜集資料的過程之流程表





圖三 學生運用搜集資料過程之所學，進行資料蒐集和分析

你的工作

1.) 你現要蒐集有關 **電力的發展**及 **香港使用電力的情況**兩方面的資料。請在下面的工作流程圖內，根據資料蒐集的程序，填上上述五項提示的先後次序：

根據蒐集所得的資料，回答以下 8 題必答問題，以及提出 1 至 2 題自選問題：（請附註資料來源）

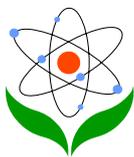
- a. 誰發明電力？
- b. 電力是如何產生的？
- c. 發電方法有哪幾種？
- d. 香港的供電公司是依賴哪幾類方法發電？
- e. 什麼是再生能源？
- f. 香港有沒有運用再生能源？
- g. 列舉各類發電方法的好處和壞處。
- h. 由先至後順序排列出發電方法的發展次序。

你的工作

2.) 你現要蒐集有關 **電力的發展**及 **香港使用電力的情況**兩方面的資料。請在下面的工作流程圖內，根據資料蒐集的程序，填上上述五項提示的先後次序：

根據蒐集所得的資料，回答以下 8 題必答問題，以及提出 1 至 2 題自選問題：（請附註資料來源）

- a. 誰發明電力？
- b. 電力是如何產生的？
- c. 發電方法有哪幾種？
- d. 香港的供電公司是依賴哪幾類方法發電？
- e. 什麼是再生能源？
- f. 香港有沒有運用再生能源？
- g. 列舉各類發電方法的好處和壞處。
- h. 由先至後順序排列出發電方法的發展次序。



明白了搜集資料的程序後，學生進行資料蒐集，及處理搜集所得的資料，解答提出的問題（圖三）。

活動中，教師先定出一些必要的問題，然後讓學生在過程中，選出其他相關的問題，目的是令他們深入思考搜集所得的資料。完成這個活動後，教師引導學生了解評分準則的要求。討論部分附以工作紙（圖四）作支援。教師可以要求學生根據其困難程度，排列各項要求的次序。闡述了各等級的要求後，學生會明白，在資料搜集方面該如何改善自己的表現。在圖四的活動中，教師最後鼓勵學生作自我表現評估。

圖四 協助學生理解資料蒐集評分準則的要求的工作紙

根據以上的學習經驗，可得出有關資料蒐集的三個元素：

1. 資料蒐集渠道
2. 與問題的相關性
3. 資料來源

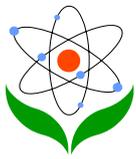
如果把「資料蒐集」技巧的難度分為不同的等級，1 為最初級，4 為最高級，請分辨出以下學習要求的等級(1 至 4)，並且進行自我評估，評估自己所屬的等級及建議如何可改善自己的學習表現。

第 4 級	第 3 級	第 2 級	第 1 級
<input type="checkbox"/> 能從不同的資訊渠道蒐集有關資料，並把它們恰當地組織出來	<input type="checkbox"/> 能從不同的資料渠道蒐集有關資料	<input type="checkbox"/> 能從不同的資料渠道蒐集有關資料	<input type="checkbox"/> 能從人及書本蒐集有關資料
<input type="checkbox"/> 所有的資料都附有正確的資料來源	<input type="checkbox"/> 全部資料都附有資料來源	<input type="checkbox"/> 大部分資料都附有資料來源	<input type="checkbox"/> 小部分資料都附有資料來源
<input type="checkbox"/> 能簡單扼要地解答全部問題	<input type="checkbox"/> 能正確地解答全部問題	<input type="checkbox"/> 能正確地解答大部分的問題	<input type="checkbox"/> 能正確地回答一至二題問題

所屬的等級： _____

改善學習表現的建議： _____

(註：斜體為參考答案及建議成就等級。)



反思學習與應用科學過程技巧

在整個學習過程中，教師可要求學生製作一份學習檔案，記錄活動中想到及考慮到的東西。這有助學生檢討 / 反思活動的學習重點（圖五），進行自我評估（圖六）及小組評估（圖七）。完成第一階段的活動後，應該增進了學生對評分準則的要求的理解及改善表現的方法。最重要的是，教師需要鼓勵學生於探究階段二應用學到的科學過程技巧。教師以故事或情境引介階段二的活動，要求學生在荒島上製造食水（圖八）。學生並不是孤身設計太陽灶的，教師會以相關新聞作討論，協助他們著手思考及設計，推動資料搜集，以找出設計太陽灶的建議。討論自製太陽灶的報導節錄自網頁[3]³，指出太陽灶的用途和好處及介紹一至兩個有關太陽灶的網址（圖九），指出太陽灶的設計特點。學生指引包括新聞報導及網址，亦指出第一階段的活動一及三相對應的內容。教師可向學生分發活動指引及評分準則（表一）。

進行科學探究活動前，教師指導學生填寫探究計劃書。這可協助學生訂定工作範圍和內容重點，作為各項任務的依據。任務計劃包括下列三項：

- 任務要求
- 可應用的科學過程技巧
- 列出工作範圍和內容

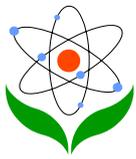
進行科學探究活動的過程中，教師須跟進各組學生的工作進行。當學生於探究取得一定成果時，教師可安排學生在班上匯報成果，進行交流，這有助他們檢討自己的工作。讓學生參與反思、自評及同儕互評，可讓他們知道自己的優點與缺點，從而為改善日後的探究定下路向。評估表、反思及計劃書可以成為學生的學習檔案的一部分，記錄研究進度及探究過程中的想法。

圖五 學習檔案內的反思問題

活動名稱：

1.) 在今次活動中，你學會哪些科學概念？

[3] <http://taiyangzao.ebigchina.com/sdp/318635/3/main-1292189.html>，於 17/1/2006 瀏覽



2.) 在今次活動中，你學會哪些技巧？

3.) 你還想學習哪些科學概念及技巧？

4.) 在活動的過程中，你曾遇到什麼困難？如何解決？

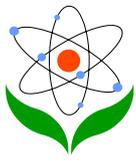
圖六 自我評估

學生姓名：_____

第一部份

請在適當的空格內填上「✓」

	優	良	尚可	有待改進
1. 我小心觀察，並在筆記簿上作記錄。				
2. 使用量度工具時，我會留意其準確度。				
3. 我適當及安全地使用實驗材料。				
4. 完成實驗後，我會協助清理。				
5. 我小心遵照老師的指示。				
6. 我小心閱讀工作紙上的指示。				
7. 我有參與討論，找出答案。				
8. 我明白實驗的目的。				
9. 我了解實驗的設計。				
10. 我明白如何分析這個實驗。				
11. 我有向組員提出問題，並顯示我對有關課題的好奇心。				
12. 當我有不明白的地方，會尋求協助並提出問題。				
13. 我盡力協助組員。				



第二部份

1. 請描述此實驗中你最喜歡的一個項目：
2. 請描述你在此實驗中做得最好的地方：
3. 請描述兩種方法，以改善你日後參與小組實驗的表現。

圖七 小組評估

(注意：你必須與所有組員討論答案，共同完成下列評估工作。各答案應得到各組員核實。)

第一部份

請在適當的空格內填上「✓」

	優	良	尚可	有待改進
1. 我們能設計和進行探究。				
2. 我們能善用課堂時間，並在進行專題研習時盡量減少閒談。				
3. 我們分工合作，平均分配組員的工作。				
4. 我們互相幫助，亦尊重每位組員。				
5. 我們嘗試了正面的合作技巧，包括：聆聽、組員共同進退、討論及互相鼓勵的技巧。				
6. 如有不清楚的地方時，我們都會向老師提出問題。				



第二部份

請寫下你的姓名，並描述你在小組中所擔任的主要工作：

組員一： _____

組員二： _____

組員三： _____

組員四： _____

圖八 製作及測驗太陽灶 學生指引

探究情境

假如你流落荒島，島上沒有任何水源，你認為可怎樣解決食水問題？蒸餾法是解決方法之一，但這需要一個提升溫度的裝置。根據能量轉換的概念，太陽灶是將太陽能轉為熱能的裝置。你的任務是製作一個可用於蒸餾食水的太陽灶。

你的工作

任務一：蒐集關於太陽灶的資料（參考科學活動一）

- 構造
- 所涉及的科學原理
- 效能
- 日常生活的應用

任務二：指出太陽灶的設計特點（參考科學活動三）

- 根據太陽灶的構造和所涉及的科學原理，詳細地指出太陽灶的設計特點

任務三：設計太陽灶（參考科學活動二及三）

- 綜合任務一和二的結果，設計一個可提升溫度至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的太陽灶，並將其設計詳細地繪畫出來



任務四：製作及測試太陽灶（參考科學活動二及三）

- 預測太陽灶的效能
- 根據設計製作太陽灶，並且訂立測試其效能的步驟

任務五：檢討太陽灶的效能及其在日常生活中的應用（參考科學活動三）

- 比較測試結果和預期結果，檢討設計及提出改善太陽灶效能的方法
- 指出你的設計在日常生活中的應用

任務六：製作及匯報測試報告

- 以書面及 / 或多媒體形式，把任務一至五的工作成果展示出來
- 限時十分鐘，在班上進行小組匯報
- 向匯報的其中一組提問 最少一個問題或建議

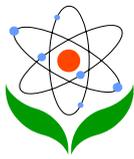
工作要點

1. 留意各項任務的要求及所涉及的科學過程技巧（**Science Process Skills**）。
2. 評分準則內已詳細列出整個活動的評估範圍和達到要求的準則。
3. 根據評分準則和任務要求，擬定各項任務的工作範圍。
4. 在進行各任務前，製作工作進度表，記錄預期及實際的工作進度。以下是填寫工作進度表的注意事項：

- 必須包括“日期”、“預期完成的工作”、“未完成的工作”及“實際完成的時間”四項。如下圖：

<u>日期</u>	<u>預期完成的工作</u>	<u>未完成的工作</u>	<u>最後完成的時間</u>

- “日期”和“預期完成的工作”兩欄必須在進行各任務前填寫，以便預計所需的時間。此部分可參考探究計劃書的內容。
5. 因為匯報時間有限制，所以應以資料的重要性揀選匯報內容。
 6. 提問的問題要具意義性，是一些有助理解研究結果的問題。



圖九

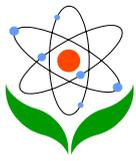
有關太陽灶的網址

- 邢台市太陽灶廠
<http://www.hbxtwdl.ebigchina.com/sdp/318483/3/main-1290619.html>
- <http://www.xzhuaguan.com/kpzs/kp5.htm>
- 太陽灶之家
<http://www.tynz.cn/>
- 新聞
<http://news.big5.enorth.com.cn/system/2005/05/13/001023220.shtml>
- 中國大百科全書
<http://wordpedia.pidc.org.tw/Content.asp?ID=14925>
- 衡水市桃城區宏興太陽能灶具廠
- <http://zhangfusheng1.ebigchina.com/sdp/152710/3/cp-476404.html>
- <http://translate.google.com/translate?u=http://solarcooking.org&langpair=en|zh-CN&hl=en&ie=UTF8>
- <http://solarcooking.org/>

總結

評估在課程的推行中扮演著重要的角色 (National Research Council, 1996; Shepard, 2000)。White 和 Fredericksen (1998) 點出可靠的評估非常重要，其探究之學習成果的特色包括，批判性研究資料、制定假設的能力、設計實驗的能力、想像實驗獲得的訊息、分析資料以作出結論。有了這些建議，科學教育工作者及教師應專心致力於發展可靠的評估及學生進行科學探究的能力。

是次科學探究活動針對沒有參與開放式習作經驗的學生的學習需要而設計。由於教師經常遇到沒有足夠時間完成課程或授課的問題，所以這些活動不僅是為了發展科學過程技巧，還與「能量」的課題相配合，因此毋須劃出額外的教學時間。可是時間仍然是影響活動成敗的關鍵，教師需要給予時間讓學生觀察、思考、下結論。要是沒有教師的幫忙及上課時間，學習成果將難以得以實現。

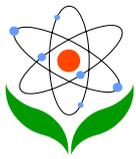


鳴謝

香港教育學院的研究撥款、教育統籌局的計劃資助，以及參與是項研究計劃學校的支持。

參考資料

- Chin, C. (2003). Success with Investigations. *The Science Teacher, February 2003*, 34-40.
- Colvill, M. & Pattie, I. (2002). Science skills- the building blocks, *Investigating, 18* (4), 27-30.
- Crossland, J. (1998). Teaching for Progression in Experimental and Investigative Science. *Primary Science Review, 53*, 18-20.
- Donnelly, J. (1998). The place of the laboratory in secondary science teaching. *International Journal of Science Education, 20*(5), 585-596.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion, *Journal of Curriculum Studies, 28* (2), 115-135.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. M. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research, 52*, 201-217.
- McMillan, I. V. S., & May, M. J. (1979). A study of factors influencing attitudes toward science of junior high students. *Journal of Research in Science Teaching, 16*, 217-222.
- Millar, R., Gott, R., Lubben, F., & Duggan, S. (1995). Children's performance of investigative tasks in science: A framework for considering progression. In M. Hughes (Ed.), *Progression in Learning*. USA : Multilingual Matters Ltd.
- Minstrell, J. & van Zee, E.H. (Eds.) (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington , D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- National Research Council. (1996). *National Science education standards*. Washington , D.C.: National Academic Press.
- Penick, J. E., & Johnson, R. T. (1983). Excellence in teaching elementary science: Some generalizations and recommendations. In J. E. Penick (Ed.), *Elementary science: Vol. 1 (2) Focus on excellence*. Washing, D.C.: National Science Teachers Association.
- Ryan, C.D. (1994). *Authentic Assessment*. Westminster, CA: Teacher Created Materials, Inc.
- Shepard, L. A. (1995). Using assessment to improve learning. *Educational Leadership, 54* (5), 38-43.
- Shepard, L.E. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher, 29* (7), 1-14.



Solano-Flores, G. & Shavelson, R.J. (1997). Development of performance assessments in science: conceptual, practical, and logistical issues, *Educational Measurement: issues and practice, Fall*, 16-25.

White, B.Y. & Fredericksen, J. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction, 16*, 3-118.

香港課程發展議會（2002）。《科學教育 - 學習領域課程指引（小一至中三）》。香港：政府印務局。