

小學科學探究學習的探討

蘇詠梅

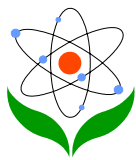
香港新界大埔露屏路十號
香港教育學院數社科技學系

電郵：wiso@ied.edu.hk

收稿日期：二零零六年三月廿七日(於六月十五日再修定)

內容

- [摘要](#)
 - [緒論](#)
 - [研究背景](#)
 - [研究的重要性](#)
 - [研究目的](#)
 - [研究的待答問題](#)
 - [文獻探討](#)
 - [科學教育的發展](#)
 - [科學性探究學習](#)
 - [科學探究的相關研究](#)
 - [在專題研習中進行科學探究](#)
 - [科學探究學習的檢視](#)
 - [對文獻探討的綜論](#)
 - [研究方法](#)
 - [研究結果](#)
 - [學生的科學探究過程](#)
 - [學生的科學探究成果](#)
 - [結論與建議](#)
 - [結論](#)
 - [建議](#)
 - [未來研究方向](#)
 - [參考文獻](#)
-



摘要

本文主要分析香港小學生透過科學性專題研習進行的科學探究學習。研究對象為參與二零零三年第六屆「常識百搭」科學專題設計比賽的十六隊得獎隊伍，年齡約是十至十二歲。從研習書面報告及口頭匯報，探討小學生在進行科學性專題研習時的探究想法、設計、測試、闡釋、理解、應用和反思，為探究學習設計提供具參考性的例子及啟示。從本研究分析中發現這群小學生透過不同的想法來探討主題，在探究設計中提出問題及訂定假設，在測試中控制變因作比較，在闡釋中搜集、整理及分析資料，達至建構對科學的理解、應用科學在日常生活中及反思學習的成果。最後，本文亦就研究成果建構一個展示科學探究模式的架構供研究及設計探究學習的參考。

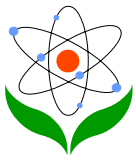
關鍵詞：科學性專題研習、探究學習

壹. 緒論

一. 研究背景

「常識百搭」小學科學專題設計比賽早在一九九八年由香港教育學院科學系及當年的香港教育署聯手舉辦。舉辦活動的構思來自常識科的教與學。小學常識科課程(課程發展議會, 1997)建議在教學中多利用專題設計作為學習活動，目的除了能使學生對課題有深入的認識外，更可培養他們的表達、觀察、思考和判斷能力。學生同時亦可藉此機會去體驗如何有效地與同儕合作完成工作(蘇詠梅, 1998)。此外，活動亦希望在新推行的小學常識科課程中加強學生的科學學習。在這多年來，香港科學館亦加入為主要的舉辦機構，參加的隊伍由十多個發展到百多個，甚至部分小學在校內舉辦同類活動讓更多小學生有機會參與專題性探究學習。每年的活動有不同的主題，形式也作了修改，如加強資訊科技的部分，讓學生有更大更多的發展空間。

參與的小學生，年齡約是十至十二歲，以小組形式，在指定日期遞交建議書，然後由多名大專、中學及小學老師組成的評選團作初步評選及提出改善建議。建議主要是注意研習的可行性及加強科學性的闡釋。經過兩個多月在校內的研習，參與隊伍齊集在科學館展覽廳內擺放攤位(學生要準備一塊 A1 大小的展板，再用實物、模型或電腦簡報輔助口頭匯報)，在指定時間內向其他隊伍、參觀者及評判口頭匯報其研習過程及成果。此外，評判在評選時亦會參考隊伍製作的研習報告。主辦機構每一年都為得獎專題作品修訂及出版刊物(蘇詠梅，



2003a)，一方面分享學生的成就，讓其他仍未在這方面發展的學校作參考，亦藉此難得機會進行探討小學生進行科學性專題探究的研究。

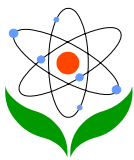
二. 研究的重要性

Warwick (2000) 指出直至九十年代中期，在中、小學內還是欠缺一個有系統進行科學探究的意識，讓學生得到所需的科學知識來處理日常遇到的科學問題。雖然 Hodson (2004)認為現今小學科學教學已較少著重知識的灌輸，而多讓學生主動學習及參與科學性探究，但研究發現在香港小學常識科課堂中，主要採用由老師講述的教學模式，學生多缺乏參與科學探究的活動 (So, 2002)。Lazarowitz 及 Tamir(1994)和 Sutman (1996) 都指出即使課堂上有實驗等探究式活動，但是大多數實驗都以驗證式(食譜式)為主，學生完全依照課本裡所列的程序完成實驗，以驗證老師或書本上所描述的現象，較少刺激學生的邏輯思考能力，亦沒有培養他們的創造力。Crawford (2000) 也認為一般課堂的科學實驗主要是找尋答案，與學生在日常生活中解決困難並不一樣。

近年不少科學教育的學者提出探究學習的好處(Krajcik, Blumenfeld, Marx & Soloway, 1999; Anderson, 2002; Schneider & Krajcik, 2002; Kanari & Millar, 2004; Rivert & Schneider, 2004)。Metz(1998)更指出對學生進行探究學習能配合科學教學的過程及內容。學者對探究學習的高學習效能的描繪，令教師對探究性學習存疑惑之心，引起一連串的問題(蘇詠梅及吳本韓，2005)。究竟科學探究是什麼一回事？如何進行科學探究？科學探究是否必須要做實驗？探究是否必須由學生提出問題？提出問題後教師是否不可提供任何資料給學生作探究？教師這些對探究性學習的觀念和極端做法容易影響學生學習：一種做法是認為探究性學習在課堂是不可行而不作採用，另一種做法是對任何年級或不同學習能力及興趣的學生施以同一手法，即完全放手讓學生自由探究。但 Crawford(2000)在研究中提出教師在學生的科學探究活動中的參與應該比任何一種教學策略為多，因為教師要提供或設計有利探究學習的學習環境 (Krajcik, Czerniak, & Berger, 2003)。從是次研究分析所得的討論建議，期望能提供教師一個在設計科學探究學習的指引，讓有意設計探究學習的教師，就著已得的認知及既有的能力設計教與學，來為學生實踐科學探究學習。

三. 研究目的

本研究的目的是探討香港小學生在科學專題研習中的探究學習情況，從小學生的科學性專題研習成果報告中闡釋及探討其探究過程。希望從研究中得到相關的啟示，了解小學生的專題探究式學習。更期望從研究的分析及討論中能夠啟示小學教師推行科學性專題探究活動。原因是研究(Lawson, 1995)列舉了教師所提供的十個不進行科學探究學習的原因，顯示教師在這方面的困難。

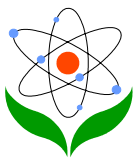


Roehrig 和 Fulie (2004)也指出影響教師使用探究活動的限制，包括對科學本質及科學探究的理解、教學內容知識、教學信念及對學生管理的關注等，教師對學生進行探究學習的認識多寡也是影響因素之一。Crawford(2000) 建議多發表研究報告闡釋探究學習實例，讓教師不用憑空想像教學策略。因此本研究亦會就所得的資料作出建議、啟示及加強小學教師對科學探究的理解，從而協助教師克服部分影響他們採用及設計探究學習策略的限制。

四. 研究的待答問題

本研究論文主要就探討小學生的科學性專題研習，從而道出有關探究學習的設計。為了能更準確地提出有關探究工作進程的資料，論文參考了多年來眾學者所提出的一些探究的過程及特徵而設計待答問題。其中包括(1) National Research Council (1996)對探究的描述：觀察、提出問題、參考、計劃、檢視、收集、闡釋數據、建議解決辦法、解釋及預測和匯報成果；(2)National Research Council (2002)近年發表的探究重要特徵：提出問題、用證據來解答問題、解釋、與科學知識作連繫和溝通。參考這兩份資料足以包羅科學教育界所認同的科學探究工作。此外，也參考(3) Pearce (1999)適用於分析兒童的工作的探究式科學指標核對表；(4) Hollins 及 Whitby (2001)提出的科學探究還應包括‘心到’及‘手至’的過程，以確保兩份由 National Research Council (1996, 2002)得來的探究特徵沒有遺漏的地方。雖然本研究是與小學生有關，但亦參考了(5)Duggan & Gott (2000)的一套工業僱主所要求且與科學教育有密切關係的技巧，以得到一套較全面性的研究待答問題。下列研究問題的設定主要是歸納以上的參考資料，找出眾學者認同的探究工作進程。而專題書面報告及學生口頭匯報的內容分析主要沿著這些問題來探討小學生的科學探究。

1. 探究想法 Ideas for inquiry
 - 學生的探究想法是怎樣產生的？
2. 探究設計 Design of inquiry
 - 專題研習中有哪些陳述目的、提出可測試的問題及建立合理的假設？
 - 學生從哪裏獲得有助探究的資料？
3. 探究測試 Investigation
 - 學生選用哪些測試用品？
 - 學生設計哪些測試？
4. 闡釋 Interpretation of data
 - 學生如何有系統地和合乎邏輯地收集數據？
 - 學生有哪些方法演繹資料數據？
 - 學生如何分析資料數據及得出結論？
5. 探究成果 Inquiry outcome



- 學生有什麼科學理解？
- 學生如何應用從探究取得的科學理解？
- 學生有哪幾方面的反思學習？

貳. 文獻探討

一. 科學教育的發展

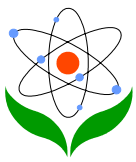
科學教育在二十世紀大部分國家的學校課程中有著相當的地位，當中出現過標誌科學教育的口號包括有「做個科學家」("Being a Scientist")、「透過動手來學習」("Learning by doing")、「求過程、不求結果」("Process not Product")、「全民科學」("Science for All")、「兒童對世界的認知」("Children making sense of the World")，但對於課程組織及進行學習的方法就沒有太大的共識(Hodson, 2004)。科學教育從以前只著重科學知識概念，到現在重視及強調科學的應用，尤其是與日常生活的配合。課程內容由只著重概念到概念與過程並重，重視科學、科技與社會的結合，發展至今更強調科學探究與科學性思考(蘇詠梅及吳本韓, 2005)。

二. 科學性探究學習

其實遠在八十年代已有從事科學教育的學者及專家提倡讓學生進行科學探究活動，認為探究能促進學生發展科學思考和探究技巧的能力和**方法**，是有效學習科學的方法(AAAS, 1989; Tamir & Lunetta, 1981)。Watson, Fulian 和 McRobbie (2004) 以及眾科學教育者(Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Duschl, 2000; National Research Council, 1996)都認為探討如何進行科學探究是科學教育的其中一個主要目的。Kanari 和 Millar (2004)認為學習科學探究已廣泛地被視為科學教育的主要目標來得到科學理解及知識。在近年的香港教育改革文件都提出探究式學習的好處，如在常識科課程指引(課程發展議會, 2002)提出探究式學習是以學生為中心，發展知識、共通能力¹及價值觀的學習；透過鑑定問題，蒐集資料來解決問題，學生是知識的主動建構者。

杜威(Dewey, 1963)認為探究應是以兒童為中心，由兒童定下問題所在，發展方案和計劃來收集數據及找出解決方法。布魯納的「發現學習論」對科學探究學習影響很大，他認為學生並非僅為知識學習者，更應該是主動的探究者，強調

¹香港政府在二零零零年發表的《終生學習全人發展：香港教育制度改革建議》(教育統籌委員會, 2000)文件中強調要發展學生的共通能力。共通能力是幫助學生學會學習的基礎。通過不同科目或學習領域的學習與教學，可以培養學生的共通能力，這些能力還可以應用於其他不同的學習情況。九種共通能力包括：協作能力、溝通能力、創造力、批判性思考能力、運用資訊科技能力、運算能力、解決問題能力、自我管理能力和研習技能。



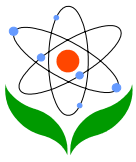
要參與過程，以獲取知識(Bruner, 1966, 撰自張春興, 1998)。科學探究的方法，強調學生應從一個現象的問題開始，主動參與，先提出假設，再根據假設收集並分析證據，進而設計並進行研究，而非只是學習自然現象的答案而已(AAAS, 1989)。美國國家研究議會(National Research Council, 1996)就探究作出較仔細的描述：探究包括觀察；提出問題；參考書本及其他資源；計劃探究；檢視已有的知識；運用工具來收集；分析及闡釋數據；建議解決辦法；解釋及預測和匯報成果。美國國家科學教育標準(科學性探究)發展小組；美國科學、數學及工程教育中心；美國國家研究議會(Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, National Research Council, 2000)指出「探究」不單是科學家探索自然世界時所做的工作，就自然現象提出解釋及收集有關的證據。「探究」亦是學生探索知識的工作，包括提出問題、策劃工作及根據數據檢視已有的知識。當中更提供了探究的五個重要特徵：(1)提出問題；(2)運用證據來解答問題；(3)解釋；(4)與科學知識作連繫；及(5)溝通。

三. 科學探究的相關研究

在參考相關的研究時發現不少都採用質性的研究方法進行的，如劉宏文、張惠博(2001)為高中學生進行開放式探究活動進行個案研究來探討問題的形成與解決。他們的研究選用了在1998-1999學年度參與開放式科學探究活動的三組共九位學生，以質性研究法探討學生在開放式探究活動中如何形成問題，如何解決問題及問題的解決方法有何特質。研究討論指出學生提出的問題，多來自學生的學習與生活經驗。雖然學生從進行的科學活動與科學家的工作有差距，但所得探究經驗仍富意義。Rop(2002)探討一個化學教師對學生在探究活動中提出問題的信念。研究結果指出在課堂中鼓勵學生提出問題的探究精神的種種困難。以上的研究提供了探究問題的探討，有助解答本研究部分的待答問題。

還有些研究作較全面的檢視，如蔡佩穎與張文華(1999)也是用質性的研究方法，但主要是探討學生進行實驗活動的過程與概念學習的成效時得到的結論，包括在實驗教學情境中，學生從教師所搭建鷹架的教學流程和小組進行實驗的社會互動過程中獲得概念理解。Metz(1998)探討兒童能力可及的科學探究活動也發現同儕協作學習的重要性。

有些研究主要探討數據及證據的收集及闡釋如Kanari和Millar(2004)，以及Sternadel(2004)。Kanari和Millar(2004)指出研究顯示雖學生大都能設計及進行簡單探究活動，但他們所收集的數據經常不足及所作的結論與數據不符。所以他們設計研究，嘗試探討二十個分別是十、十二及十四歲的學生在科學探究工作中對數據和量度的理解，及學生們如何從數據資料中作推論。Sternadel(2004)在檢視學生進行探究工作時如何闡釋從搜集的證據。Goodnough和



Cashion(2003) 探討學生在進行問題為本學習(Problem-based learning)時有助發展探究學習，原因是學生要主動探討一個開放性的問題來尋求不同的解決方法。以上的研究雖然探討的範圍有別，但亦為解答本研究多項待答問題提供了線索和方向。

四. 在專題研習中進行科學探究

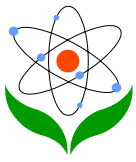
究竟如何與小學生進行科學探究？Martin-Hansen(2002)更建議了三個探究模式學習種類，包括(一)結構式探究：教師主導引領探究，學生跟隨指示，達成特定的結果；(二)引導式探究：教師協助設計及進行探究，教師選擇探究問題，教師學生共同商討如何進行，教師教導學生所需技巧；(三)開放式探究：以學生為中心，學生提出問題、設計及進行探究。此外，Bodzin 和 Cates (2002)認為探究式學習也有不同的主導程度，由學習材料主導到學生主導，學生的自主程度與教師或學習材料主導程度成反比。不同的探究模式對教師及學生的能力都有不同的要求。

Hodson (2004) 發現科學性的電視節目及書籍比學校的科學課更能引發興趣。原因很簡單，就是學校的科學課較沈悶，內容抽象及理論性的議題與日常生活無關，而且較其他科目艱難，提供較小的空間發展學生的學習興趣、創意、個人理解及表達。相反，專題性探究就能提供機會讓學生與他人合作來探討具重要性及有意義的問題(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)。

為著提升學生的素質，為學生提供終身學習及全人發展所需的基本學習經歷，香港在近年的課程改革中，指出專題研習是探究式學習的其中一種(課程發展議會，2002)。專題研習是一個著重「過程」及「成果」的學習，需要學生親身深入探討一個問題或一事情。在過程中，著重基本科學概念及科學技能(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)，從多方面找尋資料或採用不同的方法來整理及分析資料以解決問題。很多時候還需要與父母及同學合作，最後把研習所得資料作分類、記錄、分享和反思。鍾嶺崇及祁永華(2005)指出學生必須具備一些基礎能力來完成專題研習的任務，基礎能力中包括了各個探究的技能。

許素(2002)認為以專題進行科學探究學習，學生能針對所探究的專題主動思考而提出問題，在解決問題的過程中，習得相關的科學概念與處理問題的能力，並培養出細心、耐性的科學態度，達致完整的學習。此外，通常涉及自然現象的專題研習都可透過進行實驗性探究來引證或探索(蘇詠梅，2003b)，目的是驗證所提出的假設。在專題性的探究中，學生不單提出問題、作決定及計劃，還製作產品(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)。

五. 科學探究學習的檢視



Harlen (2000)建議兩個主要收集數據的方法來評估學生的科學探究學習，包括觀察學生的行為及分析學生的書面報告。她指出不是所有關於學生探究技能的數據都能夠從即場觀察收集的，而學生的書面報告通常能提供有用的資料，如：能夠闡述學生如何進行觀察、預測及計劃。Harlen, Marco, Reed 和 Schilling (2003)更建議多項評估學生科學工作的方法。除觀察外，參閱學生的工作事例也是有效的方法。此外，Krajcik, Czerniak 和 Berger (2003)認為學生在科學專題探究的成果能展示學生的學習，也可作評估用。

六. 對文獻探討的綜論

從以上文獻探討中體會到科學教育在不斷發展，而發展方向是以學生為本的學習。而以學生為本的科學性探究同時著重過程技能與概念學習。從相關的研究中得知研究多採用質性的方法及探討科學探究教學或學習中的個別部分。文獻探討展示質性研究有助探討中、小學生在探究活動時過程與學習成效。希望本研究也能就此方向，探討一群香港小學生在科學專題探究活動中學習的經驗，從而建構一個科學探究模式的架構，讓有意為學生設計科學探究學習的教師提供指引，讓學生實踐科學探究來達成科學概念學習。

參. 研究方法

一. 研究對象

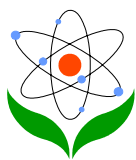
本研究的取樣是二零零三年「常識百搭」小學科學專題設計活動中十六隊得獎隊伍的研習書面報告及其匯報錄影片段。參與這些研習書面報告的學生來自十六所香港的小學，人數約七十名，年齡界乎十至十二歲，以小組形式進行研習及匯報成果。

二. 資料收集與分析

研究方法是採取質性的內容分析以獲取資料，用待答問題作指引內容分析的方向，來探討小學生進行專題研習時的科學探究工作。內容分析的方法是把多個研究待答問題表列，然後反覆閱讀每一份研習報告的內容，按個別問題尋找例證，同時也觀看學生口頭報告的錄影片段，以進一步確認內容分析的準確性。(錄影片段可瀏覽 <http://pspc.hkedcity.net> 網頁內歷屆活動中的第六屆)。

肆. 研究結果

一. 學生的科學探究過程

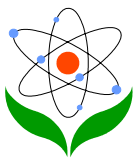


1. 探究想法的產生

小學生在報告中提及他們探究想法的來源，主要有以下九方面：包括從日常生活經驗、從用品中得到啟發、曾經學習的知識、學校生活經驗、閱讀參考資料、對環保的意識及新聞時事。此外，亦有是學生的個人興趣及屬純個人創作。在十六個探究研習中，有六個研習的想法是單一方面的，而其餘十個研習的想法則啟發自多於一個來源(表一)。

表一：研習的探究想法

探究想法 研習事例	日常生活 經驗	從物品得 到啟發	曾經學習 的知識	學校生活 經驗	閱讀參考 資料	對環保的 意識	新聞時事	個人興趣	純創作
1：Keep feed 新態度	✓								
2：萬能小幫手	✓	✓							
3：神奇的水控帳篷	✓								
4：幻想時空		✓	✓						
5：夢幻魔鏡迷宮									✓
6：磁力公園									✓
7：賽龍舟	✓								
8：綠化「天台」降溫 環保計劃				✓	✓	✓			
9：節省能源浴缸	✓					✓	✓		
10：萬用疏氣傘架				✓		✓			
11：環保樂器 shake shake 洋娃娃	✓					✓		✓	
12：座無虛設	✓	✓							
13：乒乓球發球器		✓		✓					
14：聰明書包				✓					
15：濾水再生匣			✓			✓			
16：磁浮飯車				✓					



在多於單一想法來源的十個研習中，有半數的想法起源自一個靈感，再依據這靈感而啟發整個研習的意念。以下是一個例子：

研習 4「幻想時空」：*「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。」*這個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到的科學知識。

有五個研習的想法是同時受多個來源影響的，以下是一個例子：

研習 11「環保樂器 shake shake 洋娃娃」：*「我們喜歡吃麥當勞的 shake shake 薯條，當我們把薯條和調味料放入紙袋中，然後搖動，就發出 shake shake 的聲音。我們對音樂很有興趣，所以想做一件獨一無二的樂器，既方便又環保，同時又可以奏出悅耳的音樂，給大家欣賞之用。」*學生從日常生活經驗、對環保的意識和學生的個人興趣而誘發得來的研習想法。

從分析中發現學生的探究想法雖然各有不同，但都是為解決所遇到的問題作為出發點，從而進行探究。Krajcik, Czerniak 及 Berger (2003)在介紹幫助學生發展探究問題時也指出，提供及創造環境讓學生進行觀察和讓他們找出已有的知識都是重要的。

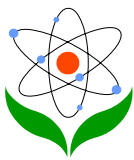
2. 探究設計

2.1 陳述目的、提出問題及建立假設：

除一份研習沒在報告內展示探究目的，其餘所有研習都有陳述探究目的，然而大都未有系統地構想可測試的問題或建立合理的假設。只有一份(研習 8 的綠化「天台」²降溫環保計劃)能夠清楚陳述探究目的、建立假設和提出問題；三份報告既陳述探究目的又提出問題；一份報告陳述目的和建立假設；一份報告只建立假設和提出問題，卻沒有陳述目的。

此外，學生較少提出一連串的問題來引導探究的進行，十六個探究中只有五個提出一連串問題，例子如下：

²屋頂花園



研習 3：神奇的水控帳篷

- 電磁鐵上的磁力是如何產生？
- 電磁鐵如何令帳篷放下？
- 如何將帳篷拉回原位？
- 槓桿原理如何配合滾珠開啟開關按鈕，將閉合電路切斷？
- 為什麼滾珠和帳篷會向下跌？

這一連串相關的問題對研習 3 的學生來說意外重大，能夠幫助學生得出整個研習的藍圖。Krajcik, Czerniak 及 Berger (2003) 也曾討論為研習的主問題發展連串次問題及介紹教師如何指引學生發展次問題。

同樣地，學生也不擅於建立假設來引導探究的進行，十六個研習中只有三個曾建立假設來進行探究，其中只有一份設有多個假設。例子如下：

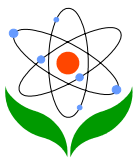
研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃

- 假設「在屋頂花園種植物、設置有水的儲水缸能降低室內的溫度；沒有栽種植物或設置有水的儲水缸的樓宇，室內溫度是不會降低的。」
- 假設「屋頂花園有儲水缸的樓房室溫較低。」(第一階段實驗二)
- 假設「屋頂花園種有植物的樓房室溫較低。」(第一階段實驗三)
- 假設「植物的覆蓋範圍越大，越能降低樓房的室溫。」(第一階段實驗三)
- 假設「屋頂花園種植物和有儲水缸能更有效降低室溫。」(第二階段實驗三)

分析展示本研究的學生並不著重假設的建立。其實在探究設計時，除探究問題外，建立假設是有助學生源著自行既定的方向進入探究之路，就所得數據確定或否定先前預作的假設。這個發現對教師引導學生進行探究時多誘導學生作假設有極大意義，因為教師可以此為鑑，加強對學生的指引，讓學生在日後的科學探究中，從不斷的假設上應用或理解更多科學的知識。

2.2 學生獲得有助探究資料的途徑

由分析可見，在十六個研習中，除了一份研習沒有列明參考資料外，其餘都顯示學生透過不同途徑取得所需的資料。當中可見學生所得到的參考資料來源頗



多元化，但主要集中於向老師發問(12份)、閱讀兒童科學叢書(9份)和瀏覽網頁(7份)；而向家長(3份)、同學(2份)和學校技術人員發問(3份)及閱讀課本(3份)為較少。

全部研習都沒有在內文中引用或標明他們參考資料的來源。其中十份研習報告，學生在「學生感想」、「致謝」及「參考資料」部份透露出他們曾得到他人的指導和列出他們曾閱讀過的參考書目和網頁名稱。雖然全部報告都沒有使用完整的引證系統(如書目名稱、作者、出版年份、出版地點、出版社、參考頁數、網頁名稱等)，但從學生在報告中向他人的教導和所提供的意見的致謝，顯示同學曾參考與研習主題有關的其他資料。由此可見同學透過發問和聆聽來得到額外的參考資料，可惜的是報告都沒有提及他們發問的內容。

3. 探究測試

3.1 選用合適的用品

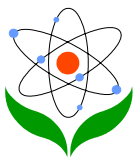
在科學探究中，學生經常使用家中的日用品以量度或收集數據，有需要時也使用其他的用具或儀器。如：研習 13 (乒乓球發球器)，學生使用不同級數的馬達和電池來打出乒乓球，並分別使用冰條棒、廁紙筒、塑膠湯匙作測試以推出乒乓球往不同方向。以下歸納出十六份研習經常使用的用具：

- 日常用品：響鬧鐘、電池、海棉、刷子、沙紙、小型吸塵機、棉花等。
- 玩具：四驅車、積木、橡皮彈珠、滾珠等。
- 廢棄物：化妝品膠瓶、塑膠水瓶、沙石、牛奶瓶、舊雜誌、冰條棒、紙皮、紙包飲品盒等。
- 植物：三裂蟛蜞菊。
- 實驗用品：鐵棒、溫度計、燒杯、玻璃棒、濾紙、過濾網、熱溶膠、石蕊試紙等。
- 文具：黏膠帶、剪刀、尺子、切割刀、圓規、漿糊、白膠漿等。
- 電子儀器：強力馬達、轉向按鈕、電路開關按鈕、電線、測溫儀、感應按鈕、顯示燈、電晶體等。

分析顯示學生們不單善用日常生活中的用品如玩具和文具，還應用了簡單的實驗用品和電子儀器，來進行他們的科學探究活動。

3.2 公平測試

十六份研習的探究方式集中在「實驗測試」和「設計與製作」，有十三份研習使用「實驗測試」；而全部研習都採用「設計與製作」，當中有五份研習曾進



行兩次或以上的測試。

另外，除了三份研習只採用「設計與製作」的探究方式外，其餘的都採用兩種或以上的探究方式，當中有八份研習同時使用「實驗測試」和「設計與製作」；四份研習採用「實驗測試」、「設計與製作」、「公平測試與比較」三項的探究方式；一份研習用了「實驗測試」、「設計與製作」、「公平測試與比較」、「找出規律」四項的探究方式。

由此觀之，雖然沒有研習採用「分類與鑑別」和「探索」的方式進行探究，但是學生大都懂得透過設計實驗和製作來進行探究。同時，我們發現學生在進行探究時均有嘗試控制變項，如使用不同的材料進行測試。

3.3 控制變項

雖然只有五份研習採用「公平測試」與「比較」的探究方式，但從這五份研習中可見學生理解變數及懂得運用控制變項。他們能夠在改變一個因素及維持其他因素不變的情況下進行實驗測試，從而加以比較。例如：用相同份量的水、相同重量(或數量或大小)及種類的物料來做測試；在進行測試時也懂得把其他因素(如時間、高度、面積、測試次數、測試方法、收集數據的方法、量度器具及外在環境因素)維持不變。由此可見，學生懂得把這些項目維持不變，來取得可靠、準確的探究結果和重要性。

以下是使用不同物料和在不同情景進行測試用以比較的例子：

a. 用不同物料作比較：

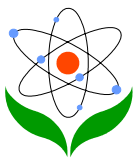
- 用塑膠水管和硬卡紙作比較，找出最適合製作「旋轉滑道」的材料。(研習 4：幻想時空)

b. 在不同情景進行測試：

- 測試在禮堂屋頂灑水和不灑水的降溫散熱功用。(研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃)

本研究中只有三分之一的科學專題研習有運用控制變項進行測試來找出最佳的解決方案，而其餘三分之二的作品都欠缺較公平的測試。尤其是涉及設計與製作的研習，採用不同物料、時間或其他因素作測試，很可能會得出不同的效果。在分析其他沒有採用控制變項的研習時發現學生都需要採取重複探究或改變探究方式來改善他們的探究。

3.4 重複探究或改變探究方式的原因



約百分之七十研習都有重複探究或改變探究方法以取得更可靠數據或得出更滿意的效果。當中最常見的改變就是在「實驗測試」和「設計與製作」這兩方面，全部曾採用「實驗測試」和「設計與製作」的研習報告都有重複探究或改變探究內容以改善其製成品。而他們的改變原因以解決在製作時所遇到的問題為最常見，以下是一些例子：

- 把配件貼在膠板上會脫離馬達轉軸，遇上摩擦力又會停下，故改用塑膠水瓶蓋。(研習 2：萬能小幫手)
- 磁石邊緣會相吸，故採用鑲嵌和阻隔的方法。(研習 6：磁力公園)
- 卡紙的硬度不足，使推動「手推」時甚為費力，而加厚卡紙又阻礙轉動，故改用木塊。(研習 7：賽龍舟)
- 把銅管改成一個個連接的圓形以加大接觸面積，這便可以收集更多熱能及提高熱能交換器的工作效率。(研習 9：節省能源浴缸)
- 馬達轉數太強使發泡膠架承托不起，改用木板作為乒乓球發球機的支架。(研習 13：乒乓球發球器)

從各研習在重複探究或改變探究方式部分來看，歸納出以下五方面的改變方向，包括改善用品的方便使用程度、增加設計的美感、改用更有效的用品、改用對人體影響較小的物品及改用價錢較便宜的物品。

a. 改善用品的方便使用程度

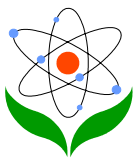
- 飼料下墜時與地面碰撞而四彈，故利用塑膠水瓶先收集飼料，以縮短飼料與地面的距離。(研習 1：keep feed 新態度)
- 拉篷式設計難於控制，故改用滾動式的帳篷。(研習 3：神奇的水控帳篷)

b. 增加設計的美感

- 只利用多塊鏡子組成的迷宮，趣味性及玩意成分不濃，故把其變成一座堡壘迷宮。(研習 5：夢幻魔鏡迷宮)
- 書包外圍裝置了鬧鐘、天秤、電子感應器看起來不美觀，可把這些儀器合成一個，放於書包的底部，不外露。(研習 14：聰明書包)

c. 改用更有效的用品

- 把配件貼在膠板上會脫離馬達轉軸，遇上摩擦力又會停下，故改用塑膠水瓶蓋。(研習 2：萬能小幫手)
- 以彈珠代替鐵珠，以解決鐵珠過重使薄荷片承托不住的問題 (研習 3：神奇的水控帳篷)



- 玻璃黏合劑和釣魚線都不能黏合塑膠水瓶，最後以熱熔膠來黏合塑膠水管。(研習 10：萬用疏氣傘架)
- 冰條木棒產生的力度不足以發球，最後改用尺子作發球棒。(研習 13：乒乓球發球器)

d. 改用對人體影響較小的物品

- 紅外線熱能感應按鈕會影響視力，對人體有害，故放棄使用。(研習 12：座無虛設)

e. 改用價錢較便宜的物品

- 光線感應按鈕安裝複雜、價錢昂貴，故放棄使用。後來選擇利用人體重量，配合磁力同極相斥的特性和「閉合電路」的原理，來顯示座位有否被佔用。結構簡單而且成本低，準確度也高。(研習 12：座無虛設)
- 馬達耗電量大，用乾電池作電源，既不環保而且價錢昂貴，改用濕電會更好。(研習 13：乒乓球發球器)

4. 數據闡釋

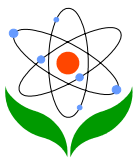
4.1 有系統地收集數據

學生透過科學儀器和觀察，有系統地收集數據，包括收集清潔的效能、使用的方便度、溫度、重量、聲音、速度、氣味及試紙的改變。以下是他們收集數據的方式：

- 清潔的效能(研習 2：萬能小幫手及研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃)；
- 使用的方便程度(研習 1：Keep feed 新態度及研習 3：神奇的水控帳篷)；
- 溫度(研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃及研習 9：節省能源浴缸)；
- 重量(研習 12：座無虛設及研習 14：聰明書包)；
- 聲音(研習 11：環保樂器 shake shake 洋娃娃)；
- 速度(研習 4：幻想時空、研習 13：乒乓球發球器及研習 16：磁浮飯車)；
- 氣味(研習 15：濾水再生匣)；及
- 試紙的改變(研習 15：濾水再生匣)。

4.2 資料的整理

全部學生都使用文字來展示數據和記錄探究的過程及成果。除了一份研習(研習 5：夢幻魔境迷宮)只運用文書處理外，其餘的都同時使用其他展示方法，且圖



文並茂。約有四分之三的研習多以相片展示資料，有一半的研習選擇自行或利用電腦繪圖。明顯地，同學使用這些方法不但使說明更清楚易明，也增添了報告的色彩。

另外，也有少數學生選擇以表格(4份)(如研習 15：濾水再生匣)、一份用統計圖表(研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃)和一份用列算數式(研習 16：磁浮飯車)來展示數據。使用表格、統計圖和列算數式可以把數據重點展示出來，令數據資料更清晰、簡潔。

4.3 分析數據及作出結論

學生在科學探究中曾使用「公平測試」與「比較」這兩種探究方式，都能夠透過分析資料數據而得出合理的結論和提出建議。另外，使用「設計與製作」這方式的報告都作出了科學性的解釋，且與小學課程有關。以下是一些學生作分析的例子：

a. 作出合理的結論

- 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。(研習 15：濾水再生匣)

b. 作出科學性的解釋

- 當電路閉合時，有電流通過由漆皮線做成的線圈，產生磁力，使鐵棒成電磁鐵，攝著帳篷的鐵棒，固定帳篷的位置。為了省力，開關按鈕需連接一枝長長的棒桿。棒桿長度需要加長，是因為要將力點與支點之間的距離增加。(研習 3：神奇的水控帳篷)

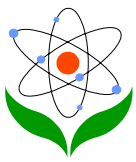
其他研習的科學性解釋包括完整電路、力的作用、滾輪原理、磁力、槓桿原理、齒輪原理、熱的傳導、聲音的產生及水的功用。

c. 作出合理的建議

- 地產商在設計樓宇時若能加入以儲水缸、種植植物(特別是大葉片的植物)的方法來降溫，不久的將來能在地少人多的香港見到「空中花園」。(研習 8：綠化「天台」降溫環保計劃)

4.4 搜集到新的資料數據時提出新問題

只有研習 8 (綠化「天台」降溫環保計劃) 在搜集資料後再提出新問題。學生



比較在屋頂花園上種植大葉片植物和小葉片植物的平均室溫後，發現葉片較大的植物能令室溫較低，於是再從這搜集到的資料中，決定在植物旁設置儲水器，再做實驗去找出新問題和知識。

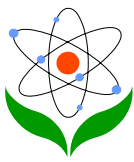
二. 學生的科學探究成果

5. 科學理解

所有研習的學生都能夠在探究過程中，透過不同資料來源幫助理解和學習科學。有些學生根據之前所學的想出新意念；有些從書本和互聯網取得新的知識；有些從探究實驗中獲得更穩固的理解；有些則在結論部分能深入闡釋科學概念。學生理解的科學概念分別有：完整閉合電路(6份)、作用力和反作用力(1份)、地心吸力(3份)、滾輪原理(1份)、槓桿原理(1份)、磁力(3份)、光線的反射現象及平面鏡子中的反射影像(1份)、齒輪原理(1份)、熱的傳導(1份)、聲音的產生(1份)和水的作用(兩份)等。表二詳列當中涉及的科學理解。

表二：研習所涉及的科學理解

科學原理	科學理解	研習事例
完整電路	剪去鬧鐘之蜂鳴器，把電線接到四驅車的電路上。	1：Keep feed 新態度
	運用馬達原理來轉動清潔用的刷、海棉、吸塵機等配件，進行小規模清潔。	2：萬能小幫手
	電路閉合時，電流通過線圈，產生磁力，成功控制帳篷的升降。	3：神奇的水控帳篷
	在座椅內裝置彈簧、銅片等 乘客的體重會令兩片銅片相接觸，形成閉合電路，下層顯示屏連接這座椅的燈泡就會亮起，表示這座位已坐有乘客。	12：座無虛設
	利用閉合電路令馬達轉動，把乒乓球打出。	13：乒乓球發球器
	J.P KRAUSS 所設計的電子線路，當磅的指針觸及體重指示針，這線路會使紅色顯示燈亮起，表示書包的重量超於學童體重的比例。	14：聰明書包
力的作用	作用力=反作用力：「當到達預設時間，本應流到蜂鳴器的電流會流至四驅車，令車輪轉動，與此同時，車底下用以阻擋狗糧跌下的橫板亦開始橫向移動。」	1：Keep feed 新態度
	利用塑膠水樽先收集飼料，以縮短飼料與地面的距離，縮減回撞力。	1：Keep feed 新態度
	木箱內的狗糧因地心吸力而跌下。	1：Keep feed 新態度
	滾珠和帳篷因地心吸力而向下落。	3：神奇的水控帳篷
	由於地心吸力的緣故，滾珠會跌入一條旋轉滑道。	4：幻想時空
	承托力。	10：萬用疏氣傘架

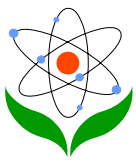


滾輪原理	為了令橫板的滑動過程更暢順，在橫板下放了滾珠。	1：Keep feed 新態度
磁力	電磁鐵是由鐵棒圍上漆皮線做的線?造成，當通電之後，就會產生磁力，電磁鐵的?數增加，磁力也會增強。	3：神奇的水控帳篷
	電磁鐵所產生的磁場不能做到排斥/吸引的效果，令帳篷放下。	3：神奇的水控帳篷
	磁力與底板的磁石互相排斥，產生動彈力及轉動力，令玩家在空中彈跳及旋轉。	6：磁力公園
	「磁浮飯車」是利用磁鐵同極相斥及異極相吸的原理，使磁鐵具有抗拒送飯車速度，然後運用線型馬達的推動前進。	16：磁浮飯車
槓桿原理	當滾珠接觸到底部的搖搖板，利用槓桿原理，玩家需要控制搖搖板的力度。	4：幻想時空
光線的反射現象	光線射在平滑表面時，會有規則地反射，形成清晰的影像。	5：夢幻魔鏡迷宮
	平面鏡子中反射影像大小和形狀與實物一樣，但方向卻是左右對調。	5：夢幻魔鏡迷宮
齒輪原理	在划槳上裝嵌小齒輪，而小齒輪又與大齒輪接合，在大齒輪軸心接上滾輪，當划動龍舟槳時，小齒輪會帶動大齒輪，以發揮較大的動力。如此，龍舟的滾輪便沿著軌道前進。	7：賽龍舟
熱的傳導	在一個封閉的系統內，熱能會從高溫到低溫區域，最後令整個封閉的系統溫度一致而達至熱平衡。	9：節省能源浴缸
	鐵和銅等金屬材料的導熱性能好 「節省能源浴缸」的設計是適當地利用材料不同的導熱性能來製造有效的熱能交換器和熱能保存系統以達到利用剩餘熱能和節省能源。	9：節省能源浴缸
聲音的產生	聲音是由物件振動而產生，物件和空氣都可以傳送聲音。振動力越大，發出聲音越大，反之亦然	11：環保樂器 shake shake 洋娃娃
水的特性與功用	水份可以吸收部分熱能，達到降溫散熱的功用。	8：綠化「天台」降溫環保計劃
	水的酸鹼度、水的軟硬度、水的淨化。	15：濾水再生匣

內容分析中又發現，約三分之二的專題研習往往涉及多於一個科學理解。例如：研習 1(keep feed 新態度)，學生的專題設計牽涉的科學理解包括完整閉合電路、力的作用和滾輪。又例如研習 3(神奇的水控帳篷)，設計利用了磁力、完整電路和力的作用等。當然，活動中也有一些研習作品把重點放在一個科學理解上，例如研習 11(環保樂器 shake shake 洋娃娃)的聲音產生；研習 5(夢幻魔鏡迷宮)的光線反射現象；研習 9(節省能源浴缸)熱的傳導。研究得出例證顯示透過專題設計和探究活動，同學能夠獲得一些新的科學知識及理解。

6. 日常生活的應用

十六份研習中，有四份研習是為了娛樂，其餘都為解決日常生活中所遇到的問題或困難而進行探究。以下是一些例子：



a. 娛樂

- 遊樂設施供公園遊人遊玩，從而認識磁石的特性，且有助參與者發揮合作團結精神。(研習 6：磁力公園)

b. 解決生活中的困難

- 只要調較好時間，飼料便會定時倒給寵物，減少人們因工作關係不能照顧寵物而把牠們遺棄的機會。(研習 1：keep feed 新態度)
- 不用登上巴士上層都可知道其座位情況，方便乘客找座位。(研習 12：座無虛設)

c. 解決學校生活問題

- 學生使用這書包會知道自己的書包有否過重。(研習 14：聰明書包)
- 減輕送膳工友搬運飯盒的辛苦。(研習 16：磁浮飯車)

d. 保護環境

- 節省能源，利用使用過的熱水來提高冷水的溫度。(研習 9：節省能源浴缸)
- 經過濾的水可用來灌溉、清潔等，可為學校省錢，亦可改善地球的污染問題。(研習 15：濾水再生匣)。

本研究分析得出所有研習都可以應用在日常不同的層面，無論是娛樂或是解決生活中及的困難或是保護環境的行為方面。顯示探究學習與生活的密切關係。符合眾科學教育學者如 Krajcik, Czerniak 及 Berger(2003) 和 Anderson(2002)對探究學習的要求。

7. 反思學習

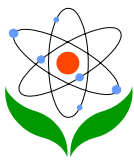
學生均在研習報告結尾時分享他們在科學探究中的感受及想法。從學生的反思中發現科學探究活動對於學習科學是極其重要，以下是學生反思的主要範疇：

a. 注意合作和團體精神：

- 「我親身體驗到原來大家一起合作構想一件事是可以很快的。」
- 「我們更學到互相合作，還增進了彼此的關係呢！」
- 「學懂同學間合作要互相體諒包容和互相欣賞。」
- 「這件事令我再次明白到團結就是力量！」

b. 改變學習態度

- 「只要肯思考和運用腦筋，多留意身邊的事物，就可做出一些以前從



沒見過的东西。」

- 「我們透過活動加深了對科學的興趣，我們決定在往後的日子裏，繼續努力學習，製作更多有趣的科學發明給大家欣賞。」

c. 勇於應付問題和解決困難

- 「我學到了解決困難的能力。」
- 「我學了 要面對困難，不要因小小困難就放棄。」
- 「我們經過多次的實驗失敗和改良，使我們明白處事要有耐性和毅力。」
- 「我學會了一個道理，就是凡事親力親為。」
- 「我學會了要經過嘗試才會得到一個好的經驗。這就算是失敗，這次當是拿經驗或教訓。」
- 「我們遇到很多困難，如搜集有關的資料、同學間的溝通問題 但我們都憑著努力克服種種困難。」
- 「透過試驗然後失敗，然後再試驗，方才會找到成功的路。」

d. 建立探究能力

- 「我學會了 創造！」
- 「身邊有很多無用的東西可以循環再用，這是我平常沒留意的。原來多留意身邊的事物，多發問，自己會得著更多，也是科學的精神。」
- 「我從這活動中學到怎樣用測溫儀來測量氣溫。」
- 「我在這製作過程學會了如何過濾雨水，如何收集雨水等等。」

e. 獲得樂趣

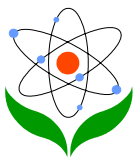
- 「我覺得這次的設計十分有趣。」
- 「有機會參與『幻想時空』的設計，我感到十分高興。」
- 「我能夠參加到這次的活動，我很開心。」

學生完成研習後不單在能力方面有提昇，如建立了探究能力，在學習態度方面的改變如注意合作和團體精神及勇於應付問題和解決困難也有裨益。此外，從活動及學習中獲得樂趣更助進一步的學習。

伍. 結論與建議

一. 結論

總結以上分析及討論，嘗試把研究結果組織成較全面的「發展科學探究過程」及「展示科學探究成果」來作結論。



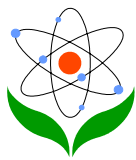
1. 發展科學探究過程

本研究的香港小學生從不同的來源得到探究的想法。Cross (1996) 指出科學專題的想法通常都是來自兒童的興趣。劉宏文、張惠博 (2001) 的研究也發現學生提出的問題多來自他們的學習與生活經驗。因此教師在引發學生的探究動機時，可參考本研究所得的探究想法來源：如日常生活經驗、從用品中得到的啟發、曾經學習的知識、學校生活經驗、閱讀參考資料、對環保的意識及新聞時事等來啟發學生作有意義的探究活動。

Hollins 和 Whitby (2001) 認為在探究的技巧上需手腦兼用。專題探究學習能促進學生針對一個專題主動思考而發現問題，提升覺知問題的敏感性，並針對問題思考解決的策略，使學生發展與實踐科學探究，學生經由科學探究獲得體驗的學習，提升解決問題的能力(許素，2002)。然而，縱觀這十六份研習，在探究設計方面，學生雖能夠陳述探究的目的，但較少提出問題和建立假設引導探究。只有個別研習的學生提出連串問題及建立不同的假設引導思考來進行探究。這個現象與 Rop(2002)的研究所得類同。因此，教師協助學生就已有知識提出問題和建立假設的能力(Hollins & Whitby, 2001)對學生建立探究思想和尋找答案極有幫助。在參考相關資料方面，雖然學生在報告各部分中顯示他們有多元化的參考資料，如向老師發問、閱讀兒童科學叢書、閱讀課本或瀏覽網頁、向家長、同學或學校技術人員發問。但學生們並沒有在報告內文中註明參考書目的來源，所以老師在指導學生進行探究時，需要教導學生辨認抄襲與尊重知識版權的分別，同時也要教導學生使用正確引證系統，以表示對資料提供者的謝忱和尊重。

在科學探究測試方式方面，Watson, Goldsworthy 和 Wood-Robinson (2000)等學者的探究方式主要分為：「公平測試與比較」、「分類與鑑別」、「找出規律」、「探索」及「設計與製作」。然而，這十六份研習中學生都沒有使用「分類與鑑別」和「探索」這兩種方法。而進行公平測試的研習中，學生能夠掌握控制變項，並能從觀察，有系統整理及分析資料。雖然這群小學生在科學探究時所採用的比較測試方法及收集數據的方式提供了相當有價值的參考，Warwick (2000)建議除公平測試外，還需要多注重其他方式的探究活動。顏瓊芬和黃世傑(2003)認為所謂符合真實的科學觀點是指來自第一手的科學經驗。本研究發現學生在研習過程中均有進行科學測試。雖然他們使用的材料大多是日常用品如文具、玩具及廢棄物，但也會適當地選用溫度計、試紙及濾紙等用品。此外，不少同學也選用合用的電子用品。

在數據闡釋方案，Sternadel (2004) 指出要準確評估學生在科學探究式研習的理解是有困難的，而她經過研究後認同運用證據來作闡釋是科學探究的一重要部



分。整體上，如 Kanari & Millar(2004)研究所得，本研究內的所有研習都能夠運用多種基本方法，如：文字、圖片和表格去整理及展示數據結果，並能夠從中作出合理的科學解釋和建議。開放式探究實驗中，學生的思考聚集在數據分析與結果的理解過程，學生較容易發展科學思考與對科學的理解(顏瓊芬及黃世傑，2003)。此外，學生大多亦會從建議中再作出多向度的改善，可見學生具有不斷求進，願意嘗試的精神。

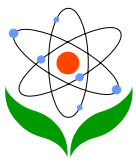
2. 展示科學探究成果

Watson, Fulian 和 McRobbie (2004) 提出過往由 Driver 眾人(1996)，Kuhn(1989)及 Millar, Lubben, Gott, & Duggan (1994)等進行的研究發現學生在連繫證據與理論的過程中遇到困難。So(2003)在過往類同的研究中也發現學生這方面的能力稍遜。反觀本研究的部分學生有就研習結果作證據連繫理論，他們還從不同方向去理解科學概念，包括根據已有知識想出新意念、從第二手資料取得新知識、從探究實驗中獲得理解，亦有在結論部分闡釋科學概念。原因很可能是為參與者所提供的活動簡介及指引文件均多番提醒參與者要著重科學原理的闡釋。尤其是評選研習建議書時，評判團所給予的改善建議。雖然學生在研習中所涉及的都是基本科學概念，但也是一個好的嘗試。

探究式的科學專題研習給予學生機會進行對科學有意義的建構和理解，而本研究的學生也能把研習所得的理解應用在生活中不同的層面，如解決生活上或在學校遇到的困難、娛樂及保護環境。學生所作的製成品具創意和切合生活之餘，也可以把科學與生活結合。

從本研究的學生反思中，發現專題研習這探究式學習使學生有不同向度的成長，由個人的學習技巧和態度，至與人合作均有。首先，學生說出在研習過程中獲得樂趣，許素(2002)認為讓學生探究覺得有趣的專題，就是激發自主學習並達致成功結果的最好方法。在研習過程中，學生並非一個人，而是幾位同學形成一個小團體，一起解決研究問題。在一起工作、溝通及討論科學的過程中，除了學習到與人相處外，亦可獲得更多的科學理解。蔡佩穎與張文華(1999)和 Metz(1998)從研究中找出學生透過彼此在語言和行動上相互幫助，共同參與以完成實驗活動，協助同伴潛在發展區的發展。

Driver, Newton 和 Osborne (2000)認為在科學探究中有關證據與解釋的討論是非常重要的，較可惜的是這群小學生在報告及匯報中均未有展示組員之間的科學性討論，這與 Watson, Fulian 和 McRobbie (2004)的研究結果吻合：學生在實驗性探究的討論無論在質及量方面都偏低。此外，學生也反映在專題研習探究中常遇到困難，又或是研習結果未如學生預期的假設一樣。參考蔡佩穎和張文華(1999)的研究發現學生從教師搭建鷹架的教學流程和小組進行的社會互動過程中理

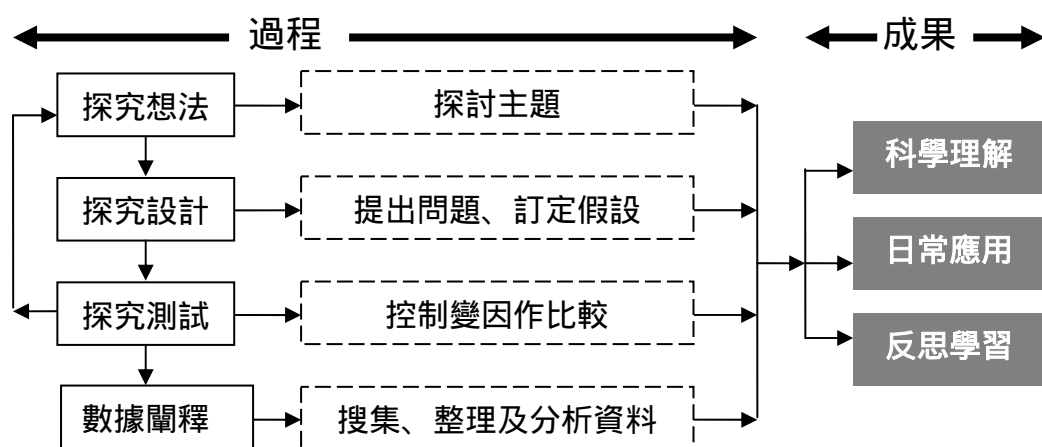


解概念。因此，教師在探究學習中的工作非常重要，教師是學生的共同學習者，隨時調整指導方法和內容，跟學生共同參與和尋求知識，並鼓勵學生多參與小組討論。

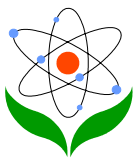
二. 建議

本研究就二零零三年第六屆「常識百搭」科學專題設計活動的十六隊傑出的研習書面報告及口頭匯報的探討分析雖有其限制性，並不能提供一個小學生進行科學探究的全貌概覽。但從分析這十多間學校的小學生在教師帶領下能夠進行有效科學探究，嘗試就研究的待答問題作出適當的回應，有助建構展示科學探究過程及成果模式的架構(圖一)：探究過程包括探討主題的探究想法；提出探究問題及訂定假設的探究設計；控制變因作比較的探究測試；闡釋所搜集、整理及分析的資料及數據；而達成科學理解及日常應用的探究成果。這個由研究資料分析而得出的科學探究過程及成果模式的架構，能為其他有意輔助學生進行科學探究的教師，提供可行的建議作科學探究教學設計。

圖一：科學探究模式的架構



總的來說，本研究的小學生都能如 Crawford(2000) 所言的，由學生集體合作解決真實難題，與一般課堂的科學實驗不一樣：不是尋找“正確”答案(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)，不是學習自然現象的答案(AAAS, 1989)，亦與一般為完成課本的練習不一樣。而本研究的科學探究性研習都是一些傑出事例，這群小學生或多或少都能夠沿著圖一的模式達成探究過程及工作意義，並透過解決現實生活上的難題建立理解。許素(2002)認為學生對專題探究的進行流程多屬陌生，同時如果又欠缺教師適當的指導，唯恐形成學生漫無目標的自由探索。所以在學生探索、操弄的過程中，適時提供輔助是非常重要的。因此，老師需作出大力的支持和鼓勵，來增強學生的科學思維和探究精神。



三. 未來研究方向

本研究的工作主要是分析由小學生進行的科學探究研習的書面報告及口頭匯報。雖然從書面報告及口頭匯報的內容分析只能夠得出學生在科學探究過程及成果的一些現象，但這些現象也足以顯示出學生在探究式學習中的水平和老師們採用這種教學模式時需要留意的地方。至於在科學探究活動進行時有關學生的參與性及教師的協助程度，如 Martin-Hansen(2002) 的探究模式和 Bodzin 及 Cates (2002)的探究學習主導程度，則有待採用其他的方法，如與學生訪談，來探討學生在進行科學探究學習中更多的實象。

參考文獻

一. 中文部分

許素(2002)：培養國小高年級學童科學探究能力：製作科學展覽的經驗與反省。教育資料與研究，48，頁 4-30。

張春興(1998)：教育心理學。台北：東華書局。

劉宏文、張惠博(2001)：高中學生進行開放式探究活動之個案研究 問題的形成與解決。科學教育學刊，9(2)，頁 169-196。

蔡佩穎、張文華(1999)：國一學生參與生物實驗活動之過程分析與成效探討。科學教育，9，頁 108-126。

課程發展議會(1997)：小學課程綱要：常識科，小一至小六。香港：政府印務局。

課程發展議會(2002)：小學常識科課程指引：小一至小六。香港：課程發展議會。

教育統籌委員會(2000)：終生學習全人發展：香港教育制度改革建議。香港：政府印務局。

顏瓊芬、黃世傑(2003)：學生在開放式科學探究過程中互動模式之研究。科學教育學刊，11(2)，頁 141-169。

鍾嶺崇及祁永華(2005)。小學專題研習—教學經驗萃編。香港：香港大學教育學院現龍發展小組。

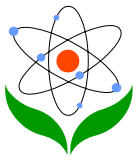
蘇詠梅(1998)：香港小學科學探究活動—理論與實踐。香港：香港教育學院。

蘇詠梅(2003a)：小學科學專題研習：創意之匙。香港：香港教育學院。

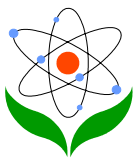
蘇詠梅(2003b)：走進專題研習中：理論與實踐。香港：香港教育出版社有限公司。

蘇詠梅、吳本韓(2005)：小學科學教育：建構探究學習。香港：香港教育學院。

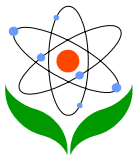
二. 英文部分



- Anderson, R. D. (2002). *Reforming science teaching: what research says about inquiry*. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, DC: AAAS.
- Bodzin, A. M., & Cates, W. M. (2002). Inquiry dot Com. *The Science Teacher*, 69(9), 48-52.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University.
- Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Crawford, B. A. (2000). *Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers*. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Cross, R. (1996). *Teaching primary science: Empowering children for their world*. South Melbourne, Vic.: Longman.
- Dewey, J. (1963). *Experience and education*. New York: Collier Books.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argument in the classroom. *Science Education*, 84, 287-312.
- 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.
- Duschl, R. A. (2000). Making the nature of science explicit. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (eds.) *Improving science education*, Buckingham: Open University Press, 187-206.
- Goodnough K. & Cashion, M. (2003). *Fostering inquiry through problem-based learning*. *The Science Teacher*, 70(9), 21-25.
- Harlen, W. (2000). *The Teaching of Science in Primary Schools*. (3rd ed). London: David Fulton.
- Harlen, W., Marco, C., Reed, K., & Schilling, M. (2003). *Making progress in primary science : a study book for teachers and student teachers*. London: Routledge/Falmer.
- Hodson, D. (2004). *Leraning from the past; lessons for the future: Science Education across the Millennium*. *Education Matters*, 2(2). Hong Kong: Faculty of Education, The University of Hong Kong.
- Hollins, M., & Whitby, V. (2001). *Progression in primary science: a guide to the nature and practice of science in Key Stages 1 and 2*. London: David Fulton Publishers.
-



- 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.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P., Marx, R., & Soloway, E. (1999). *Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms*. In J. Minstrell, E. V. Zoo (Eds.). *Inquiry into inquiry science learning and teaching*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. F. (2003). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: a project-based approach* (2nd ed.). US : McGraw-Hill, 2002.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Co.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). *Research on using laboratory instruction in Science*. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-128). New York: MacMillan Publishing Company.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Metz, K. E. (1998). Scientific inquiry within reach of children. In B. J. G Fraser & K. G. Tobin (eds.) *International handbook of Science Education*, 81-96.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9, 207-248.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2002). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Pearce, C. R. (1999). *Nurturing Inquiry: Real Science for the Elementary Classroom*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Rivert, A. & Schneider, R. (2004). Exploring the role of digital photography to enhance student inquiry in a local ecosystem. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 23(1), 47-65.
- Roehrig, G. H., & Fulie, A. L. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- Rop, C. F. (2002). The meaning of student inquiry questions: a teacher beliefs and responses. *International Journal of Science Education*, 24(7), 717-736.
- Schneider, R. & Krajcik, J. (2002). Supporting science teacher learning: The role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 221-245.



- So, W.M.W. (2002). Constructive teaching in primary science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 3(1), Article 1.
[Online] http://www.ied.edu.hk/apfslt/v3_issue1/sowm/index.htm.
- 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, 175-200.
- Sternadel, L. (2004). Inquiry and developing interpretations from evidence. *The Science Teacher*, 71(4), 38-41.
- Sutman, F. X. (1996). *Seeking more effective outcomes from science laboratory experiences (Grade 7-14): Six companion studies*. Paper present at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 447-484.
- 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, F. R., Fulian, R. L. S., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Watson, R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (2000). *Beyond the fair test*. In J. Sears, & P. Sorensen (Eds.). *Issues in Science Teaching* (pp. 70-79). London: Routledge Falmer.