

初中科學探究活動的設計與推行模式

鄭美紅、蔡慶麟

香港教育學院 科學系

中國 香港 大埔露平路十號

電郵：maycheng@ied.edu.hk, hltsoi@ied.edu.hk

收稿日期：二零零五年五月六日(於六月二十一日再修定)

內容

[摘要](#)

[引言](#)

[科學探究模式與日常生活的關係](#)

[科學探究的設計](#)

[科學探究的推行](#)

[總結](#)

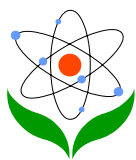
[參考文獻](#)

摘要

本文透過分析三個初中的科學探究活動示例，介紹科學探究活動的設計與推行，指出該類學習模式的學習重點和考慮事項。同時，文章亦討論了科學探究與日常生活之間的關係，從而指出科學探究的特點，協助學生思考科學探究的意義，以提高該類活動的學習效益。根據習作的分析結果，指出了科學探究的自主性愈大，學生對科學探究的掌握愈理想。此外，文章討論了實驗報告的運用，指出學生如何透過製作實驗報告，掌握科學探究的意義。在總結部分，計劃小組提出建議，擬定教師設計該類活動時的考慮因素。

引言

科學探究是課程改革文件（課程發展議會，2002）提及的其中一個關鍵項目，強調培養學生的科學過程技能和對科學本質（Clough and Olson, 2004；

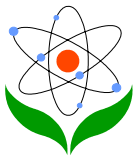


McComas, 2004) 的了解。常見的教學取向是以書本為中心，透過實驗活動介紹科學探究的概念，以預定的探究步驟，讓學生跟隨指示進行探究，務求達到預期的學習目標。這種模式是從教學目標出發，著重學習成果。可是，科學探究理應是開放、自主的，應以探究過程主導學習。另外，我們身邊發生的事物多是與科學相關的，只要留心觀察，便可發現日常生活中的科學問題。若從日常生活的問題出發，可幫助學生理解科學探究的實際意義。故此，在設計科學探究活動時，要考慮如何引入活動（即是訂定探究問題），引發學生的興趣，使他們積極參與；以及如何因應學生的能力和已有的科學知識，訂立科學探究的自主性。此外，在推行期間，應運用適當的輔助學習工具，令學生更容易掌握科學探究的過程，以便思考科學探究的意義。

本文輯錄了與本地綜合科學科教師合作設計的三個探究實驗活動。計劃小組先與校長及有關的科任老師接觸，了解學校課程發展的目的及需要，然後就特定課題設計教學建議。期間，計劃小組與教師保持緊密聯繫，為他們提供顧問服務，並按個別學校的實際需要，制訂教案、活動、教材及學生習作。校方審定及選出合適的教學建議，並嘗試於課堂上使用。圖一是探究活動習作示例的背景資料：

圖一：習作示例的背景資料

	甲學校	乙學校	丙學校
活動	水火箭	水火箭	酸鹼度與骨頭組織的關係
學習目標	探討水火箭的載水量對其發射高度的關係	找出水火箭的載水量對其發射高度的影響	探討酸鹼度對骨頭組織的關係
涉及的課題	太空之旅	太空之旅	酸和鹼
年級	中二	中二	中二
進行時間	下學年	下學年	上學年
學生性別	男女	男女	男女
所需時間	6至7堂	5至6堂	5至6堂
參加的教師人數	2	1	1
參加的學生人數	200人	~80人	~80人



甲學校和乙學校都是初次讓學生進行自主的科學探究活動，而丙學校的學生對科學探究的過程及技巧已有基礎的認識。這三間學校給予學生相約的探究時間，經歷科學探究的各個階段。

本文內容主要以三個部分為基礎：科學探究模式與日常生活的關係、科學探究的設計及科學探究的推行。就上述三個部分，除了討論相關理論及其他學者的建議外，還會透過分析學生的習作，討論設計科學探究活動的考慮因素，以及不同的推行模式。本文所分析的學生習作是根據高、中、低三級標準選出，透過比較各校高等級的習作示例，從而反映不同科學探究模式的成效。

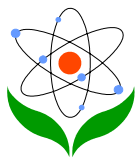
科學探究模式與日常生活的關係

科學探究是對自然現象或問題進行有系統的研究(Goldsworthy & Feasey, 1997; Crossland, 1998; Hackling & Fairbrother, 1996)。根據這定義，探究自然現象、製作模型、產品測試、模擬實驗等活動形式都屬於科學探究的範疇。我們對於這四種活動形式並不陌生，因為它們經常在日常生活中出現。例如，天氣是我們最關注的自然現象。根據前人的經驗，雨後通常都會出現彩虹；如果晚上的天空呈紅色，那麼明日下雨的機會便會很大。這些都是從觀察自然現象得出的結論。至於製作模型，以製作風車為例，在製作時須運用相關的科學理論，否則就只能製造出一個不會轉動的風車。產品測試是指測試產品的效能，例如電池的壽命、紙手巾的吸水力等，這些測試都是透過科學方法進行。最後，模擬實驗是根據某些情境的條件，模擬該情境的發生過程，從而解開當中的疑問，以及作詳細的解釋。警訊節目的案件重演就是運用了模擬實驗的理念。

在計劃中，學生的習作示例分別以「水火箭」和「酸鹼度與骨頭組織的關係」為研究主題。水火箭測試屬於模型製作及產品測試的混合學習模式，而酸鹼度與骨頭組織的關係則屬於模擬實驗。「水火箭」和「酸鹼度與骨頭組織的關係」這兩個主題都是與日常生活息息相關。在市面上，有很多不同種類的水火箭玩具出售，並聲稱可飛得有多高。對學生來說，他們很想知道水火箭的發射原理及其影響因素。另外，如果曾經有洗碗的經驗，都可能會遇到過骨頭掉進去水渠裏，導致水渠淤塞的情況。在這情況下，我們可怎樣處理呢？以上的問題可分別連貫到「太空之旅」和「酸和鹼」兩個課題中。從日常生活問題出發，這樣便可提高學生的學習興趣，引發他們思考科學探究的意義和價值。

科學探究的設計

一般來說，學生是透過教科書內的實驗活動經歷科學探究的過程。這些實驗



活動多是環繞特定的主題，讓學生認識與主題相關的科學概念。教科書內的實驗活動主要是教授科學概念，透過問題引導學生進行分析，一步一步地讓他們歸納出預期的答案。這樣，學生能集中地進行探究階段的工作，令他們達致相同的學習成果。不過，該種模式限制了科學探究的自主性，忽略了科學本質的問題，這與真實科學研究情況矛盾：

實驗有絕對的答案。

實驗探究的時間多是 1 至 2 課節，給予規格化的感覺。

只有實驗過程的部分，沒有經歷設計實驗的過程。

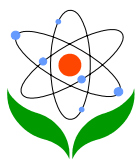
只要跟著指示進行，實驗一定會成功，沒有提及檢討及修正的考慮。

科學探究是自主學習的模式，應給予學生較大的學習空間，亦應強調完整科學探究的歷程。Solano-Flores and Shavelson (1997)介紹了比較探究活動中基礎及進階兩種層次。這兩個層次的探究活動均會牽涉學生提出、解決及驗證科學問題或假設的能力，另外亦會要求他們報告相關的驗證結果。在推行基礎層次的探究活動時，教師一般會提供較詳盡的工作指引，需要較多的準備工夫；他們會為學生提供準備，包括書面指引、活動示範等，並說明要進行的步驟及其原因。在進階層次的探究活動中，教師給予較少的指示，增加他們的思考空間，要求學生進行獨立思考、計劃及完成有關的工作。教師可就學生的學習經驗，考慮選用哪一種探究模式。

科學過程技巧(Colvill & Pattie, 2002)是進行科學探究時必須的技巧。在一般的情況下，學生是透過科學活動學習有關的技巧，或是運用所學的技巧於實際的探究中。後者可讓學生進行自主的科學探究，不須受已有的知識限制，使活動更具靈活性。

Bouillion & Gomez (2001)、Seiler et al.(2001)及 Tobin et al.(2001)亦明確指出，教師須因應學生的學習需要，將課堂內容連繫到日常生活中，運用適當的對話增加學生的參與，以及調節課堂的學習步伐。在設計科學探究活動時，主要涉及活動內容、教師角色和學生角色三方面。活動內容是指探究主題和內容要求，而教師及學生的角色則是在活動中所負責的工作。活動內容、教師角色和學生角色決定了活動的自主性。活動的自主性愈大，學生的參與部分及內容要求的規定會有較大的自由度；同時，教師亦會提供較少的指引。為了讓學生經歷科學探究的各個階段，所以所需的時間亦應較長。在過程中，著重學生的意見交流，因此班上討論及意見分享是十分重要的部分。

根據上述探究自由度的闡述，現以三份習作示例作的分析，由低至高排列它們的自由度，分別為“甲學校：水火箭活動”、“乙學校：水火箭活動”及“丙學校：酸鹼度與骨頭的測試”。雖然甲學校與乙學校都是推行水火箭活動，但活動的自由度有著明顯的差別。甲學校的教師會給予較明顯的提示；而乙學校只是給予一些注意事項，例如水火箭設計規定、測試過程的考慮等，而訂定量度範圍則由學生自行決定。丙學校的教師給予學生更大的自由度，學生須自行設計實驗步驟及訂立測試過程。以下會簡單闡述各活動中教師在



設計上給予學生的自由度：

甲學校：水火箭測試活動

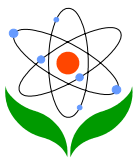
根據圖二所示，教師給予學生實驗報告的格式指引，指出了整個探究過程所需的部分，以及各部分的要求。圖三的學生示例指出，教師根據實驗報告的格式，就各部分的要求，給予學生詳細的指示，如背景資料、探究目的、探究問題、假說、實驗設計、實驗結果、結論、檢討／建議等部分。另外，教師亦會給予提示，讓學生運用合適的科學過程技巧。該設計的活動內容含有較多的指引，教師規範了活動的自主性，學生只須跟隨指示便可完成活動要求。這是屬於基礎的科學探究活動。圖三的提出假說及探究目的兩部分，雖然教師給予清晰的指示，但學生未能按指示完成。因為該兩部分的問題屬於思考性的，如學生沒有經歷思考過程，會較難掌握當中的重點，所以未能達到所需的要求。

乙學校：水火箭測試活動

該學校的教師給予詳細的活動指引（見圖四），包括教學目標、評分準備、注意事項及實驗報告格式等，學生須全面地思考整個活動。但是，教師亦因應學生的學習情況，提供適當的指示，例如水火箭的噴口設計、測試所用的水壓數值等。水火箭的噴口設計要配合發射裝置的設計，水火箭才能安裝到發射器上。提供測試所有的水壓數值的目的是減低活動的難度，讓學生更容易掌握學習重點。圖五的習作示例指出，學生能按教師提供的指示，有效地完成各部分的要求。當中，學生須根據自己已有的知識及對實際情況的了解作出思考。與甲學校的水火箭活動相比，乙學校的活動要求較高，在沒有工作紙的幫助下，學生須自行完成各部分，如分析實驗數據。這表示學生需要較佳的科學探究能力方能達到教師的要求。

丙學校：酸鹼度與骨頭組織的測試

在活動中，學生須將整個探究過程詳細地記錄在實驗報告中。圖六為教師提供的實驗報告格式。根據指引的內容，教師給予的指引都是環繞報告格式，與甲、乙學校的指引不同，沒有提供任何有關探究活動內容的提示，目的是讓學生提出自己的獨立見解，設計實驗、解釋觀察現象及實驗結果。這才能達到開放、自主的探究過程。其實，任何探究的主題都可讓學生體會科學探究的開放性、自主性，以探究過程主導學習。根據學生的習作樣本（見圖七），教師給予適當的回饋，指出可改進的地方，讓他們作進一步的思考。在進行的過程中，學生只是依據報告的指引，完成各部分的要求。報告內容反映出學生努力的成果。



圖二：甲學校的學生指引

科學探究報告書指引

報告格式

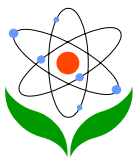
1. 封面
2. 目錄
3. 背景資料：相關科學知識／原理、探究動機（例如：要在科學比賽中取勝等）
4. 探究目的
5. 探究問題
6. 假說
7. 實驗設計：
 - 變因考量－清楚界定所有相關的因素（不變的因素、要探究的因素和要量度的量），確保所有的測試是在相同的實驗條件下進行（公平測試）
 - 材料和工具－列出所需材料和量度工具等（包括所需數量）
 - 實驗程序－清楚列出各實驗步驟
8. 實驗結果（表格、圖表）－將實驗所得出的結果記錄於表格上，並嘗試運用不同的圖表格式，展示所收集的數據，以方便作出分析和歸納
9. 結論－綜合探究所得數據，作出總結，清楚指出各因素的影響，並對假說作出評述，解答原定的探究問題
10. 檢討／建議－清楚指出在探究過程中所遇的困難和解決方法，並提出建議，說明將來可作探討和改進的地方
11. 設計圖

表達技巧

1. 字體工整易讀
2. 清潔、整齊地釘裝好
3. 適當加上插圖／設計圖和適切的圖解說明
4. 插圖／設計圖繪畫仔細、清楚、比例正確、顏色配合恰當等
5. 分段書寫，編排有序，每頁均須加上頁碼
6. 內容均能有效地表述，並引用與研習題目相關的科學詞彙

指引就一些部分，作詳細說明

探究內容以外的學習要求。



圖三：甲學校的習作示例 [節錄自學生習作樣本]

學生解釋了水火箭的載水量與重量如何影響飛行時間長短。

○ 結論：

從實驗活動中我們得知500ml的水火箭箭體最佳的飛行時間是載水150ml，而我們發現水火箭的載水量和飛行時間是有密切關係。當水火箭載水量多並不表示它的飛行時間最長，因為載水量的重量也會影響到火箭的飛行時間。因為載水量的重量也會有所改變，但載水量較小也會影響到火箭的飛行時間，由於載水量小而令到燃料也減少，所以太多的水和太少的水都會影響到飛行的時間。

在檢討後，學生得知風向、風速及氣壓都會影響水火箭的飛行軌跡。

P 實驗檢討(分析影響測試結果的因素、測試過程所遇困難和解決方法等)和建議(日後可作改良的地方等)：

實驗檢討：我們知道了風向、風速、氣壓都會影響到火箭的飛行軌跡。而風壓在火箭在空中停留的時間也會有分別。所以我們下次的實驗，會選擇沒有風的影響來進行實驗。

中二級科學科專題研習

水動火箭的探究(初步報告書)

班別：S2A 組別：4 提
組長：學生甲 (C.N.)
組員：學生乙 (C.N.)
組員：學生丙 (C.N.)
組員：學生丁 (C.N.)
組員：學生戊 (C.N.)

Q 組員感想

在這實驗裏除了知道水火箭的基本常識外還知道了水在加壓後的水溫也會有些改變。我們很高興可以設計怎樣製造水火箭，增加了我們的知識，也增加了不少知識，這些實驗令我們增加我們的合作性和經驗，更令我們的知識。

報告內文

A 水火箭飛行原理(繪圖附以文字描述)：



學生根據自己的設計意念作出圖文並茂的解釋。

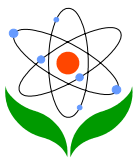
B 探究問題：水火箭要盛載多少水，才能得到最長的飛行時間？

C 提出假說：載水量少，水火箭受力作用的時間也少，飛行時間因此不會很長。但當載水量過多，則箭體有較大的負重，飛行時間因而也不會很長。據估計，載水量約為水火箭容積的 $\frac{1}{3}$ 時，可以達到最長飛行時間。

D 探究目的：找出水火箭的最佳載水量，使飛行速度最長。

E 探究方法：進行公平測試，比較水火箭在盛有不同份量清水的情況下，其飛行時間會有甚麼變化，並根據實驗所得數據，找出一個能令水火箭飛得最久的載水量。

學生好像未能掌握該部分的學習目的。



圖四：乙學校的學生指引

科學探究活動—水火箭

目的:

1. 探究水火箭內水量對升空高度的影響
2. 研究出能發揮最高射程的水量作水火箭比賽
3. 透過探究活動, 學習撰寫探究報告

探究過程:

1. 學生分組
2. 為水火箭取名號
3. 將膠水樽標上水量刻度
4. 製作水火箭
5. 進行探究——測試水火箭
6. 撰寫報告

製作火箭材料:

1. 膠水樽 1個 (容量不限)
2. 固定箭頭物料
3. 減低風阻設計物料
4. 裝飾性物料

製作方法:

1. 4至6人一組
2. 學生利用膠水樽、固定箭頭物料、減低風阻設計物料及裝飾性物料製作水火箭
3. 製作需自行設計, 需有原創性

評分準則:

1. 探究報告	70%
2. 火箭設計概念、實用性	15%
3. 美觀性	15%

箭頭頂內安上較重物(如小石頭、小沙包), 保持升空穩定性

5吋

報告內容:

1. 研究動機
2. 研究目的
3. 列出水火箭發射原理
4. 列出所有影響水火箭升空高度的因素
5. 列出今次需研究的因素
6. 列出控制變因
7. 提出假設
8. 列出製作水火箭所用物料
9. 測試時的假設
10. 表列研究結果

水量	20 毫升	50 毫升	80 毫升	110 毫升
升空時間				

11. 研究結論
12. 改良方法
13. 參考資料

遞交日期:

前——設計草圖及簡介
前——實物作品
前——探究報告

此報告及模型所得分數將計入第二學期總分一部份

比賽細則:

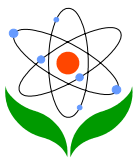
1. 每組只用一火箭參賽
2. 發射時將用 50 psi 的氣壓
3. 升空至降落地面時間最長者勝

指引提供了選取物料的考慮事項

指引提供了水火箭設計的注意事項

評分要求

教師限制所需的壓力, 省卻了學生進行初步測試的工作及疑問, 減低了活動的難度。



圖五：乙學校的習作示例 [節錄自學生習作樣本]

3) 影響水火箭發射升空高度的因素

防礙水火箭升空的因素有許多，例如：空氣的阻力會令到水火箭升空時的速率減慢，同時亦會影響高度；風量卻會令到水火箭在升空後不是直線飛行；水量是眾多因素中最重要的一項，因其的多少會令到水火箭升空的高度；水樽的形狀及大小亦會成爲阻力一部分；氣壓的影響則爲重要，因氣壓越大升空就越高...而這次的研究，我們的所選的氣壓是 50...

學生提出自己的假說，以及指出問題中的變因

4) 今次需研究的因素與控制變因及提出假說/假設

今次需研究的因素與控制變因：我們會量出適當的水量，把水火箭設計得更流線型，不僅如此，我們更會安裝一對定風翼予水火箭，我們會利用定風翼來控制其升空後的方向，而流線型的設計會減低風阻...

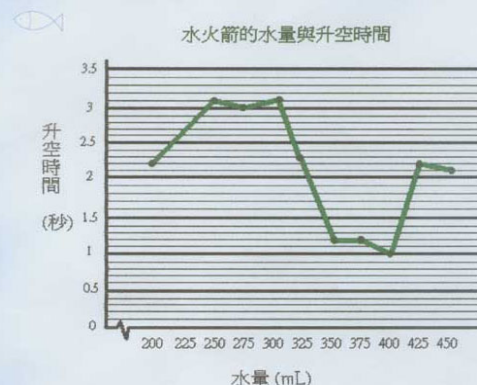
提出假說/假設：我們相信水量越多，升空的高度就會高，而我們在這個研究中，會主要研這個假說/假設...

6) 測試時的假說/假說與過程

假說/假設：風向會改變水火箭所飛的方向，水量亦會改變升空的高度。而時間與高度的關係更是我們所研究的主角。

過程：我們組一共造了兩支水火箭，在第一次試飛時才發覺我組的水火箭的瓶口不適合其發射台，所以導致不能發射。而在第二次試飛，我們已問清楚老師，個瓶口的水樽一定適合那發射台，我們一定試飛了十次。第一次，我們注入 225mL 的水，第二次則注入 250mL 的水，然後是注入 275mL、300mL、325mL、350mL、375mL、400mL、425mL、450mL 的水，而其每次升空的方向與時間亦有所改變。至於我們每人所負責的亦不同，如一位同學負責拍照、一位計時、一位負責文書工作，其餘的會去注水。

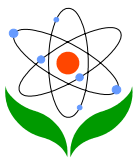
學生詳細地記錄測試過程。



根據實驗數據，學生解釋實驗結果。

結論：

水火箭的水量越多，並不是代表升空的高度高，因水量越少，反而卻錄得較高的時間，所以我們的假說/假設是不成立。



圖六：丙學校的學生指引

如何撰寫實驗報告 方法

1. 通則：

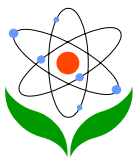
- 實驗報告是根據你自己的實驗歷程所撰寫的，除小部分引用他人的文獻之外，必須是實實在在的實驗結果與過程的紀錄。
- 報告的長短與成績不一定成正比。
- 每個人要寫自己的實驗報告，儘可能使用電腦文書處理軟體撰寫報告。

2. 實驗報告的結構：

報告的格式並無一定規格，只要寫得合理、正確、一致，均為好的實驗報告。事實上，只要隨手翻開一本選擇月刊，參照裡面的產品測試報告的格式，用心來寫報告，也可以有相當好的成果。

- i) 封面及目錄
 - 第一頁為封面、第二頁為目錄。
 - 第一頁依序寫入實驗課碼、題目、組別、姓名、交出日期等訊息。
 - 第二頁要整理出一張目錄表，詳細標出各項內容的頁數。
- ii) 實驗目的：
 - 簡單描述實驗的動機與目的
 - 動機：說明為什麼想做這個實驗；打算用什麼方法來做。
 - 目的：實驗假設或結果可以證明的事實
- iii) 假設、研究因素、其他因素及預測
 - 包括實驗假設及其支持理據；
 - 實驗研究的因素(獨立變數、因變數)、其他保持不變的因素；
 - 預測(根據你所知科學知識對你提出假設作出預測)。
- iv) 實驗材料及儀器
 - 列出實驗所用的各種工具、儀器、化學物品等。
- v) 實驗步驟：
 - 報告內須詳細及有系統地寫出實驗步驟，每個步驟要用完整句子來描述。
- vi) 記錄實驗結果
 - 配合研究目的各子項順序來書寫。
 - 結果以圖表表示為佳，如紀錄表格太過冗長者宜放在附件作參考資料。
- vii) 討論實驗結果
 - 實驗討論，一次只可以比較一個變因，尤其是實驗組和對照組的比較。
 - 實驗數據的結果最好能有相呼應的理論。實驗中沒有做到或觀察的結果，絕對不要加入自認理所當然的結果。
 - 強調結果時要註明引用哪一個表格圖、或數據。圖表一定要有標題及詳細單位。張貼的照片要和結果相呼應，照片底下附有簡單說明。
- viii) 結論
 - 作出總結，嘗試將實驗結果、所作假設及探究問題聯繫起來。
 - 簡潔、扼要
 - 顯示報告中獨特的見解。
- ix) 評論
 - 評述這實驗設計的優點及缺點，並作改善，或建議進一步探究的問題。
- x) 參考資料來源
 - 要和實驗相關，而且曾閱讀過的。
 - 格式順序：所有作者、出版年代、文章名稱、出版社名稱、出版地。雜誌類要在文章名稱後面註明雜誌名稱、章節、頁數範圍。
 - 網路資料要註明網址和取得資料日期。
- xi) 感想
 - 整個實驗過程中所遇到困難。
 - 你如何解決？
 - 透過是次探究活動可以幫助發展你的科學思維嗎？
- xii) 自我評估
 - 自行完成自我評估表格。

指引詳細地描述
報告內各部分的
要求及考慮事項
項。



圖七：丙學校的習作示例〔節錄自學生習作樣本〕

實驗報告

目錄

- 實驗目的-----P.1
- 研究要素-----P.2
- 實驗材料及儀器-----P.3
- 實驗步驟-----P.4
- 實驗結果-----P.5
- 討論實驗結果-----P.6
- 結論-----P.7-8
- 評論-----P.9
- 感想-----P.10

實驗目的

熱可以令物質軟化，甚至溶化，那麼為甚麼骨頭偏偏不能呢？它到底含有甚麼物質，以抗拒熱對它的侵害呢？那麼哪一種物質才可以令它軟化呢？強酸和強鹼是侵蝕性強的溶液，又可不可以使骨頭軟化呢？那麼為甚麼這些溶液可以把骨頭軟化，又或者這些溶液為何不能把骨頭軟化呢？

研究要素

問題中的要素：
溶液的酸鹼度是否讓骨頭軟化
實驗測試的要素(結果):
骨頭的軟硬度 → 重量
改變的要素(獨立變素):
pH值
保持不變的要素(對照變素):
骨頭的體積、溶液的體積、時間、濃度、骨頭種類不變、骨頭的生熟
預測:
強酸和強鹼能使骨頭軟化
公平測試及提高數據準確性的方法:
(1). 測試溶液的pH值
(2). 設定量度浸泡時間
(3). 使用量筒量度溶液的多少

實驗材料

名稱	數量
骨頭	5根
過氧劑	40ml
白醋	40ml
哥士的	40ml
玻璃水	40ml
綠水	40ml

實驗儀器

名稱	數量
試管	5
量筒	1
電子秤	1
夾子	1
pH值	1
封膜	5

實驗步驟

- 步驟一：先把5種不同種類的溶液，分別40ml倒入試管中；
- 步驟二：把5種同種類的骨頭同時放入5枝不同溶液的試管中；
- 步驟三：利用封膜把試管口封實，開始浸泡幾天；
- 步驟四：清除骨頭上的溶液，再利用電子秤量度它的重量；
- 步驟五：最後把原本的骨頭重量和浸泡過溶液的骨頭比較一下，再根據數據表達出來。

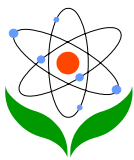
學生描述了探究問題的背景資料。

研究題目是否經老師明確修改？

學生界定了不同的變因，包括應變變因、不變變因和操縱變因。

學生詳細地列出儀器／材料的種類及數目。

學生自行訂立出實驗步驟。



根據實驗結果，作詳細的分析。

實驗結果

骨頭	重量 g	溶液	溶液分量 ml	剩下溶液 ml	腐蝕後重量 g	腐蝕了 多少 g	pH 值
(1)	5.12	通渠劑	40	38	5.599	-0.389	1
(2)	3.38	白醋	40	39.5	2.930	0.45	6
(3)	5.34	哥士的	40	39.9	3.708	1.632	14
(4)	4.12	玻璃水	40	39.5	3.234	0.886	6
(5)	3.14	綠水	40	39	2.683	0.457	8

討論實驗結果

根據實驗結果顯示，弱酸和弱鹼均能使堅硬的骨頭軟化，初步了解，這是因為它含有碳酸鈣，因此它和酸產生化學反應，而鹼是侵蝕性強的物質，因而它也能把堅硬的骨頭軟化。

另外，用「哥士的」(它是屬於一種強鹼的溶液)來浸泡的那枝試管中的油脂比其他試管中的油脂少，而用「通渠劑」(它是屬於一種強酸的溶液)來浸泡的那枝試管所浸泡出來的骨頭比未經浸泡的骨頭重，重了 0.389g。

能作
實驗
結果
作出詳細
解釋

清楚地記錄實驗的各項數據。

結論

經過浸泡後，發現骨頭(1)即是通渠劑溶液來浸泡的那枝試管所浸泡後的骨頭比之前未經浸泡的骨頭重了 0.78g。再觀察那根骨頭和其他骨頭有甚麼分別，發現骨頭(1)表面上的毛孔很大，比其他的骨頭大，也之前變大了，之後，我們再嘗試去量度經過浸泡後，剩下溶液的體積，發現所經浸泡過的溶液少了很多。

結論

經過估計後，相信是通渠劑的侵蝕性強，令骨頭毛孔變大，浸入了不少溶液，令重量變重。

另外，骨頭(3)，即是用哥士的溶液來浸泡的那枝試管，試管裏面的油脂比其他試管裏面的油脂少很多，證明強鹼能清除油脂，去油脂性強。

→ 表面出現小孔

可不想出 → 骨物色
次含有脂肪
成分

V. good 反思!

評論

有待改善:

- 應在實驗前設計圖表，以方便記錄。
- 應重覆多次實驗，以確保實驗結果。
- 應清洗試管及抹乾，以防止影響實驗結果。
- 應清除骨頭表面上的肉，以防影響實驗結果。

優點

- 能夠同時把骨頭放入試管中。
- 以及同時把試管口用封膜封實，做到公正效果。
- 能夠在實驗前，準備好實驗所需要的東西。

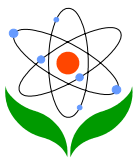
圖片資料來源(網址)

<http://www.sancordon.com.tw/gb/bbl.htm>
http://hk.imagesearch.yahoo.com/search/hk_imgdtl?p=%b8%d5%ba%de&n=20f21fcc82a39b0ca64ce75b853e5cfff
http://www.periojehng.com/ff_files/image002.jpg
http://hk.imagesearch.yahoo.com/search/hk_imgdtl?p=%c2%fb%cl&n=06c45793199ee3b468fe59c1e4ef3e38

good!

提出了明確的建議。

根據甲至丙學校的習作示例，指出了不同自由度的探究方式。探究自由度的大小主要取決於學生已有的知識或經驗。探究的自由度應逐漸提升，對於從



未進行此類活動的學生，可參照甲學校的活動模式；對於有經驗的學生，可參照乙學校的活動模式；對於已掌握探究活動要求的學生，可參照丙學校的活動模式。換言之，甲學校採用了*指導式探究*，乙學校採用了*引導式探究*，丙學者採用了開放式探究。

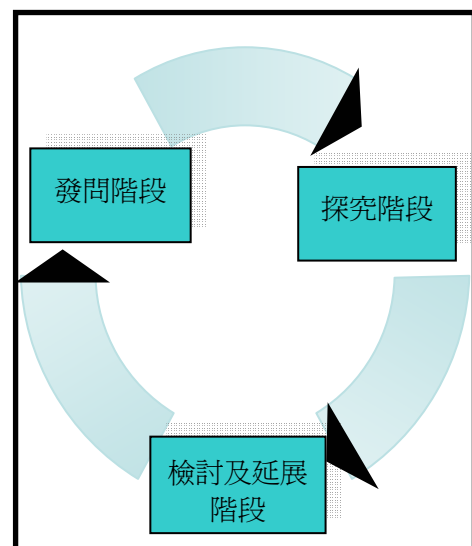
從該三間學校的習作示例的分析來說，各間學校的教師都給予學生進行科學探究的框架，分別在於提供協助的程度。爲了說明上述三種探究模式的特點，本文探討了各校高等級習作示例之間的分別（高、中、低三級評分標準），以比較學生的學習成效。

科學探究的推行

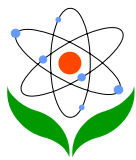
雖然科學探究沒有既定的進程序，但大致可分爲三個階段進行：發問、探究、檢討及延展（見圖八）。在發問階段，教師應盡量引導學生思考，要求他們表達自己對問題的見解及想法，同時亦應鼓勵他們主動交流意見，以擴闊思維及增加投入感。在探究階段，學生須運用科學過程技巧，如提出假說、界定變因、記錄數據、作出結論等。在檢討及延展階段，檢討探究結果是否完全解決提出的問題，或是須進行跟進的探究。雖然學生能根據實驗結果而作出結論，但所得出的結論是否與提出的問題相關，還須作進一步的探討。從這個階段所得出的結果，一方面可助進一步的探究，另一方面可助擬訂延展問題。延展問題是推動學生自主學習的重要工具。科學探究的過程是循環的（Hackling and Fairbrother, 1996），一個探究問題的總結是另一個探究問題的開始。

在進行期間，以下的問題可幫助學生掌握科學探究的不同階段：

1. 爲什麼要進行實驗？
2. 透過實驗，我們想證明什麼？
3. 實驗需要哪些材料和儀器？
4. 進行實驗的步驟是什麼？
5. 如何記錄測試結果？
6. 根據測試結果，能解答提出的問題嗎？
7. 實驗有沒有需要改進的地方？
8. 從今次實驗經驗，我們還可探究哪些問題？

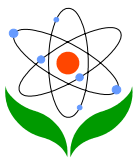


圖八：推行科學探究的階段



上述的問題，其實是代表了探究過程中的不同階段。學生很多時都只會為做實驗而實驗，而不會深究實驗的意義，令活動只流於表面。問題 1 及 2 是在發問階段提出的，用來幫助學生思考實驗的目的。在探究階段，學生可根據問題 3 至 5 的提示進行。完成探究後，須檢討得出的實驗結果是不是已解決了提出的問題（問題 6）。因為解決問題的先決條件是沿正確的方向出發，然後再配合正確的方法，所以必須具備兩者才可找出正確的答案。至於延展問題，是因應檢討結果而產生的，主要分為兩類：第一類是根據提出的問題與探究結果的差別，修正原來的探究方向，重新擬訂探究問題（問題 7）；第二類是探究問題的延展部分，根據探究結果，進行深層次的探究（問題 8）。總括而言，這種探究過程不停地重複出現，因為一個問題的終結是另一個問題的開始，所以學生必須清楚每一階段的意義，方可掌握科學探究的要素。

根據該三份習作示例的分析，該三個活動都是屬於自主學習模式的活動，較著重學生的參與。透過製作實驗報告，讓學生清楚知道活動的運作過程及要求，務求讓他們能自主地學習。圖九比較了各實驗報告的結構，各報告內容的架構大致上是相同的，報告都包括實驗目的、假說、界定變因、實驗設計、實驗記錄、結論等主要部分。其實，實驗報告的內容已對應了上述的六項問題，詳情請參照圖十。根據圖十所示，研習的背景資料、研究動機及研究目的都是解答問題 1 及 2。問題 3 至 5 是關於探究階段的工作，包括提出假說、界定變因、實驗設計、量度及記錄數據等，例如乙學校的列出水火箭發射原理、列出今次須研究的因素、列出所有影響水火箭升空高度的因素、列出控制變因、提出假設、列出製作水火箭所用物料、測試時的假設及表列研究結果。完成探究工作後，便是作出實驗結論（問題 6）。最後，問題 7 及 8 是關於探究後的檢討部分，例如檢討／建議、改良方法和評論。



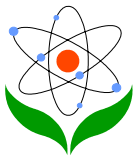
圖九：各實驗報告的結構比較

甲學校	乙學校	丙學校
封面	研究動機	封面及目錄
目錄	研究目的	實驗目的
背景資料	列出水火箭發射原理	假設、研究因素、其他因素、預測
探究目的	列出所有影響水火箭升空高度的因素	實驗材料及儀器
探究問題	列出今次須研究的因素	實驗步驟
假說	列出控制變因	記錄實驗結果
實驗設計	提出假設	結論
實驗結果	列出製作水火箭所用物料	評論
結論	測驗時的假設	參與資料來源
檢討／建議	表列研究結果	感想
設計圖	研究結論	自我評估
	改良方法	
	參考資料	

圖十：問題 1 至 8 與實驗報告結構的對照

	甲學校	乙學校	丙學校
問題 1	背景資料	研究動機	
問題 2	探究目的 探究問題	研究目的	
問題 3	假說	列出水火箭發射原理	假設、研究因素、其他因素、預測
問題 4	設計圖	列出所有影響水火箭升空高度的因素	實驗材料及儀器
問題 5	實驗設計 實驗結果	列出今次須研究的因素 列出控制變因 提出假設 列出製作水火箭所用物料	實驗步驟 記錄實驗結果
問題 6	結論	研究結論	結論
問題 7			評論
問題 8	檢討／建議	改良方法	

問題 1：為什麼要進行實驗？ 問題 2：透過實驗，我們想證明什麼？ 問題 3：實驗需要哪些材料和儀器？
 問題 4：進行實驗的步驟是什麼？ 問題 5：如何記錄測試結果？ 問題 6：根據測試結果，能解答提出的問題嗎？
 問題 7：實驗有沒有需要改進的地方？ 問題 8：從今次實驗經驗，我們還可探究哪些問題？



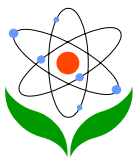
綜合各例子的內容，實驗報告可包括以下部分：

- 封面及目錄
- 研習動機
- 實驗目的
- 所涉及的科學理論
- 界定變因及提出假說
- 實驗設計（材料、儀器、步驟）
- 數據記錄
- 數據分析
- 作出結論
- 評論／檢討
- 參考資料來源
- 感想
- 自我評估

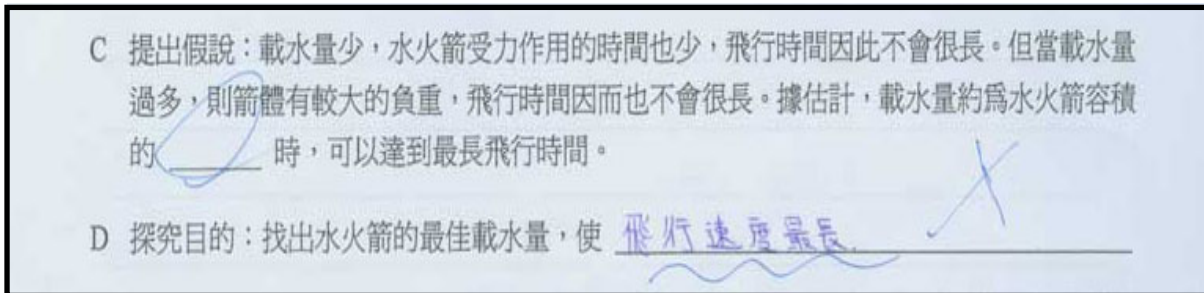
這種實驗報告格式已包含了科學探究各階段的元素。研習動機、實驗目的和所涉及的科學理論都是屬於第一階段的工作；界定變因、實驗設計、數據記錄、數據分析和作出結論屬於第二階段的工作；評論／檢討、感想和自我評估屬於最後階段的工作。教師的工作主要是提醒學生各科學過程技巧的運用和重要性，引導他們完成各個項目。

撰寫實驗報告可讓學生重新思考整個科學探究，較單依工作紙形式佳，使學習目標更清晰。一般的實驗工作紙只著重實驗活動的內容，並沒有具體地引導學生思考科學探究的要素。不過，工作紙可作為輔導學習的工具，幫助學生有效地進行科學探究，減低探究過程的難度。

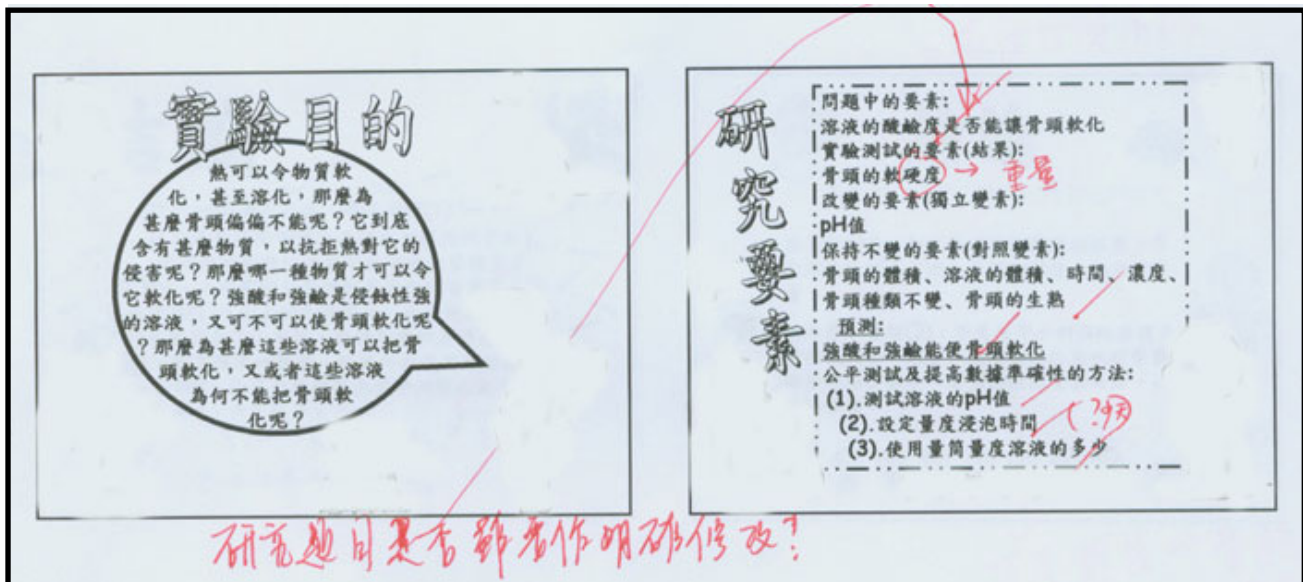
該三個活動的習作示例，大致上學生都能達到活動的要求。每個探究步驟都是有特定的目的。如果該步驟全是由教師或書本提供的，學生便不會加以思考。圖十一的示例正好說明這個說法，習作反映了學生並不掌握提出假說及探究目的的重點，這是由於教師已訂定了該部分的內容，並不要求學生作深入思考。相反，如果該步驟是學生自己設計的，他們便可注意到其重要性。圖十二的示例指出如何協助學生進行反覆思考。雖然學生清楚知道進行探究的原因，但並不能明確指出實驗目的。為了讓學生作進一步的思考，教師給予了回饋，以便他們指出明確的實驗目的。這正好說明了自由度愈高的探究活動，可讓學生更容易體驗科學探究的意義。



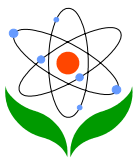
圖十一：甲學校習作示例的提出假說及探究目的部分



圖十二：丙學校習作示例的實驗目的及研究要素部分



另一方面，圖十三比較了各學校的學生反思部分，分別是甲學校的檢討／建議、乙學校的改良方法、丙學校的評論，指出丙學校的學生提出較具體、深入的建議。學生必須清楚理解問題，才能有效地提出建議。科學探究模式的自由度愈高，學生較的思考空間便愈大。



圖十三：各學校的學生反思部分

甲學校習作示例的檢討部分

P 實驗檢討(分析影響測試結果的因素、測試過程所遇困難和解決方法等)和建議(日後可作改良的地方等):

實驗檢討: 我們知道了風向, 風速, 氣壓都會影響火箭的飛行軌跡。而風會在火箭在空中停留的時間, 也會有分別。所以我們下次的實驗, 會選擇, 沒有風的影響來進行實驗。

乙學校習作示例的改良方法部分

我們的設計依舊, 不過我們卻把一對機翼給拿掉, 因我們經過實驗, 覺得那雙翼可有可無, 我們亦經過上次的教訓, 我們把水火箭的頭部弄得較為結實, 不易在降落時弄壞...

丙學校習作示例的評論部分

V. good 反思!

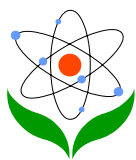
評論

有待改善:

- (1). 應在實驗前設計圖表, 以方便記錄。
- (2). 應重覆多次實驗, 以更確實實驗結果。
- (3). 應清洗試管及抹乾, 以防止影響實驗結果。
- (4). 應清除骨頭表面上的肉, 以防影響實驗結果。

優點

- (1). 能夠同時間把骨頭放入試管中。
- (2). 以及同時間把試管口用封膜封實, 做到公正效果。
- (3). 能夠在實驗前, 準備好實驗所需要的東西。

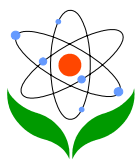


綜合上述對科學探究的設計與推行的分析，顯示了指導式探究、引導式探究和開放式探究的教學框架大致上相同，但在教學方式上有著不同之處，圖十四總括了上述三種探究模式的分別：

圖十四：指導式探究、引導探究和開放式探究的特點與分別

	指導式探究	引導式探究	開放式探究
<u>背景資料</u>			
學習特點	根據圖二及三所示，該類探究方式讓學生跟隨教師提供的詳情指示，便可完成探究的各個階段。	根據圖四及五所示，該類探究方式只給了學生簡單的探究框架，但在一些複雜的部分提供適當的指示，盡量讓學生獨立解決問題。	根據圖六及七所示，該類探究方式只給予學生撰寫報告的格式，報告內容由學生自行決定，教師則擔任從旁引導的角色。
對象	對探究學習沒有經驗的學生	有探究學習經驗的學生	掌握探究學習的學生
<u>推行過程</u>			
提問	以填充題及問題形式，協助學生回答提問部分。	以問題形式，引導學生思考探究的問題。	以情境討論的方式，讓學生思考當中的問題。
探究	給予學生具體的實驗步驟及記錄方法。	給予學生一些建議，以減低探究內容的複習性。	讓學生根據情境的條件，自行擬定實驗步驟及記錄方法。
檢討及延展	根據實驗結果回答相關的問題。	根據實驗結果回答相關的問題。	根據實驗結果回答相關的問題。

圖十四總結了該三種探究模式的特點與分別。根據習作示例的分析，該三種探究模式學習對象是不同學習能力的學生，教師須依據學生的已有知識及學習能力而選用合適的模式。指導式探究的對象是對探究學習沒有經驗的學生，他們須按部就班地進行探究，以提升他們對有關技能／技巧的掌握。引導式探究的對象是有探究學習經驗的學生，他們已初步掌握了科學框架，但在一些較複雜的問題上，仍須要適當的協助。開放式探究的對象是掌握探究



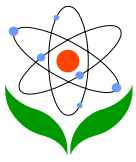
學習的學生，因為他們已掌握科學探究的技能，所以可對問題作深入的思考。由見及此，該三種模式代表了不同的成長階段，探究學習是須要循序漸進地發展。

總結

基於本文的分析和討論，教師在設計科學探究活動的考慮因素中，主要有三個。第一是科學與日常生活的關係，該三個活動的設計都是以課堂實驗活動為藍本，並滲入了科學探究各階段的元素，以及將科學與日常生活連在一起。第二是探究的過程與自由度，科學探究是著重探究的過程，強調在探究過程中的體會。雖然三個活動都有相同的學習目的，例如讓學生運用科學過程技巧，但各活動的探究自由度都不同。活動的自由度愈高，學生的參與愈多，亦給予他們較多的機會，思考探究過程的實際意義。教師可因應學生的能力及需要，調節探究的自由度。第三是探究的報告，透過製作實驗報告，讓學生思考當中的學習重點。實驗報告是一種評估科學探究的重要工具，所有與探究主題的相關資料都記載其中。報告的形式可選取工作紙或開放式問題，這視乎學生的能力及已有的知識。總括而言，科學探究活動是一個有效的方法，培養學生成為善於觀察、提問及懂得尋找解決方法的主動學習者。

參考文獻

- 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。
- Bouillion, L. M. & Gomez, L. (2001). Connecting school and community with science learning: Real world problems and school-community partnerships as contextual scaffolds. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 878-898.
- Clough, M. P., & Olson, J. K. (2004). The Nature of Science: Always part of the science story. *The Science Teacher*, Nov, 28-31.
- 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.
- Goldsworthy, A., & Feasey, R. (1997). *Making sense of primary science investigations*.



Hatfield: Association for Science Education.

Hackling, M. W., & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teachers Journal*, 42, 26-33

McComas, W. F. (2004). Keys to teaching the Nature of Science. *The Science Teacher*, Nov, 24-27.

Seiler, G., Tobin, K., & Sokolic, J. (2001). Design , technology, and science : Sites for learning, resistance, and social reproduction in urban schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 746-767.

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.

Tobin, K., Roth, W.-M., & Zimmermann, A. (2001). Learning to teach science in urban schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 941-646.