



初中科学探究活动的设计与推行模式

郑美红、蔡庆麟

香港教育学院 科学系
中国 香港 大埔露平路十号

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

收稿日期：二零零五年五月六日(于六月二十一日再修定)

内容

[摘要](#)

[引言](#)

[科学探究模式与日常生活的关系](#)

[科学探究的设计](#)

[科学探究的推行](#)

[总结](#)

[参考文献](#)

摘要

本文透过分析三个初中的科学探究活动示例, 介绍科学探究活动的设计与推行, 指出该类学习模式的学习重点和考虑事项。同时, 文章亦讨论了科学探究与日常生活之间的关系, 从而指出科学探究的特点, 协助学生思考科学探究的意义, 以提高该类活动的学习效益。根据习作的分析结果, 指出了科学探究的自主性愈大, 学生对科学探究的掌握愈理想。此外, 文章讨论了实验报告的运用, 指出学生如何透过制作实验报告, 掌握科学探究的意义。在总结部分, 计划小组提出建议, 拟定教师设计该类活动时的考虑因素。

引言

科学探究是课程改革文件(课程发展议会, 2002)提及的其中一个关键项目, 强调培养学生的科学过程技能和对科学本质(Clough and Olson, 2004 ;

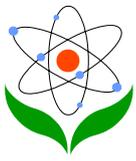


McComas, 2004) 的了解。常见的教学取向是以书本为中心, 透过实验活动介绍科学探究的概念, 以预定的探究步骤, 让学生跟随指示进行探究, 务求达到预期的学习目标。这种模式是从教学目标出发, 着重学习成果。可是, 科学探究理应是开放、自主的, 应以探究过程主导学习。另外, 我们身边发生的事物多是与科学相关的, 只要留心观察, 便可发现日常生活中的科学问题。若从日常生活的问题出发, 可帮助学生理解科学探究的实际意义。故此, 在设计科学探究活动时, 要考虑如何引入活动 (即是订定探究问题), 引发学生的兴趣, 使他们积极参与; 以及如何因应学生的能力和已有的科学知识, 订立科学探究的自主性。此外, 在推行期间, 应运用适当的辅助学习工具, 令学生更容易掌握科学探究的过程, 以便思考科学探究的意义。

本文辑录了与本地综合科学科教师合作设计的三个探究实验活动。计划小组先与校长及有关的科任老师接触, 了解学校课程发展的目的及需要, 然后就特定课题设计教学建议。期间, 计划小组与教师保持紧密联系, 为他们提供顾问服务, 并按个别学校的实际需要, 制订教案、活动、教材及学生习作。校方审定及选出合适的教学建议, 并尝试于课堂上使用。图一是探究活动习作示例的背景资料:

图一: 习作示例的背景资料

	甲学校	乙学校	丙学校
活动	水火箭	水火箭	酸碱度与骨头组织的关系
学习目标	探讨水火箭的载水量对其发射高度的关系	找出水火箭的载水量对其发射高度的影响	探讨酸碱度对骨头组织的关系
涉及的课题	太空之旅	太空之旅	酸和碱
年级	中二	中二	中二
进行时间	下学年	下学年	上学年
学生性别	男女	男女	男女
所需时间	6 至 7 堂	5 至 6 堂	5 至 6 堂
参加的教师人数	2	1	1
参加的学生人数	2 0 0 人	~ 8 0 人	~ 8 0 人



甲学校和乙学校都是初次让学生进行自主的科学探究活动, 而丙学校的学生对科学探究的过程及技巧已有基础的认识。这三间学校给予学生相约的探究时间, 经历科学探究的各个阶段。

本文内容主要以三个部分为基础: 科学探究模式与日常生活的关系、科学探究的设计及科学探究的推行。就上述三个部分, 除了讨论相关理论及其它学者的建议外, 还会透过分析学生的习作, 讨论设计科学探究活动的考虑因素, 以及不同的推行模式。本文所分析的学生习作是根据高、中、低三级标准选出, 透过比较各校高等级的习作示例, 从而反映不同科学探究模式的成效。

科学探究模式与日常生活的关系

科学探究是对自然现象或问题进行有系统的研究(Goldsworthy & Feasey, 1997; Crossland, 1998; Hackling & Fairbrother, 1996)。根据这定义, 探究自然现象、制作模型、产品测试、仿真实验等活动形式都属于科学探究的范畴。我们对于这四种活动形式并不陌生, 因为它们经常在日常生活中出现。例如, 天气是我们最关注的自然现象。根据前人的经验, 雨后通常都会出现彩虹; 如果晚上的天空呈红色, 那么明日下雨的机会便会很大。这些都是从观察自然现象得出的结论。至于制作模型, 以制作风车为例, 在制作时须运用相关的科学理论, 否则就只能制造出一个不会转动的风车。产品测试是指测试产品的效能, 例如电池的寿命、纸手巾的吸水力等, 这些测试都是透过科学方法进行。最后, 模拟实验是根据某些情境的条件, 模拟该情境的发生过程, 从而解开当中的疑问, 以及作详细的解释。警讯节目的案件重演就是运用了模拟实验的理念。

在计划中, 学生的习作示例分别以「水火箭」和「酸碱度与骨头组织的关系」为研究主题。水火箭测试属于模型制作及产品测试的混合学习模式, 而酸碱度与骨头组织的关系则属于模拟实验。「水火箭」和「酸碱度与骨头组织的关系」这两个主题都是与日常生活息息相关。在市面上, 有很多不同类型的水火箭玩具出售, 并声称可飞得有多高。对学生来说, 他们很想知道水火箭的发射原理及其影响因素。另外, 如果曾经有洗碗的经验, 都可能会遇到过骨头掉进去水渠里, 导致水渠淤塞的情况。在这情况下, 我们可怎样处理呢? 以上的问题可分别连贯到「太空之旅」和「酸和碱」两个课题中。从日常生活问题出发, 这样便可提高学生的学习兴趣, 引发他们思考科学探究的意义和价值。

科学探究的设计

一般来说, 学生是透过教科书内的实验活动经历科学探究的过程。这些实验



活动多是环绕特定的主题, 让学生认识与主题相关的科学概念。教科书内的实验活动主要是教授科学概念, 透过问题引导学生进行分析, 一步一步地让他们归纳出预期的答案。这样, 学生能集中地进行探究阶段的工作, 令他们达致相同的学习成果。不过, 该种模式限制了科学探究的自主性, 忽略了科学本质的问题, 这与真实科学研究情况矛盾:

实验有绝对的答案。

实验探究的时间多是 1 至 2 课节, 给予规格化的感觉。

只有实验过程的部分, 没有经历设计实验的过程。

只要跟着指示进行, 实验一定会成功, 没有提及检讨及修正的考虑。

科学探究是自主学习的模式, 应给予学生较大的学习空间, 亦应强调完整科学探究的历程。Solano-Flores and Shavelson (1997)介绍了比较探究活动中基础及进阶两种层次。这两个层次的探究活动均会牵涉学生提出、解决及验证科学问题或假设的能力, 另外亦会要求他们报告相关的验证结果。在推行基础层次的探究活动时, 教师一般会提供较详尽的工作指引, 需要较多的准备工夫; 他们会为学生提供准备, 包括书面指引、活动示范等, 并说明要进行的步骤及其原因。在进阶层次的探究活动中, 教师给予较少的指示, 增加他们的思考空间, 要求学生进行独立思考、计划及完成有关的工作。教师可就学生的学习经验, 考虑选用哪一种探究模式。

科学过程技巧(Colvill & Pattie, 2002)是进行科学探究时必须的技巧。在一般的情况下, 学生是透过科学活动学习有关的技巧, 或是运用所学的技巧于实际的探究中。后者可让学生进行自主的科学探究, 不须受已有的知识限制, 使活动更具灵活性。

Bouillion & Gomez (2001)、Seiler et al.(2001)及 Tobin et al.(2001)亦明确指出, 教师须因应学生的学习需要, 将课堂内容连系到日常生活中, 运用适当的对话增加学生的参与, 以及调节课堂的学习步伐。在设计科学探究活动时, 主要涉及活动内容、教师角色和学生角色三方面。活动内容是指探究主题和内容要求, 而教师及学生的角色则是在活动中所负责的工作。活动内容、教师角色和学生角色决定了活动的自主性。活动的自主性愈大, 学生的参与部分及内容要求的规定会有较大的自由度; 同时, 教师亦会提供较少的指引。为了让学生经历科学探究的各个阶段, 所以所需的时间亦应较长。在过程中, 着重学生的意见交流, 因此班上讨论及意见分享是十分重要的部分。

根据上述探究自由度的阐述, 现以三份习作示例作的分析, 由低至高排列它们的自由度, 分别为“甲学校: 水火箭活动”、“乙学校: 水火箭活动”及“丙学校: 酸碱度与骨头的测试”。虽然甲学校与乙学校都是推行水火箭活动, 但活动的自由度有着明显的差别。甲学校的教师会给予较明显的提示; 而乙学校只是给予一些注意事项, 例如水火箭设计规定、测试过程的考虑等, 而订定量度范围则由学生自行决定。丙学校的教师给予学生更大的自由度, 学生须自行设计实验步骤及订立测试过程。以下会简单阐述各活动中教师在设计



上给予学生的自由度:

甲学校: 水火箭测试活动

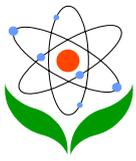
根据图二所示, 教师给予学生实验报告的格式指引, 指出了整个探究过程所需的部分, 以及各部分的要求。图三的学生示例指出, 教师根据实验报告的格式, 就各部分的要求, 给予学生详细的指示, 如背景资料、探究目的、探究问题、假说、实验设计、实验结果、结论、检讨 / 建议等部分。另外, 教师亦会给予提示, 让学生运用合适的科学过程技巧。该设计的活动内容含有较多的指引, 教师规范了活动的自主性, 学生只须跟随指示便可完成活动要求。这是属于基础的科学探究活动。图三的提出假说及探究目的两部分, 虽然教师给予清晰的指示, 但学生未能按指示完成。因为该两部分的问题属于思考性的, 如学生没有经历思考过程, 会较难掌握当中的重点, 所以未能达到所需的要求。

乙学校: 水火箭测试活动

该学校的教师给予详细的活动指引 (见图四), 包括教学目标、评分准备、注意事项及实验报告格式等, 学生须全面地思考整个活动。但是, 教师亦因应学生的学习情况, 提供适当的指示, 例如水火箭的喷口设计、测试所用的水压数值等。水火箭的喷口设计要配合发射装置的设计, 水火箭才能安装到发射器上。提供测试所有的水压数值的目的是减低活动的难度, 让学生更容易掌握学习重点。图五的习作示例指出, 学生能按教师提供的指示, 有效地完成各部分的要求。当中, 学生须根据自己已有的知识及对实际情况的了解作出思考。与甲学校的水火箭活动相比, 乙学校的活动要求较高, 在没有工作纸的帮助下, 学生须自行完成各部分, 如分析实验数据。这表示学生需要有较佳的科探究能力方能达到教师的要求。

丙学校: 酸碱度与骨头组织的测试

在活动中, 学生须将整个探究过程详细地记录在实验报告中。图六为教师提供的实验报告格式。根据指引的内容, 教师给予的指引都是环绕报告格式, 与甲、乙学校的指引不同, 没有提供任何有关探究活动内容的提示, 目的是让学生提出自己的独立见解, 设计实验、解释观察现象及实验结果。这才能达到开放、自主的探究过程。其实, 任何探究的主题都可让学生体会科学探究的开放性、自主性, 以探究过程主导学习。根据学生的习作样本 (见图七), 教师给予适当的回馈, 指出可改进的地方, 让他们作进一步的思考。在进行的过程中, 学生只是依据报告的指引, 完成各部分的要求。报告内容反映出学生努力的成果。



图二：甲学校的学生指引

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，作详细说明

探究内容以外的学习要求。



图三：甲学校的习作示例 (节录自学生习作样本)

学生解释了水火箭的载水量与重量如何影响飞行时间长短。

○ 結論：

從實驗活動中我們得悉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。而載水量的多少也會有所改變。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。

在检讨后, 学生得知风向、风速及气压都会影响水火箭的飞行轨迹。

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)

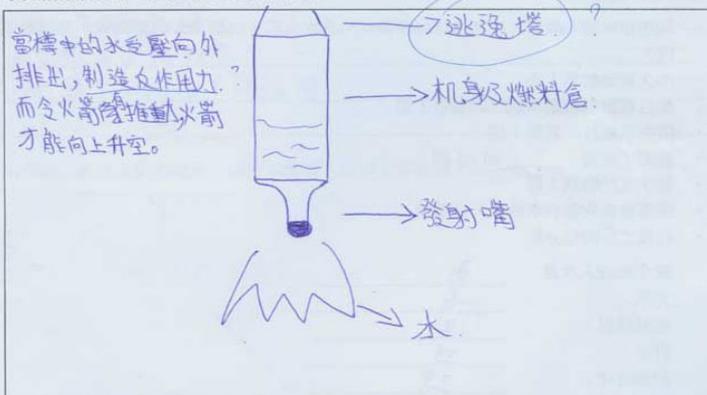
班別：S2A 組別：4 提
組長：學生甲 (C.N.)
組員：學生乙 (C.N.)
組員：學生丙 (C.N.)
組員：學生丁 (C.N.)
組員：學生戊 (C.N.)

Q 組員感想

在這實驗裏除了學會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。而我們很高興可以學到怎樣製造水火箭, 增加了對科學的興趣, 也增加了不少知識, 這些實驗令我們擴充了我們的知識和經驗, 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)：



学生根据自己的设计意念作出图文并茂的解释。

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 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。

学生好像未能掌握该部分的学习目的。



图四：乙学校的学生指引

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%

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

指引提供了选取
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, 省却了學生進行初步測試的工作及疑問, 減低了活動的難度。



图五：乙学校的习作示例（节录自学生习作样本）

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為阻力一部分；氣壓的影響則為重要，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...

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) 測試時的假設/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。

學生提出自己的假說，以及指出問題中的變因

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。

水量 (mL)	升空時間 (秒)
200	0.2
225	2.2
250	3.1
275	3.0
300	3.1
325	1.1
350	1.1
375	0.9
400	2.2
425	2.1
450	2.1



图六: 丙学校的学生指引

如何撰写实验报告 方法

1. 通则:

- 实验报告是根据你自己的实验历程所撰写的, 除小部分引用他人的文献之外, 必须是实实在在的实验结果与过程的纪录。
- 报告的长短与成绩不一定成正比。
- 每个人要写自己的实验报告, 尽可能使用计算机文字处理软件撰写报告。

2. 实验报告的结构:

报告的格式并无一定规格, 只要写得合理、正确、一致, 均为好的实验报告。事实上, 只要随手翻开一本选择月刊, 参照里面的产品测试报告的格式, 用心来写报告, 也可以有相当好的成果。

- i) 封面及目录
 - 第一页为封面、第二页为目录。
 - 第一页依序写入实验课码、题目、组别、姓名、交出日期等讯息;
 - 第二页要整理出一张目录表, 详细标出各项内容的页数。
- ii) 实验目的:
 - 简单描述实验的动机与目的
 - 动机: 说明为什么想做这个实验; 打算用什么方法来做。
 - 目的: 实验假设或结果可以证明的事实
- iii) 假设、研究因素、其它因素及预测
 - 包括实验假设及其支持理据;
 - 实验研究的因素(独立变量、因变量)、其它保持不变的因素;
 - 预测(根据你所知科学知识对你提出假设作出预测)。
- iv) 实验材料及仪器
 - 列出实验所用的各种工具、仪器、化学物品等。
- v) 实验步骤:
 - 报告内须详细及有系统地写出实验步骤, 每个步骤要用完整句子来描述。
- vi) 记录实验结果
 - 配合研究目的各子项顺序来书写。
 - 结果以图表表示为佳, 如纪录表格太过冗长者宜放在附件作参考数据。
- vii) 讨论实验结果
 - 实验讨论, 一次只可以比较一个变因, 尤其是实验组和对照组的比较。
 - 实验数据的结果最好能有相呼应的理论。实验中没有做到或观察的结果, 绝对不要加入自认理所当然的结果。
 - 强调结果时要注明引用哪一个表格图、或数据。图表一定要有标题及详细单位。张贴的照片要和结果相呼应, 照片底下附有简单说明。
- viii) 结论
 - 作出总结, 尝试将实验结果、所作假设及探究问题联系起来。
 - 简洁、扼要
 - 显示报告中独特的见解。
- ix) 评论
 - 评述这实验设计的优点及缺点, 并作改善, 或建议进一步探究的问题。
- x) 参考数据来源
 - 要和实验相关, 而且曾阅读过的。
 - 格式顺序: 所有作者、出版年代、文章名称、出版社名称、出版地。杂志类要在文章名称后面注明杂志名称、章节、页数范围。
 - 网络数据要注明网址和取得数据日期。
- xi) 感想
 - 整个实验过程中所遇到困难。
 - 你如何解决?
 - 透过是次探究活动可以帮助发展你的科学思维吗?
- xii) 自我评估
 - 自行完成自我评估表格。

指引详细地描述
报告内各部分的
要求及考虑事项。



图七: 丙学校的习作示例 (节录自学生习作样本)

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

學生描述了探究問題的背景資料。

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

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。

實驗材料

名稱	數量
骨頭	5根
通渠劑	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

學生詳細地列出儀器 / 材料的種類及數目。

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。

學生自行訂立出實驗步驟。



根据实验结果, 作详细的分析。

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。

能將實驗結果作出詳細解釋

清楚地记录实验的各项数据。

結論

經過浸泡後, 發現骨頭(1) 即是用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 2ml, 比其他所經浸泡過的溶液相比下, 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 吹后有脂肪 在骨節分 故... good!

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=20f21fcc82a39b0ca64ce75b853e5cff
<http://www.periojehng.com/ff.files/image002.jpg>
http://hk.imagesearch.yahoo.com/search/hk_imgdtl?p=%c2%fb%11&n=06c45793199ee3b468fe59c1e4ef3e38

提出了明确的建议。

根据甲至丙学校的习作示例, 指出了不同自由度的探究方式。探究自由度的大小主要取决于学生已有的知识或经验。探究的自由度应逐渐提升, 对于从



未进行此类活动的学生, 可参照甲学校的活动模式; 对于有经验的学生, 可参照乙学校的活动模式; 对于已掌握探究活动要求的学生, 可参照丙学校的活动模式。换言之, 甲学校采用了*指导式探究*, 乙学校采用了*引导式探究*, 丙学者采用了开放式探究。

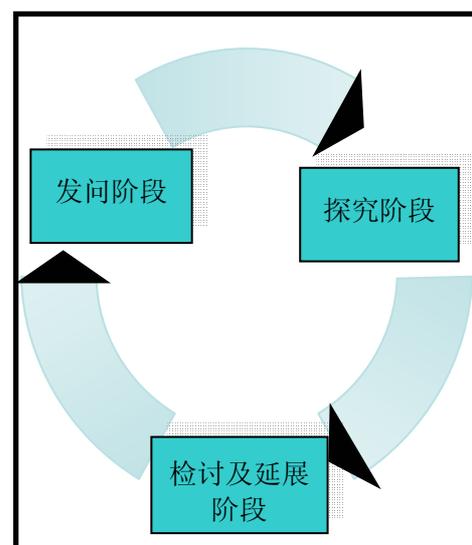
从该三间学校的习作示例的分析来说, 各间学校的教师都给予学生进行科学探究的框架, 分别在于提供协助的程度。为了说明上述三种探究模式的特点, 本文探讨了各校高等级习作示例之间的分别(高、中、低三级评分标准), 以比较学生的学习成效。

科学探究的推行

虽然科学探究没有既定的进行程序, 但大致可分为三个阶段进行: 发问、探究、检讨及延展(见图八)。在发问阶段, 教师应尽量引导学生思考, 要求他们表达自己对问题的见解及想法, 同时亦应鼓励他们主动交流意见, 以扩阔思维及增加投入感。在探究阶段, 学生须运用科学过程技巧, 如提出假设、界定变因、记录数据、作出结论等。在检讨及延展阶段, 检讨探究结果是否完全解决提出的问题, 或是须进行跟进的探究。虽然学生能根据实验结果而作出结论, 但所得出的结论是否与提出的问题相关, 还须作进一步的探讨。从这个阶段所得出的结果, 一方面可助进一步的探究, 另一方面可助拟订延展问题。延展问题是推动学生自主学习的重要工具。科学探究的过程是循环的(Hackling and Fairbrother, 1996), 一个探究问题的总结是另一个探究问题的开始。

在进行期间, 以下的问题可帮助学生掌握科学探究的不同阶段:

1. 为什么要进行实验?
2. 透过实验, 我们想证明什么?
3. 实验需要哪些材料和仪器?
4. 进行实验的步骤是什么?
5. 如何记录测试结果?
6. 根据测试结果, 能解答提出的问题吗?
7. 实验有没有需要改进的地方?
8. 从今次实验经验, 我们还可探究哪些问题?



图八: 推行科学探究的阶段



上述的问题, 其实是代表了探究过程中的不同阶段。学生很多时都只会为做实验而实验, 而不会深究实验的意义, 令活动只流于表面。问题 1 及 2 是在发问阶段提出的, 用来帮助学生思考实验的目的。在探究阶段, 学生可根据问题 3 至 5 的提示进行。完成探究后, 须检讨得出的实验结果是不是已解决了提出的问题 (问题 6)。因为解决问题的先决条件是沿正确的方向出发, 然后再配合正确的方法, 所以必须具备两者才可找出正确的答案。至于延展问题, 是因应检讨结果而产生的, 主要分为两类: 第一类是根据提出的问题与探究结果的差别, 修正原来的探究方向, 重新拟订探究问题 (问题 7); 第二类是探究问题的延展部分, 根据探究结果, 进行深层次的探究 (问题 8)。总括而言, 这种探究过程不停地重复出现, 因为一个问题的终结是另一个问题的开始, 所以学生必须清楚每一阶段的意义, 方可掌握科学探究的要素。

根据该三份习作示例的分析, 该三个活动都是属于自主学习模式的活动, 较着重学生的参与。透过制作实验报告, 让学生清楚知道活动的运作过程及要求, 务求让他们能自主地学习。图九比较了各实验报告的结构, 各报告内容的架构大致上是相同的, 报告都包括实验目的、假说、界定变因、实验设计、实验记录、结论等主要部分。其实, 实验报告的内容已对应了上述的六项问题, 详情请参照图十。根据图十所示, 研习的背景资料、研究动机及研究目的都是解答问题 1 及 2。问题 3 至 5 是关于探究阶段的工作, 包括提出假说、界定变因、实验设计、量度及记录数据等, 例如乙学校的列出水火箭发射原理、列出今次须研究的因素、列出所有影响水火箭升空高度的因素、列出控制变因、提出假设、例出制作水火箭所用物料、测试时的假设及表列研究结果。完成探究工作后, 便是作出实验结论 (问题 6)。最后, 问题 7 及 8 是关于探究后的检讨部分, 例如检讨 / 建议、改良方法和评论。



图九：各实验报告的结构比较

甲学校	乙学校	丙学校
封面	研究动机	封面及目录
目录	研究目的	实验目的
背景资料	列出水火箭发射原理	假设、研究因素、其它因素、预测
探究目的	列出所有影响水火箭升空高度的因素	实验材料及仪器
探究问题	列出今次须研究的因素	实验步骤
假设	列出控制变因	记录实验结果
实验设计	提出假设	结论
实验结果	列出制作水火箭所用物料	评论
结论	测验时的假设	参与资料来源
检讨 / 建议	表列研究结果	感想
设计图	研究结论	自我评估
	改良方法	
	参考数据	

图十：问题 1 至 8 与实验报告结构的对照

	甲学校	乙学校	丙学校
问题 1	背景资料	研究动机	
问题 2	探究目的 探究问题	研究目的	
问题 3	假设	列出水火箭发射原理	假设、研究因素、其它因素、预测
问题 4	设计图	列出所有影响水火箭升空高度的因素	实验材料及仪器
问题 5	实验设计 实验结果	列出今次须研究的因素 列出控制变因 提出假设 列出制作水火箭所用物料	实验步骤 记录实验结果
问题 6	结论	研究结论	结论
问题 7			评论
问题 8	检讨 / 建议	改良方法	

问题 1: 为什么要进行实验? 问题 2: 透过实验, 我们想证明什么? 问题 3: 实验需要哪些材料和仪器?
 问题 4: 进行实验的步骤是什么? 问题 5: 如何记录测试结果? 问题 6: 根据测试结果, 能解答提出的问题吗?
 问题 7: 实验有没有需要改进的地方? 问题 8: 从今次实验经验, 我们还可探究哪些问题?



综合各例子的内容, 实验报告可包括以下部分:

- 封面及目录
- 研习动机
- 实验目的
- 所涉及的科学理论
- 界定变因及提出假说
- 实验设计(材料、仪器、步骤)
- 数据记录
- 数据分析
- 作出结论
- 评论/检讨
- 参考数据来源
- 感想
- 自我评估

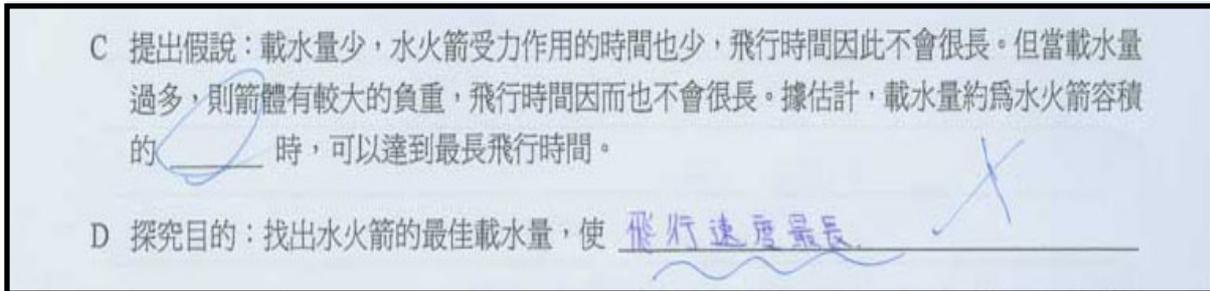
这种实验报告格式已包含了科学探究各阶段的元素。研习动机、实验目的和所涉及的科学理论都是属于第一阶段的工作; 界定变因、实验设计、数据记录、数据分析和作出结论属于第二阶段的工作; 评论/检讨、感想和自我评估属于最后阶段的工作。教师的工作主要是提醒学生各科学过程技巧的运用和重要性, 引导他们完成各个项目。

撰写实验报告可让学生重新思考整个科学探究, 较单依工作纸形式佳, 使学习目标更清晰。一般的实验工作纸只着重实验活动的内容, 并没有具体地引导学生思考科学探究的要素。不过, 工作纸可作为辅导学习的工具, 帮助学生有效地进行科学探究, 减低探究过程的难度。

该三个活动的习作示例, 大致上学生都能达到活动的要求。每个探究步骤都是有特定的目的。如果该步骤全是由教师或书本提供的, 学生便不会加以思考。图十一的示例正好说明这个说法, 习作反映了学生并不掌握提出假说及探究目的的重点, 这是由于教师已订定了该部分的内容, 并不要求学生作深入思考。相反, 如果该步骤是学生自己设计的, 他们便可注意到其重要性。图十二的示例指出如何协助学生进行反复思考。虽然学生清楚知道进行探究的原因, 但并不能明确指出实验目的。为了让学生作进一步的思考, 教师给予了回馈, 以便他们指出明确的实验目的。这正好说明了自由度愈高的探究活动, 可让学生更容易体验科学探究的意义。



图十一：甲学校习作示例的提出假说及探究目的部分



图十二：丙学校习作示例的实验目的及研究要素部分



另一方面，图十三比较了各学校的学生反思部分，分别是甲学校的检讨 / 建议、乙学校的改良方法、丙学校的评论，指出丙学校的学生提出较具体、深入的建议。学生必须清楚理解问题，才能有效地提出建议。科学探究模式的自由度愈高，学生较的思考空间便愈大。



图十三: 各学校的学生反思部分

甲学校习作示例的检讨部分

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。而風會使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, 沒有風的影響去進行實驗。

乙学校习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...

丙学校习作示例的评论部分

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。



综合上述对科学探究的设计与推行的分析, 显示了指导式探究、引导式探究和开放式探究的教学框架大致上相同, 但在教学方式上有着不同之处, 图十四总括了上述三种探究模式的分别:

图十四: 指导式探究、引导探究和开放式探究的特点与分别

	指导式探究	引导式探究	开放式探究
<u>背景资料</u>			
学习特点	根据图二及三所示, 该类探究方式让学生跟随教师提供的详情指示, 便可完成探究的各个阶段。	根据图四及五所示, 该类探究方式只给了学生简单的探究框架, 但在一些复杂的部分提供适当的指示, 尽量让学生独立解决问题。	根据图六及七所示, 该类探究方式只给予学生撰写报告的格式, 报告内容由学生自行决定, 教师则担任从旁引导的角色。
对象	对探究学习没有经验的学生	有探究学习经验的学生	掌握探究学习的学生
<u>推行过程</u>			
提问	以填充题及问题形式, 协助学生回答提问部分。	以问题形式, 引导学生思考探究的问题。	以情境讨论的方式, 让学生思考当中的问题。
探究	给予学生具体的实验步骤及记录方法。	给予学生一些建议, 以减低探究内容的重复性。	让学生根据情境的条件, 自行拟定实验步骤及记录方法。
检讨及延展	根据实验结果回答相关的问题。	根据实验结果回答相关的问题。	根据实验结果回答相关的问题。

图十四总结了该三种探究模式的特点与分别。根据习作示例的分析, 该三种探究模式学习对象是不同学习能力的学生, 教师须依据学生的已有知识及学习能力而选用合适的模式。指导式探究的对象是对探究学习没有经验的学生, 他们须按部就班地进行探究, 以提升他们对有关技能 / 技巧的掌握。引导式探究的对象是有探究学习经验的学生, 他们已初步掌握了科学框架, 但在一些较复习的问题上, 仍须要适当的协助。开放式探究的对象是掌握探究学习



的学生, 因为他们已掌握科学探究的技能, 所以可对问题作深入的思考。由见及此, 该三种模式代表了不同的成长阶段, 探究学习是须要循序渐进地发展。

总结

基于本文的分析和讨论, 教师在设计科学探究活动的考虑因素中, 主要有三个。第一是科学与日常生活的关系, 该三个活动的设计都是以课堂实验活动为蓝本, 并渗入了科学探究各阶段的元素, 以及将科学与日常生活连在一起。第二是探究的过程与自由度, 科学探究是着重探究的过程, 强调在探究过程中的体会。虽然三个活动都有相同的学习目的, 例如让学生运用科学过程技巧, 但各活动的探究自由度都不同。活动的自由度愈高, 学生的参与愈多, 亦给予他们较多的机会, 思考探究过程的实际意义。教师可因应学生的能力及需要, 调节探究的自由度。第三是探究的报告, 透过制作实验报告, 让学生思考当中的学习重点。实验报告是一种评估科学探究的重要工具, 所有与探究主题的相关数据都记载其中。报告的形式可选取工作纸或开放式问题, 这视乎学生的能力及已有的知识。总括而言, 科学探究活动是一个有效的方法, 培养学生成为善于观察、提问及懂得寻找解决方法的主动学习者。

参考文献

- 课程发展议会 (2002): 《科学教育: 学习领域课程指引 (小一至中三)》, 香港: 政府印务局。
- 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.