

小学科学探究学习的探讨

苏咏梅

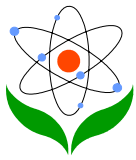
香港新界大埔露屏路十号
香港教育学院数社科技学系

电邮: wiso@ied.edu.hk

收稿日期: 二零零六年三月廿七日(于六月十五日再修定)

内容

- [摘要](#)
 - [绪论](#)
 - [研究背景](#)
 - [研究的重要性](#)
 - [研究目的](#)
 - [研究的待答问题](#)
 - [文献探讨](#)
 - [科学教育的发展](#)
 - [科学性探究学习](#)
 - [科学探究的相关研究](#)
 - [在专题研习中进行科学探究](#)
 - [科学探究学习的检视](#)
 - [对文献探讨的综论](#)
 - [研究方法](#)
 - [研究结果](#)
 - [学生的科学探究过程](#)
 - [学生的科学探究成果](#)
 - [结论与建议](#)
 - [结论](#)
 - [建议](#)
 - [未来研究方向](#)
 - [参考文献](#)
-



摘要

本文主要分析香港小学生透过科学性专题研习进行的科学探究学习。研究对象为参与二零零三年第六届「常识百搭」科学专题设计比赛的十六队得奖队伍, 年龄约是十至十二岁。从研习书面报告及口头汇报, 探讨小学生在进行科学性专题研习时的探究想法、设计、测试、阐释、理解、应用和反思, 为探究学习设计提供具参考性的例子及启示。从本研究分析中发现这群小学生透过不同的想法来探讨主题, 在探究设计中提出问题及订定假设, 在测试中控制变因作比较, 在阐释中搜集、整理及分析资料, 达至建构对科学的理解、应用科学在日常生活中及反思学习的成果。最后, 本文亦就研究成果建构一个展示科学探究模式的架构供研究及设计探究学习的参考。

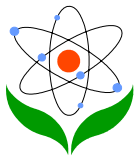
关键词: 科学性专题研习、探究学习

壹. 绪论

一. 研究背景

「常识百搭」小学科学专题设计比赛早在一九九八年由香港教育学院科学系及当年的香港教育署联手举办。举办活动的构思来自常识科的教与学。小学常识科课程(课程发展议会, 1997)建议在教学中多利用专题设计作为学习活动, 目的除了能使学生对课题有深入的认识外, 更可培养他们的表达、观察、思考和判断能力。学生同时亦可藉此机会去体验如何有效地与同侪合作完成工作(苏咏梅, 1998)。此外, 活动亦希望在新推行的小学常识科课程中加强学生的科学学习。在这多年来, 香港科学馆亦加入为主要的举办机构, 参加的队伍由十多个发展到百多个, 甚至部分小学在校内举办同类活动让更多小学生有机会参与专题性探究学习。每年的活动有不同的主题, 形式也作了修改, 如加强信息科技的部分, 让学生有更大更多的发展空间。

参与的小学生, 年龄约是十至十二岁, 以小组形式, 在指定日期递交建议书, 然后由多名大专、中学及小学老师组成的评选团作初步评选及提出改善建议。建议主要是注意研习的可行性及加强科学性的阐释。经过两个多月在校内的研习, 参与队伍齐集在科学馆展览厅内摆放摊位(学生要准备一块 A1 大小的展板, 再用实物、模型或计算机简报辅助口头汇报), 在指定时间内向其它队伍、参观者及评判口头汇报其研习过程及成果。此外, 评判在评选时亦会参考队伍制作的研习报告。主办机构每一年都为得奖专题作品修订及出版刊物(苏咏梅,



2003a), 一方面分享学生的成就, 让其它仍未在这方面发展的学校作参考, 亦藉此难得机会进行探讨小学生进行科学性专题探究的研究。

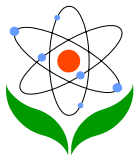
二. 研究的重要性

Warwick (2000) 指出直至九十年代中期, 在中、小学内还是欠缺一个有系统进行科学探究的意识, 让学生得到所需的科学知识来处理日常遇到的科学问题。虽然 Hodson (2004) 认为现今小学科学教学已较少着重知识的灌输, 而多让学生主动学习及参与科学性探究, 但研究发现在香港小学常识科课堂中, 主要采用由老师讲述的教学模式, 学生多缺乏参与科学探究的活动 (So, 2002)。Lazarowitz 及 Tamir(1994)和 Sutman (1996) 都指出即使课堂上有实验等探究式活动, 但是大多数实验都以验证式(食谱式)为主, 学生完全依照课本里所列的程序完成实验, 以验证老师或书本上所描述的现象, 较少刺激学生的逻辑思考能力, 亦没有培养他们的创造力。Crawford (2000) 也认为一般课堂的科学实验主要是找寻答案, 与学生在日常生活中解决困难并不一样。

近年不少科学教育的学者提出探究学习的好处(Krajcik, Blumenfeld, Marx & Soloway, 1999; Anderson, 2002; Schneider & Krajcik, 2002; Kanari & Millar, 2004; Rivert & Schneider, 2004)。Metz(1998)更指出对学生进行探究学习能配合科学教学的过程及内容。学者对探究学习的高学习效能的描绘, 令教师对探究性学习存疑惑之心, 引起一连串的问题(苏咏梅及吴本韩, 2005)。究竟科学探究是什么一回事? 如何进行科学探究? 科学探究是否必须要做实验? 探究是否必须由学生提出问题? 提出问题后教师是否不可提供任何资料给学生作探究? 教师这些对探究性学习的观念和极端做法容易影响学生学习: 一种做法是认为探究性学习在课堂是不可行而不作采用, 另一种做法是对任何年级或不同学习能力及兴趣的学生施以同一手法, 即完全放手让学生自由探究。但 Crawford(2000)在研究中提出教师在学生的科学探究活动中的参与应该比任何一种教学策略为多, 因为教师要提供或设计有利探究学习的学习环境 (Krajcik, Czerniak, & Berger, 2003)。从是次研究分析所得的讨论建议, 期望能提供教师一个在设计科学探究学习的指引, 让有意设计探究学习的教师, 就着已得的认知及既有的能力设计教与学, 来为学生实践科学探究学习。

三. 研究目的

本研究的目的是探讨香港小学生在科学专题研习中的探究学习情况, 从小学生的科学性专题研习成果报告中阐释及探讨其探究过程。希望从研究中得到相关的启示, 了解小学生的专题探究式学习。更期望从研究的分析及讨论中能够启



示小学教师推行科学性专题探究活动。原因是研究(Lawson, 1995)列举了教师所提供的十个不进行科学探究学习的原因, 显示教师在这方面的困难。Roehrig 和 Fulie (2004)也指出影响教师使用探究活动的限制, 包括对科学本质及科学探究的理解、教学内容知识、教学信念及对学生管理的关注等, 教师对学生进行探究学习的认识多寡也是影响因素之一。Crawford(2000)建议多发表研究报告阐释探究学习实例, 让教师不用凭空想象教学策略。因此本研究亦会就所得的资料作出建议、启示及加强小学教师对科学探究的理解, 从而协助教师克服部分影响他们采用及设计探究学习策略的限制。

四. 研究的待答问题

本研究论文主要就探讨小学生的科学性专题研习, 从而道出有关探究学习的设计。为了能更准确地提出有关探究工作进程的资料, 论文参考了多年来众学者所提出的一些探究的过程及特征而设计待答问题。其中包括(1) National Research Council (1996)对探究的描述: 观察、提出问题、参考、计划、检视、收集、阐释数据、建议解决办法、解释及预测和汇报成果; (2)National Research Council (2002)近年发表的探究重要特征: 提出问题、用证据来解答问题、解释、与科学知识作连系和沟通。参考这两份数据足以包罗科学教育界所认同的科学探究工作。此外, 也参考(3) Pearce (1999)适用于分析儿童的工作的探究式科学指标核对表; (4) Hollins 及 Whitby (2001)提出的科学探究还应包括‘心到’及‘手至’的过程, 以确保两份由 National Research Council (1996, 2002)得来的探究特征没有遗漏的地方。虽然本研究是与小学生有关, 但亦参考了(5)Duggan & Gott (2000)的一套工业雇主所要求且与科学教育有密切关系的技巧, 以得到一套较全面性的研究待答问题。下列研究问题的设定主要是归纳以上的参考资料, 找出众学者认同的探究工作进程。而专题书面报告及学生口头汇报的内容分析主要沿着这些问题来探讨小学生的科学探究。

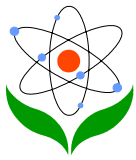
1. 探究想法 Ideas for inquiry

- 学生的探究想法是怎样产生的?

2. 探究设计 Design of inquiry

- 专题研习中有哪些陈述目的、提出可测试的问题及建立合理的假设?
- 学生从哪里获得有助探究的资料?

3. 探究测试 Investigation



- 学生选用哪些测试用品?
- 学生设计哪些测试?

4. 阐释 Interpretation of data

- 学生如何有系统地和合乎逻辑地收集数据?
- 学生有哪些方法演绎资料数据?
- 学生如何分析资料数据及得出结论?

5. 探究成果 Inquiry outcome

- 学生有什么科学理解?
- 学生如何应用从探究取得的科学理解?
- 学生有哪几方面的反思学习?

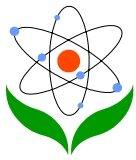
贰. 文献探讨

一. 科学教育的发展

科学教育在二十世纪大部分国家的学校课程中有着相当的地位, 当中出现过标志科学教育的口号包括有「做个科学家」(“Being a Scientist”)、「透过动手来学习」(“Learning by doing”)、「求过程、不求结果」(“Process not Product”)、「全民科学」(“Science for All”)、「儿童对世界的认知」(“Children making sense of the World”), 但对于课程组织及进行学习的方法就没有太大的共识 (Hodson, 2004)。科学教育从以前只着重科学知识概念, 到现在重视及强调科学的应用, 尤其是与日常生活的配合。课程内容由只着重概念到概念与过程并重, 重视科学、科技与社会的结合, 发展至今更强调科学探究与科学性思考(苏咏梅及吴本韩, 2005)。

二. 科学性探究学习

其实远在八十年代已有从事科学教育的学者及专家提倡让学生进行科学探究活动, 认为探究能促进学生发展科学思考和探究技巧的能力和方方法, 是有效学习科学的方法(AAAS, 1989; Tamir & Lunetta, 1981)。Watson, Fulian 和 McRobbie (2004) 以及众科学教育者(Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Duschl, 2000; National Research Council, 1996) 都认为探讨如何进行科学探究是科学教育的其中一个主要目的。Kanari 和 Millar (2004) 认为学习科学探究已广泛地被视为科学教育的主要目标来得到科学理解及知识。在近年的香



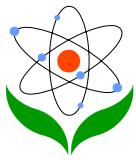
港教育改革文件都提出探究式学习的好处, 如在常识科课程指引(课程发展议会, 2002)提出探究式学习是以学生为中心, 发展知识、共通能力¹及价值观的学习; 透过鉴定问题, 搜集资料来解决问题, 学生是知识的主动建构者。

杜威(Dewey, 1963) 认为探究应是以儿童为中心, 由儿童定下问题所在, 发展方案和计划来收集数据及找出解决方法。布鲁纳的「发现学习论」对科学探究学习影响很大, 他认为学生并非仅为知识学习者, 更应该是主动的探究者, 强调要参与过程, 以获取知识(Bruner, 1966, 撰自张春兴, 1998)。科学探究的方法, 强调学生应从一个现象的问题开始, 主动参与, 先提出假设, 再根据假设收集并分析证据, 进而设计并进行研究, 而非只是学习自然现象的答案而已(AAAS, 1989)。美国国家研究议会(National Research Council, 1996) 就探究作出较仔细的描述: 探究包括观察; 提出问题; 参考书本及其它资源; 计划探究; 检视已有的知识; 运用工具来收集; 分析及阐释数据; 建议解决办法; 解释及预测和汇报成果。美国国家科学教育标准(科学性探究)发展小组; 美国科学、数学及工程教育中心; 美国国家研究议会(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」不单是科学家探索自然世界时所做的工作, 就自然现象提出解释及收集有关的证据。「探究」亦是学生探索知识的工作, 包括提出问题、策划工作及根据数据检视已有的知识。当中更提供了探究的五个重要特征: (1) 提出问题; (2) 运用证据来解答问题; (3) 解释; (4) 与科学知识作连系; 及(5) 沟通。

三. 科学探究的相关研究

在参考相关的研究时发现不少都采用质性的研究方法进行的, 如刘宏文、张惠博(2001) 为高中学生进行开放式探究活动进行个案研究来探讨问题的形成与解决。他们的研究选用了在 1998-1999 学年度参与开放式科学探究活动的三组共九位学生, 以质性研究法探讨学生在开放式探究活动中如何形成问题, 如何解决问题及问题的解决方法有何特质。研究讨论指出学生提出的问题, 多来自学生的学习与生活经验。虽然学生从进行的科学活动与科学家的工作有差距, 但所得探究经验仍富意义。Rop(2002) 探讨一个化学教师对学生在探究活动中

¹香港政府在二零零零年发表的《终生学习全人发展: 香港教育制度改革建议》(教育统筹委员会, 2000) 文件中强调要发展学生的共通能力。共通能力是帮助学生学会学习的基础。通过不同科目或学习领域的学习与教学, 可以培养学生的共通能力, 这些能力还可以应用于其它不同的学习情况。九种共通能力包括: 协作能力、沟通能力、创造力、批判性思考能力、运用信息科技能力、运算能力、解决问题能力、自我管理能力和研习技能。



提出问题的信念。研究结果指出在课堂中鼓励学生提出问题的探究精神的种种困难。以上的研究提供了探究问题的探讨, 有助解答本研究部分的待答问题。

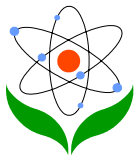
还有些研究作较全面的检视, 如蔡佩颖与张文华(1999)也是用质性的研究方法, 但主要是探讨学生进行实验活动的过程与概念学习的成效时得到的结论, 包括在实验教学情境中, 学生从教师所搭建鹰架的教学流程和小组进行实验的社会互动过程中获得概念理解。Metz (1998)探讨儿童能力可及的科学探究活动也发现同侪协作学习的重要性。

有些研究主要探讨数据及证据的收集及阐释如 Kanari 和 Millar (2004), 以及 Sternadel (2004)。Kanari 和 Millar (2004)指出研究显示虽学生大都能设计及进行简单探究活动, 但他们所收集的数据经常不足及所作的结论与数据不符。所以他们设计研究, 尝试探讨二十个分别是十、十二及十四岁的学生在科学探究工作中对数据和量度的理解, 及学生们如何从数据资料中作推论。Sternadel (2004) 在检视学生进行探究工作时如何阐释从搜集的证据。Goodnough 和 Cashion(2003) 探讨学生在进行问题为本学习(Problem-based learning)时有助发展探究学习, 原因是学生要主动探讨一个开放性的问题来寻求不同的解决方法。以上的研究虽然探讨的范围有别, 但亦为解答本研究多项待答问题提供了线索和方向。

四. 在专题研习中进行科学探究

究竟如何与小学生进行科学探究? Martin-Hansen(2002)更建议了三个探究模式学习种类, 包括(一)结构式探究: 教师主导引领探究, 学生跟随指示, 达成特定的结果; (二)引导式探究: 教师协助设计及进行探究, 教师选择探究问题, 教师学生共同商讨如何进行, 教师教导学生所需技巧; (三)开放式探究: 以学生为中心, 学生提出问题、设计及进行探究。此外, Bodzin 和 Cates (2002)认为探究式学习也有不同的主导程度, 由学习材料主导到学生主导, 学生的自主程度与教师或学习材料主导程度成反比。不同的探究模式对教师及学生的能力都有不同的要求。

Hodson (2004) 发现科学性的电视节目及书籍比学校的科学课更能引发兴趣。原因很简单, 就是学校的科学课较沉闷, 内容抽象及理论性的议题与日常生活无关, 而且较其它科目艰难, 提供较小的空间发展学生的学习兴趣、创意、个人理解及表达。相反, 专题性探究就能提供机会让学生与他人合作来探讨具重要性及有意义的问题(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)。



为着提升学生的素质, 为学生提供终身学习及全人发展所需的基本学习经历, 香港在近年的课程改革中, 指出专题研习是探究式学习的其中一种(课程发展议会, 2002)。专题研习是一个着重「过程」及「成果」的学习, 需要学生亲身深入探讨一个问题或一件事情。在过程中, 着重基本科学概念及科学技能(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003), 从多方面找寻数据或采用不同的方法来整理及分析数据以解决问题。很多时候还需要与父母及同学合作, 最后把研习所得数据作分类、记录、分享和反思。钟岭崇及祁永华(2005)指出学生必须具备一些基础能力来完成专题研习的任务, 基础能力中包括了各个探究的技能。

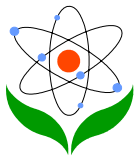
许素(2002)认为以专题进行科学探究学习, 学生能针对所探究的专题主动思考而提出问题, 在解决问题的过程中, 习得相关的科学概念与处理问题的能力, 并培养出细心、耐性的科学态度, 达致完整的学习。此外, 通常涉及自然现象的专题研习都可透过进行实验性探究来引证或探索(苏咏梅, 2003b), 目的是验证所提出的假设。在专题性的探究中, 学生不单提出问题、作决定及计划, 还制作产品(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)。

五. 科学探究学习的检视

Harlen (2000)建议两个主要收集数据的方法来评估学生的科学探究学习, 包括观察学生的行为及分析学生的书面报告。她指出不是所有关于学生探究技能的数据都能够从即场观察收集的, 而学生的书面报告通常能提供有用的资料, 如: 能够阐述学生如何进行观察、预测及计划。Harlen, Marco, Reed 和 Schilling (2003)更建议多项评估学生科学工作的方法。除观察外, 参阅学生的工作事例也是有效的方法。此外, Krajcik, Czerniak 和 Berger (2003)认为学生在科学专题探究的成果能展示学生的学习, 也可作评估用。

六. 对文献探讨的综合论

从以上文献探讨中体会到科学教育在不断发展, 而发展方向是以学生为本的学习。而以学生为本的科学性探究同时着重过程技能与概念学习。从相关的研究中得知研究多采用质性的方法及探讨科学探究教学或学习中的个别部分。文献探讨展示质性研究有助探讨中、小学生在探究活动时过程与学习成效。希望本研究也能就此方向, 探讨一群香港小学生在科学专题探究活动中学习的经验, 从而建构一个科学探究模式的架构, 让有意为学生设计科学探究学习的教师提供指引, 让学生实践科学探究来达成科学概念学习。



参. 研究方法

一. 研究对象

本研究的取样是二零零三年「常识百搭」小学科学专题设计活动中十六队得奖队伍的研习书面报告及其汇报录像片段。参与这些研习书面报告的学生来自十六所香港的小学, 人数约七十名, 年龄界乎十至十二岁, 以小组形式进行研习及汇报成果。

二. 资料收集与分析

研究方法是采取质性的内容分析以获取资料, 用待答问题作指引内容分析的方向, 来探讨小学生进行专题研习时的科学探究工作。内容分析的方法是把多个研究待答问题表列, 然后反复阅读每一份研习报告的内容, 按个别问题寻找例证, 同时也观看学生口头报告的录像片段, 以进一步确认内容分析的准确性。

(录像片段可浏览 <http://pspc.hkedcity.net> 网页内历届活动中的第六届)。

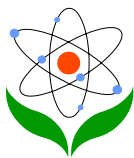
肆. 研究结果

一. 学生的科学探究过程

1. 探究想法的产生

小学生在报告中提及他们探究想法的来源, 主要有以下九方面: 包括从日常生活经验、从用品中得到启发、曾经学习的知识、学校生活经验、阅读参考资料、对环保的意识及新闻时事。此外, 亦有是学生的个人兴趣及属纯个人创作。在十六个探究研习中, 有六个研习的想法是单一方面的, 而其余十个研习的想法则启发自多于一个来源(表一)。

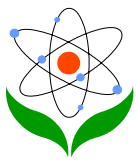
表一: 研习的探究想法



探究想法 研习事例	日常生活 经验	从物品得 到启发	曾经学 习的知 识	学校生 活经 验	阅读参 考数 据	对环保 的意 识	新闻时 事	个人兴 趣	纯创作
1: Keep feed 新态度	✓								
2: 万能小帮手	✓	✓							
3: 神奇的水控帐篷	✓								
4: 幻想时空		✓	✓						
5: 梦幻魔镜迷宫									✓
6: 磁力公园									✓
7: 赛龙舟	✓								
8: 绿化「天台」降温 环保计划				✓	✓	✓			
9: 节省能源浴缸	✓					✓	✓		
10: 万用疏气伞架				✓		✓			
11: 环保乐器 shake shake 洋娃娃	✓					✓		✓	
12: 座无虚设	✓	✓							
13: 乒乓球发球器		✓		✓					
14: 聪明书包				✓					
15: 滤水再生匣			✓			✓			
16: 磁浮饭车				✓					

在多于单一想法来源的十个研习中，有半数的想法起源自一个灵感，再依据这灵感而启发整个研习的意念。以下是一个例子：

研习 4「幻想时空」：「我们在一个日本玩具展览中，看见一款多弯路窄的火车路轨配件玩具，引发我们制作此模型的灵感。我们记得在六年级上学期常识科学过『力的种类』和『简单机械』的原理。」这个研习的想法源自玩具的启发，学生把意念联系到课堂中所学到的科学知识。



有五个研习的想法是同时受多个来源影响的，以下是一个例子：

研习 11 「环保乐器 shake shake 洋娃娃」：「我们喜欢吃麦当劳的 shake shake 薯条，当我们把薯条和调味料放入纸袋中，然后摇动，就发出 shake shake 的声音我们对音乐很有兴趣，所以想做一件独一无二的乐器，既方便又环保，同时又可以奏出悦耳的音乐，给大家欣赏之用。」学生从日常生活经验、对环保的意识和学生的个人兴趣而诱发得来的研习想法。

从分析中发现学生的探究想法虽然各有不同，但都是为解决所遇到的问题作为出发点，从而进行探究。Krajcik, Czerniak 及 Berger (2003)在介绍帮助学生发展探究问题时也指出，提供及创造环境让学生进行观察和让他们找出已有的知识都是重要的。

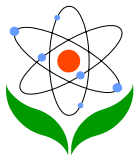
2. 探究设计

2.1 陈述目的、提出问题及建立假设：

除一份研习没在报告内展示探究目的，其余所有研习都有陈述探究目的，然而大都未有系统地构想可测试的问题或建立合理的假设。只有一份(研习 8 的绿化「天台」²降温环保计划)能够清楚陈述探究目的、建立假设和提出问题；三份报告既陈述探究目的又提出问题；一份报告陈述目的和建立假设；一份报告只建立假设和提出问题，却没有陈述目的。

此外，学生较少提出一连串的问题来引导探究的进行，十六个探究中只有五个提出一连串问题，例子如下：

²屋顶花园



研习 3：神奇的水控帐篷

- 电磁铁上的磁力是如何产生？
- 电磁铁如何令帐篷放下？
- 如何将帐篷拉回原位？
- 杠杆原理如何配合滚珠开启开关按钮，将闭合电路切断？
- 为什么滚珠和帐篷会向下跌？

这一连串相关的问题对研习 3 的学生来说意外重大，能够帮助学生得出整个研习的蓝图。Krajcik, Czerniak 及 Berger (2003) 也曾讨论为研习的主问题发展连串次问题及介绍教师如何指引学生发展次问题。

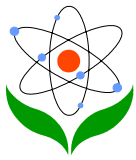
同样地，学生也不擅于建立假设来引导探究的进行，十六个研习中只有三个曾建立假设来进行探究，其中只有一份设有多个假设。例子如下：

研习 8：绿化「天台」降温环保计划

- 假设「在屋顶花园种植物、设置有水的储水缸能降低室内的温度；没有栽种植物或设置有水的储水缸的楼宇，室内温度是不会降低的。」
- 假设「屋顶花园有储水缸的楼房室温较低。」(第一阶段实验二)
- 假设「屋顶花园种有植物的楼房室温较低。」(第一阶段实验三)
- 假设「植物的覆盖范围越大，越能降低楼房的室温。」(第一阶段实验三)
- 假设「屋顶花园种植物和有储水缸能更有效降低室温。」(第二阶段实验三)

分析展示本研究的学生并不着重假设的建立。其实在探究设计时，除探究问题外，建立假设是有助学生源着自行既定的方向进入探究之路，就所得数据确定或否定先前预作的假设。这个发现对教师引导学生进行探究时多诱导学生作假设有极大意义，因为教师可以此为鉴，加强对学生的指引，让学生在日后的科学探究中，从不断的假设上应用或理解更多科学的知识。

2.2 学生获得有助探究资料的途径



由分析可见, 在十六个研习中, 除了一份研习没有列明参考资料外, 其余都显示学生透过不同途径取得所需的资料。当中可见学生所得到的参考资料来源颇多元化, 但主要集中于向老师发问(12份)、阅读儿童科学丛书(9份)和浏览网页(7份); 而向家长(3份)、同学(2份)和学校技术人员发问(3份)及阅读课本(3份)为较少。

全部研习都没有在内文中引用或标明他们参考资料的来源。其中十份研习报告, 学生在「学生感想」、「致谢」及「参考资料」部份透露出他们曾得到他人的指导和列出他们曾阅读过的参考书目和网页名称。虽然全部报告都没有使用完整的引证系统(如书目名称、作者、出版年份、出版地点、出版社、参考页数、网页名称等), 但从学生在报告中向他人的教导和所提供的意见的致谢, 显示同学曾参考与研习主题有关的其它数据。由此可见同学透过发问和聆听来得到额外的参考数据, 可惜的是报告都没有提及他们发问的内容。

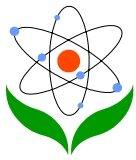
3. 探究测试

3.1 选用合适的用品

在科学探究中, 学生经常使用家中的日用品以量度或收集数据, 有需要时也使用其它的用具或仪器。如: 研习 13 (乒乓球发球器), 学生使用不同级数的马达和电池来打出乒乓球, 并分别使用冰条棒、厕纸筒、塑料汤匙作测试以推出乒乓球往不同方向。以下归纳出十六份研习经常使用的用具:

- 日常用品: 响闹钟、电池、海棉、刷子、沙纸、小型吸尘机、棉花等。
- 玩具: 四驱车、积木、橡皮弹珠、滚珠等。
- 废弃物: 化妆品胶瓶、塑料水瓶、沙石、牛奶瓶、旧杂志、冰条棒、纸皮、纸包饮品盒等。
- 植物: 三裂虻蜞菊。
- 实验用品: 铁棒、温度计、烧杯、玻璃棒、滤纸、过滤网、热熔胶、石蕊试纸等。
- 文具: 黏胶带、剪刀、尺子、切割刀、圆规、浆糊、白胶浆等。
- 电子仪器: 强力马达、转向按钮、电路开关按钮、电线、测温仪、感应按钮、显示灯、晶体管等。

分析显示学生们不单善用日常生活中的用品如玩具和文具, 还应用了简单的实验用品和电子仪器, 来进行他们的科学探究活动。



3.2 公平测试

十六份研习的探究方式集中在「实验测试」和「设计与制作」，有十三份研习使用「实验测试」；而全部研习都采用「设计与制作」，当中有五份研习曾进行两次或以上的测试。

另外，除了三份研习只采用「设计与制作」的探究方式外，其余的都采用两种或以上的探究方式，当中有八份研习同时使用「实验测试」和「设计与制作」；四份研习采用「实验测试」、「设计与制作」、「公平测试与比较」三项的探究方式；一份研习用了「实验测试」、「设计与制作」、「公平测试与比较」、「找出规律」四项的探究方式。

由此观之，虽然没有研习采用「分类与鉴别」和「探索」的方式进行探究，但是学生大都懂得透过设计实验和制作来进行探究。同时，我们发现学生在进行探究时均有尝试控制变项，如使用不同的材料进行测试。

3.3 控制变项

虽然只有五份研习采用「公平测试」与「比较」的探究方式，但从这五份研习中可见学生理解变量及懂得运用控制变项。他们能够在改变一个因素及维持其它因素不变的情况下进行实验测试，从而加以比较。例如：用相同份量的水、相同重量(或数量或大小)及种类的物料来做测试；在进行测试时也懂得把其它因素(如时间、高度、面积、测试次数、测试方法、收集数据的方法、量度器具及外在环境因素)维持不变。由此可见，学生懂得把这些项目维持不变，来取得可靠、准确的探究结果和重要性。

以下是使用不同物料和在不同情景进行测试用以比较的例子：

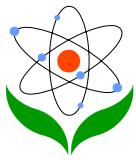
a. 用不同物料作比较：

- 用塑料水管和硬卡纸作比较，找出最适合制作「旋转滑道」的材料。(研习 4：幻想时空)

b. 在不同情景进行测试：

- 测试在礼堂屋顶洒水和不洒水的降温散热功用。(研习 8：绿化「天台」降温环保计划)

本研究中只有三份之一的科学专题研习有运用控制变项进行测试来找出最佳的解决方案，而其余三分之二的作品都欠缺较公平的测试。尤其是涉及设计与制作的研习，采用不同物料、时间或其它因素作测试，很可能会得出不同的效



果。在分析其它没有采用控制变项的研习时发现学生都需要采取重复探究或改变探究方式来改善他们的探究。

3.4 重复探究或改变探究方式的原因

约百分之七十研习都有重复探究或改变探究方法以取得更可靠数据或得出更满意的效果。当中最常见的改变就是在「实验测试」和「设计与制作」这两方面, 全部曾采用「实验测试」和「设计与制作」的研习报告都有重复探究或改变探究内容以改善其制成品。而他们的改变原因以解决在制作时所遇到的问题为最常见, 以下是一些例子:

- 把配件贴在胶板上会脱离马达转轴, 遇上摩擦力又会停下, 故改用塑料水瓶盖。(研习 2: 万能小帮手)
- 磁石边缘会相吸, 故采用镶嵌和阻隔的方法。(研习 6: 磁力公园)
- 卡纸的硬度不足, 使推动「手推」时甚为费力, 而加厚卡纸又阻碍转动, 故改用木块。(研习 7: 赛龙舟)
- 把铜管改成一个个连接的圆形以加大接触面积, 这便可以收集更多热能及提高热能交换器的工作效率。(研习 9: 节省能源浴缸)
- 马达转数太强使发泡胶架承托不起, 改用木板作为乒乓球发球机的支架。(研习 13: 乒乓球发球器)

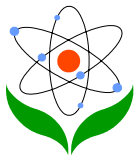
从各研习在重复探究或改变探究方式部分来看, 归纳出以下五方面的改变方向, 包括改善用品的方便使用程度、增加设计的美感、改用更有效的用品、改用对人体影响较小的物品及改用价钱较便宜的物品。

a. 改善用品的方便使用程度

- 饲料下坠时与地面碰撞而四弹, 故利用塑料水瓶先收集饲料, 以缩短饲料与地面的距离。(研习 1: keep feed 新态度)
- 拉篷式设计难于控制, 故改用滚动式的帐篷。(研习 3: 神奇的水控帐篷)

b. 增加设计的美感

- 只利用多块镜子组成的迷宫, 趣味性 & 玩意成分不浓, 故把其变成一座堡垒迷宫。(研习 5: 梦幻魔镜迷宫)
- 书包外围装置了闹钟、天秤、电子感应器看起来不美观, 可把这些仪



器合成一个，放于书包的底部，不外露。(研习 14: 聪明书包)

c. 改用更有效的用品

- 把配件贴在胶板上会脱离马达转轴，遇上摩擦力又会停下，故改用塑料水瓶盖。(研习 2: 万能小帮手)
- 以弹珠代替铁珠，以解决铁珠过重使薄荷片承托不住的问题。(研习 3: 神奇的水控帐篷)
- 玻璃黏合剂和钓鱼线都不能黏合塑料水瓶，最后以热熔胶来黏合塑料水管。(研习 10: 万用疏气伞架)
- 冰条木棒产生的力度不足以发球，最后改用尺子作发球棒。(研习 13: 乒乓球发球器)

d. 改用对人体影响较小的物品

- 红外线热能感应按钮会影响视力，对人体有害，故放弃使用。(研习 12: 座无虚设)

e. 改用价钱较便宜的物品

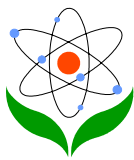
- 光线感应按钮安装复杂、价钱昂贵，故放弃使用。后来选择利用人体重量，配合磁力同极相斥的特性和「闭合电路」的原理，来显示座位有否被占用。结构简单而且成本低，准确度也高。(研习 12: 座无虚设)
- 马达耗电量大，用于电池作电源，既不环保而且价钱昂贵，改用湿电会更好。(研习 13: 乒乓球发球器)

4. 数据阐释

4.1 有系统地收集数据

学生透过科学仪器和观察，有系统地收集数据，包括收集清洁的效能、使用的方便度、温度、重量、声音、速度、气味及试纸的改变。以下是他们收集数据的方式：

- 清洁的效能(研习 2: 万能小帮手及研习 8: 绿化「天台」降温环保计划) ;
- 使用的方便程度(研习 1: Keep feed 新态度及研习 3: 神奇的水控帐篷) ;
- 温度(研习 8: 绿化「天台」降温环保计划及研习 9: 节省能源浴缸) ;



- 重量(研习 12: 座无虚设及研习 14: 聪明书包) ;
- 声音(研习 11: 环保乐器 shake shake 洋娃娃) ;
- 速度(研习 4: 幻想时空、研习 13: 乒乓球发球器及研习 16: 磁浮饭车) ;
- 气味(研习 15: 滤水再生匣); 及
- 试纸的改变(研习 15: 滤水再生匣)。

4.2 资料的整理

全部学生都使用文字来展示数据和记录探究的过程及成果。除了一份研习(研习 5: 梦幻魔境迷宫)只运用文书处理外,其余的都同时使用其它展示方法,且图文并茂。约有四分之三的研习多以相片展示数据,有一半的研习选择自行或利用计算机绘图。明显地,同学使用这些方法不但使说明更清楚易明,也增添了报告的色彩。

另外,也有少数学生选择以表格(4份)(如研习 15: 滤水再生匣)、一份用统计图表(研习 8: 绿化「天台」降温环保计划)和一份用列算数式(研习 16: 磁浮饭车)来展示数据。使用表格、统计图和列算数式可以把数据重点展示出来,令数据更清晰、简洁。

4.3 分析数据及作出结论

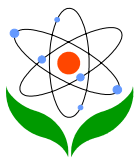
学生在科学探究中曾使用「公平测试」与「比较」这两种探究方式,都能够透过分析数据而得出合理的结论和提出建议。另外,使用「设计与制作」这方式的报告都作出了科学性的解释,且与小学课程有关。以下是一些学生作分析的例子:

a. 作出合理的结论

- 使用四层设计的滤水器较三层设计的滤水器能更有效去除雨水中的异味,因这滤水器的最底层是海沙,它可以减慢雨水的流速,使雨水有更长时间在活性炭滤层停留。(研习 15: 滤水再生匣)

b. 作出科学性的解释

- 当电路闭合时,有电流通过由漆皮线做成的线圈,产生磁力,使铁棒成电磁铁,摄着帐篷的铁棒,固定帐篷的位置。为了省力,开关按钮需连接一枝长长的棒杆。棒杆长度需要加长,是因为要将力点与支点



之间的距离增加。(研习 3: 神奇的水控帐篷)

其它研习的科学性解释包括完整电路、力的作用、滚轮原理、磁力、杠杆原理、齿轮原理、热的传导、声音的产生及水的功用。

c. 作出合理的建议

- 地产商在设计楼宇时若能加入以储水缸、种植植物(特别是大叶片的植物)的方法来降温,不久的将来能在地少人多的香港见到「空中花园」。(研习 8 : 绿化「天台」降温环保计划)

4.4 搜集到新的资料数据时提出新问题

只有研习 8 (绿化「天台」降温环保计划) 在搜集资料后再提出新问题。学生比较在屋顶花园上种植大叶片植物和小叶片植物的平均室温后,发现叶片较大的植物能令室温较低,于是再从这搜集到的资料中,决定在植物旁设置储水器,再做实验去找出新问题和知识。

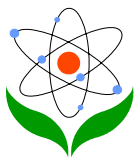
二. 学生的科学探究成果

5. 科学理解

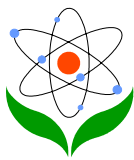
所有研习的学生都能够在探究过程中,透过不同数据来源帮助理解和学习科学。有些学生根据之前所学想出新意念;有些从书本和互联网取得新的知识;有些从探究实验中获得更稳固的理解;有些则在结论部分能深入阐释科学概念。学生理解的科学概念分别有:完整闭合电路(6份)、作用力和反作用力(1份)、地心吸力(3份)、滚轮原理(1份)、杠杆原理(1份)、磁力(3份)、光线的反射现象及平面镜子中的反射影像(1份)、齿轮原理(1份)、热的传导(1份)、声音的产生(1份)和水的作用(两份)等。表二详列当中涉及的科学理解。

表二: 研习所涉及的科学理解

科学原理	科学理解	研习事例
完整电路	剪去闹钟之蜂鸣器,把电线接到四驱车的电路上。	1: Keep feed 新态度
	运用马达原理来转动清洁用的刷、海棉、吸尘机等配件,进行小规模清洁。	2: 万能小帮手



	电路闭合时, 电流通过线圈, 产生磁力, 成功控制帐篷的升降。	3: 神奇的水控帐篷
	在座椅内装置弹簧、铜片等 乘客的体重会令两片铜片相接触, 形成闭合电路, 下层显示屏连接这座椅的灯泡就会亮起, 表示这座位已坐有乘客。	12: 座无虚设
	利用闭合电路令马达转动, 把乒乓球打出。	13: 乒乓球发球器
	J.P KRAUSS 所设计的电子线路, 当磅的指针触及体重指示针, 这线路会使红色显示灯亮起, 表示书包的重量超于学童体重的比例。	14: 聪明书包
力的作用	作用力=反作用力: 「当到达预设时间, 本应流到蜂鸣器的电流会流至四驱车, 令车轮转动, 与此同时, 车底下用以阻挡狗粮跌下的横板亦开始横向移动。」	1: Keep feed 新态度
	利用塑料水樽先收集饲料, 以缩短饲料与地面的距离, 缩减回撞力。	1: Keep feed 新态度
	木箱内的狗粮因地心吸力而跌下。	1: Keep feed 新态度
	滚珠和帐篷因地心吸力而向下跌。	3: 神奇的水控帐篷
	由于地心吸力的缘故, 滚珠会跌入一条旋转滑道。	4: 幻想时空
	承托力。	10: 万用疏气伞架
滚轮原理	为了令横板的滑动过程更畅顺, 在横板下放了滚珠。	1: Keep feed 新态度
磁力	电磁铁是由铁棒围上漆皮线做的线?造成, 当通电之后, 就会产生磁力, 电磁铁的?数增加, 磁力也会增强。	3: 神奇的水控帐篷
	电磁铁所产生的磁场不能做到排斥/吸引的效果, 令帐篷放下。	3: 神奇的水控帐篷
	磁力与底板的磁石互相排斥, 产生弹力及转动, 令玩家在空中弹跳及旋转。	6: 磁力公园
	「磁浮饭车」是利用磁铁同极相斥及异极相吸的原理, 使磁铁具有抗拒送饭车速度, 然后运用线型马达的推动前进。	16: 磁浮饭车
杠杆原理	当滚珠接触到底部的摇摇板, 利用杠杆原理, 玩家要控制摇摇板的力度。	4: 幻想时空
光线的反射现象	光线射在平滑表面时, 会有规则地反射, 形成清晰的影像。	5: 梦幻魔镜迷宫
	平面镜子中反射影像大小和形状与实物一样, 但方向却是左右对调。	5: 梦幻魔镜迷宫
齿轮原理	在划桨上装嵌小齿轮, 而小齿轮又与大齿轮接合, 在大齿轮轴心接上滚轮, 当划动龙舟桨时, 小齿轮会带动大齿轮, 以发挥较大的动力。如此, 龙舟的滚轮便沿着轨道前进。	7: 赛龙舟
热的传导	在一个封闭的系统内, 热能会从高温到低温区域, 最后令整个封闭的系统温度一致而达至热平衡。	9: 节省能源浴缸
	铁和铜等金属材料的导热性能好 「节省能源浴缸」的设计是适当地利用材料不同的导热性能来制造有效的热能交换器和热能保存系统以达到利用剩余热能和节省能源。	9: 节省能源浴缸
声音的产生	声音是由对象振动而产生, 对象和空气都可以传送声音。振动力越大,	11: 环保乐器 shake



	发出声音越大, 反之亦然	shake 洋娃娃
水的特性与功用	水份可以吸收部分热能, 达到降温散热的功用。	8: 绿化「天台」降温环保计划
	水的酸碱度、水的软硬度、水的净化。	15: 滤水再生匣

内容分析中又发现, 约三分之二的专题研习往往涉及多于一个科学理解。例如: 研习 1 (keep feed 新态度), 学生的专题设计牵涉的科学理解包括完整闭合电路、力的作用和滚轮。又例如研习 3 (神奇的水控帐篷), 设计利用了磁力、完整电路和力的作用等。当然, 活动中也有一些研习作品把重点放在一个科学理解上, 例如研习 11 (环保乐器 shake shake 洋娃娃) 的声音产生; 研习 5 (梦幻魔镜迷宫) 的光线反射现象; 研习 9 (节省能源浴缸) 热的传导。研究得出例证显示透过专题设计和探究活动, 同学能够获得一些新的科学知识及理解。

6. 日常生活的应用

十六份研习中, 有四份研习是为了娱乐, 其余都为解决日常生活中所遇到的问题或困难而进行探究。以下是一些例子:

a. 娱乐

- 游乐设施供公园游人游玩, 从而认识磁石的特性, 且有助参与者发挥合作团结精神。(研习 6: 磁力公园)

b. 解决生活中的困难

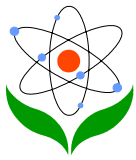
- 只要调较好时间, 饲料便会定时倒给宠物, 减少人们因工作关系不能照顾宠物而把牠们遗弃的机会。(研习 1: keep feed 新态度)
- 不用登上巴士上层都可知道其座位情况, 方便乘客找座位。(研习 12: 座无虚设)

c. 解决学校生活问题

- 学生使用这书包会知道自己的书包有否过重。(研习 14: 聪明书包)
- 减轻送餐工友搬运饭盒的辛苦。(研习 16: 磁浮饭车)

d. 保护环境

- 节省能源, 利用使用过的热水来提高冷水的温度。(研习 9: 节省能源浴缸)
- 经过滤的水可用来灌溉、清洁等, 可为学校省钱, 亦可改善地球的污染问题。(研习 15: 滤水再生匣)。



本研究分析得出所有研习都可以应用在日常不同的层面, 无论是娱乐或是解决生活中及的困难或是保护环境的行为方面。显示探究学习与生活的密切关系。符合众科学教育学者如 Krajcik, Czerniak 及 Berger(2003) 和 Anderson(2002)对探究学习的要求。

7. 反思学习

学生均在研习报告结尾时分享他们在科学探究中的感受及想法。从学生的反思中发现科学探究活动对于学习科学是极其重要, 以下是学生反思的主要范畴:

a. 注意合作和团体精神:

- 「我亲身体验到原来大家一起合作构想一件事是可以很快的。」
- 「我们更学到互相合作, 还增进了彼此的关系呢!」
- 「学懂同学间合作要互相体谅包容和互相欣赏。」
- 「这件事令我再次明白到团结就是力量!」

b. 改变学习态度

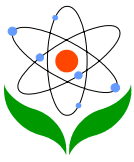
- 「只要肯思考和运用脑筋, 多留意身边的事物, 就可做出一些以前从没见过的东西。」
- 「我们透过活动加深了对科学的兴趣, 我们决定在往后的日子里, 继续努力学习, 制作更多有趣的科学发明给大家欣赏。」

c. 勇于应付问题和解决困难

- 「我学到了解决困难的能力。」
- 「我学了……要面对困难, 不要因小小困难就放弃。」
- 「我们经过多次的实验失败和改良, 使我们明白处事要有耐性和毅力。」
- 「我学会了一个道理, 就是凡事亲力亲为。」
- 「我学会了要经过尝试才会得到一个好的经验。这就算是失败, 这次当是拿经验或教训。」
- 「我们遇到很多困难, 如搜集有关的资料、同学间的沟通问题……但我们都凭着努力克服种种困难。」
- 「透过试验然后失败, 然后再试验, 方才会找到成功的路。」

d. 建立探究能力

- 「我学会了……创造!」
- 「身边有很多无用的东西可以循环再用, 这是我平常没留意的。……原来多留意身边的事物, 多发问, 自己会得着更多, 也是科学的精神。」
- 「我从这活动中学习到怎样用测温仪来测量气温。」



- 「我在这制作过程学会了如何过滤雨水, 如何收集雨水等等。」

e. 获得乐趣

- 「我觉得这次的设计十分有趣。」
- 「有机会参与『幻想时空』的设计, 我感到十分高兴。」
- 「我能够参加到这次的活动, 我很开心。」

学生完成研习后不单在能力方面有提升, 如建立了探究能力, 在学习态度方面的改变如注意合作和团体精神及勇于应付问题和解决困难也有裨益。此外, 从活动及学习中获得乐趣更助进一步的学习。

伍. 结论与建议

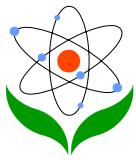
一. 结论

总结以上分析及讨论, 尝试把研究结果组织成较全面的「发展科学探究过程」及「展示科学探究成果」来作结论。

1. 发展科学探究过程

本研究的香港小学生从不同的来源得到探究的想法。Cross (1996) 指出科学专题的想法通常都是来自儿童的兴趣。刘宏文、张惠博 (2001) 的研究也发现学生提出的问题多来自他们的学习与生活经验。因此教师在引发学生的探究动机时, 可参考本研究所得的探究想法来源: 如日常生活经验、从用品中得到的启发、曾经学习的知识、学校生活经验、阅读参考资料、对环保的意识及新闻时事等来启发学生作有意义的探究活动。

Hollins 和 Whitby (2001) 认为在探究的技巧上需手脑兼用。专题探究学习能促进学生对一个专题主动思考而发现问题, 提升觉知问题的敏感性, 并针对问题思考解决策略, 使学生发展与实践科学探究, 学生经由科学探究获得体验的学习, 提升解决问题的能力(许素, 2002)。然而, 纵观这十六份研习, 在探究设计方面, 学生虽能够陈述探究的目的, 但较少提出问题和建立假设引导探究。只有个别研习的学生提出连串问题及建立不同的假设引导思考来进行探究。这个现象与 Rop (2002) 的研究所得类同。因此, 教师协助学生就已有知识提出问题和建立假设的能力(Hollins & Whitby, 2001)对学生建立探究思想和寻找答案极有帮助。在参考相关数据方面, 虽然学生在报告各部分中显示他们有多元化的参考资料, 如向老师发问、阅读儿童科学丛书、阅读课本或浏览网页、向家长、同学或学校技术人员发问。但学生们并没有在报告内文中注明



参考书目的来源, 所以老师在指导学生进行探究时, 需要教导学生辨认抄袭与尊重知识产权的分别, 同时也要教导学生使用正确引证系统, 以表示对数据提供者之谢忱和尊重。

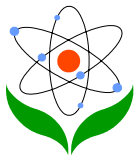
在科学探究测试方式方面, Watson, Goldsworthy 和 Wood-Robinson (2000) 等学者的探究方式主要分为: 「公平测试与比较」、「分类与鉴别」、「找出规律」、「探索」及「设计与制作」。然而, 这十六份研习中学生都没有使用「分类与鉴别」和「探索」这两种方法。而进行公平测试的研习中, 学生能够掌握控制变项, 并能从观察, 有系统整理及分析数据。虽然这群小学生在科学探究时所采用的比较测试方法及收集数据的方式提供了相当有价值的参考, Warwick (2000) 建议除公平测试外, 还需要多注重其它方式的探究活动。颜琼芬和黄世杰(2003) 认为所谓符合真实的科学观点是指来自第一手的科学经验。本研究发​​现学生在研习过程中均有进行科学测试。虽然他们使用的材料大多是日常用品如文具、玩具及废弃物, 但也会适当地选用温度计、试纸及滤纸等用品。此外, 不少同学也选用合用的电子用品。

在数据阐释方案, Sternadel (2004) 指出要准确评估学生在科学探究式研习的理解是有困难的, 而她经过研究后认同运用证据来作阐释是科学探究的一重要部分。整体上, 如 Kanari & Millar(2004) 研究所得, 本研究内的所有研习都能够运用多种基本方法, 如: 文字、图片和表格去整理及展示数据结果, 并能够从中作出合理的科学解释和建议。开放式探究实验中, 学生的思考聚集在数据分析与结果的理解过程, 学生较容易发展科学思考与对科学的理解(颜琼芬及黄世杰, 2003)。此外, 学生大多亦会从建议中再作出多向度的改善, 可见学生具有不断求进, 愿意尝试的精神。

2. 展示科学探究成果

Watson, Fulian 和 McRobbie (2004) 提出过往由 Driver 众人(1996), Kuhn(1989) 及 Millar, Lubben, Gott, & Duggan (1994) 等进行的研究发​​现学生在连系证据与理论的过程中遇到困难。So(2003) 在过往类同的研究中也发现学生这方面的能力稍逊。反观本研究的部分学生有就研习结果作证据连系理论, 他们还从不同方向去理解科学概念, 包括根据已有知识想出新意念、从第二手数据取得新知识、从探究实验中获得理解, 亦有在结论部分阐释科学概念。原因很可能是为参与者所提供的活动简介及指引文件均多番提醒参与者要着重科学原理的阐释。尤其是评选研习建议书时, 评判团所给予的改善建议。虽然学生在研习中所涉及的都是基本科学概念, 但也是一个好的尝试。

探究式的科学专题研习给予学生机会进行对科学有意义的建构和理解, 而本研究的学生也能把研习所得的理解应用在生活中不同的层面, 如解决生活上或在



学校遇到的困难、娱乐及保护环境。学生所作的制成品具创意和切合生活之余,也可以把科学与生活结合。

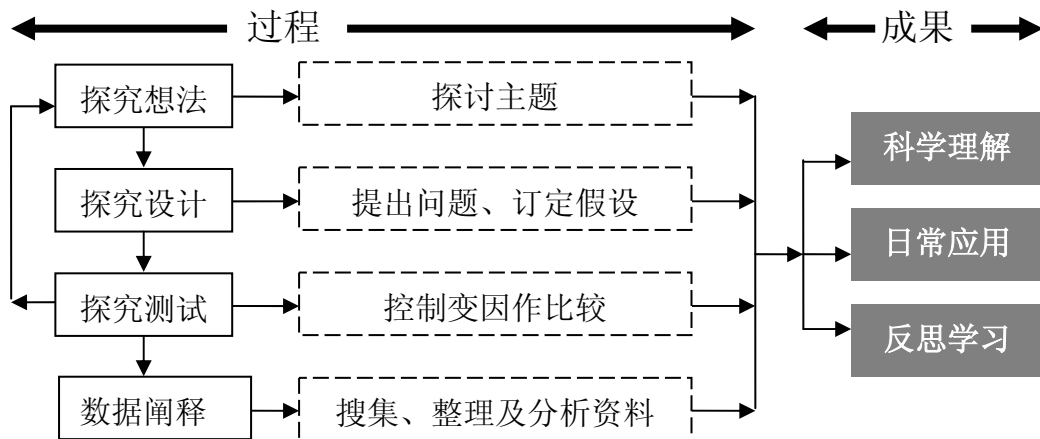
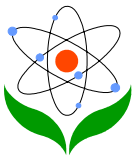
从本研究的学生反思中,发现专题研习这探究式学习使学生有不同向度的成长,由个人的学习技巧和态度,至与人合作均有。首先,学生说出在研习过程中获得乐趣,许素(2002)认为让学生探究觉得有趣的专题,就是激发自主学习并达成成功结果的最好方法。在研习过程中,学生并非一个人,而是几位同学形成一个小团体,一起解决研究问题。在一起工作、沟通及讨论科学的过程中,除了学习到与人相处外,亦可获得更多的科学理解。蔡佩颖与张文华(1999)和 Metz(1998)从研究中找出学生透过彼此在语言和行动上相互帮助,共同参与以完成实验活动,协助同伴潜在发展区的发展。

Driver, Newton 和 Osborne (2000)认为在科学探究中有关证据与解释的讨论是非常重要的,较可惜的是这群小学生在报告及汇报中均未有展示组员之间的科学性讨论,这与 Watson, Fulian 和 McRobbie (2004)的研究结果吻合:学生在实验性探究的讨论无论在质及量方面都偏低。此外,学生也反映在专题研习探究中常遇到困难,又或是研习结果未如学生预期的假设一样。参考蔡佩颖和张文华(1999)的研究发现学生从教师搭建鹰架的教学流程和小组进行的社会互动过程中理解概念。因此,教师在探究学习中的工作非常重要,教师是学生的共同学习者,随时调整指导方法和内容,跟学生共同参与和寻求知识,并鼓励学生多参与小组讨论。

二. 建议

本研究就二零零三年第六届「常识百搭」科学专题设计活动的十六队杰出的研习书面报告及口头汇报的探讨分析虽有其限制性,并不能提供一个小学生进行科学探究的全貌概览。但从分析这十多间学校的小学生在教师带领下能够进行有效科学探究,尝试就研究的待答问题作出适当的响应,有助建构展示科学探究过程及成果模式的架构(图一):探究过程包括探讨主题的探究想法;提出探究问题及订定假设的探究设计;控制变因作比较的探究测试;阐释所搜集、整理及分析的资料及数据;而达成科学理解及日常应用的探究成果。这个由研究资料分析而得出的科学探究过程及成果模式的架构,能为其它有意辅助学生进行科学探究的教师,提供可行的建议作科学探究教学设计。

图一: 科学探究模式的架构



总的来说, 本研究的小学生都能如 Crawford(2000) 所言的, 由学生集体合作解决真实难题, 与一般课堂的科学实验不一样: 不是寻找“正确”答案(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003), 不是学习自然现象的答案(AAAS, 1989), 亦与一般为完成课本的练习不一样。而本研究的科学探究性研习都是一些杰出事例, 这群小学生或多或少都能够沿着图一的模式达成探究过程及工作意义, 并透过解决现实生活中的难题建立理解。许素(2002)认为学生对专题探究的进流程多属陌生, 同时如果又欠缺教师适当的指导, 唯恐形成学生漫无目标的自由探索。所以在学生探索、操弄的过程中, 适时提供辅助是非常重要的。因此, 老师需作出大力的支持和鼓励, 来增强学生的科学思维和探究精神。

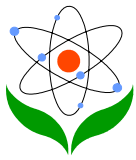
三. 未来研究方向

本研究的工作主要是分析由小学生进行的科学探究研习的书面报告及口头汇报。虽然从书面报告及口头汇报的内容分析只能够得出学生在科学探究过程及成果的一些现象, 但这些现象也足以显示出学生在探究式学习中的水平和老师们采用这种教学模式时需要留意的地方。至于在科学探究活动进行时有关学生的参与性及教师的协助程度, 如 Martin-Hansen(2002) 的探究模式和 Bodzin 及 Cates (2002)的探究学习主导程度, 则有待采用其它的方法, 如与学生访谈, 来探讨学生在进行科学探究学习中更多的实象。

参考文献

一. 中文部分

许素(2002): 培养国小高年级学童科学探究能力: 制作科学展览的经验与反省。教育资料与研究, 48, 页 4-30。



张春兴(1998): 教育心理学。台北: 东华书局。

刘宏文、张惠博(2001): 高中学生进行开放式探究活动之个案研究—问题的形成与解决。科学教育, 9(2), 页 169-196。

蔡佩颖、张文华(1999): 国一学生参与生物实验活动之过程分析与成效探讨。科学教育, 9, 页 108-126。

课程发展议会(1997): 小学课程纲要: 常识科, 小一至小六。香港: 政府印务局。

课程发展议会(2002): 小学常识科课程指引: 小一至小六。香港: 课程发展议会。

教育统筹委员会(2000): 终生学习全人发展: 香港教育制度改革建议。香港: 政府印务局。

颜琼芬, 黄世杰(2003): 学生在开放式科学探究过程中互动模式之研究。科学教育, 11(2), 页 141-169。

钟岭崇及祁永华(2005)。小学专题研习—教学经验萃编。香港: 香港大学教育学院现龙发展小组。

苏咏梅(1998): 香港小学科学探究活动—理论与实践。香港: 香港教育学院。

苏咏梅(2003a): 小学科学专题研习: 创意之匙。香港: 香港教育学院。

苏咏梅(2003b): 走进专题研习中: 理论与实践。香港: 香港教育出版社有限公司。

苏咏梅、吴本韩(2005): 小学科学教育: 建构探究学习。香港: 香港教育学院。

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.

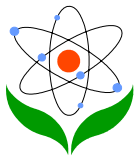
American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, DC: AAAS.

Bodzin, A. M., & Cates, W. M. (2002). Inquiry dot Com. *The Science Teacher*, 69(9), 48-52.

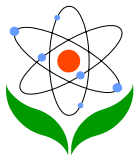
Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University.

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.

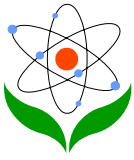
Crawford, B. A. (2000). *Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers*. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.



- 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.