

学习成果框架与科学探究活动的设计

郑美红

香港教育学院

中国 香港 新界大埔露屏路十号

电邮：maycheng@ied.edu.hk

收稿日期：二零零七年三月九日(于五月廿五日再修定)

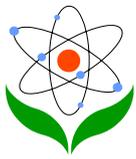
内容

- [摘要](#)
- [前言](#)
- [「科学教育准则」\(Science Education Standards\) 与科学探究活动的设计](#)
- [科学探究活动之设计](#)
- [中学一年级的课题：两阶段式设计之应用](#)
- [评分准则之设计](#)
- [协助学生了解评分准则的要求](#)
- [反思学习与应用科学过程技巧](#)
- [总结](#)
- [鸣谢](#)
- [参考数据](#)

摘要

近年，世界各地（包括香港）进行的教育改革，均提倡使用科学教育准则或学习成果框架。2003年，香港的课程发展议会邀请作者及其研究团队，为第一至第四学习阶段（即年龄界乎六至十七岁）研发「学习成果框架」(Learning Outcomes Framework, LOF)，以协助学生进行科学探究。推行学习成果框架正好配合国际大趋势，多个国家已实行科学教育准则，比如美国、澳洲及加拿大，这些国家的教师可以参考科学教育准则设计课堂和评估方法，及用以评估能力或学习成果。有了学习成果框架，香港的教师亦可以以之作参考，设计及评估学生在科学探究习作的表现。

本文介绍如何应用学习成果框架以设计科学探究活动。作者建议教师分两个阶段，先让学生装备好，然后才做开放式的习作，教师此时则可运用学习成果框



架评估学习成果。本文透过一系列中学一年级生适用的科学探究活动，阐述建议的模式。全文以课堂的实践建议作结。

前言

2001 年，香港进行教育改革，科学教育因此成为了中小学教育的主要学习领域。2002 年，课程发展议会制订了小学一年级至中学三年级科学教育的政策及方向（香港课程发展议会，2002）。初中的科学课程分为六个范畴：科学探究、生命与生活、物质社会、能量与转换、地球与科学以外的事物、科技与社会 (Science, Technology and Society, STS)。其中，以科学探究贯穿其它五个范畴，其学习目标如下（香港课程发展议会，2002，25 页）：

- 就这些范畴提出假设及测试方法
- 设计及进行科学探究
- 评估测试是否公平，及就研究结果作出结论。

课程档案还提供了实现的时间表，显示了项目的迫切性及课程发展者的决心。预期在 2002 至 2005-06 年度，学生能够（香港课程发展议会，2002，12 页）：

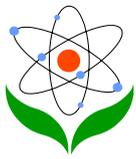
- 设计及进行科学探究
- 对探索当代科学及相关课题展现兴趣
- 于科技习作活动中，显现出基本的科学知识、创意、基本沟通及批判思考的技巧。

2003 年，课程发展议会邀请作者及其研究小组，为第一至第四学习阶段^[1]的学生研发学习成果框架，以协助他们进行科学探究。研究小组开发了网页^[2]

，使学习成果框架得以传播到学校，并且以一些中一至三的学生习作模板，阐释学习成果框架的准则。推行学习成果框架与国际发展趋势配合，科学教育准则已于多国实行，包括美国、澳洲及加拿大。这些国家的教师须参照准则内列明的能力或学习成果，设计课堂及评估项目。现时，香港的教师可参考学习成果框架，以设计及评估学生在科学探究活动中的表现。

1 香港小一至中五学生（即 6 至 17 岁）的学习水平可分为四个学习阶段。小一至小三属于第一学习阶段，小四至小六为第二学习阶段，中一至中三是第三学习阶段，中四及中五则是第四学习阶段。

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



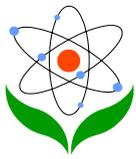
在国际层面，科学教育工作者都指出了一些与教授科学探究有关的问题。大多数的科学教育工作者都认为，科学探究能提供重要及真实的科学经验 (Minstrell & van Zee, 2000)。科学探究在科学教学所扮演的实际角色，亦经过广泛研究 (Hodson, 1996)。可是鲜有系统地研究教师对科学探究的本质及目的的。Donnelly(1998) 虽然曾指出，教师如何看待实验室及实验室的工作，但是还没有就教学法作出研究。对于教师觉得该如何进行科学探究及其教学上的考虑的研究却很少。

本文报告的研究计划以学习成果框架为起点，厘清学生在科学探究的能力。参与本计划之教师均在科学探究的设计及评估上获得支持。本文旨在以学习成果框架，为教师提供设计及评估科学探究的方法。

「科学教育准则」(Science Education Standards) 与科学探究活动的设计

科学教育工作者花了不少心血，致力左证科学探究能改善学生的学习，及为科学探究下定义。科学探究可以使学生主动参与学习，因而有助对科学概念的理解 (Ryan, 1994)。其它关于中学生的实验室工作及小学生体验探究的研究，亦显示该等项目有助形成对科学持正面的态度 (McMillan & May, 1979; Penick & Johnson, 1983; Hofstein & Lunetta, 1982)。1999年，美国的州科学视导员理事会主动推行「领袖才能、探究及系统思维」(NLIST)，依据美国科学教育标准 (NSES) 为「科学作为探究」下定义，清晰指出其学习成果：「学习事物」及「建构新的知识」。根据「领袖才能、探究及系统思维」的定义，科学探究是一种「多面的活动」，即包含多个活动：「计划研究」、「以用具去搜集、分析及诠释资料」、「提出答案、解释及预测」、「表述结果」。这些过程均需要学生全心全意地投入其中，运用批判及逻辑思维技巧。

由于教、学及评估应协调 (Shepard, 1995)，评估方法须为科学探究活动计划的一部分，而且能够处理因之而衍生出来的特色及学习成果。Millar、Gott、Lubben 及 Duggan (1995) 设计了一套计划，分四个等级，困难程度等级逐渐提高，反映 9 至 14 岁儿童的科学思维技巧，从几乎没有任何计划或目标，到懂得使用自变量或自变量预测趋势。Crossland(1998) 提出一个具有五个等级的模式，以供科学探究时设计及评估之用，从观察、说话及画图，进展到能在简单的情境下进行科学实验。虽然这些计划可评估学生的科学过程技巧及科学思维能力，但没有评估学生如何「建构新的知识」，而且没有明显就将来参与探究订立要求。



科学探究活动之设计

本研究计划的科学探究活动有两个阶段：初阶及进阶。这个模式让教师清楚看得见，如何根据学生的需要及能力，设计科学探究活动。虽然培养独立学习及计划科学探究的能力很重要，但是教师亦需要意识到学生可能没有具备所要求的知识及技巧，不明白评分准则上的要求，这一点同样重要。对于第一次进行研究的学生，教师应注意到学生先需要时间成功完成习作、培养对科学学习及研究的兴趣，才能进一步发展计划科学探究的技巧。

第一阶段或初阶的活动比较短、不太困难，旨在培养学生对科学探究的兴趣、熟悉基本的科学过程技巧及评分准则。Colvill 和 Pattie (2002)指出，在尝试较复杂或长期的研究活动前，须先让学生熟悉基本的过程技巧，例如量度、观察、操控仪器。在研究活动方面，这正好与他们的想法一致。Solano-Flores 和 Shavelson (1997)则对照发展比较研究所需的高程度和低程度探究。低探究的活动包括提供预备知识，如书面指引、习作相关或包涵的例子。教师会告诉学生需要修改的地方及其原因。因此，在初级阶段，教师加以支持学生，促进他们的科学探究技巧的发展及对评分准则的理解。

学生有了基础知识及技术后，教师可着他们进入进阶部分，设计科学探究。他们可以使用指引或工作纸作为研究的指引，有需要时教师可给予支持，但须考虑到这并非教师主导的教学策略。教师可给予空间，让学生可以作同侪及自我支持，以及推动自我学习的能力。习作要求学生计划、分析及总结结果，旨在提升学生在科学探究计划的能力。进阶的设计与 Chin (2003)提出的模式相符。该模式包含在研究初期基于已有知识厘订问题、进行预测；计划及设计阶段；进行研究；分析、诠释及汇报结果，以及探究完成后进行反思。这些阶段或结构提醒教师可设计不同形式的指引，以及需要在不同的阶段监察学生的进度。

中学一年级的课题：两阶段式设计之应用

在本研究中，学习对象为中学一年级生，小组形式进行，以能量为探究主题。学生的科学学习活动包括两个阶段，针对以下八项科学过程技巧的学习与评估：

1. 资料搜集 - 普通
2. 资料搜集 - 观察
3. 记录数据
4. 预测



5. 计划
6. 界定变因
7. 解释
8. 结论

评分准则及活动的设计均能处理以上的科学过程技巧。这一组的科学探究活动的设计考虑了评分准则的要求。学生在第一阶段(初阶) 首先会透过三个科学活动, 学习基本的科学过程技巧, 以及加深对评分准则的认识, 待于第二阶段应用。第二阶段(或进阶) 就一个情境探究问题, 让学生自行设计一个探究实验, 应用所学到的科学概念和科学过程技巧。学生参考过评分准则设计太阳灶。活动过程需时约一个月。于第二阶段, 教师可让学生花二个星期到一个月的时间进行研究。图一概述两个阶段的活动的情况。 本文旨在与教师分享科学探究活动的设计和评分准则的纲要。第一阶段(初阶) 内的活动一和第二阶段(进阶) 内的探究活动将于下文详细阐述。

图一 两个阶段的活动内容简介

学习单元

能量(中一)

科学活动(初阶)

1.) 科学力量 — 电力 (资料搜集 — 普通)

学习重点: 数据搜集的程序、一手及二手数据的整理、撰写数据来源的方法

活动重点: 搜集有关电力的发展史和香港现有的发电情况, 从而学习资料搜集的技巧和注意事项

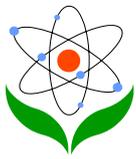
一课节 + 家课

2.) 神奇罐子 (预测; 资料搜集—观察; 记录数据)

学习重点: 运用理据支持预测; 有系统的观察; 绘画观察结果的技巧

活动重点: 透过一个简单的黑盒实验(特别设计的罐子), 让学生学习预测、观察、绘图的技巧, 以及各项技巧不同的学习要求。

两课节



3.) 魔法摩天轮 (界定变因; 计划; 解释; 结论)

学习重点: 界定问题的变因(要素)、设计探究方法、解释实验得出的数据、从实验数据归纳结论

活动重点: 透过提供一个思考问题, 让学生认识问题是有不同的要素组成(变因), 继而学习各类要素的特点(界定变因); 以及学习作出解释和结论的注意事项。

两课节

科学探究活动(进阶)

探究主题: 制作太阳灶 / 电池效能测试 (资料搜集 -- 普通; 资料搜集 -- 观察; 记录数据; 预测; 界定变因; 计划; 解释; 结论)

学习重点: 评估学生从科学活动中所学的科学过程技巧的应用。

活动重点: 根据教师的指示, 学生进行自主科学探究活动。过程中, 教师会从旁协助, 学生须自行设计和完成科学探究计划。

评分准则之设计

第一阶段属于学习部分, 而第二阶段则为应用部分。故此, 教师于初阶段和进阶扮演不同的角色, 分别为演示者和促进者。由于学生在第二阶段会进行自主学习, 他们因而必须清楚探究活动的要求, 所以学生指引和评分准则的运用是十分重要的。学生指引列出了活动所涉及的工作及其范围, 而评分准则则描述了各项工作的要求。表一为评分准则, 建议于第二阶段进行开放式探究习作时使用。



表一 第二阶段科学探究活动的评分准则

学习成果	第 4 级	第 3 级	第 2 级	第 1 级
活动一 资料搜集 - 普通	<ul style="list-style-type: none"> 能从不同的信息渠道搜集有关数据，并把它们恰当地组织出来，以及在适当时把数据转化为其它模式 所有的数据都附上正确的数据来源 	<ul style="list-style-type: none"> 能从不同的数据渠道搜集有关数据 全部数据都附有数据来源 	<ul style="list-style-type: none"> 能从不同的数据渠道搜集有关数据 大部分数据都附有数据来源 	<ul style="list-style-type: none"> 能从人及书本搜集有关资料 小部分数据都附有数据来源
活动二 资料搜集 - 观察	<ul style="list-style-type: none"> 除进行有系统的观察外，还指出在观察时须注意的事项及 / 或未完善和建议改善的地方 	<ul style="list-style-type: none"> 有系统地从外至内进行观察，并在有需要时运用工具协助 	<ul style="list-style-type: none"> 借简单工具帮助，细心观察对象及 / 或事件 	<ul style="list-style-type: none"> 以五感观察对象和现象
记录数据	<ul style="list-style-type: none"> 除运用不同方法详细地记录观察结果外，还以不同方式编制和显示数据，例如列表和棒形图 	<ul style="list-style-type: none"> 详细地绘画观察结果，并加上卷标及文字描述，有系统地描述各部分的关系；或运用合适的图表记录测量数据，并附有量度单位 	<ul style="list-style-type: none"> 运用图画记录观察结果，并加上适当的标签；或运用合适的图表记录测量数据 	<ul style="list-style-type: none"> 运用文字、图画、图表、实验记录观察、结果、量度数据等，如实地记录观察结果
预测	<ul style="list-style-type: none"> 以已知理论及 / 或法则为基础作预测 	<ul style="list-style-type: none"> 根据既有实验证据为基础作预测 	<ul style="list-style-type: none"> 根据自己的科学意念及个人观察，预测结果 	<ul style="list-style-type: none"> 以个人观察，预测结果
活动三 界定变因	<ul style="list-style-type: none"> 在界定及控制变因时，考虑实物数量和质量两方面 	<ul style="list-style-type: none"> 界定探究问题中的变因；在计划探究实验时控制适当的变因及其变化范围 	<ul style="list-style-type: none"> 分辨探究问题中的变因；建议在探究期间控制变因的办法 	<ul style="list-style-type: none"> 指出探究问题中的变因
计划	<ul style="list-style-type: none"> 为已知问题提出适合的实验程序和方法；或 / 及明白甚么验证可支持或反驳观点 	<ul style="list-style-type: none"> 以合理的假说为科学探究的基础，计划及执行与科学过程相符的科学探究 选择适合的仪器和证明选择恰当 	<ul style="list-style-type: none"> 提出一些切合（多个）科学探究的问题及一系列寻找答案和解决问题的方法 选择适合的仪器 	<ul style="list-style-type: none"> 提出可由科学探究解答的简单问题及探究方法 随意选择可进行实验的仪器
解释	<ul style="list-style-type: none"> 识别不同形式数据的异同、模式或关系 	<ul style="list-style-type: none"> 为与证据一致的观察提出解释 	<ul style="list-style-type: none"> 从观察及量度记录中确定趋势及因果关系 	<ul style="list-style-type: none"> 简单观察后，确定对象及事件类别
结论	<ul style="list-style-type: none"> 结合多项测试结果作出结论 	<ul style="list-style-type: none"> 区分合理和不合理结果 	<ul style="list-style-type: none"> 以观察及所得资料或结果作结论 	<ul style="list-style-type: none"> 以观察所得作简单结论

(注：着色部分之项目比较困难，所以只会在「杰出表现」等级中呈现，与表二着色的项目相符。)



在第一阶段，三个活动均集中于以上提及的一个或多个科学过程技巧，譬如活动三，旨在发展学生的设计、解释及总结能力。评分准则的要求是基于学习成果框架而编写的（表二）。学习成果框架中，括号里的每一个编码代表着一个项目。第一个数字代表项目的适用等级，比如 3 C0 2 即代表预期学生的学习成果为第三学习阶段，2 IN 2 则代表预期学生是第二学习阶段。第二及第三个字母，如 C0 或 IN 代表科学过程技巧。最后一个数字则是一格内的学习成果的次序，例如 2 IN 1 是第二学习阶段的格内的首个学习成果，2 IN 2 则是这一格里的第二个学习成果。这一系列活动的评分准则参考了学习成果框架内相关的描述而设计。例如评分准则里对「第 1 级」的要求与第一阶段的学习成果相符。没有在活动中直接处理的学习成果，可能置于要求最高的「第 4 级」，或难以达到因而没有放在评分准则内。表二中，较困难的学习成果以灰色标示，与表三着色的项目相符。表三内的斜体字表示与本计划中的科学探究活动无关，因此没有于表二中出现。由于这是该组中一生第一次进行科学探究习作，所以把原本属于表三第三学习阶段的学习成果置于「第 4 级」或「第 3 级」，第一和第二学习阶段的学习成果则分别列于表二的「第 2 级」和「第 1 级」的等级下。这样设计评分准则，适用于因为没有进行科学探究经验，而展现出有限的能力及知识的学生，使他们可以从「第 2 级」或「第 1 级」开始；他们可参考评分准则，了解第三学习阶段应有的学习成果，以达到更高层次的表现。

表二 与学习成果框架内的活动相关的项目

活动	学习成果	第三学习阶段	第二学习阶段	第一学习阶段
活动一	资料搜集 - 普通	(3 I 1) 从第一及第二手数据中，包括文字、列表、图表，节录相关数据，将数据恰当组织起来 (3 I 2) 把数据转化为其它模式	(2 I 1) 确定社区、图书馆及 / 或互联网上的资料 (2 I 2) 适当运用数据	(1 I 1) 从人及书本中寻找数据 (1 I 2) 在教师支持下使用数据
活动二	资料搜集 - 观察	(3 0 1) 有系统地观察对象及 / 或事件 (3 0 2) 以科学概念决定哪些主要性需要观察 (3 0 3) 认识一些影响观察素质的因素	(2 0 1) 借简单工具的帮助，细心观察对象及 / 或事件	(1 0 1) 以学生五感（如触觉、听觉）发据对象和现象
活动二	记录数据	(3 R 1) 为观测所得的数据制作有系统和准确的笔记及图表 (3 R 2) 以不同方式编制和显示数据，例如列表及棒形图	(2 R 1) 制作棒形图及频率汇算表 (frequency tallies) 来表达资料及数据	(1 R 1) 如实记录数据 (1 R 2) 用文字、图像、图表、实物记录观察、结果、量度数据

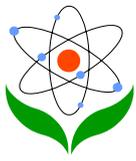


	<i>预测</i>	(3 P 1) 为预测提出理由以分辨预测与猜想之别 (3 P 2) 以既有实验证据为基础作预测 (3 P 3) 以已知理论及 / 或法则为基础作预测	(2 P 1) 运用自己的科学意念和个人观察作出预测 (2 P 2) 知道同一件事件可以有不同预测	(1 P 1) 让学生对身边环境的一些简单事件作出预测，然后将预测跟实际作出比较
活动三	<i>界定变因</i>	(3 D 1) 控制适合的变因来设计实验 (3 D 2) 解释实物数量和质量	(2 D 1) 分辨对科学探究有关的变因 (2 D 2) 建议在探究期间控制变因的办法	(1 D 1) 认识科学探究包括比较一些在探究期间改变或不改变的变因
	<i>计划</i>	(3 PL 1) 为探究拟定假设 (3 PL 2) 计划和执行与科学过程相符的科学探究, 如公平测试这个概念 (3 PL 3) 选择适合仪器和证明选择恰当 (3 PL 4) 为已知问题提出适合的实验程序及方法 (3 PL 5) 明白甚么验证可支持或反驳观点	(2 PL 1) 发问一些切合 (多个) 科学探究的问题 (2 PL 2) 建议一系列寻找答案和解决问题的方法 (2 PL 3) 选择一个对问题与情况合适的方法	(1 PL 1) 发问一些很大机会可以由科学探究解答的简单问题 (1 PL 2) 提供物料及方法作探究之用
	<i>解释</i>	(3 IN 1) 识别不同形式数据的异同、模式或关系 (3 IN 2) 为与证据一致的观测提出解释 (3 IF 2) 透过肉眼观测的现象推断抽象理论	(2 IN 1) 从观察及量度记录中确定趋势及关系 (2 IN 2) 提供和确定因果关系	(1 IN 1) 简单观察后, 确定对象及事件类别
	<i>结论</i>	(3 CO 1) 结合不同探究方式的结果作出结论 (3 CO 2) 区分合理和不合理结果	(2 CO 1) 以观察及所得资料或结果作结论 (2 CO 2) 以已解释的结果为基础, 解释结果与总结之别	(1 CO 1) 对初步问题提供答案 (1 CO 2) 以观察所得作简单结论

(注: 斜体代表在这组科学探究活动没有关系的项目, 着色部分表示比较困难, 主要是等级三的要求。)

协助学生了解评分准则的要求

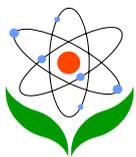
为了协助学生运用学生指引和评分准则及明白各项技巧的要求的原因和重要性, 在科学探究活动的第一阶段(初阶)(图一)中, 教师除了着重概念和技巧的教导外, 还须引导学生思考各项技巧有着不同程度的要求。



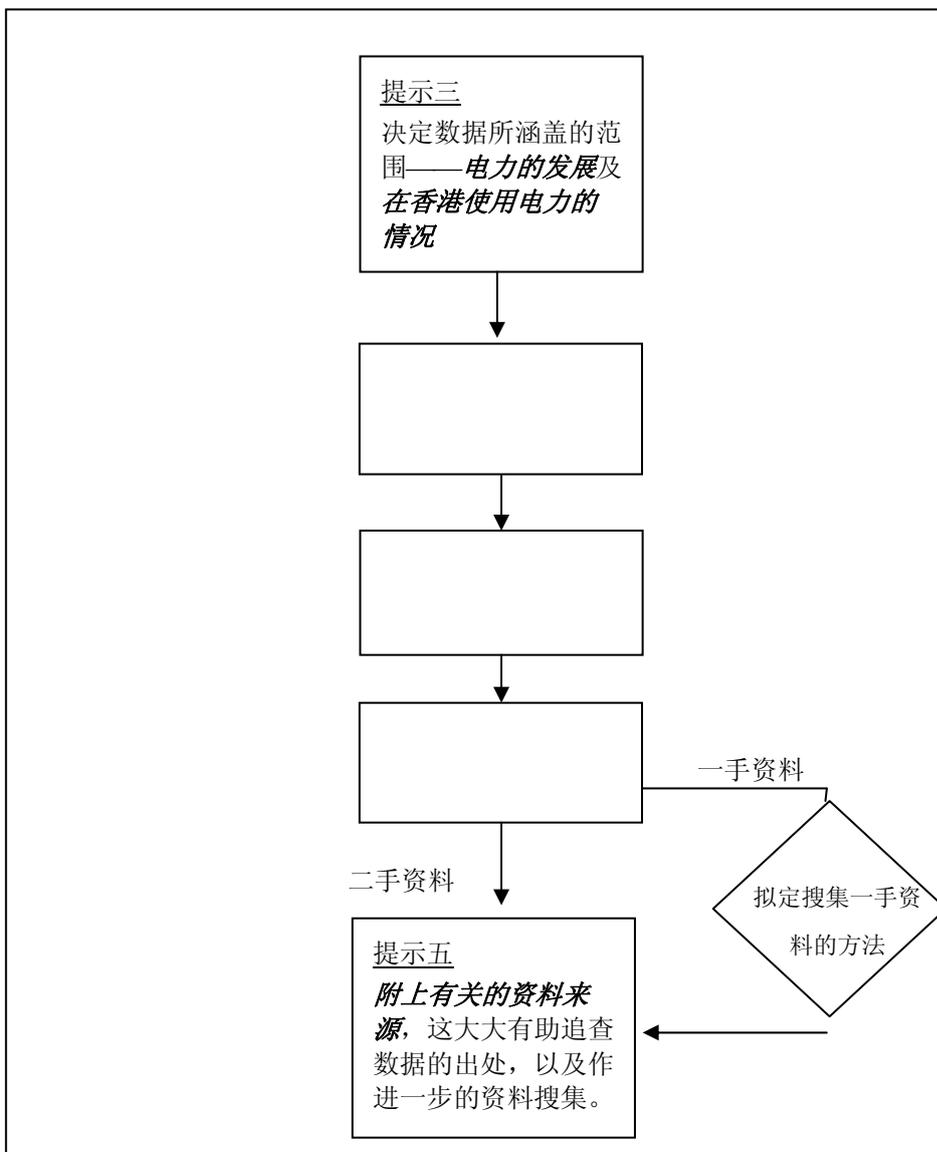
根据上述的评分准则，学生必须认识各等级表现的要求和订定的原则，因此在学习科学活动初阶的一至三的（科学力量、神奇罐子、魔法摩天轮，见图一）过程中，教师除了需要帮助学生于每一个活动中发展科学过程技巧外，还需要协助他们明白不同等级的要求。以下将就活动一加以阐述。活动一是让学生经历资料搜集的过程，认识数据搜集的程序和附有数据来源的重要性，以及分辨一手数据和二手数据之别，以决定所需数据的类别。活动设计的基本原则包括：

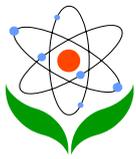
1. 资料分为一手及二手两种。一手资料是亲自搜集所得的，例如：访问、问卷调查、实验、考察等；而二手数据是经由其它数据来源而得到的，例如：书籍、互联网、百科全书等。
2. 数据搜集的方法 -- 从不同的信息渠道（例如：互联网、百科全书、科学杂志等）搜集有关发电方法的二手资料。
3. 决定数据所涵盖的范围。
4. 如果不能透过二手资料解答有关问题，便要搜集一手资料。
5. 附注有关的资料来源，这大大有助追查数据的出处，以及作进一步的资料搜集。

教师用以上五项原则作提示，让学生排列该五项提示的先后次序，引导他们思考及认识资料搜集的过程。教师可利用图二之流程表引导学生思考：



图二 引导学生想出搜集数据的过程之流程表





图三 学生运用搜集资料过程之所学，进行资料搜集和分析

你的工作

1.) 你现要搜集有关 **电力的发展**及 **香港使用电力的情况**两方面的数据。请在下面的工作流程图内，根据数据搜集的程序，填上上述五项提示的先后次序：

根据搜集所得的资料，回答以下 8 题必答问题，以及提出 1 至 2 题自选问题：（请附注资料来源）

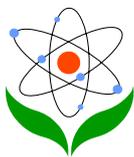
- a. 谁发明电力？
- b. 电力是如何产生的？
- c. 发电方法有哪几种？
- d. 香港的供电公司是依赖哪几类方法发电？
- e. 什么是再生能源？
- f. 香港有没有运用再生能源？
- g. 列举各类发电方法的好处和坏处。
- h. 由先至后顺序排列出发电方法的发展次序。

你的工作

2.) 你现要搜集有关 **电力的发展**及 **香港使用电力的情况**两方面的数据。请在下面的工作流程图内，根据数据搜集的程序，填上上述五项提示的先后次序：

根据搜集所得的资料，回答以下 8 题必答问题，以及提出 1 至 2 题自选问题：（请附注资料来源）

- a. 谁发明电力？
- b. 电力是如何产生的？
- c. 发电方法有哪几种？
- d. 香港的供电公司是依赖哪几类方法发电？
- e. 什么是再生能源？
- f. 香港有没有运用再生能源？
- g. 列举各类发电方法的好处和坏处。
- h. 由先至后顺序排列出发电方法的发展次序。



明白了搜集数据的程序后，学生进行数据搜集，及处理搜集所得的数据，解答提出的问题（图三）。

活动中，教师先定出一些必要的问题，然后让学生在过程中，选出其它相关的问题，目的是令他们深入思考搜集所得的资料。完成这个活动后，教师引导学生了解评分准则的要求。讨论部分附以工作纸（图四）作支持。教师可以要求学生根据其困难程度，排列各项要求的次序。阐述了各等级的要求后，学生会明白，在资料搜集方面该如何改善自己的表现。在图四的活动中，教师最后鼓励学生作自我表现评估。

图四 协助学生理解资料搜集评分准则的要求的工作纸

根据以上的学习经验，可得出有关数据搜集的三个元素：

1. 资料搜集渠道
2. 与问题的相关性
3. 资料来源

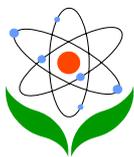
如果把「资料搜集」技巧的难度分为不同的等级，1 为最初级，4 为最高级，请分辨出以下学习要求的等级(1 至 4)，并且进行自我评估，评估自己所属的等级及建议如何可改善自己的学习表现。

第 4 级	第 3 级	第 2 级	第 1 级
<input type="checkbox"/> 能从不同的信息渠道搜集有关数据，并把它们恰当地组织出来	<input type="checkbox"/> 能从不同的数据渠道搜集有关数据	<input type="checkbox"/> 能从不同的数据渠道搜集有关数据	<input type="checkbox"/> 能从人及书本搜集有关资料
<input type="checkbox"/> 所有的数据都附有正确的数据来源	<input type="checkbox"/> 全部数据都附有数据来源	<input type="checkbox"/> 大部分数据都附有数据来源	<input type="checkbox"/> 小部分数据都附有数据来源
<input type="checkbox"/> 能简单扼要地解答全部问题	<input type="checkbox"/> 能正确地解答全部问题	<input type="checkbox"/> 能正确地解答大部分的问题	<input type="checkbox"/> 能正确地回答一至二题问题

所属的等级： _____

改善学习表现的建议： _____

(注：斜体为参考答案及建议成就等级。)



反思学习与应用科学过程技巧

在整个学习过程中，教师可要求学生制作一份学习档案，记录活动中想到及考虑到的东西。这有助学生检讨 / 反思活动的学习重点（图五），进行自我评估（图六）及小组评估（图七）。完成第一阶段的活动后，应该增进了学生对评分准则的要求的理解及改善表现的方法。最重要的是，教师需要鼓励学生于探究阶段二应用学到的科学过程技巧。教师以故事或情境引介阶段二的活动，要求学生在荒岛上制造食水（图八）。学生并不是孤身设计太阳灶的，教师会以相关新闻作讨论，协助他们着手思考及设计，推动数据搜集，以找出设计太阳灶的建议。讨论自制太阳灶的报导节录自网页 [3]³，指出太阳灶的用途和好处及介绍一至两个有关太阳灶的网址（图九），指出太阳灶的设计特点。学生指引包括新闻报导及网址，亦指出第一阶段的活动一及三相对应的内容。教师可向学生分发活动指引及评分准则（表一）。

进行科学探究活动前，教师指导学生填写探究计划书。这可协助学生订定工作范围和内容重点，作为各项任务的依据。任务计划包括下列三项：

- 任务要求
- 可应用的科学过程技巧
- 列出工作范围和内容

进行科学探究活动的过程中，教师须跟进各组学生的工作进行。当学生于探究取得一定成果时，教师可安排学生在班上汇报成果，进行交流，这有助他们检讨自己的工作。让学生参与反思、自评及同侪互评，可让他们知道自己的优点与缺点，从而为改善日后的探究定下路向。评估表、反思及计划书可以成为学生的学习档案的一部分，记录研究进度及探究过程中的想法。

图五 学习档案内的反思问题

活动名称：

1.) 在今次活动中，你学会哪些科学概念？

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



2.) 在今次活动中，你学会哪些技巧?
3.) 你还想学习哪些科学概念及技巧?
4.) 在活动的过程中，你曾遇到什么困难? 如何解决?

图六 自我评估

学生姓名：_____				
第一部份				
请在适当的空格内填上「✓」				
	优	良	尚可	有待改进
1. 我小心观察，并在笔记簿上作记录。				
2. 使用量度工具时，我会留意其准确度。				
3. 我适当及安全地使用实验材料。				
4. 完成实验后，我会协助清理。				
5. 我小心遵照老师的指示。				
6. 我小心阅读工作纸上的指示。				
7. 我有参与讨论，找出答案。				
8. 我明白实验的目的。				
9. 我了解实验的设计。				
10. 我明白如何分析这个实验。				
11. 我有向组员提出问题，并显示我对有关课题的好奇心。				
12. 当我有不明白的地方，会寻求协助并提出问题。				
13. 我尽力协助组员。				



第二部份

1. 请描述此实验中你最喜欢的一个项目：
2. 请描述你在此实验中做得最好的地方：
3. 请描述两种方法，以改善你日后参与小组实验的表现。

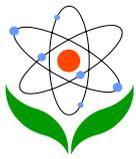
图七 小组评估

(注意：你必须与所有组员讨论答案，共同完成下列评估工作。各答案应得到各组员核实。)

第一部份

请在适当的空格内填上「✓」

	优	良	尚可	有待改进
1. 我们能设计和进行探究。				
2. 我们能善用课堂时间，并在进行专题研习时尽量减少闲谈。				
3. 我们分工合作，平均分配组员的工作。				
4. 我们互相帮助，亦尊重每位组员。				
5. 我们尝试了正面的合作技巧，包括：聆听、组员共同进退、讨论及互相鼓励的技巧。				
6. 如有不清楚的地方时，我们都会向老师提出问题。				



第二部份

请写下你的姓名，并描述你在小组中所担任的主要工作：

组员一： _____

组员二： _____

组员三： _____

组员四： _____

图八 制作及测验太阳灶 学生指引

探究情境

假如你流落荒岛，岛上没有任何水源，你认为可怎样解决食水问题？蒸馏法是解决方法之一，但这需要一个提升温度的装置。根据能量转换的概念，太阳灶是将太阳能转为热能的装置。你的任务是制作一个可用于蒸馏食水的太阳灶。

你的工作

任务一：搜集关于太阳灶的资料（参考科学活动一）

- 构造
- 所涉及的科学原理
- 效能
- 日常生活的应用

任务二：指出太阳灶的设计特点（参考科学活动三）

- 根据太阳灶的构造和所涉及的科学原理，详细地指出太阳灶的设计特点

任务三：设计太阳灶（参考科学活动二及三）

- 综合任务一和二的结果，设计一个可提升温度至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的太阳灶，并将其设计详细地绘画出来



任务四：制作及测试太阳灶（参考科学活动二及三）

- 预测太阳灶的效能
- 根据设计制作太阳灶，并且订立测试其效能的步骤

任务五：检讨太阳灶的效能及其在日常生活中的应用（参考科学活动三）

- 比较测试结果和预期结果，检讨设计及提出改善太阳灶效能的方法
- 指出你的设计在日常生活中的应用

任务六：制作及汇报测试报告

- 以书面及 / 或多媒体形式，把任务一至五的工作成果展示出来
- 限时十分钟，在班上进行小组汇报
- 向汇报的其中一组提问 最少一个问题或建议

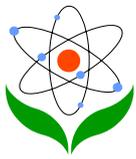
工作要点

1. 留意各项任务的要求及所涉及的科学过程技巧（**Science Process Skills**）。
2. 评分准则内已详细列出整个活动的评估范围和达到要求的准则。
3. 根据评分准则和任务要求，拟定各项任务的工作范围。
4. 在进行各任务前，制作工作进度表，记录预期及实际的工作进度。以下是填写工作进度表的注意事项：

- 必须包括“日期”、“预期完成的工作”、“未完成的工作”及“实际完成的时间”四项。如下图：

<u>日期</u>	<u>预期完成的工作</u>	<u>未完成的工作</u>	<u>最后完成的时间</u>

- “日期”和“预期完成的工作”两栏必须在进行各任务前填写，以便预计所需的时间。此部分可参考探究计划书的内容。
5. 因为汇报时间有限制，所以应以数据的重要性拣选汇报内容。
 6. 提问的问题要具意义性，是一些有助理解研究结果的问题。



图九

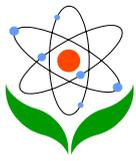
有关太阳灶的网址

- 邢台市太阳灶厂
<http://www.hbxtwdl.ebigchina.com/sdp/318483/3/main-1290619.html>
- <http://www.xzhuaguan.com/kpzs/kp5.htm>
- 太阳灶之家
<http://www.tynz.cn/>
- 新闻
<http://news.big5.enorth.com.cn/system/2005/05/13/001023220.shtml>
- 中国大百科全书
<http://wordpedia.pidc.org.tw/Content.asp?ID=14925>
- 衡水市桃城区宏兴太阳能灶具厂
- <http://zhangfusheng1.ebigchina.com/sdp/152710/3/cp-476404.html>
- <http://translate.google.com/translate?u=http://solarcooking.org&langpair=en|zh-CN&hl=en&ie=UTF8>
- <http://solarcooking.org/>

总结

评估在课程的推行中扮演着重要的角色 (National Research Council, 1996; Shepard, 2000)。White 和 Fredericksen (1998) 点出可靠的评估非常重要, 其探究之学习成果的特色包括, 批判性研究数据、制定假设的能力、设计实验的能力、想象实验获得的讯息、分析数据以作出结论。有了这些建议, 科学教育工作者及教师应专心致力于发展可靠的评估及学生进行科学探究的能力。

是次科学探究活动针对没有参与开放式习作经验的学生的学习需要而设计。由于教师经常遇到没有足够时间完成课程或授课的问题, 所以这些活动不仅是为了发展科学过程技巧, 还与「能量」的课题相配合, 因此毋须划出额外的教学时间。可是时间仍然是影响活动成败的关键, 教师需要给予时间让学生观察、思考、下结论。要是没有教师的帮忙及上课时间, 学习成果将难以得以实现。



鸣谢

香港教育学院的研究拨款、教育统筹局的计划资助, 以及参与是项研究计划学校的支持。

参考数据

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



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

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

香港课程发展议会（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。