

小学六年级科学探究活动--「力和简单机械」

郑美红、蔡庆麟

香港教育学院 科学系
中国 香港 新界大埔露屏路十号

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

收稿日期：二零零三年十一月二十日(十二月廿二日再修定)

内容

[引言](#)

[常识科课程与提倡科学探究的取向](#)

[探究主题简介](#)

[探究活动设计](#)

[探究活动的推行](#)

[探究活动的经验分享](#)

[结论](#)

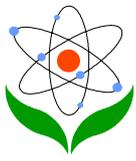
[参考文献](#)

引言

本文辑录了一项小六年级的探究实验，供其它教师参考。此探究实验是「寰宇学校计划」(Schools Around the World Project, SAW) 与本地常识科教师的合作成果。学生透过进行科学探究，探讨「力和简单机械」这个课题¹。

「寰宇学校计划」是由美国基础教育议会构思的教师专业发展计划，参与国/地区包括美国、澳洲、捷克、法国、德国、香港、日本、葡萄牙及英国。计划以科

¹本活动承蒙葛量洪校友会将军澳学校的校长及有关老师参与，藉此向他们一一致谢。



学科为首个研究范畴, 会员教师提交的学生习作则是计划的研究基础, 亦是教师间作专业交流的桥梁。各地的参与教师可透过互联网, 在科学教学及评估等范畴上交流经验及心得, 进一步扩阔视野, 促进科学教学专业的发展, 从而提升学生的学习表现。

自二零零一年开始, 香港区的「寰宇学校计划」与部分本地参与学校合作, 推行校本科学课程发展计划, 目的是进一步支持科学教师的教学, 提升教学质素。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。

常识科课程与提倡科学探究的取向

在二零零二年, 香港课程发展议会(2002a)重新修订小一至中三的科学教育学习领域课程, 订立了六个学习范畴, 包括: 科学探究; 生命与生活; 物料世界; 能量与变化; 地球与太空; 科学、科技与社会。相比以往的小学常识科课程, 新的课程在科学学习的范畴上较着重发展学生的科学探究知识、技巧和精神。

为了配合小学常识科课程发展, 课程发展议会亦编制了《小学常识科课程指引》(2002), 指引明确指出适合小学生进行的科学探究包括: 探索、公平测试、鉴别和分类、模式探索和验证解释等, 而进行探究时主要有下列五个步骤:

鉴定问题所在

- 学生提出与探讨的主题有关而又可测试的问题。

预测结果

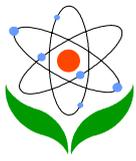
- 学生根据过往的经验或观察所得预测结果。

设计探究的方法

- 搜集测试所需的物料。
- 讨论在进行公平测试时涉及的可变因素。
- 鉴别须控制和拟测试的可变因素。

量度和记录

- 进行有关的实验, 运用适当的仪器搜集数据, 并有系统及清晰地把相关数据记录于报告中。



数据的诠释

- 分析所搜集的数据后作出结论。
- 运用资料科技工具阐述编制报告。

探究主题简介

本探究活动以力和机械为题, 让学生进行三个实验, 分别为: "牛顿秤的测试"、"施力方向与施力大小的比拼(定滑轮)"及"省力的斜面"。在上述三个实验的过程中, 学生须要指出实验目的; 作出预测; 选用合适的材料和仪器, 以及设计实验步骤, 然后进行实验; 选择适当的方法记录数据; 分析数据, 以得出结论, 并与预测结果比较。各实验内容如下:

实验一: 牛顿秤的测试

目的: 证明牛顿秤是用来量度力的大小

仪器及材料: 牛顿秤 1 个、砝码 (100g) 4 个

教学备忘: 因为牛顿秤是力学实验中一个十分重要的仪器, 所以是项实验以测试牛顿秤为题, 一方面可向学生介绍它的运作原理, 另一方面可透过提问的形式, 初步介绍实验的各个步骤。

实验二: 施力方向与施力大小的比拼(定滑轮)

目的: 找出一个最省力拉动定滑轮的方法

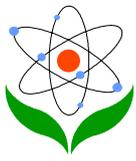
仪器及材料: 滑轮 1 个、牛顿秤 1 个、绳 (60 厘米) 1 条、砝码 (200 克) 1 组、咭纸 1 张

教学备忘: 在教育电视的内容中, 已提及定滑轮的好处, 虽然定滑轮不能省力, 但方便使用。以从地面提起对象为例, 通常的方法是用单手或双手提起, 但运用定滑轮, 就可以用身体的重量帮助, 感觉上是比较省力。这亦带出另一个问题: 施力的方向会否影响施力大小? 哪一方向拉动绳子才是最省力呢?

实验三: 省力的斜面

目的: 找出在哪一个斜度的斜面上拉动物件最省力

仪器及材料: 木板 1 块、牛顿秤 1 个、绳 (5 厘米) 1 条、铁 1 块



教学备忘: 本实验同样是教育电视内容之一。大部分学生都有踏单车的经验, 在较陡峭的斜坡上, 需要较大的力量才可使车子向前移动。那么, 哪一个斜度的斜面才是最省力呢?

探究活动设计

由于新修订的小学常识科课程强调科学探究的重要性, 故此是项探究活动的目的, 一方面是为了协助教师掌握这个范畴的教学法, 另一方面则让学生了解什么是科学探究, 以及如何透过实验学习科学知识和实验技巧、培养学习态度。本科学探究活动参考了《小学常识科课程指引》(2002) 中的建议为设计蓝本, 培养学生的科学过程技巧(Science Process Skills)、科学思维和学习态度, 流程中亦加入了 P.O.E. (Predict(预测)--Observe(观察)--Explain(解释)) 元素 (Russell, 1998; Baird and Northfield, 1995)。

进行过程中, 除了让学生学习"力和简单机械"的概念外, 教师还有另外一项目标, 就是让学生经历科学探究过程。为了让学生更容易掌握进行科学探究的经过, 整个探究过程会分为以下四个阶段(见图一): (一) 预备阶段--确立探究问题, 根据已有的科学概念, 作出预测; (二) 实施阶段--进行科学探究; (三) 总结阶段--解答提出的探究问题; 及 (四) 回馈阶段--检讨整个探究活动。

根据图一所示, 设计实验(图一加上*的部分)是探究过程的其中一环。一般来说, 设计实验这部分可有两个做法, 一个是由学生自己设计, 另一个是由教师提供。前者可让能力较强的学生扮演科学家, 考虑实验的条件, 操纵哪些变因, 设计可行的方案; 后者可让能力稍逊的学生学习如何跟随指示, 包括教师的口头和书面指示。口头指示较为简单, 学生只需小心跟随; 而书面指示, 学生则要经过分析和理解, 完全明白后才可无误地进行。教师应根据学生的能力和经验, 选用合适的形式。在本文所引的个案情况下, 由于学生是第一次进行该类型的探究活动, 因此实验会由教师设计, 学生只须要跟随提供的步骤进行实验。

另一方面, 是项探究活动亦强调了预测和结论这两部分(图一加上**的部分), 这是加入了 Russell (1998) 和 Baird and Northfield (1995) 提出的 P.O.E. 元素, 步骤如下:

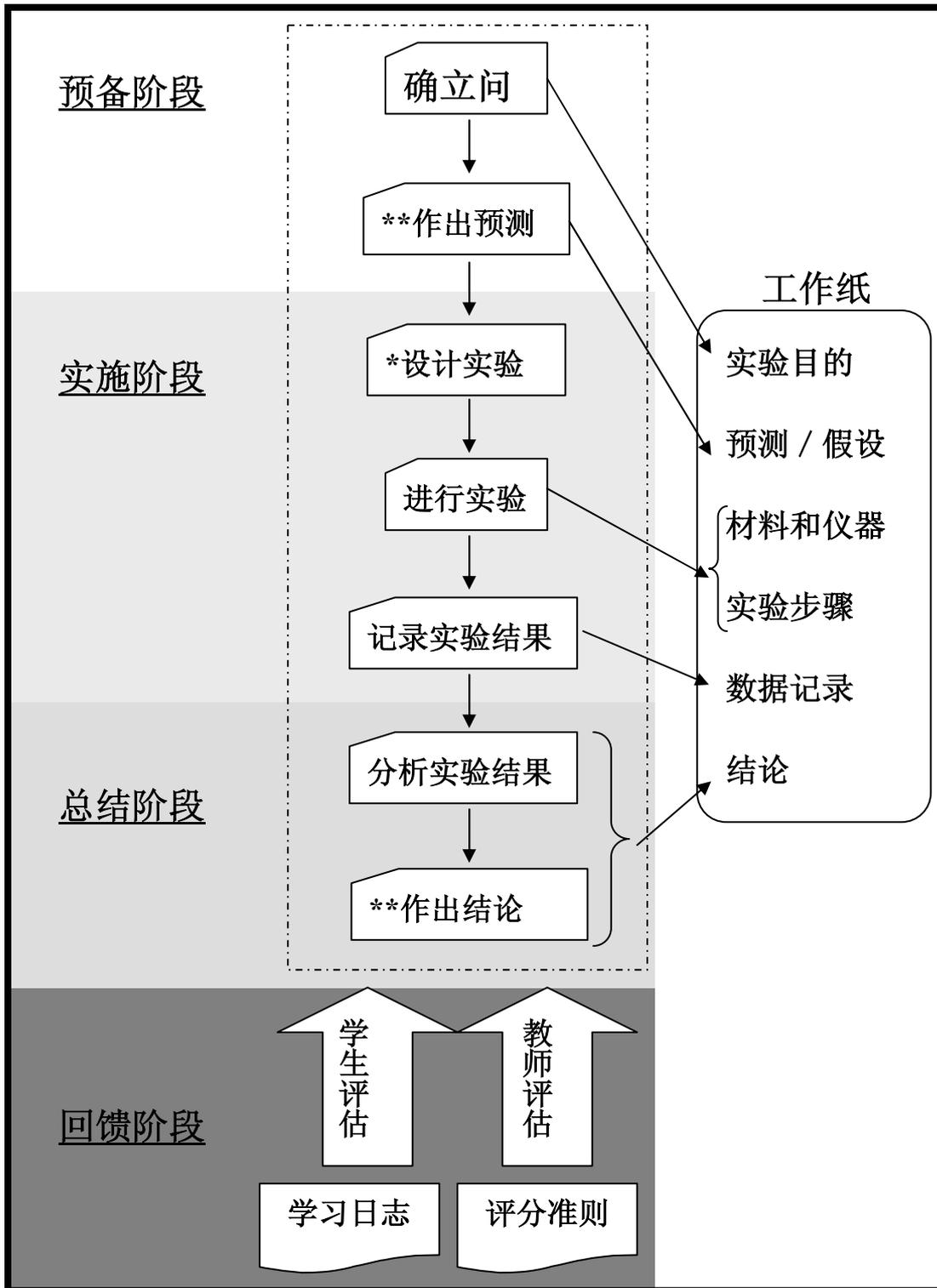
作出预测--学生除须要预测实验结果外, 还要解释为甚么认为这等预测最正确。列出原因后, 各同学可私底下投票, 互相选出心目中认为最适当的一项解释--私底下投票可令他们更自主地选出心目中的答案。

作出结论--全班同学可分组尝试逐步解释实验为甚么会产生这样的结果。由于互助合作与学生的正面学习态度发展关系密切, 以及组员在智能、科学学习能力、



性别等方面各有不同, 因此分组进行实验将可更贴近社会现实情况, 并能培养学生尊重他人的态度。

图一: 科学探究过程及其推行模式

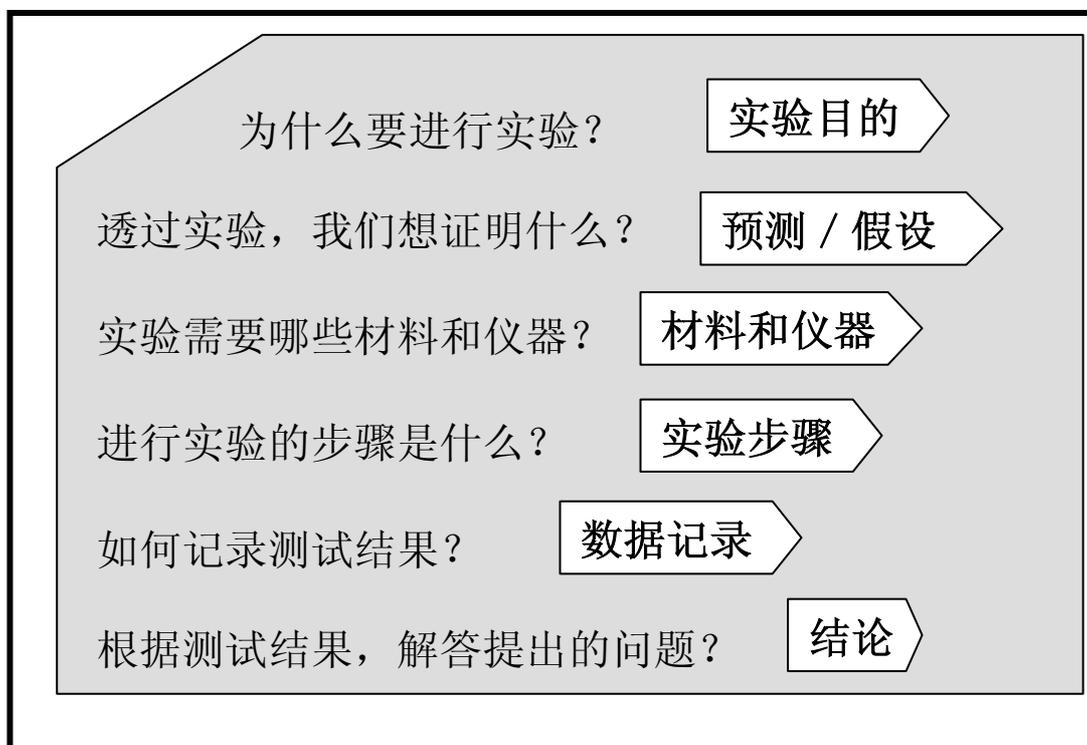




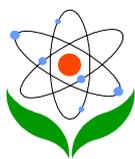
虽然以上流程没有提及 P.O.E.中"观察 (Observe)"一环,但其实在进行实验期间,学生须观察实验结果的变化,才能记录和分析结果,所以"观察"此元素已融入探究的过程中。

为了让学生进一步了解整个活动的流程,活动以实验工作纸配合,帮助他们了解各个步骤和注意事项。工作纸有五部分须要完成,分别为实验目的、预测 / 假设、材料和仪器、实验步骤、数据记录和结论。如图一所示,这五个部分分别对应了不同的科学过程技巧 (Science Process Skills)。在完成工作纸时,教师可提出一些提示问题,例如:"为什么要进行实验?",引导学生思考。上述五个部分的提示问题请参照图二。

图二: 提示问题



至于评核方面,教师除根据预先设计的评分准则(见图三)评核学生的表现外,学生还须填写学习日志(见图四),进行自我评估,检讨自己的协作精神、学习遇到的困难、实验中最感兴趣的地方等。图四中只展示了学习日志的其中两页,整本学习日志一共有五页,包括封面、三个实验的自评和实验回顾。评核准则内清楚列明不同表现等级的要求,教师须在实验前向学生解说,以便他们知道评核的重点,如何才能达到教师的要求。另一方面,为了评估学生所学到的科学探究步骤和让他们了解须要注意的重要事项。实验一至三的难度会逐渐提升。实验一的工作纸(见图五)会以「填充形式」帮助学生思考探究时遇到的问题;为了让学生有更大的思考空间,运用所学到的科学知识和技巧,实验二的工作纸(见图六)会以「问题形式的提示」代替「填充形式的提示」,减少给予学生的提示。



实验三的工作纸（见图七）上不提供任何问题提示，目的是让学生自主地进行科学探究，自行找出实验目的、预测 / 假设、数据记录的方法和结论。

图三：评分准则

表现等级	杰出表现	达到标准	尚待改善
探究精神	<ul style="list-style-type: none"> - 主动提问，积极地解决遇到的问题。 	<ul style="list-style-type: none"> - 积极地解决遇到的问题。 	<ul style="list-style-type: none"> - 遇到问题时，只要求老师提供答案，没有尝试自己找寻答案。
实验技巧、仪器操作、实验工作纸	<ul style="list-style-type: none"> - 完全掌握所有实验技巧。 - 能正确地运用所有仪器。 - 在没有老师的协助下，正确地回答工作纸的所有部分。 	<ul style="list-style-type: none"> - 掌握大部分实验技巧。 - 能正确地运用大部分仪器。 - 在老师的协助下，正确地回答工作纸的所有部分。 	<ul style="list-style-type: none"> - 未能掌握实验技巧。 - 未能正确地运用仪器。 - 未能完成工作纸。
参与程度、协作能力	<ul style="list-style-type: none"> - 极为投入。 - 能和组员充分合作。 - 懂得尊重及聆听组员意见。 	<ul style="list-style-type: none"> - 投入。 - 能和组员合作。 - 大部分时间都会尊重及聆听组员意见。 	<ul style="list-style-type: none"> - 不够投入。 - 和组员合作不足。 - 尊重及聆听组员意见的情况一般。
实验安全、时间管理	<ul style="list-style-type: none"> - 注意到实验的危险地方，顾及自己及别人的安全，并建议新增安全措施，加强实验的安全性。 - 能在指定时间前完成实验。 	<ul style="list-style-type: none"> - 注意到实验的危险地方，顾及自己及别人的安全。 - 时间刚刚足够完成实验。 	<ul style="list-style-type: none"> - 忽略实验的安全性。 - 在指定时间内未能完成实验。



图四：学习日志

实验一：牛顿秤的测试	
实验目的：	我在实验中的表现 ☺ ☹ ☹
我的工作： <input type="checkbox"/> 观察 <input type="checkbox"/> 记录 <input type="checkbox"/> 量度 <input type="checkbox"/> 收拾仪器、场地清洁	
我在实验中做得最好的地方：	
我在实验中学习到的知识 / 技能：	
我在实验中最大收获是：	
我尚未解决的问题是：	
如何令自己的表现更好，请提出改善的方法：	

 **实验回**

我对这三个实验的喜爱程度如下：(由高至低排列)

实验____ > 实验____ > 实验____

我还想学习与这课题相关的哪些课题？

我对是次实验的感想：





图五：填充形式的工作纸

實驗目的

证明 _____ 是用来量度力的大小。

預測／假設

物件的 _____ 愈大, _____ 的读数愈大。

图六：提问形式的工作纸

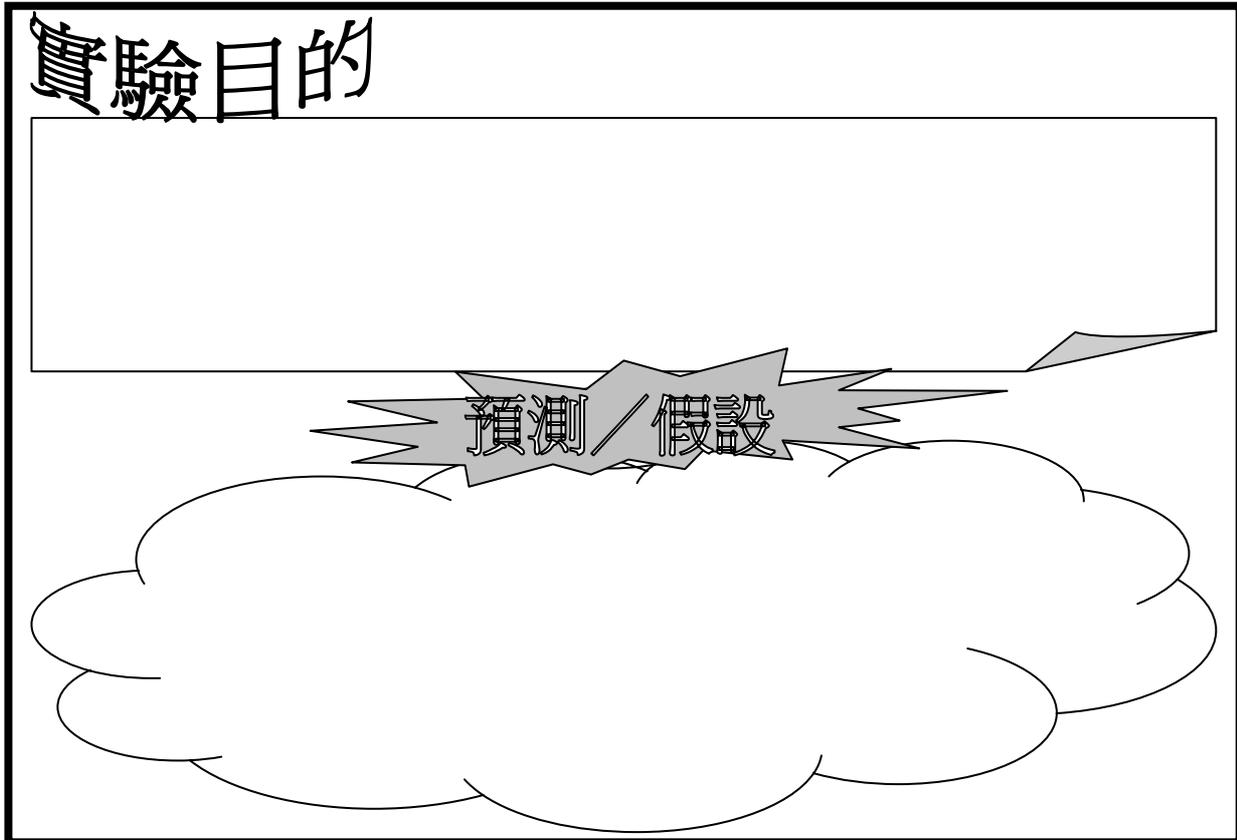
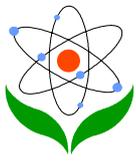
實驗目的

〔为什么要进行实验?〕

預測／假設

〔哪一个方向最省力? 根据力的大小, 排出它们的次

图七：没有提示的工作纸



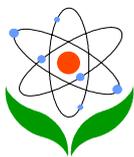
探究活动的推行

以下部分会详细阐述推行科学探究活动的四个阶段，介绍各阶段的工作和注意事项，以及分析各阶段之间的连贯性。

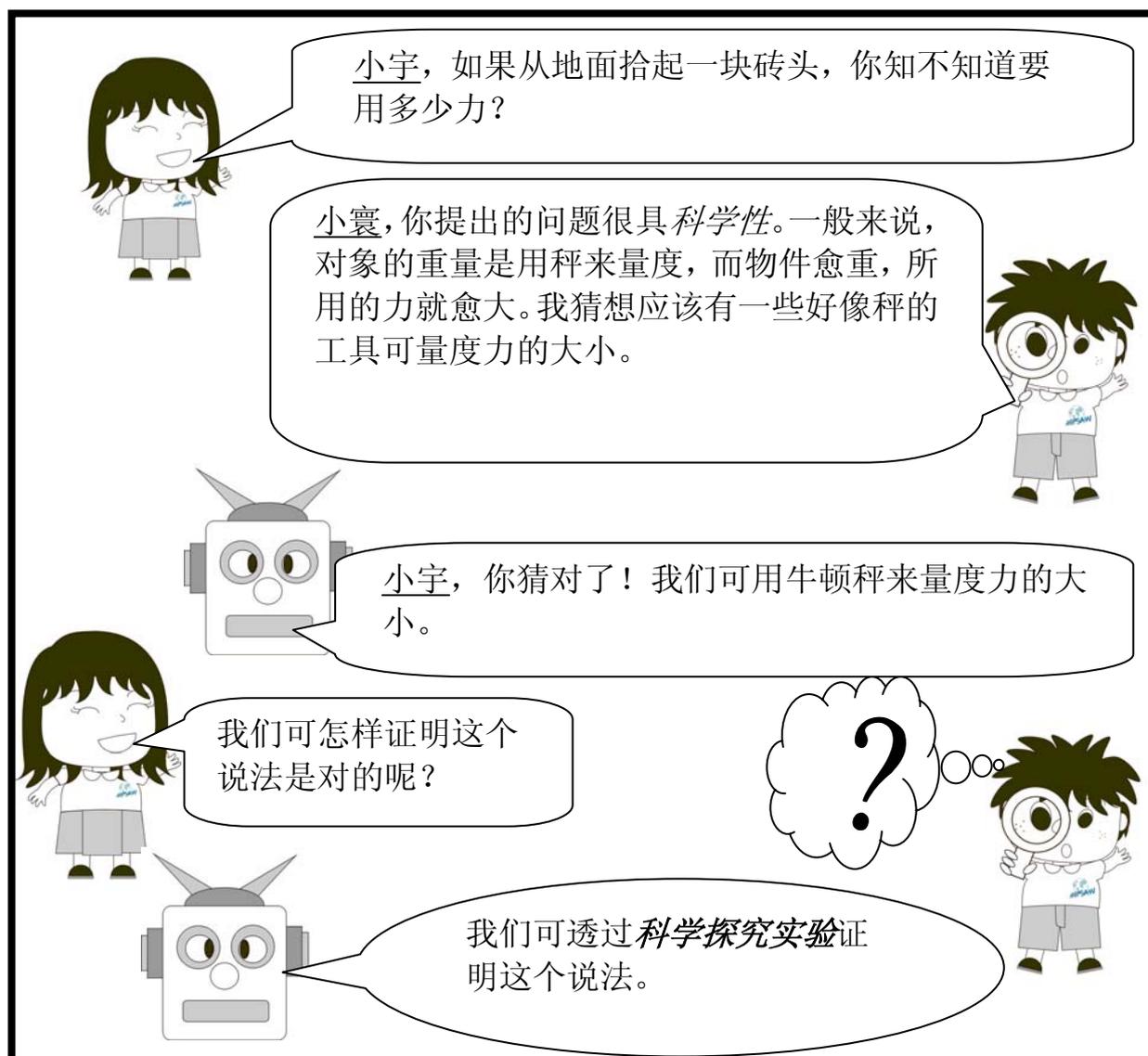
预备阶段

在这个阶段，教师引导学生思考如何找出探究问题和实验目的，以及介绍科学探究是澄清或巩固科学概念的方法。

要令学生更投入参与科学探究活动，最理想的方法是由学生自订探究问题，但鉴于学生缺乏这种经验或能力，教师须作出适当的引导，帮助他们找出想探究的问题。最容易刺激学生思考的方法就是利用与日常生活有关的例子（见图八）。学生很多时都会对一些日常生活的自然现象感到疑惑，或者习惯了一些常见的现象但不知道个中原因，这一切都是推动进行科学探究的原动力。教师只要提出一些有关的问题，学生便会知道进行实验的原因--「**实验目的**」。

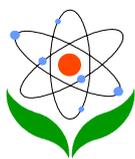


图八：日常生活例子



以"力和简单机械"这个课题为例, "力"是整个学习单元的重心科学概念, 很多学生都有同样的经验: 对象愈重, 所需的移动力度愈大。如果比较一公斤和十公斤的对象, 学生可以凭感觉决定, 十公斤的对象需要较大的力度才可移动; 但是, 如果比较四公斤和五公斤的对象, 就会较困难。学生的内心一定会有疑问, 力的大小应如何量度呢? 因此实验一就是让学生知道如何量度力的大小。

当学生知道如何比较力的大小, 就可以透过科学探究的模式, 探讨机械的功用和好处。常见的机械有斜面、滑轮、齿轮和杠杆。透过收看教统局的教育电视, 学生已初步认识上述的机械, 尤其是它们的好处、如何省力、如何方便使用。实验二和三以学生的初步认识为基础, 分别探究定滑轮施力方向与施力大小, 以及斜面能否省力, 因而进一步发展学生有关力和机械的概念, 提供机会让学生亲身进



行实验, 应用所学的概念。

虽然学生并不知道如何解释这些日常生活的自然现象, 但他们往往已存有自己的见解, 不论他们的见解是否正确。对于一些自然现象变化, 学生很多时会根据自己的见解, 作出「预测」。透过科学探究实验, 便可验证他们的见解, 并可澄清错误或巩固正确的科学概念。

实施阶段

当完成预备工作后, 教师仍须留意进行实验的一些注意事项, 包括: 学生分组的安排; 实验所需的时间、材料和仪器; 实验步骤和数据记录的方法; 各实验的概念重点。以下将逐一论述。

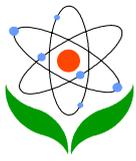
在学生分组安排方面, 实验活动通常以小组形式(4-5人)进行, 着重培养学生的协作精神和沟通能力, 主要分为四个工作岗位: "观察"、"记录"、"实验"和"收拾实验仪器"(见图九)。各组学生可在不同实验中担任不同的岗位, 例如: 在实验一中, 甲学生负责"观察", 而在实验二中, 负责"记录", 如是者, 甲学生便可尝试担当所有角色。这种做法可帮助一些能力稍逊或较被动的学生主动参与实验。

图九:「工作分配表」

<u>工作分配表</u>						
请在适当的位置加上「✓」。						
组员						
工作						
观察						
记录						
量度						
收拾仪器、场地清洁						

至于实验所需时间, 就要视乎实验内容的深入程度。如上所述, 学生是第一次进行科学探究, 因此是次活动只要求学生提出探究问题、预测结果、根据提供的步骤进行实验、记录数据、作出结论, 各实验所需的时间大约是一个课节。

要进行科学探究, 必须适当地选用工具和物料, 不然就无法进行。学生根据实验



工作纸上提供的「**材料和仪器**」和「**实验步骤**」, 进行科学探究实验。在进行测试期间, 学生须要决定如何有效地进行「**数据记录**」, 选用最适当的记录方法, 以便比较。当记录现象变化时, 学生大多数会用文字描述, 如果想更清楚记录下来, 就要加入图画或图表说明。

在是次计划的经验中, 与香港大部分小学的情况一样, 参与的小学没有实验室和实验技术员, 因此教师在选择地点和实验内容时要注意下列事项:

- ◆ 提供足够的空间。例如在美劳室、活动室或其它较大空间的地方进行。
- ◆ 实验仪器和材料的选用。以本实验为例, 实验仪器包括: 砝码、牛顿秤、滑轮、斜台。
- ◆ 一些实验活动可能须要自制器材。

每当完成一个实验后, 学生都须要实时填写学习日志内的实验自评, 目的是帮助学生自我检讨活动的成效; 而当完成所有实验后, 学生还须填写实验回顾, 让他们表达对整个探究活动的感受, 教师藉此修订活动设计。

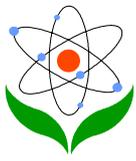
进行实验期间, 教师要注意三个实验的连系, 各实验是互相紧扣的, 上文已描述了形式上的连贯性, 现会就各实验概念重点的联系加以详述。机械设计的主要考虑条件是省力和方便使用。日常生活中有很多不同的机械设计, 虽然学生并不认识这些设计的理念, 但却深深体会它们的功效。在一般的情况下, 我们会依据感觉对事物作出判断; 以从地面提起对象为例, 通常的方法是用单手或双手提起, 但运用定滑轮, 就可以用身体的重量帮助, 感觉上是比较省力, 但实际上却是力度相同。这表示我们的感觉并不可靠。假如要评量某机械的省力程度, 哪一种方法才是准确可信的? 因此, 在实验内容的编排上, 学生先从实验一确认牛顿秤是准确测量力的方法, 以及什么是"量化"的测试。然后在实验二和三中, 一方面让学生比较"感觉的判断"和"科学化的测试", 藉此带出科学化测试的重要性。此外, 学生还可透过收集科学数据验证机械的省力程度, 从科学角度作出理性的分析。

总结阶段

学生须要分析和归纳实验所得数据的关系, 作出「**结论**」, 判断是否能解决提出的问题, 并比较与预测是否相符, 以澄清或巩固已有的科学概念。学生整合实验结论或思考观察结果时, 可能会提出一些有趣的问题。提问是科学探究的原动力, 没有探究问题, 就不需要探究实验, 因此教师应鼓励学生积极发问。如果学生发现了问题, 而不知道如何解决, 他们可能会失去好奇心, 也就是失去探究精神。透过全班讨论, 一方面可增加学生思考问题的机会, 培养探究精神; 另一方面, 可培养学生之间的讨论气氛, 令他们积极学习。

回馈阶段

在评核学生的学习表现时, 教师可注意学生在"探究精神"、"实验技巧、仪器操作、



实验工作纸"、"参与程度、协作能力"和"实验安全、时间管理"的表现(见图三)。教师在评分准则上圈出各组学生的表现,可让学生清楚知道自己尚待改善和表现杰出的地方。此外,学生给予教师的回馈亦同样重要,以助教师修订日后实验内容的深入程度和教学安排,亦可了解学生进行科学探究时所遇到的困难,以帮助他们解决。

探究活动的经验分享

总结是次经验,我们归纳出一些推行科学探究时须要注意的事项,以及收集了学生对活动的回馈,供教师作参考之用,帮助修订活动设计。

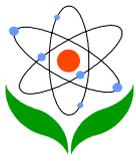
参与教师指出,在设计活动时虽已考虑了多方面的问题,例如:运用实验工作纸引导学生进行实验;进行实验前,学生须填写分工表格;完成实验后,学生须填写学习日志;逐渐加深实验的难度,以评核学生的学习表现等,但在实际推行时仍可能会遇到一些意料之外的问题。以下是在是次活动出现的情况:

- ◆ 当教师介绍有关实验的资料时,学生只专注玩弄仪器和物料,没有留心听教师讲解。(建议:进行实验时才派发仪器和物料给学生。)
- ◆ 教师口头解释步骤后,学生仍不懂如何进行。(建议:邀请学生或亲自示范,然后再以提问的形式,测试学生是否完全明白实验的步骤。)
- ◆ 学生不懂得填写实验目的和预测。(建议:提出多些提示问题,引导学生思考。)

上述的情况都是导致学生学习表现不理想的原因,如发现学生遇到任何困难,应实时解决,方可进行下一个步骤。

在回顾整个探究实验时,全班学生都表示十分喜欢科学探究的学习模式,以下是部分的回馈:

- ◆ 十分喜欢参与内容有趣和富挑战性的探究实验。
- ◆ 想多一些类似的实验活动。
- ◆ 在进行探究期间,当遇到一些难题时,组员可一起讨论,提升学习气氛。
- ◆ 其它课题都应进行科学探究活动,例如:天文现象。
- ◆ 明白分工合作的重要性。
- ◆ 学会操作一些实验仪器,例如:牛顿秤。



- ◆ 与之前的实验活动相比, 是次活动较为有趣和生动, 希望继续以这个方式学习科学。

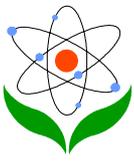
由此可见, 这种学习模式不但能提升学生学习科学的兴趣, 也能有效地推动科学科的教与学。

本科学探究活动是为初次进行科学探究的学生而设计, 好让他们认识科学探究的过程, 增进科学思维。为了增加学生的投入感, 所选取的实验题材是与日常生活息息相关, 经常在他们身边出现的问题。情境讨论(见图八的工作纸)的运用是活动中不可缺少的一环, 一方面可带出进行实验的原因, 让学生清楚知道实验的目标和方向, 另一方面是串联起整个实验的架构的支柱。如果学生能完全掌握这部分的信息, 在观察时, 就会知道重点在哪里; 在作出结论时, 就会懂得如何分析和归纳结果。假如学生在观察和作出结论时遇到困难, 教师应尽量引导学生思考, 透过提问的形式帮助学生联系各关键的地方, 组织及整理所有信息, 以便进行逻辑分析, 找出问题的因果关系。

本活动设计是希望引领学生逐渐步向自主探究的领域, 同时亦帮助教师评核学生的学习过程, 以及对知识和技能的掌握程度。因为本活动的内容编排是帮助初学者起步, 所以探究的自主性并不是很大。进行自主性大的探究活动会较为复杂和困难, 除学生必须具备科学探究的基本概念和技能外, 还须要配合时间、人手和资源的安排, 方可达到预期的学习效果。

结论

本科学探究活动有助学生发展逻辑思考方法, 让他们认识常用的科学探究技巧和过程。在进行科学探究的过程中, 学生肩负起小小科学家的角色, 运用已学会的知识解决一些难题, 因而产生更大的学习动力, 主动地发问及讨论, 使学习效率大大提高。教师的角色主要是策划, 因应学生的能力设计活动内容, 亦透过评估学生的表现, 而修改内容的深浅程度。因此, 教学、学习和评估三者存在着一种互相影响的关系, 以取得平衡 (Baird, 1997)。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 (2002a): 《科学教育: 学习领域课程指引 (小一至中三)》, 香港: 政府印务局。
- 课程发展议会 (2002b): 《小学常识科课程指引 (小一至小六)》, 香港: 政府印务局。
- Baird, H. (1997). Performance Assessment for Science Teachers. Utah: The Utah State Office of Education.
- [Online]. Available: <http://www.usoe.k12.ut.us/curr/science/Perform/past1.htm>
- Baird, J. R., and Northfield, J. R. (Eds). (1995). Learning From the PEEL Experience. Melbourne, Australia: The Monash University Printing Services.
- Russell, T. (1998). An Introduction to P.O.E. [Online]. <http://educ.queensu.ca/~russellt>.