

小學六年級科學探究活動--「力和簡單機械」

鄭美紅、蔡慶麟

香港教育學院 科學系
中國 香港 新界大埔露屏路十號

電郵：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)

內容

[引言](#)

[常識科課程與提倡科學探究的取向](#)

[探究主題簡介](#)

[探究活動設計](#)

[探究活動的推行](#)

[探究活動的經驗分享](#)

[結論](#)

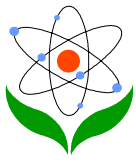
[參考文獻](#)

引言

本文輯錄了一項小六年級的探究實驗，供其他教師參考。此探究實驗是「寰宇學校計劃」(Schools Around the World Project, SAW)與本地常識科教師的合作成果。學生透過進行科學探究，探討「力和簡單機械」這個課題¹。

「寰宇學校計劃」是由美國基礎教育議會構思的教師專業發展計劃，參與國／地區包括美國、澳洲、捷克、法國、德國、香港、日本、葡萄牙及英國。計劃以科學科為首個研究範疇，會員教師提交的學生習作則是計劃的研究基礎，亦是教師間作專業交流的橋樑。各地的參與教師可透過互聯網，在科學教學及評估等範疇

¹本活動承蒙葛量洪校友會將軍澳學校的校長及有關老師參與，藉此向他們一一致謝。



上交流經驗及心得, 進一步擴闊視野, 促進科學教學專業的發展, 從而提升學生的學習表現。

自二零零一年開始, 香港區的「寰宇學校計劃」與部分本地參與學校合作, 推行校本科學課程發展計劃, 目的是進一步支援科學教師的教學, 提升教學質素。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。

常識科課程與提倡科學探究的取向

在二零零二年, 香港課程發展議會(2002a)重新修訂小一至中三的科學教育學習領域課程, 訂立了六個學習範疇, 包括: 科學探究; 生命與生活; 物料世界; 能量與變化; 地球與太空; 科學、科技與社會。相比以往的小學常識科課程, 新的課程在科學學習的範疇上較著重發展學生的科學探究知識、技巧和精神。

為了配合小學常識科課程發展, 課程發展議會亦編制了《小學常識科課程指引》(2002), 指引明確指出適合小學生進行的科學探究包括: 探索、公平測試、鑑別和分類、模式探索和驗證解釋等, 而進行探究時主要有下列五個步驟:

鑑定問題所在

- 學生提出與探討的主題有關而又可測試的問題。

預測結果

- 學生根據過往的經驗或觀察所得預測結果。

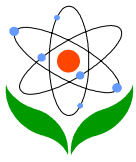
設計探究的方法

- 蒐集測試所需的物料。
- 討論在進行公平測試時涉及的可變因素。
- 鑑別須控制和擬測試的可變因素。

量度和記錄

- 進行有關的實驗, 運用適當的儀器蒐集數據, 並有系統及清晰地把相關數據記錄於報告中。

數據的詮釋



- 分析所蒐集的數據後作出結論。
- 運用資料科技工具闡述編制報告。

探究主題簡介

本探究活動以力和機械為題，讓學生進行三個實驗，分別為："牛頓秤的測試"、"施力方向與施力大小的比拼(定滑輪)"及"省力的斜面"。在上述三個實驗的過程中，學生須要指出實驗目的；作出預測；選用合適的材料和儀器，以及設計實驗步驟，然後進行實驗；選擇適當的方法記錄數據；分析數據，以得出結論，並與預測結果比較。各實驗內容如下：

實驗一：牛頓秤的測試

目的：證明牛頓秤是用來量度力的大小

儀器及材料：牛頓秤 1 個、砝碼 (100g) 4 個

教學備忘：因為牛頓秤是力學實驗中一個十分重要的儀器，所以是項實驗以測試牛頓秤為題，一方面可向學生介紹它的運作原理，另一方面可透過提問的形式，初步介紹實驗的各個步驟。

實驗二：施力方向與施力大小的比拼(定滑輪)

目的：找出一個最省力拉動定滑輪的方法

儀器及材料：滑輪 1 個、牛頓秤 1 個、繩 (60 厘米) 1 條、砝碼 (200 克) 1 組、咭紙 1 張

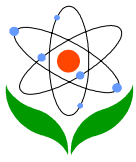
教學備忘：在教育電視的內容中，已提及定滑輪的好處，雖然定滑輪不能省力，但方便使用。以從地面提起物件為例，通常的方法是用單手或雙手提起，但運用定滑輪，就可以用身體的重量幫助，感覺上是比較省力。這亦帶出另一個問題：施力的方向會否影響施力大小？哪一方向拉動繩子才是最省力呢？

實驗三：省力的斜面

目的：找出在哪一個斜度的斜面上拉動物件最省力

儀器及材料：木板 1 塊、牛頓秤 1 個、繩 (5 厘米) 1 條、鐵 1 塊

教學備忘：本實驗同樣是教育電視內容之一。大部分學生都有踏單車的經



驗, 在較陡峭的斜坡上, 需要較大的力量才可使車子向前移動。
那麼, 哪一個斜度的斜面才是最省力呢?

探究活動設計

由於新修訂的小學常識科課程強調科學探究的重要性, 故此是項探究活動的目的, 一方面是為了協助教師掌握這個範疇的教學法, 另一方面則讓學生了解什麼是科學探究, 以及如何透過實驗學習科學知識和實驗技巧、培養學習態度。本科科學探究活動參考了《小學常識科課程指引》(2002) 中的建議為設計藍本, 培養學生的科學過程技巧(Science Process Skills)、科學思維和學習態度, 流程中亦加入了 P.O.E. [Predict(預測)--Observe(觀察)--Explain(解釋)] 元素 (Russell, 1998; Baird and Northfield, 1995)。

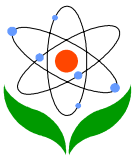
進行過程中, 除了讓學生學習"力和簡單機械"的概念外, 教師還有另外一項目標, 就是讓學生經歷科學探究過程。為了讓學生更容易掌握進行科學探究的經過, 整個探究過程會分為以下四個階段(見圖一): (一) 預備階段--確立探究問題, 根據已有的科學概念, 作出預測; (二) 實施階段--進行科學探究; (三) 總結階段--解答提出的探究問題; 及 (四) 回饋階段--檢討整個探究活動。

根據圖一所示, 設計實驗(圖一加上*的部分)是探究過程的其中一環。一般來說, 設計實驗這部分可有兩個做法, 一個是由學生自己設計, 另一個是由教師提供。前者可讓能力較強的學生扮演科學家, 考慮實驗的條件, 操縱哪些變因, 設計可行的方案; 後者可讓能力稍遜的學生學習如何跟隨指示, 包括教師的口頭和書面指示。口頭指示較為簡單, 學生只需小心跟隨; 而書面指示, 學生則要經過分析和理解, 完全明白後才可無誤地進行。教師應根據學生的能力和經驗, 選用合適的形式。在本文所引的個案情況下, 由於學生是第一次進行該類型的探究活動, 因此實驗會由教師設計, 學生只須要跟隨提供的步驟進行實驗。

另一方面, 是項探究活動亦強調了預測和結論這兩部分(圖一加上**的部分), 這是加入了 Russell (1998) 和 Baird and Northfield (1995) 提出的 P.O.E. 元素, 步驟如下:

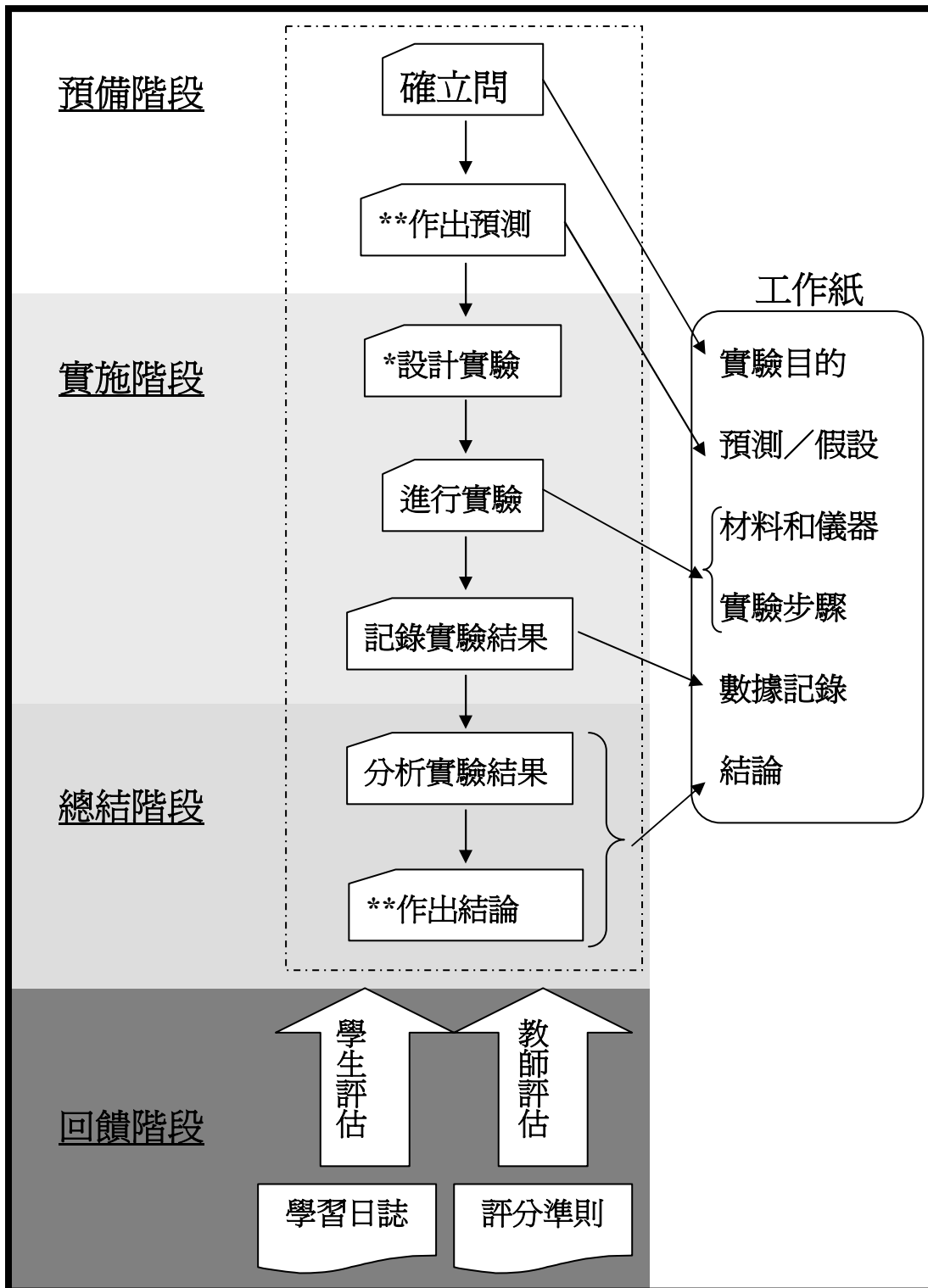
作出預測--學生除須要預測實驗結果外, 還要解釋為甚麼認為這等預測最正確。列出原因後, 各同學可私底下投票, 互相選出心目中認為最適當的一項解釋--私底下投票可令他們更自主地選出心目中的答案。

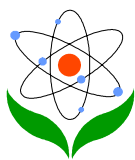
作出結論--全班同學可分組嘗試逐步解釋實驗為甚麼會產生這樣的結果。由於互助合作與學生的正面學習態度發展關係密切, 以及組員在智能、科學學習能力、性別等方面各有不同, 因此分組進行實驗將可更貼近社會現實情況, 並能培養學



生尊重他人的態度。

圖一：科學探究過程及其推行模式

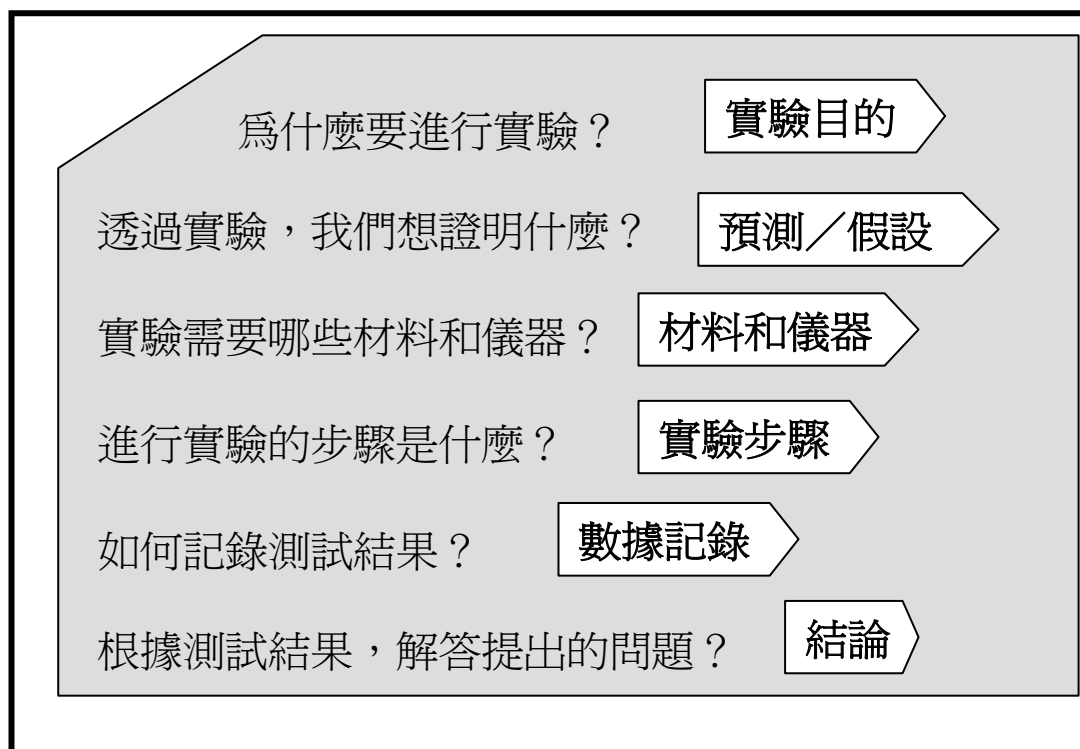




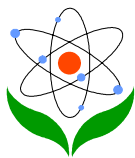
雖然以上流程沒有提及 P.O.E. 中 "觀察 (Observe)" 一環, 但其實在進行實驗期間, 學生須觀察實驗結果的變化, 才能記錄和分析結果, 所以 "觀察" 此元素已融入探究的過程中。

爲了讓學生進一步了解整個活動的流程, 活動以實驗工作紙配合, 幫助他們了解各個步驟和注意事項。工作紙有五部分須要完成, 分別爲實驗目的、預測/假設、材料和儀器、實驗步驟、數據記錄和結論。如圖一所示, 這五個部分分別對應了不同的科學過程技巧 (Science Process Skills)。在完成工作紙時, 教師可提出一些提示問題, 例如: "爲什麼要進行實驗?", 引導學生思考。上述五個部分的提示問題請參照圖二。

圖二：提示問題



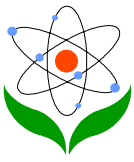
至於評核方面, 教師除根據預先設計的評分準則 (見圖三) 評核學生的表現外, 學生還須填寫學習日誌 (見圖四), 進行自我評估, 檢討自己的協作精神、學習遇到的困難、實驗中最感興趣的地方等。圖四中只展示了學習日誌的其中兩頁, 整本學習日誌一共有五頁, 包括封面、三個實驗的自評和實驗回顧。評核準則內清楚列明不同表現等級的要求, 教師須在實驗前向學生解說, 以便他們知道評核的重點, 如何才能達到教師的要求。另一方面, 爲了評估學生所學到的科學探究步驟和讓他們了解須要注意的重要事項。實驗一至三的難度會逐漸提升。實驗一的工作紙 (見圖五) 會以「填充形式」幫助學生思考探究時遇到的問題; 爲了讓學生有更大的思考空間, 運用所學到的科學知識和技巧, 實驗二的工作紙 (見圖六) 會以「問題形式的提示」代替「填充形式的提示」, 減少給予學生的提示。



實驗三的工作紙(見圖七)上不提供任何問題提示,目的是讓學生自主地進行科學探究,自行找出實驗目的、預測/假設、數據記錄的方法和結論。


圖三：評分準則

表現等級	傑出表現	達到標準	尚待改善
探究精神	<ul style="list-style-type: none"> - 主動提問,積極地解決遇到的問題。 	<ul style="list-style-type: none"> - 積極地解決遇到的問題。 	<ul style="list-style-type: none"> - 遇到問題時,只要求老師提供答案,沒有嘗試自己找尋答案。
實驗技巧、儀器操作、實驗工作紙	<ul style="list-style-type: none"> - 完全掌握所有實驗技巧。 - 能正確地運用所有儀器。 - 在沒有老師的協助下,正確地回答工作紙的所有部分。 	<ul style="list-style-type: none"> - 掌握大部分實驗技巧。 - 能正確地運用大部分儀器。 - 在老師的協助下,正確地回答工作紙的所有部分。 	<ul style="list-style-type: none"> - 未能掌握實驗技巧。 - 未能正確地運用儀器。 - 未能完成工作紙。
參與程度、協作能力	<ul style="list-style-type: none"> - 極為投入。 - 能和組員充分合作。 - 懂得尊重及聆聽組員意見。 	<ul style="list-style-type: none"> - 投入。 - 能和組員合作。 - 大部分時間都會尊重及聆聽組員意見。 	<ul style="list-style-type: none"> - 不夠投入。 - 和組員合作不足。 - 尊重及聆聽組員意見的情況一般。
實驗安全、時間管理	<ul style="list-style-type: none"> - 注意到實驗的危險地方,顧及自己及別人的安全,並建議新增安全措施,加強實驗的安全性。 - 能在指定時間前完成實驗。 	<ul style="list-style-type: none"> - 注意到實驗的危險地方,顧及自己及別人的安全。 - 時間剛剛足夠完成實驗。 	<ul style="list-style-type: none"> - 忽略實驗的安全性。 - 在指定時間內未能完成實驗。



圖四：學習日誌

實驗一：牛頓秤的測試	
實驗目的：	我在實驗中的表現 ☺ ☹ ☹
我的工作：	<input type="checkbox"/> 觀察 <input type="checkbox"/> 記錄 <input type="checkbox"/> 量度 <input type="checkbox"/> 收拾儀器、場地清潔
我在實驗中做得最好的地方：	
我在實驗中學到的知識／技能：	
我在實驗中最大收穫是：	
我尚未解決的問題是：	
如何令自己的表現更好，請提出改善的方法：	




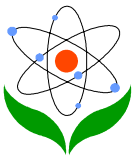
我對這三個實驗的喜愛程度如下：(由高至低排列)

實驗____ > 實驗____ > 實驗____

我還想學習與這課題相關的哪些課題？

我對是次實驗的感想：





圖五：填充形式的工作紙

實驗目的

證明 _____ 是用來量度力的大小。

預測／假設

物件的 _____ 愈大，_____ 的讀數愈大。

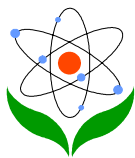
圖六：提問形式的工作紙

實驗目的

〔為什麼要進行實驗？〕

預測／假設

〔哪一個方向最省力？根據力的大小，排出它們的次



圖七：沒有提示的工作紙

實驗目的

預測 / 假設

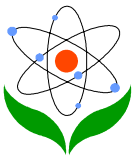
探究活動的推行

以下部分會詳細闡述推行科學探究活動的四個階段，介紹各階段的工作和注意事項，以及分析各階段之間的連貫性。

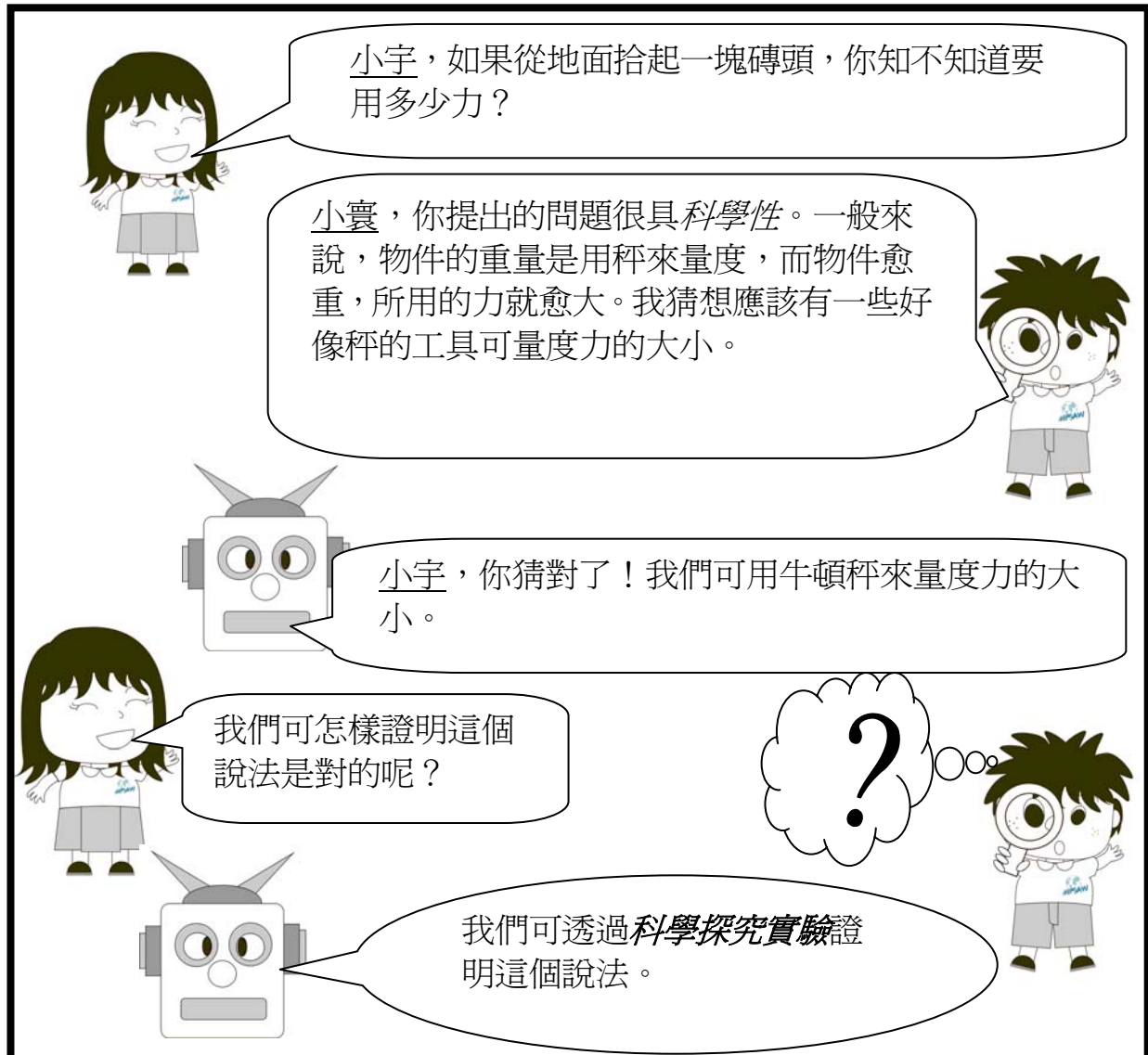
預備階段

在這個階段，教師引導學生思考如何找出探究問題和實驗目的，以及介紹科學探究是澄清或鞏固科學概念的方法。

要令學生更投入參與科學探究活動，最理想的方法是由學生自訂探究問題，但鑑於學生缺乏這種經驗或能力，教師須作出適當的引導，幫助他們找出想探究的問題。最容易刺激學生思考的方法就是利用與日常生活有關的例子（見圖八）。學生很多時都會對一些日常生活的自然現象感到疑惑，或者習慣了一些常見的現象但不知道箇中原因，這一切都是推動進行科學探究的原動力。教師只要提出一些有關的問題，學生便會知道進行實驗的原因--「**實驗目的**」。

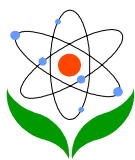


圖八：日常生活例子



以"力和簡單機械"這個課題為例, "力"是整個學習單元的重心科學概念, 很多學生都有同樣的經驗: 物件愈重, 所需的移動力度愈大。如果比較一公斤和十公斤的物件, 學生可以憑感覺決定, 十公斤的物件需要較大的力度才可移動; 但是, 如果比較四公斤和五公斤的物件, 就會較困難。學生的內心一定會有疑問, 力的大小應如何量度呢? 因此實驗一就是讓學生知道如何量度力的大小。

當學生知道如何比較力的大小, 就可以透過科學探究的模式, 探討機械的功用和好處。常見的機械有斜面、滑輪、齒輪和槓桿。透過收看教統局的教育電視, 學生已初步認識上述的機械, 尤其是它們的好處、如何省力、如何方便使用。實驗二和三以學生的初步認識為基礎, 分別探究定滑輪施力方向與施力大小, 以及斜面能否省力, 因而進一步發展學生有關力和機械的概念, 提供機會讓學生親身進



行實驗，應用所學的概念。

雖然學生並不知道如何解釋這些日常生活的自然現象，但他們往往已存有自己的見解，不論他們的見解是否正確。對於一些自然現象變化，學生很多時會根據自己的見解，作出「預測」。透過科學探究實驗，便可驗證他們的見解，並可澄清錯誤或鞏固正確的科學概念。

實施階段

當完成預備工作後，教師仍須留意進行實驗的一些注意事項，包括：學生分組的安排；實驗所需的時間、材料和儀器；實驗步驟和數據記錄的方法；各實驗的概念重點。以下將逐一論述。

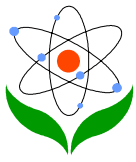
在學生分組安排方面，實驗活動通常以小組形式（4-5 人）進行，著重培養學生的協作精神和溝通能力，主要分為四個工作崗位："觀察"、"記錄"、"實驗"和"收拾實驗儀器"（見圖九）。各組學生可在不同實驗中擔任不同的崗位，例如：在實驗一中，甲學生負責"觀察"，而在實驗二中，負責"記錄"，如是者，甲學生便可嘗試擔當所有角色。這種做法可幫助一些能力稍遜或較被動的學生主動參與實驗。

圖九：「工作分配表」

<u>工作分配表</u>						
請在適當的位置加上「✓」。						
組員						
工作						
觀察						
記錄						
量度						
收拾儀器、場地清潔						

至於實驗所需時間，就要視乎實驗內容的深入程度。如上所述，學生是第一次進行科學探究，因此是次活動只要求學生提出探究問題、預測結果、根據提供的步驟進行實驗、記錄數據、作出結論，各實驗所需的時間大約是一個課節。

要進行科學探究，必須適當地選用工具和物料，不然就無法進行。學生根據實驗



工作紙上提供的「**材料和儀器**」和「**實驗步驟**」, 進行科學探究實驗。在進行測試期間, 學生須要決定如何有效地進行「**數據記錄**」, 選用最適當的記錄方法, 以便比較。當記錄現象變化時, 學生大多數會用文字描述, 如果想更清楚記錄下來, 就要加入圖畫或圖表說明。

在是次計劃的經驗中, 與香港大部分小學的情況一樣, 參與的小學沒有實驗室和實驗技術員, 因此教師在選擇地點和實驗內容時要注意下列事項:

- ◆ 提供足夠的空間。例如在美勞室、活動室或其他較大空間的地方進行。
- ◆ 實驗儀器和材料的選用。以本實驗為例, 實驗儀器包括: 砝碼、牛頓秤、滑輪、斜台。
- ◆ 一些實驗活動可能須要自製器材。

每當完成一個實驗後, 學生都須要即時填寫學習日誌內的實驗自評, 目的是幫助學生自我檢討活動的成效; 而當完成所有實驗後, 學生還須填寫實驗回顧, 讓他們表達對整個探究活動的感受, 教師藉此修訂活動設計。

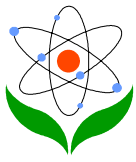
進行實驗期間, 教師要注意三個實驗的連繫, 各實驗是互相緊扣的, 上文已描述了形式上的連貫性, 現會就各實驗概念重點的聯繫加以詳述。機械設計的主要考慮條件是省力和方便使用。日常生活中有很多不同的機械設計, 雖然學生並不認識這些設計的理念, 但卻深深體會它們的功效。在一般的情況下, 我們會依據感覺對事物作出判斷; 以從地面提起物件為例, 通常的方法是用單手或雙手提起, 但運用定滑輪, 就可以用身體的重量幫助, 感覺上是比較省力, 但實際上卻是力度相同。這表示我們的感覺並不可靠。假如要評量某機械的省力程度, 哪一種方法才是準確可信的? 因此, 在實驗內容的編排上, 學生先從實驗一確認牛頓秤是準確測量力的方法, 以及什麼是"量化"的測試。然後在實驗二和三中, 一方面讓學生比較"感覺的判斷"和"科學化的測試", 藉此帶出科學化測試的重要性。此外, 學生還可透過收集科學數據驗證機械的省力程度, 從科學角度作出理性的分析。

總結階段

學生須要分析和歸納實驗所得數據的關係, 作出「**結論**」, 判斷是否能解決提出的問題, 並比較與預測是否相符, 以澄清或鞏固已有的科學概念。學生整合實驗結論或思考觀察結果時, 可能會提出一些有趣的問題。提問是科學探究的原動力, 沒有探究問題, 就不需要探究實驗, 因此教師應鼓勵學生積極發問。如果學生發現了問題, 而不知道如何解決, 他們可能會失去好奇心, 也就是失去探究精神。透過全班討論, 一方面可增加學生思考問題的機會, 培養探究精神; 另一方面, 可培養學生之間的討論氣氛, 令他們積極學習。

回饋階段

在評核學生的學習表現時, 教師可注意學生在"探究精神"、"實驗技巧、儀器操作、



實驗工作紙"、"參與程度、協作能力"和"實驗安全、時間管理"的表現(見圖三)。教師在評分準則上圈出各組學生的表現,可讓學生清楚知道自己尚待改善和表現傑出的地方。此外,學生給予教師的回饋亦同樣重要,以助教師修訂日後實驗內容的深入程度和教學安排,亦可了解學生進行科學探究時所遇到的困難,以幫助他們解決。

探究活動的經驗分享

總結是次經驗,我們歸納出一些推行科學探究時須要注意的事項,以及收集了學生對活動的回饋,供教師作參考之用,幫助修訂活動設計。

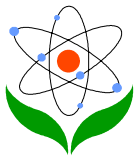
參與教師指出,在設計活動時雖已考慮了多方面的問題,例如:運用實驗工作紙引導學生進行實驗;進行實驗前,學生須填寫分工表格;完成實驗後,學生須填寫學習日誌;逐漸加深實驗的難度,以評核學生的學習表現等,但在實際推行時仍可能會遇到一些意料之外的問題。以下是在是次活動出現的情況:

- ◆ 當教師介紹有關實驗的資料時,學生只專注玩弄儀器和物料,沒有留心聽教師講解。(建議:進行實驗時才派發儀器和物料給學生。)
- ◆ 教師口頭解釋步驟後,學生仍不懂如何進行。(建議:邀請學生或親自示範,然後再以提問的形式,測試學生是否完全明白實驗的步驟。)
- ◆ 學生不懂得填寫實驗目的和預測。(建議:提出多些提示問題,引導學生思考。)

上述的情況都是導致學生學習表現不理想的原因,如發現學生遇到任何困難,應即時解決,方可進行下一個步驟。

在回顧整個探究實驗時,全班學生都表示十分喜歡科學探究的學習模式,以下是部分的回饋:

- ◆ 十分喜歡參與內容有趣和富挑戰性的探究實驗。
- ◆ 想多一些類似的實驗活動。
- ◆ 在進行探究期間,當遇到一些難題時,組員可一起討論,提升學習氣氛。
- ◆ 其他課題都應進行科學探究活動,例如:天文現象。
- ◆ 明白分工合作的重要性。
- ◆ 學會操作一些實驗儀器,例如:牛頓秤。



- ◆ 與之前的實驗活動相比，是次活動較為有趣和生動，希望繼續以這個方式學習科學。

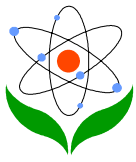
由此可見，這種學習模式不但能提升學生學習科學的興趣，也能有效地推動科學科的教與學。

本科學探究活動是為初次進行科學探究的學生而設計，好讓他們認識科學探究的過程，增進科學思維。為了增加學生的投入感，所選取的實驗題材是與日常生活息息相關，經常在他們身邊出現的問題。情境討論（見圖八的工作紙）的運用是活動中不可缺少的一環，一方面可帶出進行實驗的原因，讓學生清楚知道實驗的目標和方向，另一方面是串聯起整個實驗的架構的支柱。如果學生能完全掌握這部分的信息，在觀察時，就會知道重點在哪裡；在作出結論時，就會懂得如何分析和歸納結果。假如學生在觀察和作出結論時遇到困難，教師應盡量引導學生思考，透過提問的形式幫助學生聯繫各關鍵的地方，組織及整理所有信息，以便進行邏輯分析，找出問題的因果關係。

本活動設計是希望引領學生逐漸步向自主探究的領域，同時亦幫助教師評核學生的學習過程，以及對知識和技能的掌握程度。因為本活動的內容編排是幫助初學者起步，所以探究的自主性並不是很大。進行自主性大的探究活動會較為複雜和困難，除學生必須具備科學探究的基本概念和技能外，還須要配合時間、人手和資源的安排，方可達到預期的學習效果。

結論

本科學探究活動有助學生發展邏輯思考方法，讓他們認識常用的科學探究技巧和過程。在進行科學探究的過程中，學生肩負起小小科學家的角色，運用已學會的知識解決一些難題，因而產生更大的學習動力，主動地發問及討論，使學習效率大大提高。教師的角色主要是策劃，因應學生的能力設計活動內容，亦透過評估學生的表現，而修改內容的深淺程度。因此，教學、學習和評估三者存在著一種互相影響的關係，以取得平衡（Baird, 1997）。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 (2002a):《科學教育：學習領域課程指引(小一至中三)》，香港：政府印務局。

課程發展議會 (2002b):《小學常識科課程指引(小一至小六)》，香港：政府印務局。

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>.