
探究導向教學活動於國小 「力與運動」單元的應用

陳均伊^{1*} 王懋勳² 施昆易³

¹ 國立嘉義大學 數理教育研究所

² 臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

³ 國立彰化師範大學 科學教育研究所

壹、前言

有效的科學教學必須重視學生的先前經驗，以符合建構主義觀點，透過實作與討論的過程，促使學生在探究歷程中學習科學概念、培養科學態度與高層次思考（Crawford, 2007）。近年來，探究導向教學逐漸受到重視與推廣，強調科學教學應以學習者為中心，旨在促進學生主動建構科學概念，並培養良好的科學過程技能（教育部，2008；National Research Council, [NRC], 2012），在動手操作與觀察的過程進行思考與問題解決。Zangori, Forbes 與 Biggers（2012）曾指出國小教師須調整其教學方式，使其符合探究導向教學，以協助學生了解科學知識的發展歷程，並學習科學概念與能力。

在探究與全美科學教育標準（NRC, 2000）中，曾指出探究教學需具備：提出問題、證據收集、形成解釋、與科學知識連結，以及表達和說明解釋等五項基本特徵。陳均伊（2006）所提出的探究教學模

式中，曾指出探究教學的進行需讓學生感到探究是有意義的，教師可以透過提問，協助學生進行科學探究，並引導學生驗證其想法、進行討論與形成科學概念。在 Crawford（2000）的研究中，亦強調探究教學的實施，應以真實問題為教學情境，學生需依據所獲得的資料，努力解決問題。Hand 與 Keys（1999）和 Hinrichsen 與 Jarrett（1999）在描述探究教學的基本特徵時指出，探究教學應提供符合學生經驗的例子，促使學生從中提出問題，並透過實驗設計、操作、資料分析等歷程，以建構理解和解決問題。Meyer, Kubarek-Sandor, Kedvesh, Heitzman, Pan 與 Faik（2012）曾整理超過 300 個以上的探究教學活動提出八種實施方式，包括：擬訂計畫（protocols）、設計挑戰（design challenge）、結果測試（product testing）、黑盒子（black boxes）（意指推理活動）、證據的本質（intrinsic data space）、不一致的事件（discrepant event）、分類（taxonomy）與建模（modeling）等。綜合上述，本教學活動設計將探究教學分為

*為本文通訊作者

四個階段，分別為：

- (一) **連結舊經驗**：提供有趣的小遊戲讓學生參與，從遊戲中喚起學生的舊經驗，並與教學活動的主題相連結，提醒學生注意觀察與體驗。
- (二) **形成問題**：從觀察中形成問題，問題可以由教師提供，也可以透過教師的引導，協助學生提出問題。探究教學的實施，應視教學目標、教學內容或學生需求等，調整教師的引導程度（陳均伊，2010；NRC, 2000）。
- (三) **探索**：依據所提出的問題，進行實驗設計，在實際動手操作的過程中驗證想法。
- (四) **討論**：依據探索獲得的訊息提出解釋，教師則適時引入科學名詞與概念的介紹，引導學生進行討論，思考彼此所提出解釋的合適性，以澄清與精緻概念。

據此，本文旨在以國小五年級自然與生活科技領域課程中的「力與運動」單元，設計探究導向教學活動，讓學生透過連結舊經驗、形成問題、探索與討論等階段，認識力的作用會造成物體形狀或運動狀態的改變，並藉由秤重工具的設計，讓學生能實際動手操作，由物體變化程度的不同，瞭解施力大小的差異，進而應用相關概念，設計能精確測量未知物重量的秤重工具。

貳、教學活動

一、教學目標

「力」是國小自然與生活科技領域課

程中的重要概念，在日常生活中有廣泛的應用。在國小中年級的課程中，學生會學習到磁力、浮力等概念，並能比較磁力的大小。到了高年級，學生則須瞭解力可以造成物體形狀與運動狀態的改變，並認識力的測量。在教科書中，多以彈簧的伸長度來測量物品的重量，讓學生了解施力大小不同，彈簧會有不同的伸長度。然而，這不是唯一的一種方式，本教學活動旨在給予學生更多思考、探究的時間，讓他們在體會不同的力會造成物體有不同程度的變化之後，應用隨手可得的簡單素材，設計秤重工具，並從中培養探究能力與理解科學概念。

二、教學對象

配合國小自然與生活科技領域課程，適用於國小高年級（五、六年級）學生。在秤重工具設計部分，倘調整探究的開放程度，則可於五至九年級實施。

三、教學實施

本教學活動先透過「射擊活動」與「用力證明」，讓學生在探索、觀察中，瞭解物體受力後會產生的變化。再以古代人買米的故事，引導學生思考僅以兩手一捧（一掬）為買賣單位的公平性，進而設計秤重工具，並討論其所設計工具的優缺點，認識秤重工具須具備的條件與所應用的原理。本研究以國小五年級學生為實施對象，教學時間為六節課（240分鐘），教學內容與學生上課表現呈現如下：

(一) **連結舊經驗**：讓學生進行「射擊活動」，以橡皮筋射擊養樂多罐，並思考在活動中哪些地方使用到「力」？造成什麼變化？以及如何控制橡皮筋射近或射遠？

(二) **形成問題**：在射擊的體驗後，學生多能指出：

- 拉橡皮筋的時候要用力
- 拉橡皮筋的時候，橡皮筋會變長，且拉得越大力越長
- 橡皮筋拉得越大力，就射得越遠

依據學生的回答，引導學生進行討論，瞭解小（大）力時，橡皮筋的伸長量較短（長），會射得比較近（遠）。據此，教師提出問題，詢問學生如何證明物品受到力的作用。

(三) **探索**：教師提供各種不同的物品（例如：牙籤、橡皮筋、黏土、齒輪車、單擺等），讓學生對其施力，並設法找到用力的證據。

(四) **討論**：學生討論的記錄如表一、表二所示。教師帶領學生討論，分析每一種用力證據對物體造成的改變，並將其分類為：

1. 形狀改變：壓扁、凹陷、扭曲、拉長等。
2. 運動狀態改變：滾動、彈出去、擺動、移動、撞到停下來等。使學生瞭解物體有形狀改變、運動狀態改變的情形，代表物體曾經受到力的作用。

表一、第一組學生所撰寫的用力證明

1. 推車	11. 夾曬衣夾
2. 拉彈簧	12. 丟球
3. 拆牙籤	13. 壓黏土
4. 拉繩子	14. 甩車子
5. 彈橡皮圈	15. 甩砝碼
6. 揉衛生紙	16. 捆橡皮圈
7. 丟鐵球	17. 刺衛生紙
8. 揉黏土	18. 彎管子
9. 壓夾子	19. 轉車子
10. 撞球	

表二、第五組學生所撰寫的用力證明

1. 捏黏土	8. 抬木頭
2. 折熱熔膠	9. 壓夾子
3. 拉彈簧	10. 推球滾動
4. 推玩具	11. 用鉤子拉木頭
5. 撕衛生紙	12. 抬盒子
6. 拉橡皮筋	13. 把橡皮筋套在牙籤上拉
7. 折斷牙籤	14. 用橡皮筋拉勾子

(五) **連結舊經驗**：將學生分組，進行拔河比賽，並請學生預測獲勝隊伍。

(六) **形成問題**：在拔河比賽結束後，詢問學生，除了拔河，還有哪些物品可以用來觀察因為力量大小不同而產生的變化？待學生思考、討論後，以古代人買米的故事，讓學生瞭解只說出重量的大或小是不夠的，需要更精確的表示，並說明重量是一種力，不同

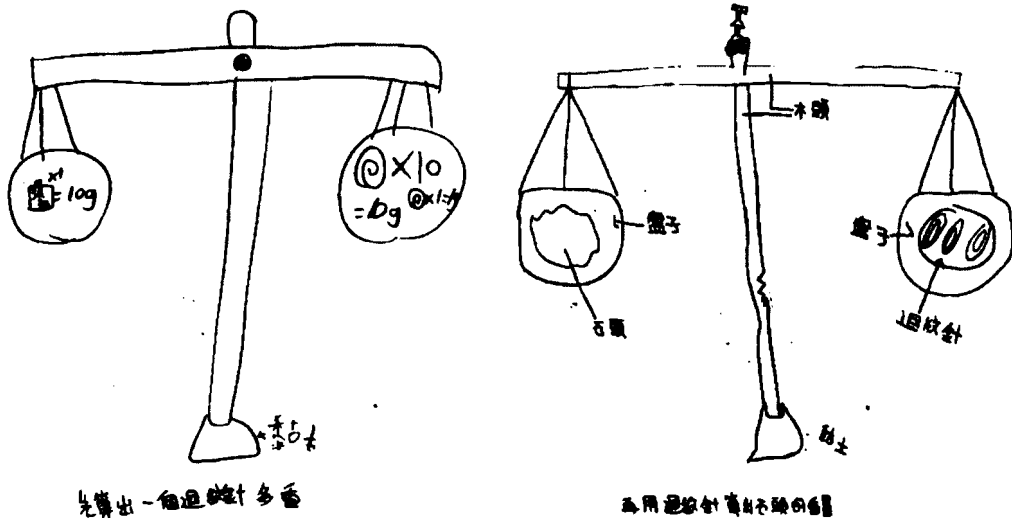
重量的東西會對同一物品造成程度不同的變化。然後，教師給予二個 10 克重的砝碼和一塊石頭，請學生設計可以測量石頭重量的工具。教師所給予的石頭，無法直接使用二個 10 克重的砝碼做精確的測量，學生須使用砝碼作為測量的參考基準，設法測量石頭重量。

(七)探索：學生透過小組討論，設計能精準測量、易觀察、可重複使用的秤重工具，他們先繪製秤重工具的設計圖，並列出所需材料，交由教師購買。接著，學生自己製作秤重工具，並測量石塊的重量，越接近正確重量的組別，可以獲得優勝。學生在自行設計的過程中，可以體驗不同大小的力，會造成物體有不同的變化程度。他們運用過去所學過的概念、生活中的經驗，以及由本探究導向教學設計中的「射擊活動」與「用力證明」活動中所建立的概念等，設計各種不同

的秤重工具，從中學習不同的概念應用與實作技巧。

(八)討論：在設計秤重工具、測量石頭重量後，各組學生依據他們的實作過程和結果，針對所設計的秤重工具進行優缺點的討論。其中，多數學生所設計的秤重工具，所測得的數值為物體的質量，非重量。重量與質量的區別屬於中學課程的範圍，在國小階段未有明確的區分與介紹，於上課中的討論，教師讓學生知道重量與質量的定義不同，但是在地球上（假設各地引力相同），兩者的數值相同，相關概念部分則無多做說明。在下述的討論中，使用學生的用語「重量」做描述。

1. 以類似懸吊式天平的方式做設計（圖一）：學生先測量一個迴紋針的重量，再利用多個迴紋針來測量石頭的重量。學生討論的優缺點如表三。

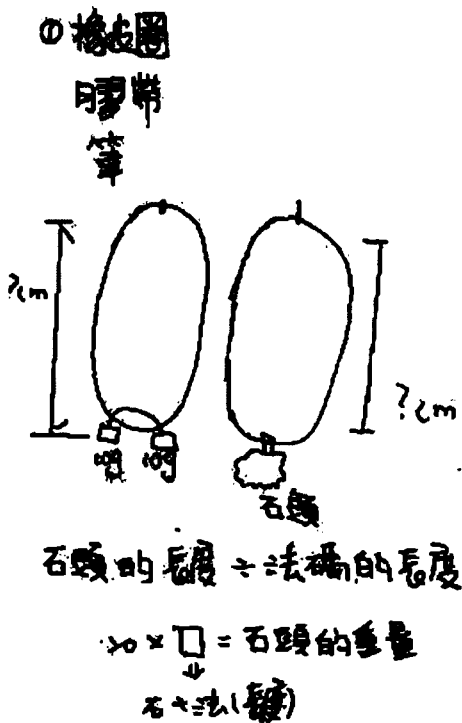


圖一、類似懸吊式天平的秤重工具

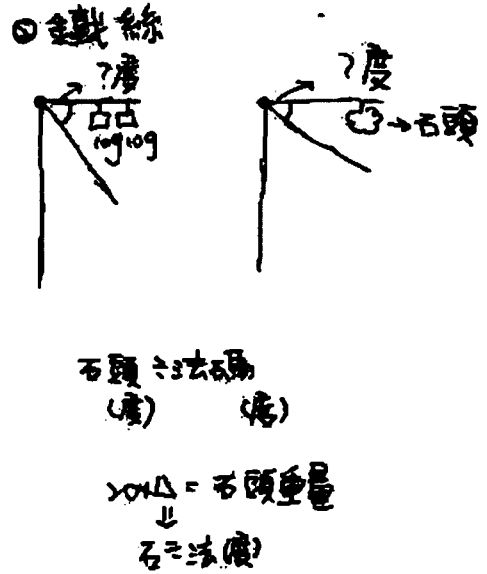
表三、學生討論類似懸掛式天平秤重工具的優缺點

優點	利用已知重量的砝碼，測量一個迴紋針的重量。因為迴紋針的使用數量不受限制，且每個重量幾乎相同，可以用來測量石頭重量。
缺點	基座不穩、中心轉軸不滑，造成平衡不易。

2. 以測量橡皮筋的伸長量做設計(圖二):
 學生先測量懸掛砝碼時橡皮筋的伸長量，再測量懸掛石頭時的伸長量，以計算出石頭的重量。學生所提的方法二(圖三)，是先將鐵絲彎成直角，懸掛重物後，測量鐵絲彎曲的角度，但實際操作後，學生發現無法利用此方式做測量。學生討論的優缺點如表四。



圖二、測量橡皮筋伸長量的秤重工具

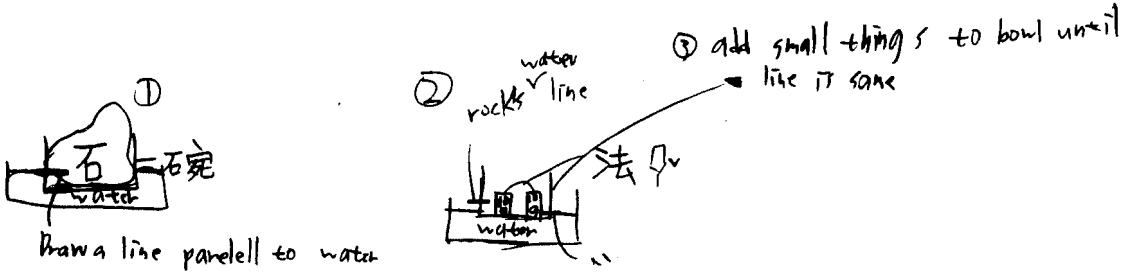


圖三、測量鐵絲彎曲角度的秤重工具

表四、學生討論以測量橡皮筋的優缺點

優點	1. 使用橡皮筋來測量，準確度頗高。
缺點	1. 橡皮筋由老師提供，都是新的，測量時會比較準。平常橡皮筋的取得，都是到處收集來的，需要先檢查哪些是好的，哪些已經有缺刻、快要斷掉。 2. 使用鐵絲的部份，做了之後發現，鐵絲掛重物後，沒有辦法控制鐵絲在直角處彎折，所以放棄這個方法。

3. 利用排開水位高度相同的方式做設計(圖四): 學生先將石頭放入碗中，刻畫水位高度。然後，移開石頭，放入砝碼、小東西 (small thing) 等，直到碗下沉至刻畫高度。學生討論的優缺點如表五。

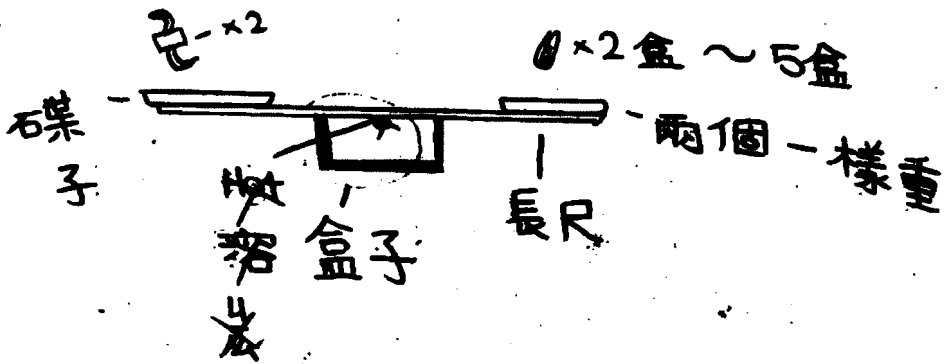


圖四、利用排開水位高度相同的秤重工具

表五、學生討論利用排開水位高度相同的秤重工具之優缺點

優點	1. 能運用以前聽過的歷史故事，效法曹沖秤象的方式，設計秤重工具。
缺點	1. 不知道要拿什麼東西做為設計圖中的 small thing，經討論過後，直接借用前面那組的迴紋針，他們已經測量的迴紋針重量。 2. 於浮在水上的碗中裝東西，碗容易歪斜一邊，無法正確畫下刻度。討論後，認為應該改用底面積大的容器，且東西要放在容器的正中央，才不會使容器歪斜。

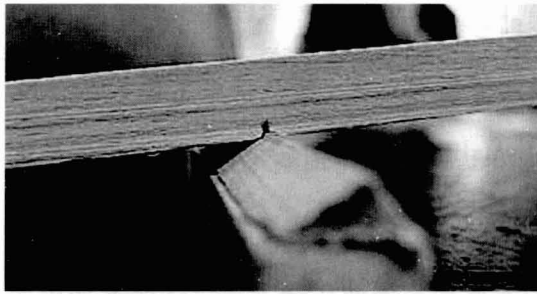
4. 利用翹翹板的概念做設計（圖五）：學生利用長尺和紙盒，製作翹翹板，先運用已知重量的砝碼，測量一個迴紋針的重量。再利用多個迴紋針，測量石頭的重量。學生討論的優缺點如表六。



圖五、利用翹翹板概念的秤重工具

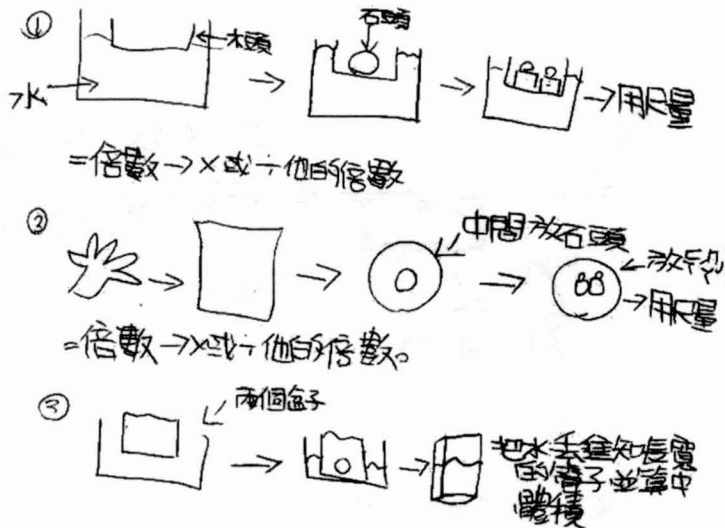
表六、學生討論利用翹翹板概念的秤重工具之優缺點

優點	利用已知重量的砝碼，測量一個迴紋針的重量。再使用多個迴紋針，可以測量石頭重量。
缺點	翹翹板無法轉動，因為中心點的設計不良。學生討論後，將秤重工具的設計改為圖六。



圖六、學生改良後的秤重工具

5. 利用排開水位高度、橡皮彈力與排開水重等方式做設計（圖七）：學生提出三種方式，方式一與前面組



圖七、利用多種方式設計秤重工具

別相同，先刻畫放入石頭的水面高度，再以已知重量的砝碼替換，以測量石頭的重量。方法二由小組中的一位學生提出，他的父親是醫生，他想到醫療用的橡皮手套具有彈性，將其套在鐵環上，放上砝碼可以測量橡皮手套被下壓的程度，然後，將石頭放在手套中央位置，由下壓程度的差異測得石頭重量。方法三是將石頭放入裝滿水的盒子中，收集與測量溢出的水量，並將所測得的體積視為石頭重量。學生尚未學習過密度的概念，但在數學課曾經學過水的體積與重量相等，他們認為其他物品也是。經教師引導，實際用電子秤測量數學教學用的 1 立方公分木塊，讓學生知道木塊的重量小於 1 公克，不是所有物體的體積皆等於重量。學生討論的優缺點如表七。

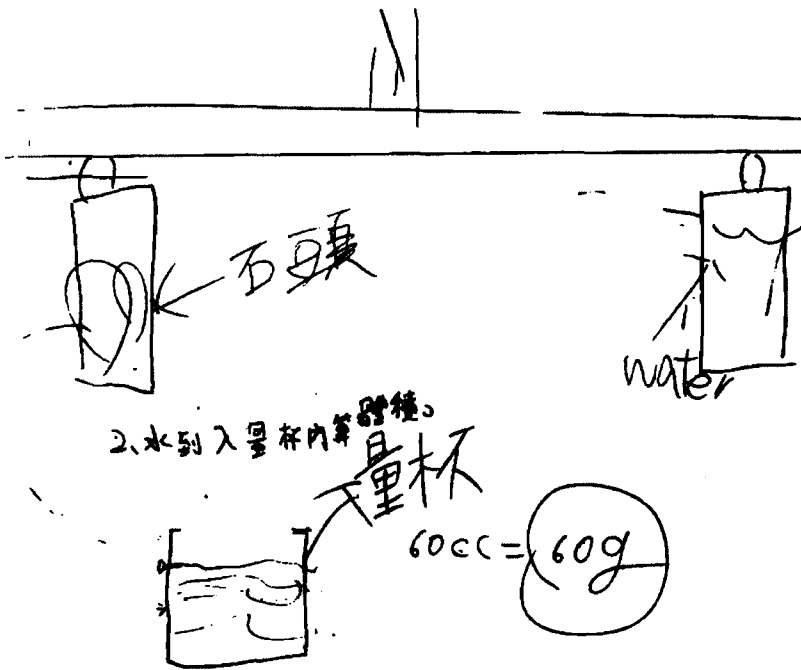
表七、學生討論利用多種方式設計秤重工具的優缺點

優點	1. 能由聽過的歷史故事中，學習曹冲秤象的方式，運用水位高度相同，來測量石頭重量。
缺點	1. 在方法一中，於浮在水上的容器中，放入砝碼或石頭後，容易歪斜。 2. 在方法二中，橡皮手套容易破裂，沒有辦法順利完成測量。 3. 在方法三中，老師說測到的是體積，不是重量。

6. 利用測量等重的水做設計(圖八):
學生利用天平的設計，盛裝與石頭等重的水，再將水放入量杯中，測量水的體積，利用水的重量和體積相等的概念，求得石頭的重量。學生討論的優缺點如表八。

表八、學生討論利用等重的水設計秤重工具之優缺點

優點	在數學課中，曾學過水的體積與重量相等，利用此概念，設計秤重工具，相當簡單，且所測得數值的準確度高。
缺點	



圖八利用測量等重的水設計秤重工具

肆、結論

探究導向教學有別於傳統講述教學，能提供學生主動學習的空間，促使學生在動手做的過程中，理解科學概念，並培養科學過程技能。在本教學活動中，學生不再只是依教師告知的步驟進行實驗，他們為了要測量未知重量的石頭，透過小組討論提出各式不同的想法，並自己設計與製作秤重工具，以驗證其想法，在操作或試誤的經驗中，不僅對於所學習到的知識有深刻體會與應用，亦可培養多項探究能力，包括：提出問題、設計與操作實驗、問題解決等。學生除了思考自己小組內的設計之外，也有機會瞭解其他組別的想法，並提出疑問，在討論中促進彼此做更深層的思考。由學生針對秤重工具設計的優缺點討論中可以發現，學生不單只是提出問題、說明設計的缺失，亦能針對缺點進行改良，將許多先前未考量的設計涵蓋進來。其次，在探究導向的教學情境中，教師能理解學生的想法，發現其另有概念，例如：密度的意涵、重量與質量的差異等。雖然，這些內容不在課程範圍之內，學生的背景知識亦有不足，教師難以對這些概念做詳細的說明，但課堂中的簡要介紹，應能對學生未來的學習造成一些影響。此外，透過此次教學活動的進行，學生的多元想法讓教師感到意外和驚喜，促使教師願意從事更多有關探究教學的學習，並繼續設計不同主題的探究教學活動。因此，探究導向教學不僅給予學生豐富的學習機會，亦能激發教師教學上的創思與專業發展。

此教學活動的實施，是由學生應用其

對於力的概念，自己設計與製作秤重工具。在教學現場，學生的想法相當多元，製作秤重工具所需使用的材料各組皆不同，為了有較充裕的材料準備時間，建議將秤重工具的設計與製作分開在不同節課進行，以便於教師準備材料，甚且，針對較難取得的材料，可與學生一起討論，思索可替代的物品，訓練其創意思考。

參考文獻

- 教育部 (2008): 國民中小學九年一貫課程總綱綱要。台北: 教育部。
- 陳均伊 (2006): 以合作專業成長模式協助二位科學教師實施探究教學之個案研究。國立彰化師範大學科學教育研究所博士論文。
- 陳均伊 (2010): 教師專業成長之個案研究: 一位國中自然教師探究教學觀點的轉變。教育科學研究期刊, 55(2), 233-264。
- 張惠博 (1993): 邁向科學探究的實驗教學。教師天地, 62, 12-18。
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiring: New role for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 916-937.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 613-642.
- Hand, B., & Keys, C. (1999). Inquiry investigation: A new approach to laboratory reports. *The Science Teacher*, 66(4), 27-29.
- Hinrichsen, J., & Jarrett, D. (1999). *Science inquiry for the classroom: A literature review*. Portland: Northwest Regional Educational Laboratory.
- Meyer, D. Z., Kubarek-Sandor, J., Kedvesh, J., Heitzman, C., Pan, Y., & Faik, S. (2012). Eight ways to do inquiry.

- Science teacher*, 79(6), 40-44.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- Zangori, L., Forbes, C., & Biggers, M. (2012). This is inquiry...right? *Science and Children*, 50(1), 48-53.