
科學玩具的設計與整合

許良榮^{1*} 周偉苓² 彭婷莉³

國立臺中教育大學 科學應用與推廣學系

壹、前言

「玩具 (toy)」是伴隨兒童成長過程中不可或缺的物件 (Swiniarski, 1991)，因此在教育的功能也廣為學者所肯定，例如賀慧玲 (1992) 指出玩具帶給孩子歡樂、陪伴及自主，能敏銳幼兒感覺、激發幼兒好奇心、增進幼兒的記憶力、想像力、培養幼兒的審美能力和增進幼兒的注意力。李戊益 (2002) 也認為對兒童成長學習的過程有莫大的影響力，可以促進學童在學習過程中快樂的學習。因此不少學者認為利用科學玩具從事科學教學，能讓學童在快樂中學習科學原理，有事半功倍的效果 (例如：賴慶三、王錦銘, 2010; 方金祥, 2009)，Goldstein (1994) 指出 80 年代不少有關教育的研究發現，玩具可以刺激兒童對於科學、數學或是空間概念的理解。Sarquis, Hogue, Sarquis., & Woodward (1997) 也認為由於科學玩具貼近學生的真實世界，能有助於學生的科學學習。

有鑑於科學玩具的教學價值，不少學者提出各種玩具在科學教學的建議 (例如：Taylor, 1989; Watson & Watson, 1987)。Stein & Miller (1997) 指出使用玩具教導

基本的科學原理有其特殊的成效，有助於科學概念的學習。O'Brien (1993) 認為玩具可以協助將科學中抽象的概念，轉化為學生真實生活經驗的具體概念。Guemez, Fiolhais & Fiolhais (2009) 則認為在物理教學中，無論以講述或示範，玩具可以引發學生的學習動機，並促使學生以科學觀點玩玩具。

除了研究文獻，由網路搜尋可以發現無論國內外對於「科學玩具」有不少教師或學者投入心力建立網站，國內方面有「科學玩具柑仔店」：<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!lEuTLXWFERs3eYDAO7jiVVmubQ--/>、「zfang の科學小玩意」：<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!pXwue4yIFhav2YOS.v0AfpC->；國外則有「Science Toys」：<http://scitoys.com/>、「Science Toys and Projects」：<http://www.sciencetoymaker.org/>、「Toys from Trash」：<http://www.arvindguptatoys.com/toys.html>、「Steven Spangler Science Experiment, Toy」：<http://www.stevespanglerscience.com/>等等。而相關的書籍出版以及期刊論文更是不勝枚舉，顯示科學玩具的教育價值長久以來受到學者與大眾的重視與肯定。

但是仔細查驗相關的網站以及書籍或期刊，可以發現在內容設計上幾乎著重

*為本文通訊作者

在介紹各種科學玩具製作方法以及原理，少有（或甚至沒有）說明：（1）器材的取得路徑？是否便宜、容易取得？（2）製作過程常見的問題以及如何解決？（3）如果使用於教學，可以指導學生討論或探究甚麼問題？（4）延伸閱讀或是相關的參考資料？（5）適合使用的年齡層（或年級）？

另一方面，如何「組織相關的科學玩具」，也是常被忽略的一個問題。此問題包括：（1）是否依據科學原理或概念的相關性進行組織？或是組織為「延伸的科學玩具」，避免零散的介紹。（2）是否過濾了市面販售與自製玩具的區別？因為以推廣學校與大眾科學教育的雙重目的而言，應以自製的、便宜且容易取得材料的科學玩具為主要方向，而售價頗高的商業玩具（例如：樂高或機器人），雖然有其教育價值，但是成為科普玩具有其執行面的困難。

筆者多年來投入科學遊戲、科學魔術的相關研究與推廣，深刻感受到科學玩具的發展仍需改善以上問題，因此本文針對上述問題，提出科學玩具在設計與整合的意見並舉例說明。

貳、科學玩具之意涵與特徵

美國玩具工業協會（Toy Industry Association）生產的玩具有 104 種的類別，種類繁多。參考 Szymanski & Neuborne（2004）討論玩具的類型，以及維基百科中對於教育的玩具（educational toys）的分類以及相關文獻，將玩具歸納為以下七項：

- （1）角色玩具（Character toys）：例如芭比娃娃、士兵玩具。
- （2）建構玩具（Construction toys）：例如傳統積木、樂高積木。
- （3）電子玩具（Electronic toys）：例如掌上型遊樂器、太陽能車、套裝機器人。
- （4）實物模型（Models of real objects）：例如交通工具、動物、玩具鋼琴等模型。
- （5）解謎玩具（Puzzles）：例如魔術方塊、拼圖。
- （6）科學實驗（Science experiment）：例如套裝的科學實驗組、原子模型組。
- （7）非結構性玩具（Unstructured toys）：例如玩橡皮筋、彈珠、筷子等等。

O'Brien(1993)以及 Almqvist(1994)指出任何玩具都可以具有教育功能。因此上述各項玩具都可以成為設計科學玩具的素材，換言之，只要能達成培養學生理解科學概念、正向科學態度、養成科學方法，以至於解決問題能力、科學創造力等等，都可以成為一種「科學玩具」。以此觀點，本文認為「科學玩具」是一種目標導向的定義，而非玩具本質的定義。亦即任何物件只要能設計為達成科學教學之目標的玩具，就可稱之為「科學玩具」。

例如橡皮筋為非結構性玩具（沒有經過設計的單一物件），如果設計為如圖 1 的「動力橡皮筋」--將橡皮筋套在二根鐵釘上，將一小段毛根放在橡皮筋上面，摩擦任何一根鐵釘，毛根會迅速的運動，而

且運動方向與毛根上的細毛的方向有關連性。在教學上可以教導的科學概念有：振動傳導、力的作用與方向。在科學方法方面有：觀察與分類（會運動與不會運動的物體的特徵）。也可以指導學生進行科學探究：如何設計一張紙片，讓紙片也可以在橡皮筋上運動？因此「動力橡皮筋」可以稱之為「科學玩具」。

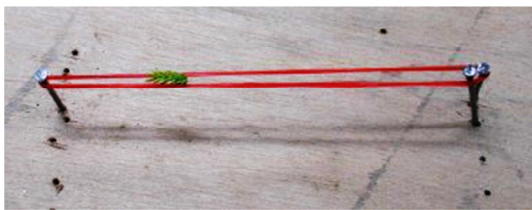


圖 1、「動力橡皮筋」玩具

但是無論如何，成為「科學玩具」的首要特徵是：好玩！亦即必須吸引學生的興趣，願意主動的進行操弄。O'Brien (1993) 在論述科學玩具的教學設計時，就指出首先必須考慮學生是否會覺得該玩具是好玩的 (this toy to be fun)？Morris (1995) 也強調以玩具結合趣味以及物理 (toys combines fun and physics)。因此在設計科學玩具時，應先確認玩具呈現的現象，能否引起學生的興趣，這也是「教具」與「玩具」的最大差異。

值得注意的是；相同的玩具對於不同年齡層的吸引力，經常有所差別，甚至與性別也有關係。如同芭比娃娃對於年齡小的女生很有吸引力，但隨著年齡增長，對芭比娃娃的興趣會逐漸消失。Tray (1990) 的研究顯示 5 年級學童的科學成就，與不同的性別 (sex)、性別取向 (sex-role

orientations) 皆無顯著差異，但是在各種不同類型的玩具，學童的玩玩具行為與科學成就之間有值得注意的關聯性。例如女性取向的男生或女生，玩 3D 類型玩具的行為增加，則其科學學習成有較高的傾向。由此顯示在設計科學玩具時，性別差異或性別取向是值得重視的一個面向。

參、科學玩具的設計

科學玩具除了輔助學校科學教育，也是推動大眾科學教育的重要資源，為達成此雙重目標的功能，本文建議設計原則如下。

- (1) 趣味性：現象或結果能引起學生的興趣？所謂「興趣」是指玩具的操弄現象或結果能引起學生驚奇，會有主動性把玩的傾向。
- (2) 器材的取得是否方便、經濟：避免需要經過訂製或是過於昂貴，亦即科學玩具所需的材料儘量以家庭常備物品，或是在五金行、文具店能購買得到為原則。
- (3) 為提升「科學教育」的價值性，設計的玩具必須蘊含科學原理或概念，避免單純的「角色扮演」、「虛擬」、「知覺反應」或「形狀辨認」等玩具。
- (4) 應避免在現行的課程中出現過的項目，因為如果該玩具已經在教科書中介紹，則沒有必要重複發展，以避免資源浪費。
- (5) 刪除具潛在危險性之科學玩具：例如可能具有爆炸、劇烈燃燒、酸鹼侵蝕、

觸電可能、毒性物品等危險性的操作。

- (6) 應明確建議每項科學玩具的科學概念的難易程度、操作的困難度，提出適合的年齡學習階段。

舉例科學玩具「滾球大賽」的設計如下：

一、滾球大賽

鋼珠會往上滾的趣味科學玩具

- (一) **概念難度**：國中以上
 (二) **製作難度**：國小高年級以上
 (三) **器材**：厚紙板、吸管、彈珠、雙面膠
 (四) **製作過程與現象**



圖 2、「瑞利球」玩具

上圖是坊間買得到的一種玩具，國內有人稱為「瑞利球」，國外大多稱為「射月球 (shoot the moon)」。其構造是木製的板子上有二根金屬棒以及一顆鐵球，板子上挖了五個洞。二根金屬棒較窄的一端比較低（圖片上方），因此鐵球一開始是在這個位

置。操作時，雙手分別握著二根金屬棒（較寬的位置，圖片下方），雙手拉開金屬棒讓寬度增加，鐵球就會從較低的位置滾過來，相當有趣。玩法規則是控制二根金屬棒的距離，讓鐵球掉進下面的洞，洞越遠得分就越高（有些設計則是不同的洞分別代表金星、水星、火星、土星、木星等行星）。

這個玩具的售價約五百元，我們可以利用厚紙板、吸管、彈珠來製作類似的玩具。製作方法如下。

1. 取一厚紙板，裁切長約 25 公分，寬約 15 公分，當為底板。
2. 以厚紙板裁切出六條長條形（長約 15 公分，寬約 1.5 公分）。（註：以上尺寸不必很精確）
3. 將六條長條形厚紙板，以雙面膠在底板左邊黏貼二條（如圖 3），右邊黏貼四條。距離以不超過吸管的長度為原則。完成後，圖 3 右邊比左邊高了約 1 公分。

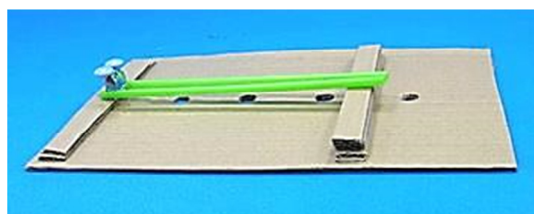


圖 3

4. 取二根小吸管（儘量用硬一點的吸管），用圖釘釘在左邊的長條形厚紙板上。注意：二根吸管不可以完全緊靠在一起，如圖 4，

吸管的距離大約比彈珠的直徑略小一點。



圖 4

5. 完成後，二根吸管的正下方的底板上挖洞，洞的大小要比彈珠略大且成一直線，挖三個或四個洞都可以，可自行決定。圖 5 中最遠的洞超出了吸管的長度，是因為可以讓彈珠滾出吸管喔！

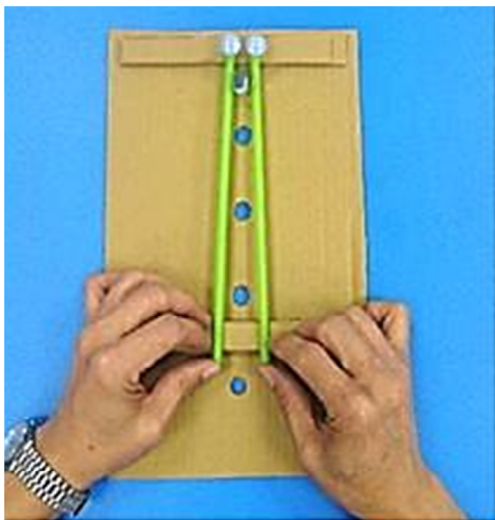


圖 5

製作完成就可以玩看看囉！如圖 5，雙手分別拿著吸管兩端，略微張開，彈珠就會由低處滾過來。彈珠

開始滾動後，必須在適當距離靠攏二根吸管（關鍵步驟，如圖 6）。如果太慢靠攏吸管，彈珠會掉下去；但是如果太快靠攏，彈珠會停止前進，滾回低處。控制恰當時，讓彈珠滾到適當的位置，再迅速張開吸管，讓彈珠掉到想要的洞，就可以得分了（距離越遠分數越高）。



圖 6

(五) 原理：

本遊戲的原理分為二部分，一是為什麼吸管張開，彈珠會往上滾動？二是為什麼吸管靠攏可以讓彈珠繼續往上滾動？

一開始吸管張開時，彈珠會往上滾動，原理與「爬坡雙錐體」（參見延伸的科學玩具）相同，亦即彈珠仍然是往低處滾動。如圖 7，彈珠會往上滾動（距離較寬的位置），是由於彈珠在較寬的位置時，因為可以沉下

去而比較低（如側視圖），所以彈珠還是往低的位置滾動。亦即雖然吸管（綠色線）是爬坡，但是由於吸管在較寬的位置時，可以讓彈珠沉下去，所以彈珠本身是往低處滾動！

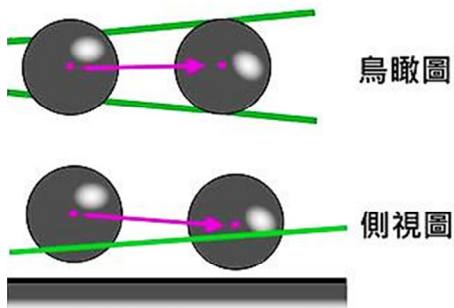


圖 7

至於吸管靠攏可以讓彈珠繼續往上滾動，是因為吸管靠攏時（注意：是彈珠沉下去時才靠攏吸管），吸管給予彈珠 F 的力（如圖 8），力 F 可分解為 f_1 與 f_2 的分力，其中分力 f_2 即是推動彈珠往右的力，因此彈珠繼續往右（吸管高處）滾動。彈珠滾動後，靠慣性可以繼續滾動一小段距離，直到位能（潛能）及摩擦力抵消了彈珠的動能。

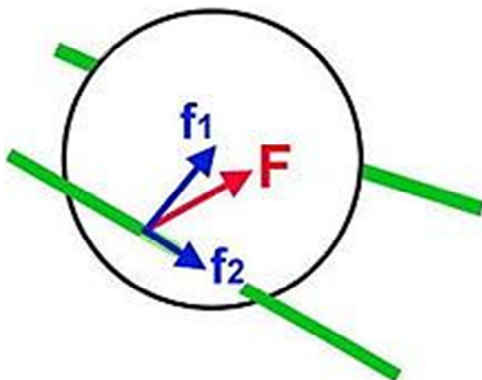


圖 8

二、延伸的科學玩具--爬坡雙錐體

1. 取二個大型漏斗（直徑約 15 公分），口對口對齊後以膠帶黏貼固定，就完成一個雙錐體。（如圖 9）
2. 取木棍二支，排列成 V 形，架高放置，但是開口處必須略高。放置好後以試管或圓形物體放在開口處，確定會由高處滾到低處。
3. 將雙錐體放置在略靠近狹小開口（低處）（如圖 10），看看雙錐體是不是反而往高處滾動呢？是不是很奇怪？動腦想一想，為什麼？



圖 9

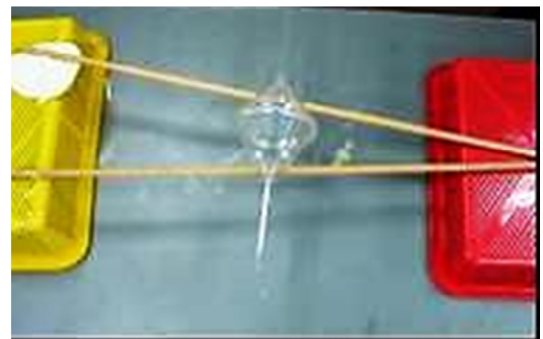


圖 10

（一）注意：想要看到雙錐體往高處滾動，必須調整好木棍高低差、開口大小。而製作雙錐體的漏斗不能太小，因為

重量太輕比較不容易顯示效果（不滾動或滾動距離很短），漏斗太小則往上滾動的距離也會相對較短。

(二) 為什麼雙錐體會爬坡？

錐體並沒有違反重力往下（地心）的原則，而是由於構造造成的錯覺。雙錐體是對稱結構，所以重心在中心點。如圖 11，當雙錐體放在低處（右邊）時，與木棍的接觸點較為遠離重心 M，在高處時（左邊）由於木棍開口較大，雙錐體可以沉下去而使重心 M 更接近地面。因此雖然由右到左，木棍高度增加，但是雙錐體的還是重心是由高至低。

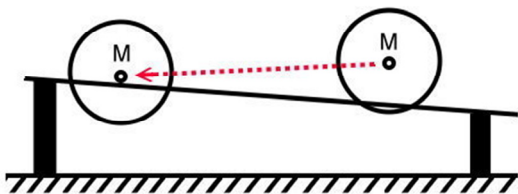


圖 11

(三) 叮嚀的話

1. 由於配合一般市面買到的彈珠大小，使用的吸管以小吸管較為恰當。而吸管務必挑選硬一點的，以避免控制時吸管產生彎曲的現象。
2. 同一包吸管中，有些吸管會有點彎曲，必須挑選沒有彎曲的、完全筆直的吸管。挑選方法為：將吸管放在平的桌面上滾動一下，看看吸管滾動時是否平直順暢（在撞球店挑選筆直的撞球桿時，也是同樣的方法）。

3. 以圖釘固定吸管時，插入圖釘後，先左右轉動吸管幾次，讓吸管可以順暢轉動之後，才釘入厚紙板上固定。
4. 在教學上可以採分組競賽的方式，比賽在固定時間，或是固定次數，那一組的得分累計最高分。除了分組競賽，可以讓學生討論或是操作試驗：探討吸管兩端的高度差是否影響彈珠的運動？是否高度差到了某個程度，就不可能讓彈珠往高處滾動？
5. 在「爬坡雙錐體」中，可以指導學生討論以下問題：
 - (1) 如果木棍放置太斜，雙錐體由右到左的滾動距離有何差別？
 - (2) 如果木棍的開口太大；或是漏斗太小，雙錐體的滾動距離同樣變短或變長，為什麼？
 - (3) 有哪些日常用品可以用來製作為「爬坡雙錐體」？有沒有更簡便的設計呢？

肆、科學玩具的整合

科學玩具的整合為相關科學玩具內容的組織，包括相關產品與玩具、原理應用等等，而非只是單純的介紹特定的科學玩具，以下列舉二例說明。

一、爆走毛刷

爆走毛刷在很多書籍或網站都有介紹，但是如果只是教導如何製作後玩一玩，教育的內涵並不高。整合性設計的例子如下（參閱圖 12~圖 16）：(1)製作完成後可

發現幾乎都是原地打轉；(2)引介學生討論原因，並設計為可以前進運動；(3)說明原理；(4)介紹國外產品，可以控制方向的設計，並討論原因；(5)與「動力橡皮筋」整合，應用相同原理，設計出可以前進運動的紙片。詳細圖文內容，請連結筆者「科學遊戲實驗室」網站：<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-036.html>。



圖 12、一般常見的「爆走毛刷」，會原地打轉，無法以特定方向運動

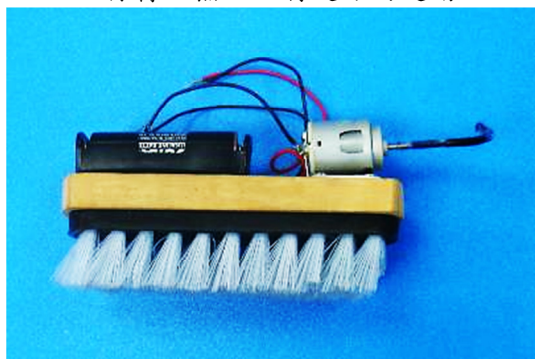


圖 13、設計為可以前進運動(刷毛方向傾斜)

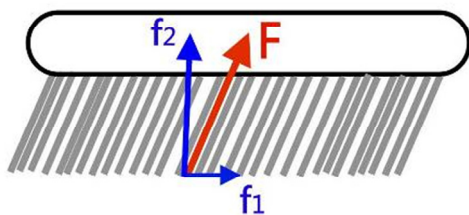


圖 14、原理說明



圖 15、延伸介紹國外科學玩具(可控制方向)

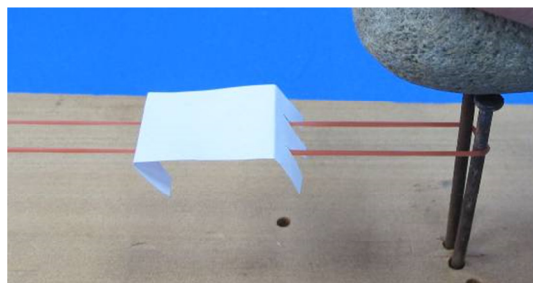


圖 16、與「動力橡皮筋」整合，應用原理，設計出可以前進的紙片

二、波動現形記

整合性的設計如圖 17~圖 21；(1)先介紹國立自然科學博物館展示的「圓筒示波器」；(2)以簡易器材進行製作，成本可控制在 20 元~80 元；(3)設計成果可呈現出相同的效果，清楚的看到波形；(4)指導學生進行探究，包括：鬆、緊程度不同，紙卡移動速度不同等等，觀察到的波形有何差異？(5)與原理相通的「魔幻動漫卡」整合，引介玩法並指導學生自行設計。詳細圖文內容，請連結筆者「科學遊戲實驗室」網站：<http://scigame.ntcu.edu.tw/light/light-030.html>。

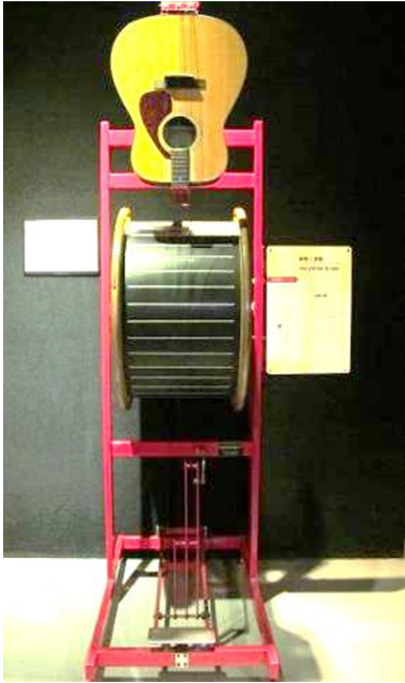


圖 17、國立自然科學博物館展示的「圓筒示波器」，不易自行製作。

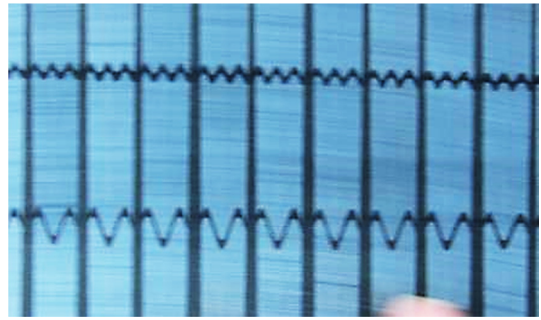


圖 20、探究：不同變因觀察到的波形差異

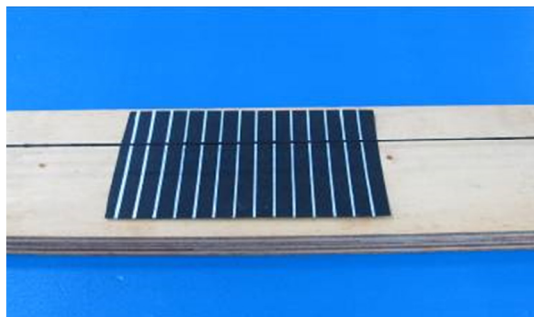


圖 18、以鬆緊帶、紙卡製作

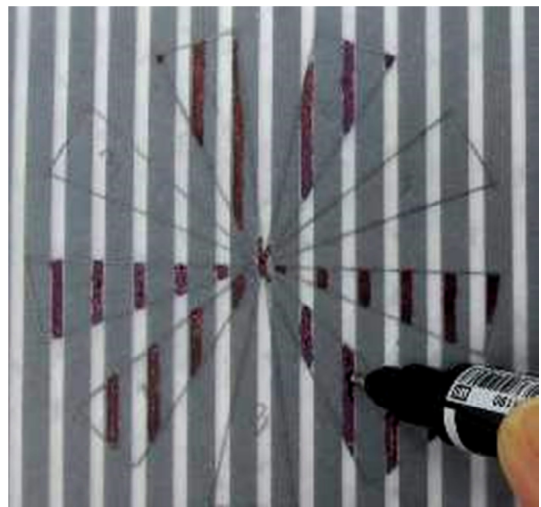


圖 21、與「魔幻動漫卡」整合，可自行製作

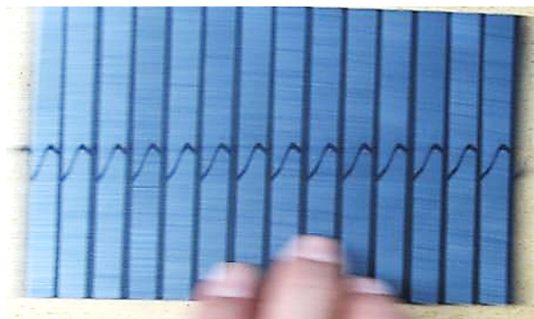


圖 19、利用簡易材料也能達到同樣的效果

伍、結語

由近幾年來的摸索，筆者深刻感受科學玩具的教育價值相當豐富，值得專家學者與教師共同開發。但是在教學應用上仍需要投入心力進行設計與整合，避免只是單純的玩耍娛樂。在執行面的困難，主要應是教師的教學、行政的負擔，可以投入的時間有限。因為除了蒐集資料，還需要花時間動腦筋設計。例如上述的「波動現形記」是筆者接觸國立自然科學博物館展

示的「圓筒示波器」之後，由仿製為起點、想出以簡易的器材製作、進行實驗確認、再聯想到「魔幻動漫卡」的連結、設計手繪「魔幻動漫卡」，花了整整一個寒假的時間。因此科學玩具的推動，需要結合不同場域的學者與教師共同努力，才能有效的發揮科學玩具的教育價值，豐富我們的教學資源。

誌謝：本文承國科會補助經費，謹此致謝
(計畫編號：NSC-102-2511-S-142-016)

參考文獻

- 方金祥 (2009)。幼兒創意安全科學玩具之設計與在科學遊戲創意教學上之應用研究-以「潛水夫與蟬鳴器」為例。**南臺人文社會學報**，1，55-74。
- 汪祐毅、石宇宸、張維恩、程明輝(2009)。背叛地心引力~尋找球往上滾的秘密。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會國小組物理科作品。<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/080114.pdf>
- 李戊益 (2002)。九年一貫生活課程教學設計之行動研究：以「玩具 DIY」模組為例。國立臺中教育大學碩士論文(未出版)。
- 賀慧玲 (1992)。幼兒玩具的含意、重要性與價值。**國教天地**，91，28-34。
- 維基百科(2012)。Toy。2012 年 12 月 05 日取自維基百科英文版：<http://en.wikipedia.org/wiki/Toys>。
- 國立中央大學物理演示實驗：<http://demo.phy.tw/experiments/dynamics/double-cone/>
- 賴慶三; 王錦銘 (2010)。科學玩具遊戲教學對國小五年級學生學習成效之研究。**科學教育研究與發展季刊**，56，29-52。
- Almqvist, B. (1994). Educational toys, creative toys. In J. H. Goldstein (ed.), *Toys, play and child development* (pp.46-66). Cambridge University press.
- Goldstein, J. H. (1994). Sex difference in toy play and use of video games. In J. H. Goldstein (ed.), *Toys, play and child development* (pp.110-129). Cambridge University press.
- Guemez, J., Fiolhais, C., & Fiolhais, M. (2009). Toys in physics lectures and demonstrations--A brief review. *Physics Education*, 44(1), 12-23.
- Morris, S. (1995). The science of fascinations: A line of toys combines fun and physics. *Omni*, 17(5),104.
- O'Brien, T. (1993). Teaching fundamental aspects of science toys. *School Science and Mathematics*, 93(4), 203-207.
- Sarquis, J., Hogue, L., Sarquis, M., & Woodward, L. (1997). *Investigating solids, liquids, and gases with toys: States of matter and changes of state. Activities for middle school grades.* ERIC Document Reproduction Service. No. ED419704
- Stein, M., & Miller, D. (1997). Teaching with toys. *The Science Teacher*, 64(4), 22-25.
- Swiniarski, L. B. (1991). Toys: Universals for teaching global education. *Childhood Education*, 67(3), 161-63.
- Szymanski, M. M., & Neuborne, E. (2004). *Toy tips: A parent's essential guide to smart toy choices.* San Francisco: Jossey-Bass.
- Taylor, B. A. (1989). Toying with physics. *Science and Children*, 26(6), 18-20.
- TinToyArcade : <http://www.tintoyarcade.com/products/Hit-the-Spot-Gravity-Ball-Game.html>
- Tray, D. M. (1990). Toy-playing behavior, sex-role orientation, spatial ability, and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(7), 637-649.
- Watson, J., Jr., Watson, N. T. (1987). Physics toy chest. *The Physics Teacher*, 25, 564-566.
- Youtube 影片：<http://www.youtube.com/watch?v=d15YJ0sNB1k>