

# 科學遊戲之教學設計與科學展覽應用

許良榮

國立臺中教育大學 科學應用與推廣系

## 壹、前言

近年來坊間有關科學趣味實驗、科學遊戲的書籍，如雨後春筍般大量出版，相關的教學應用也受到頗多學者與教師的關注，但是如何將科學遊戲賦與教育價值，而不只是讓學生玩得很高興就結束，是值得老師、學者與大眾的關切的問題之一。

筆者由教學與研究經驗，發覺「問題解決」是將科學遊戲融入教學一個相當值得推廣的切入點，除了可以引導學生應用概念解決問題，也可以進一步探索自然現象。如果只是按部就班的教導如何操作，就如同直接示範一般，學生除了印象不深刻，也降低了科學遊戲的教學價值。另一方面，筆者由擔任縣市以及全國科學展覽的審查過程以及與中小學教師的接觸中，感受到中小學教師，對於科學展覽的疑惑、難以著手，經常有教師反應科學展覽的題目很不好找，不曉得要做什麼題目？而科學遊戲，對於「中小學科學展覽」研究問題的構思，是一個相當豐富的資源。

本文首先舉例說明如何設計以「問題解決為導向」之科學遊戲教學的建議，再說明如何由科學遊戲構思中小學科學展覽，期望能提供教師們的參考。

## 貳、科學遊戲之教學設計

有關科學遊戲的參考書籍或網路資料雖然不少，但是要融入教學需要經過教學者的過濾與組織，避免只是單純的引起學童興趣，而缺乏學習的內涵。建議必須把握的重要原則之一是：必須讓學生有「動腦筋」的機會，亦即掌握主動探究或解決問題的原則。以下說明以問題解決為導向的科學遊戲教學設計的例子。

### 一、由「發現困惑」開始的科學遊戲

此類的設計是由教師提出問題，要求學生尋求解答為開始，提出的問題以能夠讓學生產生困惑或驚訝為原則，以提高動機，達到學生願意主動思考與探索的目的。

#### （一）寶特瓶的龍捲風

準備 2 個上下連接的寶特瓶，上方的寶特瓶裝滿水，下方寶特瓶則是空的（如圖一）。其中二個寶特瓶瓶蓋互相黏接，且已經挖洞（如圖二）。

**問題：**可以將 2 個寶特瓶拿起來隨意的操弄 3 秒鐘，例如壓、捏、擠...等等，3 秒後要放回桌上，上面寶特瓶的水要全部都流到下方的寶瓶中。

**解答說明：**如果只是壓、擠或上下震盪，上方寶特瓶的水，只會流下來一些，不會全部流到下面的寶特瓶。如果不是用壓的，而是把二個寶特瓶拿起來一起旋轉

(快速旋轉約 5 圈即可), 然後靜置放著, 可以發現上方寶特瓶中的水因旋轉而產生漩渦, 此漩渦中央的通道 (如同颱風眼) 讓下方瓶中的空氣能夠流入上方寶特瓶, 因而使瓶內的水迅速的流下去。

在實際教學中 (大學生與研究生), 一開始學生大多憑直覺以壓、捏、擠的方式, 經過多次嘗試, 最後大多能想到用旋轉的方式。在成功完成時, 看到上方寶特瓶的水可以流到下面瓶子中, 驚訝的效果相當好。



圖一



圖二

#### 注意事項：

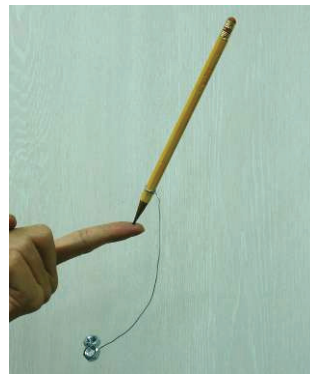
瓶蓋的洞大小, 是影響操作結果很重要的因素。如果瓶蓋的洞鑽得太大, 上方寶特瓶的水會自行流下來 (因為空氣可以進出)。而洞太小又會造成即使用力搖晃也無法形成龍捲風的通道, 水流不下來的現象。建議瓶蓋鑽的洞約略大於 1 公分即可。另一方面, 瓶蓋與瓶蓋不是很容易黏得牢固, 最好前一天用強力膠或保麗龍膠將兩個瓶蓋的接合處封好 (不要留空隙讓空氣跑進去), 靜置隔夜。

## (二) 站立的鉛筆

準備一支削尖的鉛筆, 一段鐵絲 (約 15 公分) 以及數個螺絲帽。

**問題：**先將鉛筆以筆芯放在手指頭後放手, 讓學生看到鉛筆會倒下無法自行站立, 再發問如何利用鐵絲與螺帽二樣東西, 幫助鉛筆在手指頭直立的站起來, 而且要能看到鉛筆芯？

**解答說明：**「重心越往下, 物體越能穩定平衡」是關鍵概念, 所以只要將鐵絲綁在鉛筆並彎曲朝下, 在鐵絲下方掛上螺帽即可 (如圖三)。



圖三



圖四

#### 注意事項：

鐵絲纏在鉛筆的位置很重要, 越靠近筆尖 (越下方), 站得愈直愈穩; 如果遠離筆尖, 就站得歪歪的, 甚至站不起來。而

鐵絲最好壓出弧度，彎到筆尖的正下方，如此才站得直。另一方面，螺帽越重或越多，越容易達成平衡，因此可以指導學生如何用最少的螺帽，就可以完成鉛筆的平衡（需要反覆調整）。而在調整的過程，學生也可以學習到鉛筆歪斜的方向與螺帽調整的方向有何關係？

這個遊戲可以延伸不同的設計：將鉛筆換為鐵絲。將四段各約 10 公分長的鐵絲以鉗子轉緊，要求學生解決的問題是：在鐵絲掛上二個螺絲帽（可以自己決定要掛在哪二根鐵絲），然後調整鐵絲的角度、高低，讓鐵絲放在手指頭或筆上可以保持平衡（如圖四）。如果成功了，再試試掛三個螺絲帽，要如何才能平衡？最後嘗試只掛一個螺絲帽。完成操作之後，引導學生討論思考：要達成平衡，鐵絲與螺帽需要如何擺放，原因為何？如果不放螺絲帽，可以平衡嗎？

## 二、「延伸問題」的科學遊戲

某些科學遊戲並不適合以解決問題為開始，而必須先讓學生先學會操作之後，再由教師提出問題解決任務。此種延伸問題的設計具有科學探究的精神，可以指導學生深入探討有哪些因素影響科學遊戲之現象的變化，以及如何影響？。

### （一）站立的鉛筆

#### 操作步驟

1. 取牙線（或釣魚線、尼龍線）約 30 公分在蠟燭上來回摩擦，使牙線表面沾有蠟質。
2. 將紙杯底部打一個小洞，洞的大小使牙

線能夠穿過去即可。再將紙杯底端的牙線綁上迴紋針，使其卡在杯子底部外側（如圖五）。

3. 拉緊牙線，並將海綿稍微沾濕，用海綿壓住杯口處的牙線，迅速而短促的往自己的方向拉動（如圖六），即可發出像公雞「咯、咯」般的聲音。

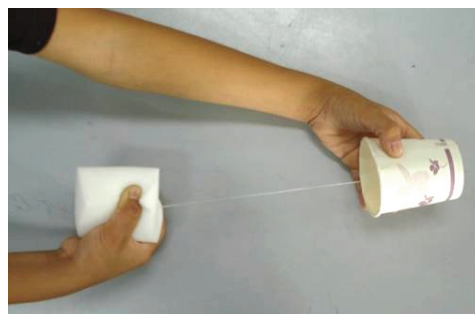
#### 延伸問題：

當學生完成以上操作後，可提出以下問題解決任務：

1. 使用大紙杯，比較看看與小紙杯發出的聲音有不一樣嗎？（大紙杯的聲音較低沉，小紙杯的聲音較高昂。）
2. 使用養樂多罐子、鋁罐、塑膠杯、保特瓶…等不同材質的容器，聽聽看哪一種容器發出的聲音會最大聲呢？（紙杯發出的聲音最大）



圖五

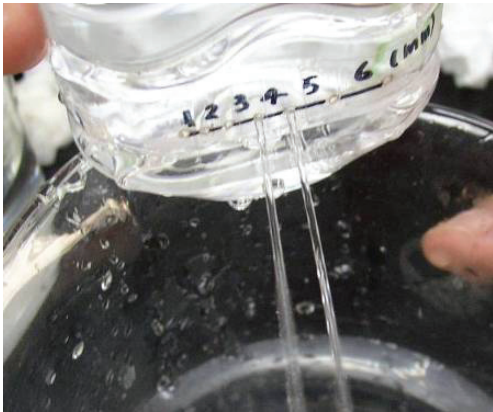


圖六

## (二) 會打結的水

### 操作步驟

1. 取一個方形的寶特瓶，在距瓶底約 1 公分處用圖釘戳出二個水平的小孔，兩個小孔間的距離約為 0.3~0.4 公分。
2. 將寶特瓶裝約八分滿的水（不要蓋上瓶蓋），此時水會從小孔流出，成為二股水流（如圖七）。此時用手輕輕畫過二個小孔（或同時輕觸再放開），二股水流就會合成一股水流（如圖八）。



圖七



圖八

### 延伸問題：

當學生完成以上操作後，提出以下問題解決任務：

1. 試試看兩個孔相距多遠時，流出的水還是可以打結？（可以由 0.2 公分、0.4 公分……，每次增加 0.2 公分擴大兩孔之間的距離，孔距 1 公分內流出的水應該都可以打結，與洞的大小有關）
2. 讓學生試試看，將 3 個孔水平排成一列，讓流出的水打結（每個孔相距 0.3 公分）。試試看最多可以讓幾股水流打結？

寶特瓶戳孔時請注意圖釘須垂直寶特瓶面打洞，以確使流出來的水不會歪斜，是互相平行的，觀察時才會清楚明顯。戳好洞後先裝水試試看流出的兩股水流是平行分開或交叉？如果交叉或過於歪斜，再用圖釘鑽一鑽，調整水流流出的方向。

如果教師對上述各項科學遊戲有興趣應用於教學，建議必須先實際操作一次，以熟悉操作過程以及現象。例如「打結的水」中，如何在寶特瓶上挖洞，並且保持平整？有否需要用到砂紙磨平洞口？等等。又如「公雞咯咯啼」中，牙線要塗上多少臘，可以讓效果最明顯？這些問題都需要實際操作，才能確認如何讓準備的材料顯現出最佳效果。

科學遊戲的相關書籍以及網路資料琳瑯滿目，歡迎參考筆者整理的科學遊戲網頁：<http://scigame.ntcu.edu.tw/index.html>。雖然素材繁多，但是用於教學時仍需要仔細的思考與計畫。



### 參、由科學遊戲設計科學展覽

中小學科學展覽的作品如同一個科學研究成果發表，「研究」兩字，容易令人覺得高不可攀，似乎要有深厚的研究訓練才能勝任。其實科學研究並非那麼冷硬，不需要高深的科學知識或艱澀的數學基礎，只要有好奇心，細心的觀察，任何人都可以從事科學研究。

「研究」是從「問題」開始（至少科學哲學家 Karl Popper 如此認為），有了好的問題、恰當的問題，就是好的開始。以完成一件科學展覽的作品而言，「科學遊戲」可以提供很豐富的資源，可以讓我們構思不少的「研究問題」。

基本上，一個自然現象的變化，包含很多的影響因素（變項），而科學遊戲有很多就是觀察現象的變化。因此「改變變因」（改變自變項或稱為實驗變項），探討結果（應變變項）的差異，就是一個直接而簡單的研究設計。換言之；只要思考一個科學遊戲中，能夠改變什麼實驗變項？然後觀察紀錄結果的變動，將實驗結果歸納整理，就是一個研究了。

例如本文中「公雞咯咯啼」，研究問題至少可以包括：（1）不同粗細的釣魚線，發出的聲音有何差異性？（2）不同材質的線，發出的聲音有何差異性？（3）不同材質的杯子，發出的聲音有何差異性？等等。再如「打結的水」，研究問題可以包括：（1）二個洞相距不同的距離，兩股水匯集成一股的變化如何？（2）二個洞相距不同的高度，兩股水匯集成一股的變化如何？

（3）洞口的大小不相同，兩股水匯集成一股的變化如何？

有了「研究問題」，接著必須思考：想要測量或觀察的現象（即應變變項）是否可行？所謂「可行」包括了是否能夠客觀的紀錄？以及有否測量工具？例如「公雞咯咯啼」中比較「聲音有何差異」，牽涉如何記錄「聲音大小」？實際進行時，必須避免研究者的個人直接判斷，因為缺乏客觀性。最好要能有客觀的測量工具，例如：分貝計。「打結的水」則能直接觀察是否成爲一股水（報告附上照片佐證更佳）。而如果要觀察的現象難以客觀測量，例如：除垢效果；以目測或顏色比較，都過於抽象，缺乏客觀標準，建議最好另外構思實驗結果的測量方法與工具。

除了改變自變項以及測量應變變項之外，接著是「無關變項」的控制（亦即「控制變因」）。簡言之，改變A變項，其他變項必須一致，才能確定實驗結果是由A造成，而不是其他變項的影響。研究「不同粗細的釣魚線，發出的聲音有何差異性？」則必須控制釣魚線的材質、長短要一致；研究「二個洞相距不同的距離，兩股水匯集成一股的變化如何？」則二個洞的大小、瓶子、水位高低等等必須一致。筆者擔任科學展覽時，常發現的問題之一就是忽略了控制變因的設計與說明。

有些控制變因需要花費心思設計，例如研究打結的水，水一直由小孔流出，如何在過程中控制「水位高低保持一致」？一個簡單的設計是：讓自來水持續流進瓶

子中，且水流進瓶子的速度略高於流出的速度（確保瓶中的水保持同樣高度），並在瓶子頂端製作「導引槽」（可用紙黏土）將流出的水引導至挖了洞的另一側，以避免流出的水干擾了兩股水是否打結的觀察。

此外，筆者也發現科學展覽的作品經常有實驗過多的現象。一個好的科學研究，與研究問題及實驗的多寡並無關係，重要的是實驗的必要性與邏輯關聯性，與研究問題無關的實驗反而會模糊研究的聚焦性。實驗的邏輯關聯主要是實驗變項的前後銜接，尤其是研究問題牽涉二個以上的實驗變項時更要注意。例如在「打結的水」探討二個洞的「距離」、「高度」、「洞口大小」等三個實驗變項時，就沒有必要再做不同材質瓶子的差異性。而那一項變因先進行實驗呢？由於改變「距離」時，高度與洞口大小就成為控制變項（保持一致），反之改變「高度」時，距離與洞口大小就成為控制變項。面對此問題，可以先思考三個實驗變項中，何者是最關鍵的變項？由於二股水是否可以變成一股，可由邏輯（原理）確定只要超過某個距離，無論洞口大小或高度，就不可能合為一股。因此先進行改變「距離」的實驗（距離以二個洞的中心距離為準），確定可以合為一股水的距離之臨界值，後續的實驗就以此距離為控制變項。

以上的進程如果都能達成，基本上就是一個合乎科學要求的科學展覽作品。最後就是結果的整理與報告的呈現，一個作品的呈現方式（文字、圖表等）會影響評

審的評價，因此建議版面美工也應花心思整理，並善用圖表表達。尤其要注意數據的「有效位數」要一致，例如：2.50cm、2.53cm…，有效位數都是小數點二位（表達了精密度的意義），2.50的零不能省略。

完成實驗的設計以及資料蒐集之後，提醒教師注意結果討論不能過於主觀，尤其是「因果推論」。探討實驗變項對於應變變項的影響，主要回答的是「How」（如何），亦即變項之間如何互動或影響，並非「Why」（為什麼），應避免「因為…所以…」的描述。因為影響自然現象的因素很多，不適合以A因素造成B結果的單一因果方式論述，建議由現象的原理進行討論，說明該因素如何影響實驗結果即可。

以上所述僅是以「實驗變項」之改變當為科學展覽設計的例子，並未涵蓋所有適合當為科展題目的主題。因為科學研究未必必要進行變項改變的實驗，有些以觀察、歸納為主（如生物），或是邏輯推理（如數學），也是科展範疇的科學研究。因此本文提供的科學遊戲之資訊不足以滿足所有教師的需求，但是如果能夠提高教師的教學資源與樂趣，並降低對於科學展覽的懼怕或排斥，亦足以凸顯科學遊戲的價值。