創新科學演示設計探討
——以「七上八下」演示為例

文／陳香微

前言

民國 45 年國立臺灣科學教育館（簡稱科教館）成立之初，即以提高全民科學教育水準，輔導各級學校推行科學教育為任務。90 年遷建士林新館時也以展示、演示、實驗一體之科學中心規模規畫，不但有大型之科學模具展品、各樓層設有演示廳，更有近千坪專業設備之中小學生科學實驗室，累積數以百計的教材教案，更有多年辦理全國中小學科學展覽及國際科展之豐富人才培育經驗，為我國科學教育奠定深厚基礎。

109年有鑑於科學中心多元傳播形式的開發，我們運用館內資源創新科學演示形式，以與單純的展品操作或學校的演示教學有別，除了展品之外，研發更多的演示教具，演示過程並融入了表演及戲劇元素，尤其導入 4S 的設計理念----Suspension（懸疑）、Stimulation（刺激）、Surprise（驚訝）、Satisfaction（滿足），讓演示更為有趣也更為科普，演示過程同時強調觀眾互動、探究等特色，以更能獲得觀眾接受。

壹、博物館演示教學與程序戲劇

演示教學法是通過展示實物或教具進行示範性實驗，使抽象、複雜的內容具像化，變得直觀（看得見）、易於理解，以幫助學生學習科學知識。演示教學也是博物館、科學中心經常使用的科學傳播形式之一，尤其運用展品作為演示教具，讓觀眾透過展品的操作演示理解科學原理。

有別於學校科學演示教學的人才培育目的，博物館、科學中心的觀眾停留時間短暫，演示目的主要還是以激發觀眾的學習興趣，而非為了考試、升學，因此演示教學宜更科普、有趣，也要能注重觀眾互動，才能吸引各個不同年齡層、不同經驗的普羅大眾，激發大眾深入探究科學知識的興趣。

程序戲劇是指利用事件從發生開始並發展情節的一種序列式戲劇，在戲劇內容中將教學內容融入，讓學生透過戲劇進行學習。Geraldine Brain Silks 提出「程序概念方式」(process-concept approach)，在戲劇進行的程序中，透過演示者在具有想像空間與即興表演的過程中，達到預設的目標；Nellie McCaslin 則提出「教室裡的創作性戲劇」(creative drama in the classroom)的主張，建立教師在教室以戲劇進行教學主

張（張曉華，2004）。

Krug 與 Evron（2000）認為經由戲劇擴大學科思想，將藝術作為其他學科的資源(Using the Arts as Resources for Other Disciplines)，即將戲劇課程與其他學科提出共同教學目標，讓學生從實際感受中體會抽象的學理（陳瓊花，2001）。

貳、自策「創新演示教學」

一、4S 設計說明

劇本的基本結構包括主線與輔線、驚奇感、矛盾衝突、懸疑性與衝突性等。*科學*教育需培養學生**對科學的好奇、興趣、態度**，其中科學態度包含懷疑與批判的精神、尊重證據、好奇心（龍麟如，2007）。整合科學學習與戲劇腳本設計基本原理，我們對演示教學情節安排提出 4S 法則。

(一) 懸疑(Suspension)

好奇是學習的動力，學生往往因為好奇而投入學習，所以在劇情中製造懸疑是讓觀眾產生好奇的最佳手段之一，為了滿足觀眾的好奇心，以電影為例，一開始鏡頭畫面會故弄玄虛，吊足觀眾胃口，例如月黑風高的夜晚，寂靜昏暗小巷中，一個黑影四處閃躲(Suspension) 。

(二) 刺激(Stimulation)

引發觀眾好奇後，觀眾會駐足下來，並經由接續一連串事件發生，於情節中安排高潮迭起扣人心懸科學活動，不時引發觀眾緊張、刺激(Stimulation)的情緒。

(三) 驚訝(Surprise)

一顆心跟著科學演示呈現不同結果，讓情節發展七上八下，並對科學實驗產生狐疑猜測，最後安排劇情急轉直下，讓觀眾跌破眼鏡，產生大大驚訝，「原來如此」(Surprise)。

(四) 滿足(Satisfaction)

透過演示將內容去蕪存菁，選擇前後有因果關係的內容，讓觀眾經過懸疑、刺激、驚訝得到很好的滿足(Satisfaction)，讓科學演示融入戲劇有圓滿結果，觀眾同時了解實驗中的科學基本原理，並作為日後繼續探究的基模。

二、演示規劃

(一) 演示流程要環環相扣

演示過程雖然每一環節要講清楚，但節奏要環環相扣，不能讓觀眾思緒中斷，也就是演示過程要緊湊一氣呵成不要離題，不該跟觀眾互動的時候不要隨便 CUE 觀眾，演示人員腦筋要清楚，動作要俐落，全神貫注，掌握每一步驟，借不斷的衝

突堆疊讓觀眾有高潮迭起的感受。

(二) 觀眾互動要看時機：

觀眾互動是為了營造觀眾參與，以加強觀眾的注意力提升學習成效，但觀眾的年齡層不同、專長背景不同、經驗不同甚至個性不同，也可能無法達成互動目的反而耽誤時間，在邀請觀眾時宜依演示內容依需求或先備知識等……尋找適當的觀眾，例如范德格拉夫起電器演示，會有頭髮豎起的反應，因此不宜找留小平頭的觀眾。邀請觀眾也並非都要找兒童，必要時也可以找家長一起參與互動，尤其演示場地過大或觀眾太多，兒童要穿越整個觀眾席實有困難，最好能邀請離舞臺近一點的觀眾，否則一來一回或遞麥克風會耗費過多時間，也可能形成冷場，宜注意。

(三) 掌握演出時間：

通常演示時間一場次為 30 分鐘，30 分鐘內要藉由各種教具設備完整表達一個抽象原理或現象已經不容易，還要隨時留意與觀眾互動，挑戰度更高，平常要有充分的練習，掌握好節奏及流暢度。

(四) 演示道具要檢視：

演示可以是一人，但為了活潑或基於操作需要也可以是多人，甚至於有時限於人力關係，有可能一個演示項目有好幾組不同組員或志工演示，常常教具未歸位、毀損等，到了演示現場才發現，應驗了「三個和尚沒水喝」的窘態。演示業務宜有專人負責，除了制定 SOP，每項演示也應有大小道具檢核表（含場地布置圖），演出前一定要再檢視一次，尤其更換場地時連電源、音響等都要檢視。

(五) 演示人員可以輔以表演訓練：

演示教學要將抽象、複雜的內容說明清楚，演示人員雖具備相當的專業與信心，恐怕還不夠吸引觀眾，適時可以製作一些誇張的教具或妝戴以吸引人，演示人員也可以學得一些肢體表演技巧已能夠更親民。

參、以 4S 設計「七上八下」演示為例

如果科學演示過程可以像電影情節的安排，是不是更能吸引觀眾的目光及喜好，因此我們嘗試用這種電影語言來詮釋科學演示的流程，以下以科教館科學演示「七上八下」的設計為例說明：

「七上八下」演示主要藉由不同水果及易開罐於水中的浮沉，讓觀眾理解物體浮沉於水中不是取決於物體體積或重量，而是物體體積 V 及質量 M 的比，也就是密度 D，D=M/V，物體密度大於水就下沉，小於水會上浮。

一、演示材料及設備

(一) 相同容量的各式易開罐

(二) 會沉會浮的季節性水果（大小都要有）

圖 1. 演示材料及設備

二、演示設計流程

本於喚起民眾刻板印象、顛覆觀眾認知、從新建構理念思維，期能建構系統性邏輯思考。

(一) 懸疑(Suspension)

我們以製造大的（易開罐）、重的水果喚起觀眾對這些物質投入水中可能反應，引發觀眾對原有認知的懸疑，激發觀眾產生求知的好奇心，並開始思考可能反應有哪些？例如不是立即沉於水底或部分浮出水面，就是在水中載浮載沉，以吸引觀眾能為求得解答駐足繼續學習。

基於上述觀眾對原有認知的信心----以為大的、重的會下沉；小的、輕的會上浮。接下來挑選幾個大的、重的但是會上浮及幾個小的、輕的但是會下沉的水果，將之投入水中，以顛覆觀眾的認知（投入前可以用目視比較方式讓觀眾判斷哪一個會沉，哪一個會浮），此時觀眾會開始產生懸疑(Suspension)，動搖信心----是不是自己的認知有錯誤或操作過程動了甚麼手腳，還是只是個案巧合，或者真的並非大的、重的東西就會下沉。

為取信於觀眾，這不是巧合，接續可以重複幾個相同效果的演示----大的、重的上浮、小的輕的下沉的演示。

(二) 刺激(Stimulation)

刺激能促進觀眾對學習的反應與變化，我們在演示中運用高潮的堆疊，刺激觀眾，

並藉觀眾互動抒發觀眾的反應，提升學習興趣。

演示前先詢問觀眾認為甚麼水果會沉於水中？甚麼水果會浮於水中，讓觀眾發散式思考。接續將預先挑選的幾個水果（同時能夠呈現體積大的水果會下沉、體積小的水果會上浮)，無順序的投入水中，藉本文圖 2 大的水果會下沉；小的水果會上浮，以喚起觀眾的刻板認知，再藉由其他可以顯現大的會下沉、小的會上浮的水果演示，加深觀眾的信心。例如當觀眾發現並非重的、大的水果比小的、輕的水果容易沉於水，在他們心裡已經產生莫大的懸疑，接著再利用相同容量的易開罐演示刺激觀眾，讓觀眾再次懸疑於相同容量的易開罐為何有沉有浮，產生不一樣的反應，這太不可思議了，藉此再造高潮，使一再的刺激、反應，提升觀眾的求知慾。

圖 2. 物質投入水中可能反應

或許會有觀眾反應不能香蕉跟蘋果比，因此改以相同容量的各式易開罐再試一次，以回應觀眾。首先將一罐（鋁製）易開罐投入水中，投入前先讓觀眾猜測會浮會沉，結果易開罐浮於水中，接續再拿起一罐相同廠牌（鋁製）易開罐飲料慢慢放入水中（投入前同樣讓觀眾判斷會沉於水或浮於水？為什麼？先不急於回應觀眾的判斷），當然兩罐相同廠牌、相同材質易開罐自然會有相同反應（觀眾得到滿意的結果證實相同的東西會有相同的反應），接續一一投入不同廠牌但相同容量的（鋁製）易開罐，以呈現不同的反應（可能是沉、可能是部分浮，可能是在水中浮浮沉沉），挑戰觀眾的認知，接下來演示者再拿起一罐外觀看起來相似的（鐵製）易開罐慢慢投入水中，投入前一樣先讓觀眾判斷會沉或會浮於水？鐵罐顯然應聲下沉，此時觀眾的認知又遭受到更刺激的挑戰，演示者可以反問觀眾為什麼會有不同反應，同時引導觀眾對罐裝飲料的容量、內容物、包裝材質等產生疑義，後續可以再以各式不同材質、不同容量罐裝飲料與觀眾互動，讓不同大小易開罐浮浮沉沉的結果**刺激(Stimulation)**觀眾，以激發他們更迫切的求知慾，同時教育觀眾養成對商品成分的注意力。

圖 3. 相同容量的易開罐也會有沉有浮

(三) 驚訝(Surprise)

觀眾經過發散式思考後，演示者慢慢聚斂觀眾的回應，以導向不是大的、重的或看起來相似的物質就會有相同浮沉反應，而更應該留意他的「內容」諸如水果體積雖大，但裡頭是空心或果肉不夠紮實、水分不夠多等都會影響浮沉，因此我們採用密度來判斷，這好比同樣大小的房子住著 5 個人或 50 個人有著不同的緊密度一樣，我們將質量除以體積就是密度。水果裡面包含果皮、果肉、果核等，我們分別算出他的密度，再取平均值算出平均密度，就能判斷它會沉或會浮。通常我們將水的密度訂為 1，平均密度大於 1 的就會下沉、小於 1 的就會上浮，而不是大的、重的就會下沉，反之則上浮。至此，觀眾會**驚訝(Surprise)**於「原來如此」。

當觀眾能夠理解水果大小、輕重無關浮沉，相同容量體積的易開罐也可能有不同浮沉反映，甚至體積大小相同的水果浮沉情形也大不相同，經過引導才知道原來水果裡頭結構各有不同，同一顆水果裡頭有果皮、果肉、果核，這些又各有不同質量、密度，整體平均密度才是決定浮沉的觀眾，原來簡單的一個現象背後有這麼多的奧秘，演示就在最高潮的驚訝中結束。

(四) 滿足(Satisfaction)

現場會有觀眾不時回復重的水果會下沉、輕的水果會上浮，可以適時掌握機會回應觀，眾掌握互動機會。可以用磅秤挑選一個重的及一個輕的水果請觀眾演示，以呈現重的會下沉、輕的會上浮，並重複用不同水果演示，讓觀眾得以眼見為憑重的下沉；輕的上浮，以加深觀眾對原有認知的信心。此時觀眾應該能夠滿意於自己基於經驗的判斷(與其說經驗，其實當你在吃水果，洗水果的時候或許沒有真的認真留意過哪些水果會下沉，哪些會上浮)。

為增加趣味性，我們選擇兩罐相同廠牌、相同內容物但罐裝底座凹陷的易開罐邀請觀眾共同示範演示，利用底部凹陷製造氣室產生浮力的技巧，使其一沉一浮，混淆觀眾認知，為何一樣的東西會有不一樣的現象，以增加娛樂效果，借科學解釋魔術，讓演示

再創高潮。

圖 4. 一模一樣的易開罐也會有不一樣的反應

肆、小結

演示內容講到密度可能就會想到浮力，想到浮力就不得不提阿基米德發現的過程，如此沒完沒了，這個加一點、那個加一點，一場演示只有 30 分鐘，時間就一分一秒過去，為了把握時間，太多的科學名詞，且又各有不同的解釋及作用，反而把本來因好奇、興趣而來的觀眾搞迷糊了，因此，畢竟這是比較貼近引發興趣的演示教學，不是學校人才培育或考試的演示教學，宜適可而止，讓觀眾能持續對科學知識探究維持動力，這也是我們的社會責任。

一場視覺及心靈的饗宴，讓觀眾帶著滿滿的回憶甚至意猶未盡地離開。

陳香微
國立臺灣科學教育館研究助理

參考文獻

[1] 陳瓊花（2001）。從美術教育的觀點探討課程統整設計之模式與案例。視覺藝術，4，97-126。

[2] 張曉華（1999）。創作性戲劇原理與實務。臺北：成長文教基金會。

[3] 龍麟如（1997）。國小學生對科學的態度與相關變項關係之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[4] Krug, D. H. & Cohen-Evron, N., (2000). Curriculum integration positions and practices in art education. Studies in Art Education, 41(3), 258-275.