

國立臺灣師範大學科學教育研究所

博士論文

Graduate Institute of Science Education

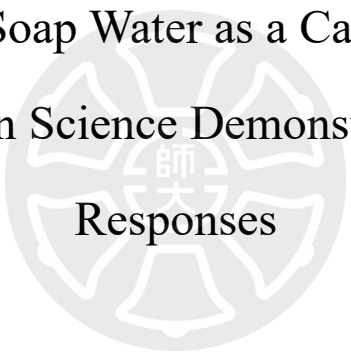
College of Science

National Taiwan Normal University

Doctoral Dissertation

以「乾冰與肥皂」為例探討科學演示與觀眾反應的關係

Using Dry Ice and Soap Water as a Case to Investigate the
Relationship between Science Demonstration and Audience
Responses



劉珊佑

Liu, Shan-Yu

指導教授：張俊彥 博士

Advisor: Chang, Chun-Yen, Ph. D.

中華民國 113 年 8 月

August 2024

謝 誌

自民國 103 年 2 月開始就讀國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班、107 年 2 月起逕讀博士班，我在臺師大科教所已經待了 10 年，在這個過程中，非常感謝指導教授張俊彥博士，讓我隨著研究團隊認識科學傳播、總是熱血正向地支持我進行有興趣的研究領域及職涯發展。記得在完成博士論文口試的那天，儘管還有要修正的內容，但張老師講到我不是做著研究室的計畫、而是自己完成這個研究時，對於自己的小小成果，才有了真的要完成博士學業的踏實感。每當對研究感到徬徨或不安時，張老師有力的激勵及肯定，總是給我去嘗試看看的勇氣。感謝我的口試委員陳秋民老師、朱慶琪老師、鄧宗聖老師、劉德祥老師，老師們的科學演示是我們發展演示時重要的學習對象，在這篇以科學演示為主題的論文中，能獲得老師們寶貴且具體的建議，其意義不僅在於論文內容的精進完整、更包含了對於我們這 5 年來發展各項科學演示主題的鼓勵。

在學習科學教育的歷程中，非常感謝科教所的教授們在各個課程中讓我認識到不同的研究方法以及科學教育課程設計，美虹老師的科學學習心理學、湘瑤老師的科學本質導論、陳涌老師的社會性科學議題、心楷老師的英文論文寫作、素琦老師的科學教學活動分析，對於我的研究及科學活動發展有很大的幫助，更是學業與職業相得益彰的體現，在我進行研究及撰寫論文時，更能感受到這些點點滴滴都是促成我的研究的養分；感謝研究室鄭秉漢學長、劉湘虎學長、林明慶同學與我討論研究架構、幫助我檢視論文內容及協助口試相關事宜；感謝所辦陳美雅助教、研究室張惠羽小姐及簡郁璇小姐，總是細心地提醒及協助我行政重要作業，耐心地陪伴我走過這十年，

在我就讀博士班的期間，很感謝國立臺灣科學教育館的長官支持我將進修、以及同事們在業務上的協助、科學演示的推行，從科教所到科教館，體悟到學理及實踐相輔相成的感動，也謝謝來館參與科學演示的觀眾，不論是協助

言問卷填寫、或是口語及行動上的支持，給予我們指教及鼓勵，每次執行演示、與現場觀眾互動，也是科學演示更經完善的重要歷程。

最後，我要衷心感謝我的家人對我無限的支援。感謝他們在我大學畢業後再度投入學業，並持續學習長達十年之久。在我繁忙於課程學習、論文撰寫之際，一直陪伴在我身旁，家人的體諒與支援是我最堅強的後盾。他們不僅鼓勵我追求科學教育的職業夢想，更為我提供了在工作與學業上所需的安心與自由。這份愛與溫暖是我前進的力量，讓我得以在科學教育的路上無後顧之憂地走下去。

珊佑 謹誌

2024.08.08



摘要

本研究為探討科學演示之呈現方式、道具使用等活動特徵，和參與觀眾所產生的情感或認知反應的關係，以國立臺灣科學教育館(以下簡稱科教館)中研究者所研發的科學演示「乾冰與肥皂」為例，並參考科學傳播之「大眾對於科學的反應」為框架，探討觀眾反應與科學演示活動特徵的關係。本研究以腳本分析及影像紀錄的方式，分析科學演示中活動特徵實踐的情形，並收集約 139 份觀眾問卷、隨機訪談約 13 位觀眾，以了解觀眾對於科學演示的各項反應，以及對於其反應與演示呈現方式、道具使用之關係。發現實際執行科學演示時，演示者主要使用專業實驗用品或日常實驗素材與觀眾互動，觀眾反應最喜歡「演示者操作科學內容」呈現科學內容，而「自己上台參與」、「演示者講解科學內容」等呈現方式，分別與觀眾的興趣、理解反應最有關係。本研究之成果可做為往後科學演示內容調整及研發精進的參考方向，突顯科學演示之教育性、娛樂性及互動性等內涵。

關鍵字：科學演示、觀眾反應、科學教育、科學傳播



Abstract

This study investigated the relationship between the features of science demonstrations—such as presentation methods and the use of objects—and the emotional or cognitive responses of participating audiences. Using the "Dry Ice and Soap" science demonstration developed by the researchers at the National Taiwan Science Education Center (NTSEC) as a case study, and referencing the framework of "public response to science" from science communication, this research explored the relationship between audience responses and the features of science demonstrations. The study analyzed the demonstration script and video recording to present the implementation of features in the science demonstration. Additionally, we collected 139 audience questionnaires and conducted random interviews with 13 audience members to understand their various responses to the science demonstration, as well as the relationship between these responses and the presentation methods and use of objects. The findings revealed that during the actual execution of the science demonstrations, the demonstrator primarily used professional experimental equipment or daily experimental materials to interact with the audience. The audience's enjoyment response is to the "demonstrator's operation of scientific experiment," which presents scientific content. Presentation methods such as "audience participation on stage" and "demonstrator's explanation of scientific content" are the most related to the audience's interest and understanding responses. The results of this study serve as a reference for future improvements and implications in the content and development of science demonstrations, highlighting the educational, entertaining, and interactive aspects of science demonstrations.

Key words: science demonstration, audience responses, science education, science communication



目 錄

第一章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	2
第三節 研究目的及問題	4
第四節 名詞釋義	5
第二章 文獻回顧	6
第一節 科學演示	6
2.1.1 科學演示的演進	6
2.1.2 科學演示的實踐	7
2.1.3 科學演示之主題	9
第二節 科學演示的活動特徵	13
2.2.1 科學演示的場域特徵	13
2.2.2 科學演示的人物特徵	15
2.2.3 科學演示的呈現方式與道具使用	17
第三節 科學傳播	19
2.3.1 科學傳播與科學演示	19
2.3.2 科學傳播之大眾反應	20
第四節 科學教育活動及成效評估	23
2.4.1 科學中心之教育活動	23
2.4.2 科學中心教育活動之成效評估	24

2.4.3 科學中心之觀眾研究	25
第五節 科學演示的設計及成效	26
2.5.1 科學演示之觀眾研究	26
2.5.2 科學演示活動特徵與觀眾反應之關係	28
第三章 研究方法	31
第一節 研究對象	31
第二節 研究工具	32
第三節 研究程序	35
第四節 研究範圍及限制	37
第四章 研究結果與分析	39
第一節 科學演示腳本及錄影分析	39
4.1.1 科學演示乾冰與肥皂之腳本及錄影流程分析	39
4.1.2 科學演示乾冰與肥皂之活動特徵	40
4.1.3 科學演示乾冰與肥皂之腳本及錄影流程分析	45
4.1.4 科學演示乾冰與肥皂之呈現方式及物品使用組合	52
第二節 觀眾對於科學演示之反應	53
4.2.1 觀眾背景	53
4.2.2 觀眾自評對於科學演示之反應	56
4.2.3 觀眾對於科學演示之興趣及理解	60
第三節 觀眾反應與科學演示活動特徵之關係	63
4.3.1 科學演示活動特徵與觀眾的享受反應(E)的關係	65
4.3.2 科學演示活動特徵與觀眾的興趣反應(I)的關係	66

4.3.3 科學演示活動特徵與觀眾的理解反應(U)的關係.....	68
第四節 綜合討論.....	69
第五章 結論及建議.....	74
第一節 研究結論.....	74
第二節 研究建議.....	77
參考文獻.....	80
附錄一：研究者回顧科學演示之文獻回顧列表.....	87
附錄二：科學演示活動特徵編碼表.....	89
附錄三：乾冰與肥皂科學演示回饋問卷.....	91
附錄四：科學演示半結構訪談.....	94
附錄五：科學演示「乾冰與肥皂」腳本.....	97
附錄六：半結構訪談紀錄.....	102

表目錄

表 1	科教館之科學演示主題.....	9
表 2	比較不同教育場域中的科學演示.....	14
表 3	比較不同年齡層之呈現方式及物品使用情形.....	17
表 4	科學演示中之呈現方式及道具使用組合之情形列舉.....	19
表 5	科學演示之研究方法及研究結果.....	27
表 6	觀眾反應問卷各觀眾反應面向之信度.....	34
表 7	問卷項目分析表.....	34
表 8	科學演示腳本及錄影各個段落時間長度.....	40
表 9	「乾冰與肥皂」科學演示活動特徵編碼.....	41
表 10	比較科學演示腳本及錄影之呈現方式、物品使用項時間及比例.....	46
表 11	「乾冰與肥皂」科學演示腳本分析.....	47
表 12	「乾冰與肥皂」科學演示錄影分析.....	48
表 13	比較科學演示腳本、錄影之呈現方式與道具使用情形.....	49
表 14	比較演示腳本、錄影之重複或獨有的時間及比例.....	50
表 15	「乾冰與肥皂」科學演示腳本及影像各細項時間長度及比例.....	51
表 16	演示錄影中各呈現方式使用各項物品之時間比例.....	53
表 17	有效問卷之觀眾組成.....	54
表 18	觀眾對於科學的興趣.....	54
表 19	觀眾參加科教館之科教活動調查.....	55
表 20	觀眾對於科學演示之各面向反應.....	56
表 21	觀眾對於科學演示反應各題向之自評結果.....	57
表 22	不同年齡層觀眾在觀眾對於科學演示反應之差異分析.....	58
表 23	不同年齡層對於科學演示的各項反應之平均分數.....	59

表 24 觀眾對於「乾冰與肥皂」演示主題之提問.....	61
表 25 觀眾對於科學演示科學內容之作答情形.....	62
表 26 各年齡層作答狀況比例.....	62
表 27 訪談觀眾各反應與科學演示活動特徵之比例.....	64



圖目錄

圖 1 科學演示活動特徵之間、以及與觀眾反應之關係.....	30
圖 2 科學演示影像紀錄之設置.....	36
圖 3 科學演示流程與研究資料收集關係圖.....	37
圖 4 科學演示之影像紀錄.....	44
圖 5 主要觀眾反應與科學演示活動特徵之關係.....	72
圖 6 科學演示所具有之內涵.....	78



第一章 緒論

第一節 研究背景

科學知識及內容發展至今，隨著知識普及、普遍運用於日常生活中，更可以結合影音媒體或數位設備，讓一般大眾可以透過不同的方式，認識科學的各種面向，但儘管科普書籍、網路資源可以提供大眾豐富有趣的科學內容，但是科學展示使得科學知識更加具體、具象，對於大眾的理解有一定的重要性。其中，操作科學實驗展示科學現象、講述相關科學內容、與觀眾互動或結合相關活動的科學演示，是制式教育或自由選擇學習場域中常見的科學傳播方式之一。

科學館所常以科學演示的形式，向大眾展示出科學的不同樣貌，在短短的時間中，將科學內容結合實驗、表演等新穎事物呈現，重視其科學內容的教育性，在演示的過程中，演示者經常以引導、問答等互動方式，讓觀眾有思考、預測實驗結果、參與的機會。從觀眾的反應中，可以得知對觀眾的吸引及參與程度，方能在適當的時機置入科學內容。過去的文獻指出科學演示可以讓觀眾在參與的過程中，產生知識理解、興奮、驚奇等影響及感受，並吸引觀眾、讓觀眾想了解更多，展現科學演示的教育性及娛樂性有研究甚至以「現場表演」一詞描述科學演示，顯示出科學演示與其他科教活動的不同(Kerby et al., 2010; Zana, 2005)。

透過科學實驗展現現象的科學演示形式多元，在 Austin 及 Sullivan(2019)的回顧中，將科學演示依據其呈現樣態及目的，分為課堂演示、基於演示的科學演示秀、戲劇式科學秀、博物館劇院以及社會性科學議題表演等類型，可見近年科學演示的類型越趨多樣。在科學館所看到的科學秀、科學劇，結合不同的活動元素傳達科學內容，使得科學演示的類型多樣。研究者曾經到訪過國外科

學博物館所的科学展演活動，看到各館所在展示廳中或是劇院舞台，操作科學實驗、展示標本模型或使用教具模擬現象，呈現不同的科學主題，且適時與觀眾互動問答、預測實驗結果以及邀請觀眾上台參與。

其中，若要了解科學演示對於觀眾認識科學內容、提升興趣等影響，或是科學演示中的哪些活動特徵是影響的關鍵，需針對科學演示活動要素以及觀眾反應進行分析。不同於過往制式教育場域之學校課室多以認知、情意、技能等面向評估學生的學習成果，或是在自由選擇學習中探討參觀者在知識與理解、技能、價值態度及感受、創造啟發及享受、行為等面向的通用學習成效(General learning outcomes, GLOs)(Hooper-Greenhill, 2004)，應關注在觀眾情感及認知的反應。不同於其他科學活動，科學演示的成效評估除了呈現出科學演示內容的教育性之外，更應以科學傳播的角度突顯出科學演示做為現場表演的娛樂性。

現今科學傳播途徑廣泛，科學內容透過報章書籍、影視媒體、社群網絡等多元樣態傳播，而科學演示如同科學電視節目、科學戲劇以及其他影視媒介，除了讓觀眾認識及理解科學內容之外，還重視觀眾的享受及興趣，帶給觀眾娛樂性及教育性的影響，甚至可以因觀眾的背景及反應適時調整，以達到更好的互動效果，不僅作為科學教育活動，更具有科學傳播的特色。Burns 等人(2003)指出有效的科學傳播，可為大眾帶來一項或多項的回應，包含 AEIOU(awareness, enjoyment, interest, opinion forming, understanding)五大面向，分別為覺知、享受、興趣、看法或態度形塑、理解。

第二節 研究動機

國立臺灣科學教育館(以下簡稱科教館)，作為觀眾與科學的橋樑，致力於推廣科學教育及科普活動，讓觀眾可以透過硬體的展覽展示及軟體的教育活動等提升對於科學的認識及興趣。近年投注心力於科學演示的研發及執行，自民

國 109 年起，共開發了超過 20 個科學演示主題，除了常見的物理、化學主題之外，也嘗試發展生物、數學等主題，並結合科技應用、探究實作、科學史敘事等元素，向觀眾傳遞各個科學概念。近兩年為使館內的科學演示更為多元豐富，鼓勵館員及志工合作開發數個新的科學演示、並增加館員及志工的演示機會，讓來到科教館的觀眾可以看到科學演示的新風貌。執行超過 1000 個場次，吸引不同年齡的觀眾參與。在研發科學演示的過程中，為了能傳達科學內容、提升觀眾對於科學的興趣，除了闡釋科學知識，操作科學實驗、科學現象展現、與觀眾互動、設計情節鋪陳等等，也是科學演示的重要元素。

不同於科教館其他科學教育活動，科學演示除了科學知識的傳達，更需兼顧到觀眾的觀賞演示的感受及互動，如科學現象展現的效果、表演情節設計及知識敘述的脈絡、增加演示者與觀眾互動參與的機會等演示設計。記得剛開始開發科學演示時，同仁們絞盡腦汁，也不斷探索「什麼樣的內容或呈現形式可以做為科學演示」、或是「科學演示應具備哪些內容」；憶起研究者參與 2017 年「第八屆海峽兩岸科學傳播論壇」時，看到兩岸的科學館所帶來形式多元的科學演示，包含使用大型或特殊設計的實驗道具呈現科學現象，或融入故事情節，甚至運用默劇、偶劇、邀請觀眾一同參與演出等形式，讓台下的館員們大呼驚奇，也不禁讓人再次思索當代科學演示形式之多樣可能。

一個科學演示的開發歷程，往往在科學現象的展現效果以及可能的呈現形式投入大量的時間與心力，以確保在現場有限的時間內將實驗現象有效且順利的展現。而在實際執行科學演示的經驗中，深刻體會到科學演示需在有限的時間中吸引觀眾注意、引起觀眾的興趣，進而理解主要的科學內容。面對不同年齡層及背景的觀眾，尤其是館內常見的親子及學生團體，需依其先備知識、年紀及在演示過程中的反應，適時調整知識內容及互動方式，以實踐科學演示的教育性及娛樂性。儘管科學演示的形式多元，但若能掌握演示活動主要特徵與觀眾反應的關係，以此對應關係為基礎，對於科學演示研發、調整或做多元類

型定能有相當的幫助。

第三節 研究目的及問題

科學演示為使用實驗用品展示科學內容，並透過引導互動、情節設計等呈現方式，帶給觀眾新穎、有趣等感受，影響觀眾對於科學的興趣及理解，具有教育性、娛樂性以及互動性。在制式教育以及自由選擇學習中，皆可以看到科學演示，參與者年齡廣泛、背景多元，為了清楚解說科學內容、展現實驗效果，不僅在實驗設計、道具選用上需能達到在短時間內呈現的目的，更需掌握鋪陳演示脈絡、與觀眾互動、創造驚奇等技巧，以實踐讓觀眾理解科學內容、增進對科學的興趣。為了解觀眾對於科教館科學演示的反應，且探討觀眾反應與科學演示活動特徵對應的關係，本研究的研究目的及研究問題如下：

研究目的：

科學演示以操作科學實驗、傳達科學原理的多元類型，展現科學的教育性及娛樂性，帶給觀眾認識科學內容、對於科學興趣等影響，產生不同面向的反應。本研究從分析科教館科學演示的呈現方式、道具使用等活動特徵，參考學傳播框架了解觀眾對科學演示的反應，以及探討科學演示中之活動特徵與觀眾反應的關係，突顯科學演示的特色及效果，並將此結果，作為往後科學館所發展科學演示的架構參考。

研究問題：

1. 科教館的科學演示中，有哪些呈現方式、道具使用等活動特徵？
2. 觀眾對於科教館的科學演示反應為何？
3. 科教館的科學演示中，活動特徵與觀眾反應之對應關係為何？

第四節 名詞釋義

科學演示：科學演示為將科學內容與不同的呈現技巧結合，吸引觀眾或學生科學活動，為使用實驗用品及材料展示科學內容及現象，並透過引導互動、情節設計等呈現方式，增進觀眾對於科學複雜、抽象內容的認識，並帶給觀眾有趣、享受等感受，影響觀眾對於科學的興趣及理解，具有教育性、娛樂性以及互動性。科學演示實施的類型多元，包含教室中的課堂演示和科學館所中展示型的表演。(Austin & Sullivan, 2019; Zana, 2005)

活動特徵：執行科學演示相關的人、事、時、地、物等面向，包含環境背景的場域設定、時間規劃及人物組成，以及執行演示時的呈現方式及道具使用。

觀眾反應：為科學演示對於觀眾在情感及認知面向的感受或影響，研究者參考科學傳播中大眾對於科學的回應，分析觀眾對於科學演示之覺知、享受、興趣、看法或態度形塑、理解的各項反應，可有助於全面地評估科學演示對於觀眾的影響(Burns et al., 2003)。

第二章 文獻回顧

本研究為了解科教館中科學演示的活動特徵、以及對於觀眾的影響，先探討科學演示中環境設定及演示設計等活動特徵，並參考科學傳播中大眾對科學的回應框架，作為觀眾反應的各個面向，再進一步探討兩者之間的關係。

第一節 科學演示

科學演示不僅是教育和科普活動中的一種展現方式，它還是一種藝術形式，通過精心設計的實驗來展現科學原理的魔幻般的美感。這些演示能夠將抽象的科學概念具象化，以直觀、易懂的方式向觀眾展示，從而激發觀眾的好奇心和對科學的興趣。透過觀察實驗現象，觀眾可以直接體驗到科學的力量和美麗，這種體驗遠遠超過了傳統教科書式的學習。在問答及操作實驗的過程中，演示者與觀眾之間的互動成為了科學傳播的關鍵環節。觀眾可以通過提問來深入探索科學原理，或者直接參與到實驗操作中，從而獲得更深刻的理解和記憶。這種參與感和探索過程能夠有效提高學習效果，使得科學教育變得更加生動和有效。

2.1.1 科學演示的演進

隨著科學知識及科學器材的發展，自 17、18 世紀開始，科學家進行實驗，讓中上階層的少數群眾，感受到驚奇與娛樂；在 1937 年時，巴黎發現宮的 Jean Perrin 提出一種新的科學知識傳播形式，實踐他「將科學帶出實驗室」的想法，在大眾面前展示偉大壯觀的實驗現象，以突顯當代的科學發展。至 1960 年代，科學演示從學術社群轉移至科學中心，觀眾可以在科學中心、天文館、科學研討會等制式教育之外的場域中參與或體驗科學演示，甚至擴張至主流劇

院，成為新興的科學展演樣態；至 1980 年代，法國考量科學文化的流通，規劃學生參訪博物館的相關服務，促成教師使用這些自由選擇學習的資源作為教學工具，補充制式教育。近年，並且隨著科技網路興起，科學實驗已可以藉由影片等媒體，透過網路傳播給世界各地上千萬的人們瀏覽，能觸及的觀眾更加無遠弗屆。在近四百年間，科學演示由小眾專屬轉為面對大眾，將科學內容及科學實驗的娛樂感受，以更多元的途徑傳播至更多地方，突顯出科學演示與其他科教活動的不同(Austin & Sullivan, 2019; Zana, 2005)。從科學演示的演變及相關研究中，歸結出其特徵為科學館所或劇院觀賞的展演活動，具有科學實驗、科學內容、教學、表演、使用其他地方很難看到的工具或材料等活動特徵，提供課堂環境在課堂環境中無法進行的實驗的特殊經驗，以達到吸引觀眾、帶來娛樂驚奇的效果(An et al., 2016; Zana, 2005)。

其中，在 1960 年代後興起的科學博物館及科學中心，具有展示、典藏、研究、教育等功能，讓科學知識更加具體、具象，對於大眾的理解有一定的重要性，同時，作為科學傳播科學知識的重要角色，研究建議應積極辦理演示、講座等展示之外的教育活動，使用不同的展現形態及器材吸引不同的觀眾(陳惠美，1990)。然而，科學演示除了科學內容之外，更有著展示科學實驗現象、情境營造及觀眾互動參與等特色，如同當今多元的科學教育活動及媒介，多有傳播科學知識、培養科學精神的目的。不同場域中的科學演示，在實施目的、執行方式及對觀眾的影響略有不同，但皆有操作科學實驗、展示科學現象，透過情節設計或是互動引導，影響觀眾或是學生對科學的興趣及理解，突顯出科學演示具有教育性、娛樂性及互動性的內涵。

2.1.2 科學演示的實踐

在 Austin 及 Sullivan 的回顧中，比起其他科學教育活動，科學演示提供觀眾更多感官體驗與互動參與的機會，依據科學演示的目的及呈現，分為在課堂

中吸引學生目光、展示特定科學現象的「課堂演示」，串聯某一科學主題之數個演示實驗的「基於演示之科學秀」，融入故事情節、戲劇角色的「博物館劇院」等類型，將科學內容與不同的呈現技巧連結，實施的樣態非常多元。過去研究者參訪國外科學館所的科學演示活動，在澳洲昆士蘭博物館中，展場中的 Science Bar 以生活中的酸鹼溶液為主題，雖然展示實驗操作的檯面不大，但輔以螢幕投影，使得外圍的觀眾可以看清楚科學現象，過程中演示者引導觀眾預測不同溶液加入酸鹼指示劑的顏色變化，觀眾熱烈的舉手回應，在互動的過程中連結生活中酸鹼溶液的特性；另外在澳洲坎培拉的 Questacon 博物館，科學劇院中呈現四大天災的主題，演示者使用日常材料製成的道具，邀請觀眾上台參與，模擬板塊靠近摩擦產生地震的情景，結合簡報說明，讓觀眾認識颱風、地震、海嘯、火山等天然災害之科學內容，並對於演示呈現留下深刻的印象。

在科學演示的研究中，有些科學館所使用館內的劇場進行，或搭配相關展覽主題，如石油及天然氣探索中心(the Oil and Gas Discovery Centre, OGDC)在館內的劇院呈現大型的科學演示(Karim & Roslan, 2020)，以色列科學博物館的達爾文科學劇，以科學研究的歷程作為故事脈絡，結合歌曲、幽默的對話，將科學概念融入其中(Peleg & Baram-Tsabari, 2016)，而芬蘭科學中心的「恐龍鐘」演示搭配恐龍展覽，讓觀眾能認識恐龍的體型大小及外觀特徵(Salmi et al., 2017)。科學演示與展場內的展示相互呼應，提供觀眾動靜皆具的科學內容，以科教館的科學演示為例，在「時間過了多久」項目中介紹單擺週期的等時性，在演示結束時也會引導觀眾可以至展場中的物理區認識更多種類的擺，作為相關內容的延伸。

由此可見，科學演示已成為科學館所中常見的科學展演活動，因應不同的環境背景條件、科學主題，設計不同的方式展示科學現象，甚至是結合戲劇或展示，發展出多元樣態，讓各年齡層的觀眾，都能享受其中、認識科學內容，使得參觀科學館所的经验更為豐富。

2.1.3 科學演示之主題

隨著科技的進步和實驗器材的創新，科學演示已經成為了一種能夠以多元化方式展現實驗現象及科學內容的重要教育手段，結合現場觀眾互動及情節設計，更顯得生動有趣。自民國 109 年以來，科教館的館員及志工等研發團隊參考經典科學實驗、展示科學現象、開發演示道具、設計有趣情節，在物理、化學、生物等科學領域中發展超過 20 項科學演示主題，並在展場中執行超過 500 場科學演示、吸引 2 萬餘觀眾參與，表 1 中為科教館發展的科學演示主題，以物理、化學領域的主題最為主要。

表 1

科教館之科學演示主題

項次	主題	科別	說明
1	神奇的 CO ₂	化學	二氧化碳是一種關鍵性氣體，與生物生活息息相關，參與光合作用、呼吸作用、溫室效應和汽水製造等過程。透過實際的實驗和觀察來探索這些元素的性質。我們將使用澄清石灰水來測試呼吸作用產生的二氧化碳，並了解它是如何讓水變色的。此外，我們還將利用酸鹼指示劑來追蹤二氧化碳的蹤跡，以及通過實驗觀察碳酸的形成過程。這將是一個有趣的科學之旅，讓我們一起來探索神奇的二氧化碳！
2	神奇的七個杯子	化學	廣告中出現的清潔劑真的那麼神奇？讓我們用神奇的七個杯子來破解廣告商使用的宣傳手法，利用碘在鹼性溶液的不穩定，以示其自身氧化還原反應與平衡的移動。
3	乾冰與肥皂	化學	從乾冰與肥皂水與製造泡泡引起動機，透過演示呈現善用兩者與產生泡泡相關的特性，合作產生不一樣的泡泡；再透過指示劑顏色變化，說明兩者酸鹼性質不同，但合作之後也可以帶來不一樣的效果。
4	無字天書	化學	「無字天書」相傳是中國奇書之一，傳說只有鬼谷子曾見過這本書，從而上知天文下知地理。若沒有這樣的機緣碰到傳說中的「天書」，我們還是能從科學的角度找出「無字天書」背後隱藏的神秘面紗，一探藏在「天書」中的奧秘。
5	咖哩彩畫師	化學	吃咖哩的時候，不小心滴在絲巾上了該怎麼清洗？趕快用肥皂洗洗看！一洗之下發現...咖哩的印子怎麼變成紅色了？難道是肥皂壞了嗎？就讓「咖哩彩畫師」變魔術和畫畫來告訴

大家咖哩藏有的秘密！

6	光合作用	生物	光合作用是植物利用光能把二氧化碳、水變成葡萄糖的過程。這在幾百年間，科學家對於植物生長提出不同的問題，而且透過實驗了解在生長過程中的各項要素，並且結合不同的實驗結果，針對這些要素有了更多了解，光合作用中之各個要素(水、氣體變化、光、葡萄糖)，最終結合眾人的研究，完成課本上出現的光合作用反應(水+二氧化碳—(光) 葡萄糖+氧氣)。
7	仿生!向蓮葉學習	生物	下大雨了，在電影《龍貓》中可愛的龍貓用芋頭葉撐傘等公車，龍貓卻沒有被淋濕！潛水員的鯊魚裝、奈米磁磚和防水噴霧，這些具有疏水性效果的產品，原理是什麼？透過現場實驗解答其中的秘密。
8	一起玩氣球	物理	探討溫度對氣球的影響。透過觸摸氣球皮膚，你將感受到氣球隨溫度變化而變得涼或溫暖，想想看是為什麼呢？了解氣球的彈性、溫度對其影響，以及科學實驗的樂趣。準備好一起玩氣球吧！
9	不同凡響	物理	透過互動實驗，我們將探討共振在龍洗盆、玻璃音樂、吉他、駐波和肯特管、以及鋁棒發聲中的運作方式。您將親身體驗共振如何影響聲音、振動和樂器的表現，並發現科學背後的驚人之處。
10	好吹、好涼、好生氣	物理	流動的空氣，引發神奇的壓力差異，觀察色紙、透明塑膠片及塑膠管的操作，觀察不同樣式的紙張，在空氣流動下產生的運動，了解基礎的流體特性。就在好吹、好涼、好生氣。
11	東倒西歪	物理	利用平衡鳥、重力桿和平衡木，說明不同方向的重量分布都可以幫助平衡，最後利用小雞蛋、沙包挑戰蛋的平衡。
12	時間過了多久	物理	以科學史上的伽利略發現單擺的情境，利用感測器和 10 秒挑戰加深觀眾對單擺等時性的印象與週期變化並透過保齡球擺的體驗及 10 秒計時挑戰來等科學遊戲，來體驗"時間過了多久"。
13	浮空投影	物理	為什麼我們可以看到科寶跳舞，卻摸不到？生活中只有鏡子可以反射嗎？讓我們來一窺「浮空投影」的秘密！
14	神奇磁浮椅	物理	觀察磁浮椅的神奇現象，認識磁鐵的特性(異極相吸、同極相斥)，並體驗磁鐵排斥力的力量。
15	康達來了	物理	觀察流體流動時所產生的現象，了解基礎的流體效應，來看看康達效應如何影響我們的日常生活！
16	達文西橋	物理	達文西橋藉由木棍之間的摩擦力以及結構的分力，不須釘子或繩子即可快速搭建、承載重量，一起來挑戰看看吧！
17	電磁效應	物理	從生活用品電蚊拍談起,兩個小小的電池怎麼產生那麼高的電

			壓,由此導入電磁感應的學習,認識電生磁,磁生電,怎麼產生的。
18	與大氣壓力 拔河	物理	大氣壓力有多大呢?來看看生活中與大氣壓力有關的拔河比賽吧!
19	餘音繞樑	物理	運用不同的風鈴聲音引發觀眾好奇,藉此帶出駐波與節點在樂器上的應用;同時延伸至泛音對旋律以及演奏技巧的影響,加深觀眾的生活認同並促進自主學習的動機。
20	靜電怵怵怵	物理	以生活中常見的靜電經驗,說明靜電產生的原因,並使用范氏起電機感受電到的感覺。
21	靜電演示	物理	從防疫小尖兵口罩談起,口罩的中間層帶靜電的熔噴不織布談起,帶大家認識靜電是什麼、以及生活上的應用。
22	驚奇液態氮	物理	歡迎進入液態氮的冰冷領域透過生動的實驗,您將親身體驗液態氮的熱漲冷縮、物體急速冷凍的魔法,以及令人驚歎的極端溫度差挑戰。
23	科學飲料吧	物理	在以科學的方式調配令人驚艷的飲品。包括了分層倒入不同密度溶液的實驗,添加螺帽、橡皮擦和保麗龍球等各種配料,以及冰塊和酒精的神奇效應。我們將一同揭示密度與飲品背後的奧秘,並啟發你在家中也能嘗試創造屬於自己的科學飲料!
24	看見溫度變 顏色	物理	溫度為什麼能變色?和大自然有什麼關係?藉由各式各樣的溫度計與神奇粉末,讓我們了解溫度的科學史,同時一起看見溫度!
25	手作濾鏡來 討拍	物理	西餐廳的現切烤牛肉與水果攤的鮮切水果為什麼看起來特別新鮮?社群美食照怎麼拍出美美的效果?試試看用簡單的攝影知識,美化眼前的畫面吧。
26	轉轉球球轉 轉轉	物理	棒球中怪異的變化球打哪來?有甚麼神奇的力量,造成這樣的改變?一同看演示,一起弄明白。
27	轉角遇到數 學	數學	以日常生活中常見花草植物,窺見數學的無所不在。領引學童、民眾取材身邊隨手可得的素材,即可探索科學、進一步發現科學之美
28	折折稱奇	物理	透過實驗,展示了光線在不同介質中的折射和反射,以及濃度對光線行為的影響。引導觀眾發現光在空氣和水中的不同表現,以及如何透過添加顏色和特殊物品創造令人驚奇的光學效果。向觀眾展示了科學在日常生活中的驚奇,並激發了對光學和物質性質的好奇心。
29	魔幻偏光	物理	為什麼白球可以穿透隔板掉落地面?為什麼原本白色單調的圖畫花放在架子上後旋轉會變出五顏六色?運用偏光原理作畫,原來物理現象那麼有趣!

(研究者自行整理)

在國內、外眾多科學演示實驗中，乾冰和肥皂即是常見的演示材料，因為它們可操作性高、現象直觀生動而受到科學教育者的廣泛應用。這些材料能夠輕易地創造出令人驚奇的視覺效果，從而吸引觀眾的注意力，促進科學概念的理解和學習。

由固態二氧化碳組成的乾冰，在常溫下會直接由固態昇華為氣態。適合探討物質的狀態變化、溫度與壓力的關係等基本物理化學原理。此外，當乾冰在水中升華時出現的濃厚霧氣，不僅能創造出神秘的視覺效果，低溫的性質也可以提供令人印象深刻的感覺，在說明安全操作的前提下，可以在課堂中使用乾冰進行教學演示、進而介紹酸鹼值、雲朵形成等科學內容(Penguin Brand Dry Ice, 2024)。肥皂水也是經典的科學演示材料，結合觀眾的日常生活經驗，進而解釋表面張力、氣體的壓力及泡沫的形成等現象通過肥皂泡泡的實驗，觀眾可以直觀地理解液體表面張力的概念，並進一步探討分子間相互作用力如何影響物質的物理性質，或比較粉末在肥皂水、清潔劑等不同溶液上表面張力差異(Practical Chemistry project, 2024)。

而在科教館「乾冰與肥皂」的科學演示中，結合乾冰和肥皂水的物理性質及酸鹼性，讓看似完全不同的兩者，藉由相關的科學特性，在短時間內快速地展現了科學現象變化，同時也創造了一個富有教育及娛樂的學習體驗。讓觀眾在享受視覺盛宴的同時，對科學原理產生興趣，從而增強他們對科學探索的熱情，為使用日常素材進行科學實驗、探索科學內容的絕佳演示主題。在此研究中，研究者將以「乾冰與肥皂」演示主題為例，解析科學演示過程中之各項活動特徵。

第二節 科學演示的活動特徵

不同於其他科學教育活動，科學演示著重於科學現象的展現，讓觀眾透過觀察具體的變化，認識相關科學內容，在演示的過程中，更是強調與觀眾的即時互動、甚至提供觀眾參與實驗的機會，讓科學演示不僅具有教育性、娛樂性(Kerby et al., 2010)，更富有互動性。

研究者回顧科學演示相關研究(如附錄一文獻回顧列表)，分析其中所描述的活動特徵，包含環境背景的場域設定、人物組成及時間規劃，以及演示設計相關的呈現方式及物品使用，發現各活動特徵之間的關係，以及對觀眾反應的影響，以下將逐一說明。

2.2.1 科學演示的場域特徵

科學演示在自由選擇學習場域或制式教育場域中，有不同的實踐方式及目的。在制式教育場域中，教師使用簡易材料所製成的實驗教具及發展相關活動，連結生活實例、使概念具體化，讓學生有機會操作實驗，以增進學習興趣，可吸引學生注意，引導學生思考及解釋，增進互動及影響學習意願及成效，提升學生對於科學現象觀察的要點掌握，理解科學原理的原因、意義、比較、限制及應用(方金祥等人，2009；張慧貞、陳宗慶，2004；張慧貞，2005)；在1970年代時，學者提出以學習者為中心的「自由選擇學習」(Falk, 2001)，為不同於制式教育、自由選擇學習場域在不同物理設定的定義，且有別於學生坐在課室中的學習，綜合由學習者自本需求或興趣所驅使、學習過程中可按照自己的步調、自由選擇的特色。在科學博物館所中，常常可以見到使用有效地提問、類比、肢體語言等方式，增進觀眾對於館所的想像及參與興趣，以串起科學表演及展品的科學知識傳播，觀眾參與有情節、組織的實驗演示，可產生情緒、認識及參與的態度改變，增進對科學的理解。並能激起觀眾的想

像及好奇心，在觀念改變上有顯著差異(Karim & Roslan, 2020; 曾瑞蓮、許馨月，2018; 蘇芳儀，2013)。表 1 整理了自由選擇學習場域與制式教育場域的科學演示或演示教學比較，兩種場域在演示的目的、執行方式及對觀眾的影響上略有差異，但皆以操作科學實驗為基礎，結合故事情節、互動或發展相關活動，以增進觀眾或學生對於科學的興趣及理解。

表 2

比較不同教育場域中的科學演示

場域	目的	執行方式	影響
自由選擇學習場域	增進觀眾對於館所的想像及參與興趣。 串起科學表演及展品的科學知識傳播。	有情節、組織的實驗演示。 使用有效地提問、類比、肢體語言等方式。	可產生情緒、認識及參與的態度改變，增進對科學的理解。並能激起觀眾的想像及好奇心，在觀念改變上有顯著差異。
制式教育場域	連結生活實例、使科學概念具體化。 讓學生有機會操作實驗，以增進學習興趣。	使用簡易材料所製成的實驗教具及發展相關活動。	可吸引學生注意，觀察科學現象、引導學生思考及解釋，增進互動及影響學習意願及成效。

註：研究者自行整理。

研究者回顧科學演示的文獻，發現在制式教育場域中，科學演示則是多描述在課堂或是學期系列課程中的執行時機；而自由選擇學習場域中的科學演示多為單次的常態性活動，研究多提及科學演示活動的執行時間長短，部分文獻指出科學博物館所的觀眾有著不同的背景及參觀目的，考量觀眾的行程安排、認知負荷以及參與程度，科學演示的時間不宜過長，在大約 30 分鐘至 1 個小時左右的時間之內，進行數個適當時間長度的科學實驗，才為能維持演示活動對觀眾的吸引力，(Caleon & Subramaniam, 2005; Fish et al., 2017; Karim & Roslan, 2020; Kireš, 2018; Peleg & Baram-Tsabari, 2016; Salmi et al., 2017; Yasuhiro et al., 2020; 蘇芳儀，2013)。制式教育場域之教室課堂中的演示，多為與學期教學主題或目的有關，故文獻多是描述學期或課堂中執行演示的時機，如於課堂初始

時或是學期後期實施(Mackin et al., 2012; Morgan et al., 2009)，顯示出自由選擇學習及制式教育場域執行科學演示的環境背景之差異。

2.2.2 科學演示的人物特徵

科學演示中的人物特徵，包含台上的演示者和台下的觀眾，演示者不僅做科學實驗，也是與觀眾互動、詮釋情節的主要角色，學者甚至以「作為表演者的科學家」形容科學演示者(Watermeyer, 2013)；在科學館所中，科學演示多由館員或志工執行，在進行科學演示時，演示者面對不同年齡層的觀眾，需要考量觀眾的認知負荷、生活背景及反應，適時調整解釋及說明內容，在與觀眾的互動中，多使用提問及討論、連結觀眾生活經驗、使用類比解釋、列舉其他例子等方式，幫助觀眾了解科學知識(Caleon & Subramaniam, 2005; Monacelli & Silberman, 2006)。學校教師進行課堂中的演示教學時，為使學生在演示中學習科學概念，會評估學生的知識，選擇適當的實驗，並著重於引導學生描述觀察、思考及促使學生參與，提供最低限度的訊息讓學生推論、解釋及提出結論(Petruševski & Bukleski, 2006; Vinko et al., 2020)，也有教師提到執行演示教學時所面對的挑戰，如缺乏教學技巧、學校未提供設備及技術知識，使得教學方法傳統、缺乏創新(Razzak & Akhtar, 2014)。而在自由選擇學習的科學館所中，演示者會依據演示的目的及對象，採取不同的呈現方式、內容調整與觀眾的互動。

科學館所作為全齡觀眾參觀的場域，執行的科學演示將其內容傳遞給所有年齡層，不僅受到年輕人喜愛、年長者也享受其中(Micklavzina et al., 2014)，而大部分的文獻以學生觀眾為主要的研究對象，多為參加校外教學活動的中學生、小學生或參觀館所的親子，其中以國小學生比例最高(Caleon & Subramaniam, 2005; Harrison & Shallcross, 2016; Karim & Roslan, 2020; Peleg & Baram-Tsabari, 2016; Yasuhiro et al., 2020)。

比較不同學習階段的學生觀眾，發現面對小學生、中學生及大學生等單一年齡層的科學演示中，列舉其呈現方式及物品使用，有著不同的組合及實施，整理於表 3 中。比較各年齡層學生觀眾的呈現方式，面對小學生多採用以引導互動及情節設計，尤其情節設計明顯高於其他年齡層，多搭配使用日常實驗材料及輔助用品，如新加坡科學館鼓勵 5 年級的同學參與討論(Caleon & Subramaniam, 2005)，以色列科學博物館則將科學原理埋入故事中，邀請 12 歲以下的觀眾上台，與觀眾進行幽默的對話(Peleg & Baram-Tsabari, 2016)；對於中學生則是以引導互動的呈現方式、使用輔助用品較為主要，在南非的科學中心，演示者使用多媒體介紹當地的樂器，連結 9 年級學生觀眾的日常生活經驗(Fish et al., 2017)；面對大學生的呈現方式及物品使用，以科學內容及專驗實驗為主要，使用專業實驗用品及日常實驗材料，來呈現科學內容、操作科學實驗，如在大學中使用自製的實驗裝置，讓學生有操作實驗、進一步探究的機會(Mackin et al., 2012)。由此可以看出，當演示者面對年紀較小的觀眾，使用輔助用品進行引導互動、情節設計的比例較多，隨著觀眾年紀漸長，演示者傾向引導觀眾互動的內容更聚焦於科學現象的預測及討論，使用專業實驗用品及呈現科學內容的比例也隨之增加。

表 3

比較不同年齡層之呈現方式及物品使用情形

學生觀眾	呈現方式			物品使用		
	科學 內容	引導 互動	情節 設計	專業實驗 用品	日常實驗 材料	輔助 用品
小學生	演示者操作 實驗 輔助觀眾看 清演示者的 動作 使用國小科 學程度的語 言及思維解 釋	鼓勵觀眾參 與討論 邀請觀眾參 與實驗操作	氫氣氣球巨 響及校長震 驚的表情	液態氮、乾 冰、酸鹼指示 劑	花、氣球、香 蕉	圖片、圖表 網路攝影機、 平板
中學生	演示者操作 實驗	連結學生的 日常生活 邀請觀眾點 燃氣球	伽利略溫度 計情境任務	使用過氧化 氫、濃硝酸及 酸鹼指示劑	氣球、空氣 砲、吹風機	圖片、圖表、 多媒體
大學生	演示者操作 實驗 演示者解釋 科學現象	鼓勵觀眾預 測、觀察、討 論 使用掛鐘及 彈跳球等類 比舉例	-	不同的氣體、 音爆、振盪 器、化學藥品	檯燈、彈簧、 彈跳球	-

說明：表為列舉所探討的科學演示文獻中，以不同年齡層觀眾為研究對象，科學演示的呈現方式及物品使用之情形，呈現出面對不同年齡層觀眾的科學演示樣貌。

(註：研究者自行整理)

2.2.3 科學演示的呈現方式與道具使用

除了與環境背景有關的場域設定、時間規劃及人物設定之外，科學演示的設計還包含活動中的呈現方式及道具使用。呈現方式依據內容及形式，分為科學內容、引導互動、情節設計；道具使用則考量物品在演示中所發揮的功能及

材料來源，分為專業實驗器材、日常實驗材料、輔助用品。

科學演示中的呈現方式，科學內容項目包含操作科學實驗、講述科學知識，科學實驗為演示者操作各種科學實驗，科學知識則是解釋科學概念或說明科學相關內容。互動引導基於演示主題及觀眾背景，在適當的時機拉近觀眾與演示的距離、連結觀眾與其日常經驗，執行方式及內容包含口語或行為的互動、引導觀眾思考解釋或回應、內容連結及延伸，在南加州光學研究所的科學演示中，演示者多次與學生口語互動，鼓勵學生連結生活中的經驗(Monacelli & Silberman, 2006)。情節設計則包含營造情境、創造效果，Karim 和 Roslan(2020)觀察到在石油與天然氣發現中心的科學演示中，演示者與觀眾互動、詢問是否願意看到更高難度的表演，藉以營造興奮刺激的情境。

科學演示的實驗物品依據材料來源，分為專業實驗器材、日常實驗材料。如自由選擇學習場域中的科學演示，科學實驗設計主要為生活應用、呼應學校課綱，除了使用實驗室中的器材及藥品，也多使用自製或容易取得的材料(Karim & Roslan, 2020)。除了科學實驗使用的物品之外，也有因應輔助說明、增進互動或配合情節使用的輔助用品，尤其近年因新興科技發展，部分科學演示也嘗試融入數位設備，依其在演示中所扮演的角色，分為實驗演示之數位設備、輔助解說之數位設備，如大阪科學館的科學演示，運用網路攝影機及相關應用程式，不僅讓觀眾更能清楚看到演示者的動作，更可以將速度等科學計量視覺化，加強觀眾對於變化更有感受及理解(Yasuhiro et al., 2020)。

然而，科學演示的呈現方式與道具使用關聯緊密，許多演示中也使用多種呈現及道具使用的事物組合。在回顧的文獻中，列舉出各呈現方式與道具使用的情形及比例，整理於表 4，發現各呈現方式中使用最多的道具組合，為使用日常實驗材料呈現科學內容、以引導互動搭配專業實驗材料使用、以及情節設計與相呼應的輔助用品。

表 4

科學演示中之呈現方式及道具使用組合之情形列舉

呈現方式	道具使用		
	專業實驗物品	日常實驗材料	輔助用品
科學內容	使用實驗器材：音爆、振盪器 使用實驗藥品：過氧化氫、濃硝酸、酸鹼指示劑、甲醇、液態氮、乾冰	使用吹風機、氣球、空氣砲、醋、花、香蕉、罐子、彩色紙屑、檯燈、彈簧等進行科學實驗	使用投影機、帽子、圖片、圖表、網路攝影機、電腦、平板、簡報等，輔助科學內容說明
引導互動	使用實驗器材引導學生觀察討論、做出假設	演示者使用當地的樂器連結學生生活	使用多媒體連結學生生活經驗
情節設計	在情境任務中用專業伽利略溫度計	使用氣球巨響創造表演高潮	使用學習單進行情境任務

說明：列舉所探討的文獻中，科學演示呈現方式與物品使用搭配執行的態樣，展現出各物品種類來源、在演示中功用。

(註：研究者自行整理)



第三節 科學傳播

廣義的科學傳播意指運用適當的技能、媒體、活動及對話，使個人產生多項或其一的反應，近年科學傳播促使大眾能透過更多元、更便捷的途徑接觸到科學，影響大眾科學素養及對於科學在社會文化中的看法，增加許多科學傳播的實踐及研究(Burns et al., 2003)。

2.3.1 科學傳播與科學演示

科學傳播以多元的形式展現科學不同樣貌，不論是何種形式，目的多是為了傳播科學相關內容，提供觀眾接觸科學內容的多元途徑，甚至進而影響觀眾對於科學其他面向的感受，可謂是範疇更為廣泛的科學教育。科學傳播是科學

家到大眾的轉移過程，而這個轉移過程多以媒體或活動的形式，不僅包含制式場域中以教科書及教室講授等形式，還包含自由選擇學習場域之科學中心及博物館所舉辦的科學秀及科學劇院、科學競賽、科學節等(Burns et al., 2003)。在傳播科學內容的過程中，將科學知識從科學家傳至大眾的角色即是科學傳播者，他們可能是科學家、媒體、科學教育者等，科學傳播者透過熟悉的時空經驗及情節設計，確保觀眾的參與及反應，向觀眾展現出科學在生活中無所不在、卻又令人振奮的一面，喚醒觀眾對科學的熱情(Watermeyer, 2013)。科學傳播者不僅揭示科學的多元樣貌，傳遞科學的方式也是影響觀眾對於科學感受的關鍵因素，在不同的傳播途徑中，學者強調科學館所中的科學傳播形式應從單向傳播轉為互動、參與式傳播，連結觀眾的生活經驗、提供觀眾可以給予詮釋、回饋的機會(江淑琳、張瑜倩，2016)。

2.3.2 科學傳播之大眾反應

科學演示中事物等各特徵多元，比起一般科學教育活動，觀眾能有更多娛樂享受的反應，故許多科學演示的研究，也呼應其教育性及娛樂性，以影響觀眾的學習理解、興趣等面向，作為科學演示的成效評估，並且指出演示活動中特色對於觀眾反應的影響。然而，學者指出科學演示中的實驗表演、互動，有時為了連結日常、展現科學的奇觀，使得科學內容可能會過於簡化、或忽略觀眾的批判思考(Watermeyer, 2013)。為了探討觀眾對於科學的多面向反應，Daniel 等人(2020)在科學體驗活動中參考 AEIOU 中的享受面向，探討知識認知以外的個人反應。考量科學演示的娛樂性、教育性及互動性，應了解觀眾對於科學演示的不同反應，呼應到 Burns 等人(2003)在科學傳播中對於大眾回應的定義，包含認知刺激及科學內容理解，和其他情感面向的感受。AEIOU 各面向回應之內涵說明如下(Burns et al., 2003, p. 191)：

覺知面向(A, awareness of science)定義為提供知識、拓寬視野、開闢從所未有

機會啟蒙，範圍包含接觸科學的新方面至激勵參與者產生更高水平的科學素養、參與更多科學傳播活動，以熟悉新的科學內容。

享受面向(E, enjoyment of science)為情感反應，如其他對科學的情感。淺層的感受如將科學視為藝術或娛樂，讓觀眾有愉快的經驗。

興趣面向(I, interest of science)為認知反應，展現對於科學的興趣，如主動參與科學或科學傳播。創新和適當的科學傳播活動可以激發參與者的個人興趣或激發情境興趣，從而增強他們對事件的回憶和理解。

看法或態度形塑面向(O, opinions of science)，如對於科學看法的形成、重構及確認與科學相關的態度。

理解面向(U, understanding of science)，對科學的理解包含科學內容、過程以及社會因素的理解。

觀眾反應的覺知面向，主要來自新奇、少見的科學實驗(Karim & Roslan, 2020; Sunassee, Young et al., 2012)。尤其在演示的過程中，演示者引導觀眾對實驗進行預測，可以讓觀眾更專注於其中，且當實驗結果與預期不同、產生認知衝突時，更能帶給觀眾驚奇的效果及深刻的印象(Held, 2017; Morgan et al., 2009; Naude, 2015)。

在享受面向中，許多學生表示喜歡科學演示的原因包含有趣、輕鬆、互動及興奮等情感享受(Held, 2017; Karim & Roslan, 2020; Peleg & Baram-Tsabari, 2016; Sunassee, Young et al., 2012)，有效提升觀眾對於科學享受的感知、激起學生的興趣，增加科學演示寓教於樂的價值，留下如故事、魔術、遊戲等印象，

成為難忘的學習經驗(Caleon & Subramaniam, 2005; Lujan et al., 2020)。

而觀眾反應的興趣面向，研究指出科學演示吸引人、讓人印象深刻的特質，可以提升觀眾在過程中的參與度、增加學生對於科學內容及科學相關職業的興趣，幫助學生加深對科學知識的回想，甚至影響學生後續對科學的態度及行動意願(Caleon & Subramaniam, 2005; Karim & Roslan, 2020; Mackin et al., 2012; Monacelli & Silberman, 2006)。

針對看法或態度形塑面向的觀眾反應研究較少，不過 Caleon 與 Subramaniam(2005)發現參與過演示活動的學生，對科學的看法有即刻的改善；但也有研究指出在演示活動中，學生有分享自己想法及解釋的機會但是在短時間內的演示科學內容，似乎很難影響學生對於科學在社會中之重要性的看法。(Smeets, 2018; Ubuz & Duatepe-Paksu, 2016)。

作為科學演示傳達科學內容的目的，許多文獻提到了觀眾反應中的理解面向，證實了對於此面向的重視。學生與學識淵博的演示者互動，有助於將複雜的知識內化，Karim 與 Roslan(2020)從前、後測的調查結果中，證實學生對於火或壓力的內容概念理解有顯著增加，訪談學生結果中回應最多的是獲得科學知識。演示也可能對學生產生長時間的影響，研究發現學在觀看科學館所中之恐龍演示，在數個月之後仍可對學生的延宕測驗有所影響 (Salmi, Thuneberg, & Vainikainen, 2017) 。除了科學實驗及內容，活動情境也可以強化學生的認知張力、增加對其相關情節的認識，對於概念理解、內容解釋有所幫助(Held, 2017; Peleg & Baram-Tsabari, 2016)。

綜合上述，科學演示能對於各面向的觀眾反應產生影響，並能呼應科學演示教育性及娛樂性的特質，展現出其具備科學傳播的特徵。

第四節 科學教育活動及成效評估

為評估執行科學教育活動的成效為何，多是以參與活動的觀眾學習成效或是參與狀況等作為評估方向的參考，呼應教育活動的宗旨目標、活動設計等規劃，以檢視活動對於觀眾的影響。

2.4.1 科學中心之教育活動

屬於自由選擇學習場域的博物館所，透過展覽設計及教育活動的規劃，提供不同於制式學校教育的情境及體驗，促使觀眾在參觀展覽或參與活動的過程中，對於興趣、理解等產生影響。整體而言，舉凡在科學館所中所進行的所有活動，皆可作為廣義的教育活動(張譽騰，1987)，包含展示、導覽、動手做等多元類型。然而，為達成博物館教育的目的，不論教育活動的類型為何，目的皆是建立觀眾與科學內容之間的橋樑，而這些教育活動的設計與實踐，也在在呼應科學館所跨界連結多樣人事物的韌性，觀眾可以在館內所規劃的硬體的空間或軟體的活動中，達到休閒或學習等參觀目的，使得博物館在當代社會中發揮館所資源的獨特性(黃旭，2023)。

不同於制式教育，博物館所或科學中心作為終身學習的教育場域，來館參觀的觀眾背景及年齡層廣泛，因應不同的參觀目的或規劃，館所內的學習具有彈性、主題化的特色，結合引導、手作等形式，不僅提供學生彈性個別化的學習機會、成人也可以在此休閒或學習，這不僅是博物館所的特色，也應是館方規劃教育活動時思考的方向(張美珍，2001)。觀眾來到博物館所帶有各種目的或期待，而站在館所的角度，也希望來訪的觀眾們對於館所具有的教育功能有所認同。張美珍(2000)透過實例歸納出科學博物館所內教育活動之學習特色，以「人」的角度出發，強調觀眾主動積極的學習歷程、跳躍式的直覺思維、好奇心或自我能力挑戰的內在學習動機，突顯出館所作為自由選擇學習場域的教育

育功能。

談到觀眾在博物館所中的學習，學者以認知心理學的理论為基礎，提出「博物館觀眾認知學習模式」，即透過博物館的展示與教育活動，對於觀眾的注意力、好奇心及期望產生影響，進而形成長期記憶、作為往後提取或運用的資源(張美珍，2000)。而因為科學概念或內容多為微觀、抽象，在觀眾知識內化的過程中，若能輔以具體的實物或實際的操作，可更能有效地幫助觀眾將抽象的科學知識，內化到自己的認知架構中，也與科學館所實施科學演示或動手做等活動設計理念相互呼應(蔡秉宸、靳知勤，2004)，提供觀眾透過科學現象觀察、實作的途徑，建構對於科學內容的認識，

而科學博物館所在以大眾為主要對象的科學教育中，扮演著重要的角色及途徑，不同於其他的科學教育資源，蔡秉宸及靳知勤(2004)認為科學館所學習的關鍵在於與學習者的互動，並指出設計科學館所展示或活動的考量，應包含展示主題、展場情境、活動設計、學習策略及人員角色等，其中科學館所營造的情境，更能連結學習及生活應用實境，有助於觀眾學習相關科學內容及技能，連結日常經驗，進而提升大眾的科學素養，增進大眾了解科學與社會的關聯。

2.4.2 科學中心教育活動之成效評估

然而，在自由選擇學習的博物館所中，觀眾可以藉由參觀展示、參與活動接觸不同的知識內容及體驗，而這些展示及教育活動，想要傳遞給觀眾的內容、或是想帶給觀眾的感受，都是在設計及研發的過程中的重要考量，也是展示及活動的主要目標。然而，要如何評估觀眾參與館所教育活動的效果呢？在制式教育場域的課程，可以依循課綱規劃各教學目標，明確地對應不同學齡階段在各學科內容的學習內容，再以各項學習目標、對應學生的學習表現，以評估學生的學習成效。

學習成效泛指學習者個人的學習成果，在制式場域中可用於描述學生學習狀況，評估學生在「認知的」、「情感的」、「技能的」多面向的成效，如知能理解、價值觀認同、技術精熟等面向的表現或是改變(王如哲，2010)，藉此有助於判斷學生的進步幅度或比較與學習目標之差異。而在博物館所等自由選擇學習場域，觀眾的學習成果可能是在參觀過程中學到了什麼、感受到了什麼、甚至獲得啟發；但不同於制式教育場域環境，對於教學目標、學生學習狀況、以評量量化學習表現，有著較為全面的掌握，在自由選擇學習場域中面對不同背景的觀眾，難以依據每個人的先備知識評估學到了多少，甚至是將觀眾態度、價值觀、情感等面向的影響，作為自由選擇學習場域的學習成效證據(Hooper-Greenhill, 2004)。

學習影響研究計畫(Learning Impact Research Project, LIRP)所開發的「通用學習成效」(Generic Learning Outcomes, GLOs)，便是針對博物館所、圖書館等自由選擇學習場域的學習影響所發展的架構，用來評估在這些場域中學習影響面向，展現出多面向學習的深度及廣度，並展現自由選擇學習場域的特殊性及影響力，包含「增加知識和理解」、「增加技能」、「改變態度或價值觀」、「體現樂趣、啟發及創造力」、「表現行為或行動」，作為自由選擇學習文化或教育場域的學習成果證據(Hooper-Greenhill, 2004) (Hooper-Greenhill, 2002) (Hooper-Greenhill, 2002) (Hooper-Greenhill, 2002) (Hooper-Greenhill, 2002) (Hooper-Greenhill, 2002)。

2.4.3 科學中心之觀眾研究

在博物館所的觀眾研究中，多聚焦在觀眾對於參觀博物館經驗的滿意度調查，如陳勁甫與林怡安(2003)以參觀國立自然科學博物館為例，以博物館提供的服務品質、博物館環境、觀眾在博物館的學習體驗等面向，包含實體的展示設備與工作人員之專業知識及對待觀眾的態度，比較觀眾參訪前對於博物館所

的期待、實際感受及滿意度，指出博物館所應塑造良好的展示環境與效果，以正面影響觀眾在博物館所的學習經驗、滿意度及忠誠度。

除了滿意度調查之外，呼應「通用學習成效」(Hooper-Greenhill, 2004)的各面向，在博物館所中也可以透過不同層次或角度，了解觀眾的看法或感受，包含文化認同、知識傳遞及教育成效等等，以認識觀眾的需求、行為表現以及收穫，甚至進而反應出博物館所之社會價值；依據不同的研究目的，博物館所的觀眾研究大致可分為觀眾調查、展示及教育活動評量，其中依據不同的時機及目的，可以再將評量細分為前置型、形成型、總結型及補救型評量(張譽騰，1994)。

第五節 科學演示的設計及成效

回顧科學演示的活動特徵中，主要以呈現方式及道具使用，突顯出不同於其他科學教育活動的教育性及娛樂性，不僅可以影響觀眾對於科學內容的理解和興趣，也與覺知、享受和看法或態度形塑等觀眾反應面向有關。可更了解之前研究指出科學演示的教育、娛樂性質，及具體的有效策略使用(Austin & Sullivan, 2019; Kerby et al., 2010; Watermeyer, 2013)，並明確連結至觀眾產生的有效反應。

2.5.1 科學演示之觀眾研究

過去對於科學演示的研究，多以參與科學演示的觀眾反應作為評估。而相較於一般科學教育活動，科學演示中事物等各活動特徵，觀眾有更多娛樂享受的反應，故亦應評估觀眾情感反應的面向，與科學演示展現的教育性及娛樂性相互呼應。不同於過往制式學校以認知、情意、技能等面向評估學生的學習成果，或是在自由選擇學習中探討參觀者在知識與理解、技能、價值態度及感受、創造啟發及享受、行為等面向的通用學習成效(GLOs) (Hooper-Greenhill,

2004)，有些研究嘗試以不同的面向探討科學演示對於觀眾的影響，如 Sadler (2017)將科學演示歸納出好奇心、人、機械化、類比和現象等特色 (CHAMP)，影響觀眾驚訝、興趣、理解、情境化及經驗等面向，即使未詳述這些特色在實證研究中的呈現，但已經指出演示活動中特色對於觀眾反應的影響；而 Sunassee 等人(2010)詳細描述了化學演示中的的人、事、物、地等參數，以觀眾的興趣、參與度、概念理解及對科學的態度作為演示的成效，更能突顯出科學演示與觀眾反應的關聯性。

過去科學演示文獻中常用的研究方法彙整於表 5，許多研究使用前測及後測問卷，以分析觀眾在觀看演示前、後，在科學態度、認知能力或科學概念理解的改變(Karim & Roslan, 2020; Odom & Bell, 2015; Salmi et al., 2017; Sunassee et al., 2012)，部分研究為比較實驗組及對照組的學生對於科學演示的感受差異，在學生回饋的問卷中，發現情感面向的差異(Caleon & Subramaniam, 2005)。另外，還有研究訪談教師在執行科學演示時，對於演示目的及環境背景的想法，或訪談科學劇中的製作人、演員及觀眾，製作腳本的認知目標及隱性的情感目標(Karademir et al., 2020; Peleg & Baram-Tsabari, 2016)。針對科學演示的持行內容，有研究將錄影影像編碼，分析在演示活動中所使用的物品屬性(Karademir, Kartal, & Türk, 2020)。可見在科學演示的相關研究中，針對演示活動內容、觀眾不同面向的反應或影響，施行不同的研究方式。

表 5
科學演示之研究方法及研究結果

研究方法	實施方式	研究結果
調查法	實施前測、後測問卷	增進觀眾概念理解
實驗法	設計實驗組、對照組之變因	觀眾情感面向差異
結構或半結構訪談	訪談科學劇不同身分的人員	科學劇腳本的認知目標及隱性的情感目標
錄影影像分析	拍攝影像進行編碼	分析演示中使用的物品屬性

(註：研究者自行整理)

2.5.2 科學演示活動特徵與觀眾反應之關係

為突顯出科學演示的教育性、娛樂性及互動性，應如何評估科學演示的影響及成效？研究建議有效的科學演示中應使用多個演示並具體闡述單一概念、讓所有觀眾都可以看到過程、與觀眾互動、建立情感連結等策略(Austin & Sullivan, 2019; Shepardson et al., 1994)。

科學演示施行的呈現方式中，多為影響觀眾反應中的興趣以及理解面向，其中，科學內容和互動引導，更是與觀眾興趣與理解有關的主要活動特徵細項。石油與天然氣發現中心發展出「科學秀的科學內容發展框架」，包含短且簡單、按部就班、增加複雜、重申關鍵概念、有效地提問、使用類比、肢體語言等要點，以確保所傳遞的科學內容會受到觀眾的歡迎(Karim & Roslan, 2020)。在自由選擇學習場域中，演示者或是志工面對不同年齡層的觀眾，需要考量觀眾們的認知負荷、背景及反應，適時調整解釋及說明內容，在與觀眾的互動中，多鼓勵觀眾連結生活經驗、使用類比解釋、列舉其他例子等方式，使用提問及討論幫助觀眾了解科學知識(Caleon & Subramaniam, 2005; Monacelli & Silberman, 2006)。為有效地讓學生了解科學概念及讓學生積極投入，Morgan 等人(2009)強調引導學生進行活動前預測、活動中參與、活動後解釋的歷程，而非讓學生被動地觀看演示。

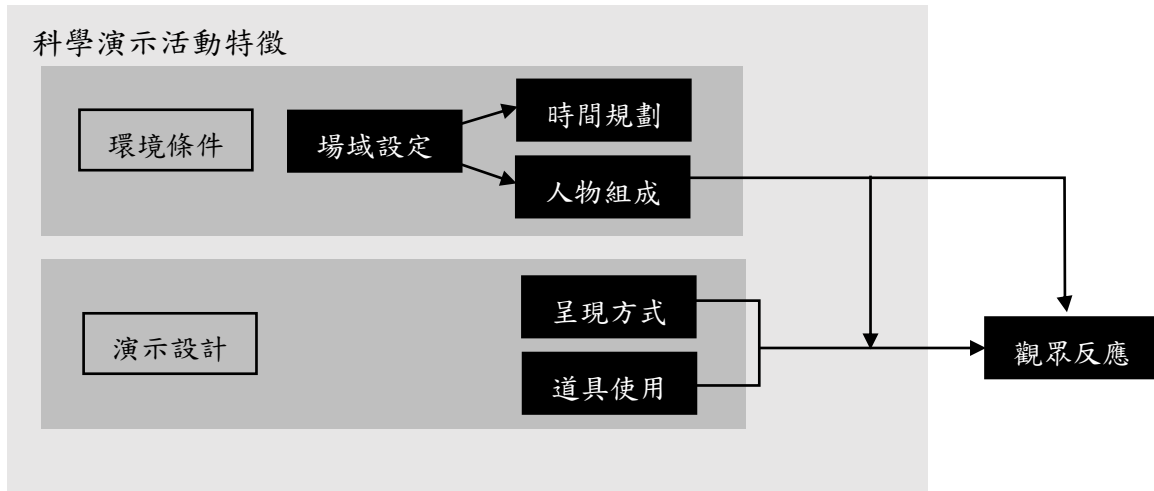
科學演示所使用的物品中，實驗用品能對各觀眾反應產生影響，其中以理解面向最為主要；使用不同的物品項目則可以影響不同的觀眾反應，實驗用品及數位設備能有效幫助觀眾理解科學演示的內容，輔助用品項中包含內容及劇情的輔助目的，對於引發觀眾興趣反應具有效果。Karademir 等人(2020) 發現依觀眾背景選擇適當的物品材料，並期待可以加強觀眾積極參與，提升觀眾的興趣反應。將新興科技結合科學演示，使用軟體輔助可以幫助，學生表示顏色

標準化對於概念理解很有幫助(Werts & Hinno, 2011)。在演示過程中，不僅可以提供觀眾有機會看到少見的實驗藥品，也可以運用日常素材操作實驗，產生出不同於既有經驗的效果，使觀眾覺察新事物或新的體驗(Karim & Roslan, 2020; Sunassee et al., 2012)。

整體而言，科學演示為使用實驗用品展示科學內容，並透過引導互動、情節設計等呈現方式，帶給觀眾新穎、有趣等感受，影響觀眾對於科學的興趣及理解，具有教育性、娛樂性以及互動性。從過去的科學演示相關研究，歸納出科學演示的活動特徵項目，並參考科學傳播之 AEIOU 框架，對應觀眾參與科學演示的反應，呈現科學演示之活動特徵及觀眾反應的關係如圖一，說明科學演示的活動特徵包含環境條件的場域設定、時間規劃及人物組成，演示設計包含呈現方式及使用物品，其中呈現方式及物品使用的事物組合，會因觀眾的年齡層而有不一樣的效果，而科學演示對於觀眾反應的影響，也與人物組成特徵的觀眾背景及事物組合有所關聯，不僅呼應科學演示所具有教育性及娛樂性，也更突顯出科學演示的互動性，傳達出有趣、互動、刺激、放鬆的特色(Karim & Roslan, 2020)。本研究將以此框架分析科教館中科學演示的活動特徵及觀眾反應，更進一步探討科學演示在設計研發、執行演示時之兩者的對應，以評估事件設計及物品使用對於觀眾反應的影響。

圖 1

科學演示各項活動特徵、與觀眾反應之關係



說明：圖為科學演示環境條件及演示設計中各項活動特徵，與觀眾反應有關的特徵，以及該活動特徵與觀眾反應的關係。

(研究者自行繪製)

呼應學者回顧科學演示研究，提出有效的科學演示包含策略建構、互動、情感連結，研究者分析活動特徵及觀眾反應的關係之後，將 Austin 及 Sullivan (2019) 對於有效演示的建議，說明得更為具體，如有效的策略應為不同事物組合與有效觀眾反應的關係，也指出引導互動的呈現細節，包含口語及行為的形式已、以及口語互動的各項內容，了解事物組合及觀眾有效反應的關係，有助於掌握連結觀眾情感的呈現方式及物品使用。本次研究將參考研究者的科學演示活動特徵類別及觀眾反應，分析科教館所執行的科學演示之活動特徵，以及其對於觀眾反應的影響及關係。

第三章 研究方法

本研究為探討科教館所開發的科學演示，其活動特徵與觀眾反應之間的關係，以研究者參與研發較多的「乾冰與肥皂」科學演示為例，參考我們所提出的科學演示活動特徵框架作為編碼參考，將演示腳本及影像記錄編碼，分析演示活動特徵中的呈現方式及物品使用之實踐情形，並探討各項呈現方式、道具使用的比例及搭配樣態；並參考科學傳播之大眾對科學的回應面向，設計觀眾對於科學演示反應之問卷，結合活動特徵框架設計半結構式訪談，了解觀眾的感受與科學演示中呈現方式及使用物品之對應，進一步能顯現出科學演示活動特徵與觀眾反應的關係。

第一節 研究對象

作為全齡化的科學館所，來到科教館的參觀觀眾年齡廣泛，在寒、暑假期間以家庭或親子為主，在學期期間則多是學校團體的校外教學為大宗，組成多為國中、小學生及其家人或教師，年輕人及年長者較佔少數。然而，參觀者造訪科教館的目的及停留時間不等，有則參觀常設展、特展或是參加科學教育活動，常見於科教館內的教育活動如導覽解說、科學演示、科學 DIY 及科學營隊課程等等。

科學演示為科教館內之常態科學教育活動，目前每週執行 2、3 次，平均每場約有 40 人次參與。此次研究對象為參與館內科學演示的觀眾 139 人，為能反應出科教館的主要觀眾族群，廣納含 12 歲以下至 65 歲以上之觀眾，依照學習階段、年紀區間分類，於問卷中調查性別、年齡區間、對於科學興趣的程度以及過往參加過的館內活動，作為觀眾的基本資料。

第二節 研究工具

為回答研究問題中科教館科學演示的活動特徵，依據科學演示腳本及執行演示時的錄影記錄，對應從回顧文獻中整理出的科學演示活動特徵如附錄二，分析該科學演示中的呈現方式及道具使用。錄影可以忠實的紀錄活動細節及口語之外的資料，呈現活動進行時的各項資訊。考量科學演示總時長設計約為 30 分鐘，若以 1 分鐘為單位恐怕分析得不夠仔細、但若以 10 秒或 15 秒分析，則發現許多演示呈現方式未到一個段落，對於分析結果差異不大，故本研究以 30 秒為單位分析影像中科學演示之事件及道具等活動特徵種類，並將演示腳本及影像中的活動特徵編碼，以了解呈現方式及道具使用等活動特徵發生之比例，以及兩者配合使用的情形。其中，科學演示腳本為演示研發者的設計規劃，對於各呈現方式及道具使用有既定的目的及思考；然而，當實際面對各觀眾族群，演示者因現場觀眾組成及反應，適時調整呈現方式及道具使用。分析演示腳本及錄影影像，不僅能還原科學演示的設計及實際執行之活動特徵，更可以比較出演示者因現場觀眾反應所做的調整。

為了解觀眾對於科學演示的反應，我們參考 Burns 等人提出的科學傳播之大眾對科學回應中 AEIOU 等面向(2003)，發展各個反應面向之題項、設計問卷。考量觀眾參觀科教館行程安排，不宜設計過多的題項、減少觀眾題答的意願，本問卷共設計 17 個題目，每項觀眾反應面向設計 2~3 個題項，採李克氏五點式量表，一表示非常不同意、五表示非常同意，以了解觀眾對於此科學演示主題各面向的反應；預測收集 75 份有效問卷測試各面向之內部一致性之信度，使用 SPSS(version 20)計算，得知各面向的 Cronbach's α 值均有在 .84 以上，其中 2 個面向達 .90 以上，Cronbach's α 值於 0.7~0.9 表示很可信(表 6)，並檢視 A、E、I 等面向之項目整體統計量，其中「項目刪除的尺度變異量」表示當某個題項從量表或問卷中被移除時，剩餘題項分數的變異數。變異數則是用來衡

量一組數據分散程度的統計指標，顯示數據與其平均值的偏差程度；而「校正項目與總分相關」是反應出某個題項分數與去除該題項後剩餘題項分數總和之間的相關係數。這個指標顯示出單一題項與問卷其他部分的一致性，數值高意指該題項與問卷的整體有很好的吻合度，反之可能表示此題項與問卷的其他部分關聯較弱。

從問卷中各個題項的整體統計量(表 7)，可以看到若刪除較高的尺度變異數如刪除 O2 題(.951)項目後，剩餘題項得分分布的廣度增加，表示 O2 題對於分數分布的集中度可能有貢獻；而較高的相關係數如 A1 題(.869)和 O2 題(.849)，表示該項目與問卷剩下題項具有高度相關，是問卷內容一致性的強指標。而在各面向中，若刪減某一題項時的 Cronbach's Alpha 值，如刪除 E2 題(.846)及 O3 題(.867)將有助於提升該 E 面向及 O 面向之 Cronbach's Alpha 值，但與原本的 Cronbach's Alpha 值差異不大。A 面向各題項在刪減各題項之 Cronbach's Alpha 值中，其 Cronbach's Alpha 值皆會小於原本的 A 面向，表示在刪除該題項後該面向的內部一致性會降低，表示此面向各個題項對於維持量表整體一致性是有益的；而 O2 題(.690) 具有較低的項目刪除時之 Cronbach's Alpha 值，則是意指刪除這個題項可能降低量表的內部一致性。綜合考量，此題與其他題項之高度相關、有助於分數集中之表現，故保留所有的題目、並使用此份問卷進行施測。

問卷依「乾冰與肥皂」演示，所展現的實驗現象或是科學概念，包含乾冰的科學性質及酸鹼變色等科學內容，設計 2~3 題選擇題，以觀眾作答的情形，了解觀眾對於科學演示之科學內容理解狀態。科學演示的回饋問卷如附錄三。

表 6

觀眾反應問卷各觀眾反應面向之信度

面向	A	E	I	O	U
Cronbach's α 值	.901	.844	.891	.841	.928
有效個數	75	74	75	74	74

說明：A、E、O 面向各有 3 題，I、U 面向各有 2 題，並輔以簡答或科學內容選擇題。

表 7

問卷項目分析表

題項	項目刪除時的 尺度變異數	校正項目與 總分相關	項目刪除時的 Cronbach's Alpha 值	結果
A1	.676	.869	.804	保留
A2	.643	.793	.875	保留
A3	.761	.763	.894	保留
E1	.581	.766	.726	保留
E2	.703	.641	.846	保留
E3	.554	.734	.761	保留
O1	.852	.689	.797	保留
O2	.951	.849	.690	保留
O3	.801	.639	.867	保留

說明：A、E、O 面向各有 3 題，而 I、U 面向僅有 2 題，故不討論 I、U 面向之題目與否。

本次研究除了分析演示呈現方式、道具使用及觀眾反應，為了解參與科學演示的觀眾對於演示中呈現方式及道具使用的感受，參考我們回顧整理出的科學演示活動特徵，以其中呈現方式及道具使用的項目，作為半結構訪談的基礎，半結構訪談作為質性研究的工具，其特色在於使用經設計的訪談提綱引導訪談，同時也可以依據回答調整方向或進行延伸，使得訪談的過程中有可能連

結到受訪者的個人經驗、感受或觀點，以幫助研究得到更為深層的資訊。本研究使用半結構訪談，了解參與演示的觀眾在興趣、理解等反應，與演示中呈現方式及物品使用的對應，以連結演示活動特徵之事物及觀眾反應，有助於探討科學演示活動特徵與觀眾反應的關係，半結構訪談之訪綱如附錄四。

本研究所使用之問卷及半結構訪綱，亦通過「臺師大研究倫理審查委員會」審查，經研究對象涉及未成年孩童，屬於微小風險簡易審查案件，在問卷和半結構訪綱內容輔以注音敘述研究用途以及告知簽屬知情同意書，並於現場執行時向師長、家長等法定代理人說明，徵得同意後方才施測。

第三節 研究程序

有關科學演示研究的進行方式，配合科教館科學演示的規劃及執行，於每週一、三、五下午進行，以隔週的形式交替演出兩個演示主題，每兩個月更換主題。在圖 2 中，科學演示的流程包含演示項目研發、演示執行過程、演示後的觀眾回饋。演示中則以影像記錄過程，於觀眾席後方架設手機或攝影機，拍攝台上演示者的呈現方式及物品使用，並避免拍攝到台下觀眾的正面。演示結束後，以口頭說明讓觀眾了解研究目的及填答方式，隨機邀請參與演示的觀眾填寫回饋問卷；考量當今觀眾普遍使用手機、或可能有學童未有手機、或手機未能連結網路等多種情形，提供問卷 QR code 連結掃描或是紙本問卷，並以口頭說明本研究的研究目的是為了解觀眾觀看完演示的想法，採取問卷填答表示個觀眾面向之反應、及觀眾對於演示中科學內容之理解。

圖 2

科學演示影像紀錄之設置



說明：於觀眾席後方架設攝影機，紀錄演示者的呈現方式及道具使用，避免拍攝到觀眾席的正面。

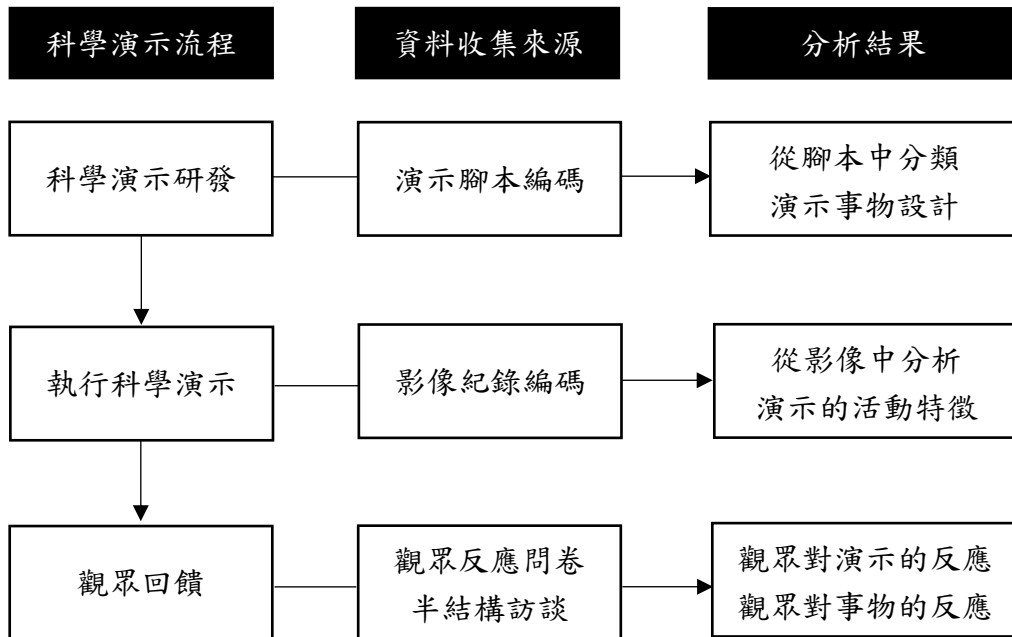
本研究影像紀錄連結：

《科學演示》乾冰與肥皂 20230804，<https://www.youtube.com/watch?v=V-hVqFHIRgw>

在執行演示的過程中，演示者與工作人員也會留意觀眾參與演示的程度及反應，演示結束之後，會邀請在演示過程中多有回應演示者、或有熱烈討論等觀眾，由研究者進行半結構式訪談，詢問觀眾某些反應的影響主要來自那些呈現方式或物品使用，幫助我們對應演示活動特徵與觀眾反應的關係。然而，科教館主要觀眾族群為學校師生團體或親子，在收集 18 歲以下的觀眾資料時，會先徵詢其教師或家長及學生本人的同意；對於國小中、低年級以下的孩童，除了徵詢教師或家長的同意，亦會向孩童解釋、或請教師家長協助孩童理解研究目的及相關內容，確認孩童的意願之後，再進行問卷或訪談之資料收集。

圖 3

科學演示流程與研究資料收集關係圖



說明：為科學演示自研發至執行的流程中，分別收集腳本、影像紀錄、問卷及訪談等資料，以分析演示事物等活動特徵、觀眾對於演示及其事物的反應等結果。

(研究者自行繪製)

總體來說，本研究從科學演示影像及腳本分析活動特徵、問卷調查觀眾反應、訪談了解影響觀眾反應的活動主要特徵，探討科教館科學演示的活動特徵以及觀眾反應之間的關係，作為科學演示活動特徵之實踐影響觀眾反應的參考。

第四節 研究範圍及限制

本研究以科教館的科學演示之中的特定主題作為研究項目，並以參與科學演示觀眾為主要研究對象。儘管許多科學館所、學校課堂也有執行科學演示，但考量各個場域的環境設定不同、觀眾背景亦可能有所差異，建議可以參考本研究的研究方法或研究面向，再做場域、時間及對象等環境設定調整。

不同主題的科學演示，所選用的呈現方式及物品差異甚大，本研究選用「乾冰與肥皂」的主題，作為演示活動特徵編碼的嘗試，編碼分類可展現出不同科學演示的活動樣態，但是科學演示的內容會因為學科類別、演示腳本作者、演示者、現場觀眾組成或背景等因素影響，在各主題、各場次中有所不同；未來可參考此編碼分類做其他科學演示主題的分析，但不宜將此研究中的結果過分推論至所有科學演示中。

另外，考量科學館所的觀眾及訪客為全年齡層，有著不同的教育背景及參觀目的，問卷設計的題目數量及版面，以提供紙本及線上兩種型式收集，紙本為一單面、共計 17 題，或是觀眾可使用手機掃描 QR code 的路徑於線上填答，每份問卷約可於五至十分鐘內填答完畢。呼應科技潮流和觀眾的使用習慣，提供方便的形式作答，不僅減少對於觀眾既有參觀行程的影響，也可以增進填答問卷的意願。



第四章 研究結果與分析

本研究採用質性及量化兼具的混合研究方法，旨在分析「乾冰與肥皂」科學演示之活動特徵與觀眾反應之間的關係。研究資料的收集包括演示腳本、演示錄影、觀眾問卷及半結構訪談，其中演示腳本和錄影用於分析科學演示的活動特徵樣態，觀眾問卷則依據科學傳播框架設計，了解觀眾對科學演示的回應，半結構訪談則旨在揭示觀眾某些反應與演示活動特徵之間的深層關係。

研究以科教館中的「乾冰與肥皂」科學演示為例，參考研究者回顧科學演示相關文獻(文獻探討列表如附錄一)中提及的科學演示活動特徵，進行了一系列的分析。這包括呈現方式和道具使用等方面，通過比較演示腳本和實際錄影的差異，以及使用問卷和半結構訪談收集的觀眾反饋，本研究試圖深入探討科學演示活動特徵與觀眾反應之間的關係。

第一節 科學演示腳本及錄影分析

4.1.1 科學演示乾冰與肥皂之腳本及錄影流程分析

乾冰與肥皂科學演示中，流程包含「開場」、「一、乾冰與冰塊」、「二、肥皂泡泡」、「三、乾冰泡泡」、「四、變色的肥皂水」、「五、再次變色」、「結語」等七個段落，從生活中常見的冰塊與乾冰比較開始，再由乾冰在水中冒泡泡的現象連結至肥皂泡，分別介紹了乾冰及肥皂的特色，最終藉由兩者的酸鹼性質，使用酸鹼指示劑展現變色的肥皂水，和加入乾冰改變酸鹼值之後的再次變色等實驗現象，讓觀眾見識到乾冰與肥皂雖然是兩項截然不同的物品，但是利用其物理特性及酸鹼性，可以展現出精采有趣的變化。

然而，在實際演示的過程中，因應每一場觀眾組成、反應及參與度略有差異，故在與觀眾互動橋段中的時間掌握及內容，可能視現場觀眾狀況即時調

整，會與腳本設計略有不同。為了比較演示腳本規劃及實際演示時的狀況，以腳本及錄影分析的方式，呈現出兩者的流程規劃及執行狀況，如表 8 所整理，演示腳本及錄影的時間皆約為 28 分鐘，各個段落的規劃及執行時間相近，使用 Kruskal-Wallis 檢定(SPSS, version 20), $p>.05$ ，表示兩者並沒有顯著差異。

表 8
科學演示腳本及錄影各個段落時間長度

時長 (分鐘)	開場	一、乾冰 與冰塊	二、肥皂 泡泡	三、乾冰 泡泡	四、變色 的肥皂水	五、再次 變色	結語	總計
演示腳本	2	5	5	3	5	5	3	28
演示錄影	1.5	5.5	5	3	6	6	1	28

說明：以每半分鐘作為單位，整理出演示腳本及錄影紀錄各個段落之時間長度。

4.1.2 科學演示乾冰與肥皂之活動特徵

本研究參考研究者回顧科學演示文獻所彙整之科學演示活動特徵(文獻探討列表如附錄一)，主要探討活動設計之呈現方式及道具使用。呈現方式依據呈現內容及執行方式，分為科學內容、引導互動、情節設計等三個大項。科學內容大項以與科學現象或內容有關的展示或說明為主，包含演示者操作科學實驗、解說科學內容、輔助觀眾觀看等，為科學演示之最主要呈現科學知識的方式；觀眾互動大項為演示者與觀眾之間的各種互動模式，如口語問候、針對科學內容或現象的互動、引導觀眾進行觀察或推論、觀眾以行動上台參與演示，或是演示者因應觀眾背景或反應調整內容、連結觀眾生活經驗等，讓觀眾可以口頭或行動的方式參與演示；情節設計大項則是過程中精心規劃的鋪陳或活動，如創造效果、情節鋪陳，使得演示流程更為豐富，增強觀眾享受、驚奇的感受。

而科學演示中使用的道具，則依其來源以及在演示中所扮演的功能，分為專業實驗物品、日常實驗素材、演示輔助道具等三大項。專業實驗物品為來自實驗室中的器材及藥品，在演示中主要於操作科學實驗時使用，如量筒、燒

杯、酸鹼指示劑等；日常實驗素材則是以日常生活中常見的物品或材料，涉及科學實驗進行，如冰塊、肥皂水、玻璃杯等；演示輔助道具以輔助的項目，分為輔助解說科學內容的圖表或字卡之輔助教學用具、為呈現情境或呼應劇情的輔助情節道具、為了安全操作科學實驗或做實驗相關準備的輔助實驗操作。科學演示各項活動特徵項目及說明如表 9。

表 9

「乾冰與肥皂」科學演示活動特徵編碼

分類	大項	子項	項目	編碼	說明	舉例
呈現方式 (E)	科學內容(S)	科學實驗(E)	操作科學實驗	ESE1	由演示者操作實驗、說明實驗步驟及相關安全注意事項。讓觀眾觀看科學現象之變化或結果。	如：說明如何製作乾冰泡泡
			展示實驗效果	ESE2	演示者使用攝影機、設計明顯的實驗效果、或採取其他觀眾容易觀看的方式，讓觀眾能清楚地觀看到演示中的現象變化。	如：走近觀眾席展示乾冰泡泡
		科學概念(C)	解說科學概念	ESC1	演示者以講述的方式說明演示中的科學概念或相關內容、或提供相關例子，傳達演示主題的科學知識。	如：說明乾冰的組成、肥皂水變成不同顏色的原因。
			科學內容延伸	ESC2	演示者延伸演示中的科學概念、讓觀眾可以連結先備知識、真實世界，或進行更多相關探究。	如：由冰塊的溫度延伸比較乾冰的溫度。

觀眾互動(I)	口語互動內容(O)	一般口語互動	EIO	演示者與觀眾進行非科學內容、非情節社的口語互動內容。	如：向觀眾打招呼、問觀眾從哪裡來
		科學事物討論	EIOE	演示者針對演示中的科學現象、相關物品等具象的事物，以引導、問答或討論的口語互動形式，讓觀眾進行觀察、預測、推論、解釋。	如：猜猜看乾冰放進水裡會發生甚麼事？
		科學內容討論	EIOC	演示者針對演示中的科學概念、特性或分子組成等微觀、抽象的內容，以引導、問答或討論的口語互動形式，讓觀眾進行觀察推論、解釋。	如：詢問觀眾乾冰大約幾度？
		連結觀眾生活	EIOL	演示者以引導、問答或討論的口語互動形式，連結觀眾的生活經驗。	如：詢問觀眾消暑的秘方。
參與行為(B)	參與科學實驗		EIBE	演示者在安全的前提下，邀請觀眾上台參與演示中的科學實驗操作。	如：觀眾上台將乾冰放入肥皂水中。
	參與演示情節		EIBP	邀請觀眾上台參與演示情節的活動。	如：在玩泡泡的情節中觀眾上台使用泡泡道具吹泡泡

		觀眾多樣 (A)	觀眾導向調整	EIA	演示者依據現場觀眾背景及反應，調整適當的方式進行解說或互動。	
情節設計(P)	故事情境(C)		營造敘事情境	EPC	在演示中，透過角色設定和故事情節的編排，為觀眾塑造一個特定的情境或敘事背景。	如：今年夏天很熱、吹泡泡的故事
		效果鋪陳 (H)	創造高潮效果	EPH	演示者藉由口語或是操作，為演示實驗製造效果或營造高潮。	如：請觀眾檢查量筒中是否有東西、請觀眾準備相機拍攝
		遊戲融入(P)	觀眾參與遊戲	EPP	於演示中加入遊戲元素，鼓勵觀眾的主動參與。	如：使用中及密碼遊戲讓觀眾猜乾冰的溫度。
道具使用 (S)	科學現象展示 (E)	專業實驗用品(L)	專業實驗器材	SEL1	在演示中進行實驗使用、來自實驗室的專業實驗器材。	如：側管錐形瓶、量筒、燒杯。
			專業實驗藥品	SEL2	在演示中進行實驗使用、常見於實驗室中的實驗藥品。	如：乾冰、酸鹼指示劑。
		日常實驗素材 (D)	自製演示教具	SEDM	為日常材料手作或加工製作而成的演示教具。	如：花狀吹嘴吸管。
			日常實驗材料	SESD1	在演示實驗有引起反應或發生變化的日常生活材料。	如：冰塊、水、肥皂水。

		日常實驗用具	SESD2	為進行演示實驗所使用的日常生活用具。	如：玻璃杯
輔助演示道具(A)	輔助解說(C)	輔助教學用具	SAC	為輔助說明科學內容而使用的用具、字卡或圖表。	如：酸鹼指示劑變色圖卡
	輔助劇情(P)	故事情節道具	SAP	為呈現情節或劇情，使用與其相呼應的道具。	如：市售吹泡泡道具
	輔助實驗(E)	輔助實驗操作	SAE	為了科學實驗安全、科學實驗準備、或是方便實驗操作所使用的物品	如：手套、抹布、保麗龍盒

說明：研究者自行整理。

圖 4

科學演示之影像紀錄



說明：圖中的燒杯、量筒為操作實驗所用的專業實驗用品，演示者配戴的手套為輔助實驗操作之道具。

(照片截自於《科學演示》乾冰與肥皂 20230804，<https://www.youtube.com/watch?v=V->

4.1.3 科學演示乾冰與肥皂之腳本及錄影流程分析

依據此編碼表，將乾冰與肥皂的演示腳本及錄影進行分析，考量演示進行時間為 30 分鐘以內、流程緊湊，故本研究以每半分鐘為單位分析呈現方式及物品使用等活動特徵項目，再計算各項目在演示中佔有的時間長度及比例，以展現呈現方式及物品使用在腳本及錄影紀錄中的情形。

分析演示腳本及演示錄影的編碼，兩者所規劃或執行的時間皆約為 28 分鐘，而比較兩者在呈現方式及物品使用等各項活動特徵中的時間比例，如表(比較科學演示腳本及錄影之呈現方式、物品使用項時間及比例)所示，由各活動特徵項目之時長及佔總時長的比例，僅有使用輔助演示道具的比例為腳本較高，其他項目皆是錄影高於腳本。進一步使用卡方檢定 $p=.061(p>.05)$ (SPS)，表示兩者沒有顯著差異；而兩者的線性對線性關聯顯著性為 $.000(P<.05)$ ，意即兩者之間存在著顯著的線性趨勢，雖然檢驗的活動特徵項目不多，但由此分析可知演示腳本及實際執行之呈現方式、物品使用之樣態相近。

如表 10 數據顯示，腳本之呈現方式以「科學內容」(12.5 分鐘)最多，為演示總時長的 44.7%，錄影則是以「觀眾互動」(26.5 分鐘)之呈現方式較多，為演示總時間的 93.0%；兩者的物品使用皆以「專業實驗用品」時間最長(18.5 分鐘、20 分鐘)，為總時長的 66.1%、70.2%。

表 10

比較科學演示腳本及錄影之呈現方式、物品使用項時間及比例

演示特徵	項目	腳本		錄影	
		分鐘數	比例	分鐘數	比例
呈現方式	科學內容	12.5	44.64%	16	56.1%
	觀眾互動	11	39.29%	26.5	93.0%
	情節設計	6.5	23.21%	7.5	26.3%
道具使用	專業實驗用品	18.5	66.07%	20	70.2%
	日常實驗素材	15	53.57%	18.5	64.9%
	輔助演示道具	11	39.29%	9.5	33.3%

說明：比例為各項目分鐘數除以總時長 28 分鐘。

(資料來源：本研究整理)

進一步比較演示腳本、錄影之呈現方式及物品使用，將表 11、表 12 重疊之後，如表 13 所示，橘色部分為腳本和錄影皆有的部分，藍色及灰色分別為錄影及腳本獨有。累計腳本、錄影重複或獨有的時間長度及比例如表 14，在呈現方式中，以觀眾互動項重複的比例最高(19.64%)，物品使用則是以日常實驗素材的重複比例最高(25.0%)，透過腳本設計和實際錄影紀錄的比對，顯示出實際執行科學演示時，在各個演示實驗時間長度的掌握，能忠實地實施腳本設計，但是在現場多以使用日常實驗素材與觀眾互動。

表 14

比較演示腳本、錄影之重複或獨有的時間及比例

項目	兩者皆有		錄影獨有		腳本獨有	
	分鐘數	比例	分鐘數	比例	分鐘數	比例
科學內容	4	14.29%	9.5	33.929%	7	25.00%
觀眾互動	5.5	19.64%	17	60.714%	10	35.71%
情節設計	2	7.14%	5.5	19.643%	4.5	16.07%
專業實驗用品	6.5	23.21%	6	21.429%	6	21.43%
日常實驗素材	7	25.00%	7.5	26.786%	5	17.86%
輔助演示道具	3.5	12.50%	11	39.286%	7	25.00%

說明：左欄為腳本、錄影重複的分鐘數及佔總演示時長 28 分鐘比例，錄影獨有和腳本獨有則是指兩者未重複的分鐘數及比例。

(資料來源：本研究整理)

然而，在各呈現方式、物品使用中，涵蓋了數個細項，為了解腳本及錄影的細節，在表 15 中紀錄了腳本、錄影中，各呈現方式及物品使用的細項時間長度、時間比例。腳本的各项呈現方式中，科學內容以「解說科學概念」(ESC1, 19.6%)、觀眾互動為「科學事物討論」(EIOE, 14.3%)、情節設計是「創造高潮效果」(EPH, 10.7%)的佔有時間比例較高；腳本中各項物品使用的時間比例，專業實驗用品以「專業實驗藥品」(SEL2, 41.1%)、日常實驗素材中之「日常實驗材料」(ESD1, 35.7%)、演示輔助道具項之「輔助實驗操作」(SAE, 30.4%)等項目，所占時間比例較高。但在演示錄影紀錄中，不同於演示腳本，呈現科學內容以「操作科學實驗」(ESE1, 22.8%)、觀眾互動是「參與科學實驗」(EIEB, 14.0%)、情節設計則是「營造故事情境」(EPC, 12.3%)等項目執行時長比例較高；而比較腳本與錄影的各項物品使用比例較高的細項皆同。

表 15

「乾冰與肥皂」科學演示腳本及影像各細項時間長度及比例

演示特徵	項目	編碼	腳本		錄影	
			總時數	比例	總時數	比例
科學內容		ESE1	2.5	8.9%	6.5	22.8%
		ESE2	2	7.1%	4	14.0%
		ESC1	5.5	19.6%	5	17.5%
		ESC2	2.5	8.9%	0.5	1.8%
	觀眾互動	EIO	0.5	1.8%	1.5	5.3%
		EIOE	4	14.3%	13	45.6%
		EIOC	1	3.6%	3	10.5%
		EIOL	1	3.6%	2	7.0%
		EIBE	2	7.1%	4	14.0%
		EIBP	2	7.1%	3	10.5%
		EIA	0.5	1.8%	0	0.0%
	情節設計	EPC	2.5	8.9%	3.5	12.3%
		EPH	3	10.7%	3	10.5%
		EPP	1	3.6%	1	3.5%
專業實驗用品	SEL1	SEL1	7	25.0%	7.5	26.3%
		SEL2	11.5	41.1%	12.5	43.9%
	日常實驗素材	SEDM	2.5	8.9%	1.5	5.3%
		ESD1	10	35.7%	13	45.6%
		ESD2	2.5	8.9%	4	14.0%
		SAC	0.5	1.8%	0	0.0%
輔助演示道具	SAP	2	7.1%	3	10.5%	
	SAE	8.5	30.4%	6.5	22.8%	

說明：依據表 11「乾冰與肥皂」科學演示腳本分析、表 12「乾冰與肥皂」科學演示錄影分析的分析結果，累計各項呈現方式及物品使用的時間長度，計算在演示總時長(28 分鐘)的比例。(資料來源：本研究整理)

4.1.4 科學演示乾冰與肥皂之呈現方式及物品使用組合

從演示腳本及錄影紀錄中，展示出各個呈現方式、道具使用項目的時間長度比例，能夠想見主要的呈現方式及物品使用為何，但是在設計腳本或活動實行時，呈現方式及道具使用多會搭配使用，故在表 16 整理了演示腳本、錄影紀錄之各呈現方式、道具使用的組合時間長度及比例。

在演示腳本中，各項呈現方式搭配不同的物品，各個組合的時間長約在 2~5.5 分鐘之間，其中科學內容及情節設計的呈現，皆以搭配專業實驗用品及日常實驗材料較多，但是在引導互動的呈現則是以使用輔助演示道具比例略高；而在錄影記錄分析中，各項組合的使用時間長度約在 1.5~11 分鐘之間，科學內容及情節設計所使用的物品，與腳本設計相似，亦以專業實驗材料及日常實驗素材為主，但是在與觀眾進行引導互動時，則是以專業實驗用品、日常實驗素材的比例最高(39.3%)。

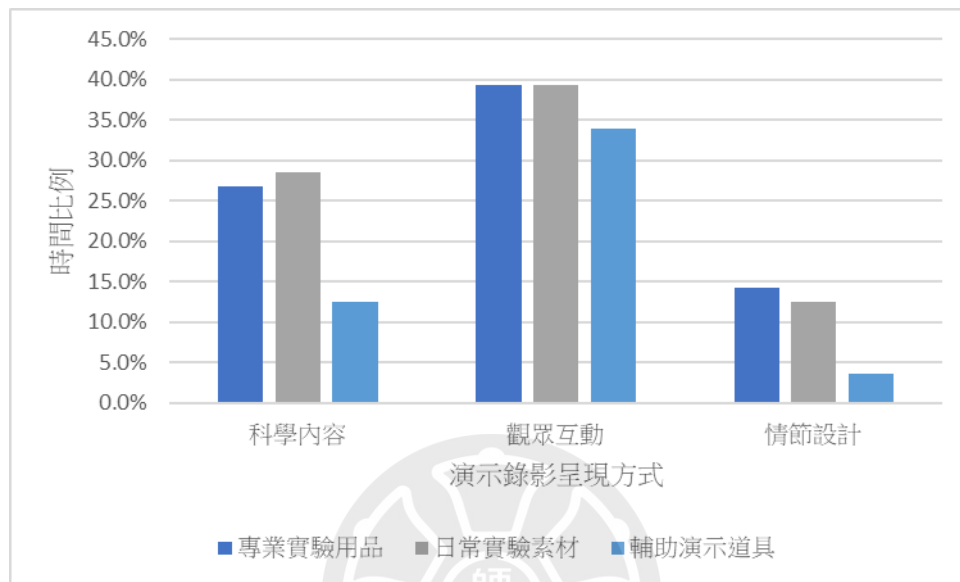
演示腳本的設計中，特徵搭配情形以「觀眾互動」結合「輔助演示用具」的時間比例最高(19.6%)，錄影紀錄則是以「觀眾互動」搭配「專業實驗用品」、「日常實驗素材」的組合時間長度比例最高(38.6%)，而兩者所佔時間長度比例最低的是「情節設計」與「輔助演示用具」。

另外，透過分析演示錄影，更能展示出呈現方式與物品使用的實際情形，在表 16 中，顯示各呈現方式使用不同物品的時間比例，在三項呈現方式中，使用物品比例較高者為與觀眾互動、最少為情節設計；而各項呈現方式中，搭配使用專業實驗用品及日常實驗素材比例較高，輔助演示道具的比例皆是最少的。在實際演示的 28 分鐘中，以觀眾互動使用專業實驗用品、日常實驗素材的比例最高(39.3%)，比例最少的是在情節設計時使用輔助演示道具(3.6%)。從實

際演示錄影的分析中，可以看出演示者最常使用實驗相關的用品或素材、與觀眾進行互動。

表 16

演示錄影中各呈現方式使用各項物品之時間比例



說明：為演示 28 分鐘中，各呈現方式項搭配使用不同物品的時間比例

第二節 觀眾對於科學演示之反應

4.2.1 觀眾背景

本次研究於民國 112 年 8 月至 9 月間進行，共收集了 148 份問卷，包含 58 份紙本問卷、90 份線上問卷，其中有 9 份因部分觀眾反應問題未回答完整，視為無效回應，共收集 139 份有效回應。使用 Excel 2019 分析有效問卷之觀眾背景，有 47 位男性、92 位女性，年紀比例以 12 歲以下比例最高(48.9%)、其次為 36 至 45 歲間(22.3%)，與科教館觀眾組成主要為親子之組成相近。

表 17

有效問卷之觀眾組成

性別	人數	比例
男性	47	33.81%
女性	92	66.19%

年紀	人數	比例
12 歲以下	68	48.92%
13-18 歲	7	5.04%
19-25 歲	3	2.16%
26-35 歲	14	10.07%
36-45 歲	31	22.30%
46-55 歲	8	5.76%
56-65 歲	8	5.76%

(n=139)

說明：其人數比例為有效問卷 139 份中所佔的人數。

填寫觀眾的問卷，平時對於科學有著相當的興趣，其中以「非常有興趣」者的比例最高(59.0%)，其次為「有興趣」者(23.0%)，僅有一人填答「沒有興趣」，顯示出超過八成的觀眾本身對於科學及有相當的興趣，觀眾對於科學的興趣調查如表 18。

表 18

觀眾對於科學的興趣

對於科學的興趣	人數	比例
非常有興趣	82	58.99%
有興趣	32	23.02%
普通	24	17.27%
沒有興趣	1	0.72%
非常沒有興趣	0	0.00%

(n=139)

說明：其人數比例為有效問卷 139 份中所佔的人數。

科教館致力於科學教育的執行及推廣，辦理之科學教育活動多元，問卷中也調查了觀眾曾經參加過的活動，以了解觀眾參與館內不同屬性活動之情形，包含導覽解說、科學演示、科學劇、科學 DIY 及科學營隊課程，其中前三項為展場常態活動，參加觀眾不需支付額外費用，而後兩項則是考量講師、材料成本之需報名繳費的科學教育活動。填寫問卷之觀眾中，多位觀眾參加過不只一項科教館之科教活動，計有 101 人曾經參加過展場活動，以參加過「科學演示」者比例最高，整體約有 66.2% 觀眾參加過；而參加過收費活動的觀眾計有 51 人，以參加「科學 DIY」者較多，佔全體比例 35.3%，顯示出觀眾平時對於科教館的科教活動已有相當程度的參與。觀眾參與過科教館的科教活動調查整理如表 19。

表 19
觀眾參加科教館之科教活動調查

屬性	人數	比例	項目	人數	比例
展場活動	101	72.66%	導覽解說	48	34.53%
			科學演示	92	66.19%
			科學劇	24	17.27%
收費活動	51	36.69%	科學 DIY	49	35.25%
			科學營隊課程	15	10.79%
從未參加過	27	19.42%			

(n=139)

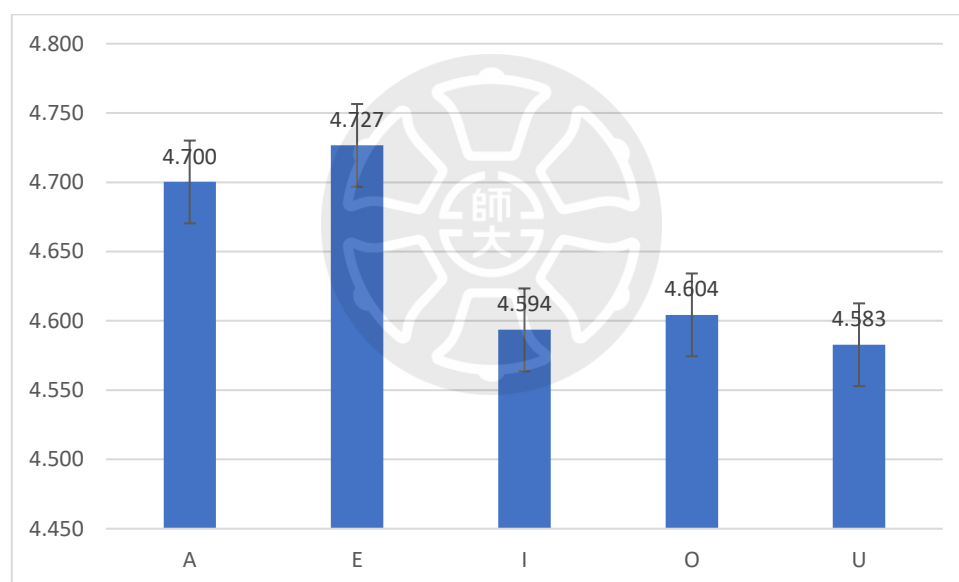
綜合觀眾性別、年紀、對科學的興趣自評以及曾經參與過的科教館科教活動等背景資料，顯示出參與科學演示的觀眾組成多以 12 歲以下的孩童為主、36-45 歲的成年人次之；多數觀眾本身對於科學已具有相當的興趣，近七成的觀眾曾經參加過科教館的展場活動，興趣及參與科教活動的行為相互呼應。

4.2.2 觀眾自評對於科學演示之反應

本研究問卷以科學傳播之「大眾對於科學之反應」作為框架，調查觀眾對於科學演示的反應，面向包含覺知(A)、享受(E)、興趣(I)、看法或態度形塑(O)及理解(U)，共設計了 13 題各面向自評、2 題科學內容選擇題。綜觀所有反應面向之描敘性統計，其平均值皆有在 4.5 分以上，平均值以享受面向(4.727)為觀測值之平均較高、其次為覺知面向(4.700)；在表 20 中也顯示出各個反應面向之標準誤差(Standard Error)，表示樣本平均值與母體平均值之差距。

表 20

觀眾對於科學演示之各面向反應



說明：為各項觀眾反應之平均值與標準誤差。

(n=139)

表 21 中整理了所有自評題項之平均值及標準差等描敘性統計分析結果，以享受面向之「5. 參與科學活動是好玩的。」觀測值之平均值(4.784)最高、標準差(.493)最低，顯示出研究樣本之觀眾對於此題項之回應意見較為集中；而在理解面向中的「12. 我可以舉出與演示中科學內容相關的例子。」項，則為此次

研究樣本之題項中觀測值之平均值(4.479)最低、標準差(.8282)最高者，表示出樣本觀眾對於此題項自評分數範圍較廣。

表 21

觀眾對於科學演示反應各題向之自評結果

面向	題項	平均	標準差
A	1. 我覺得可以從演示中學習新的科學知識。	4.734	0.546
	2. 科學與我們的生活及社會很有關係。	4.712	0.628
	3. 科學可以解決生活中的問題。	4.655	0.667
E	4. 我很享受學習科學知識，演示過程帶來我驚奇與興奮。	4.658	0.667
	5. 參與科學活動是好玩的。	4.784	0.493
	6. 我覺得透過內容講解、實驗操作等多元的展現方式，我能感受到科學知識或現象之美。	4.741	0.501
I	7. 我想知道下次科學演示或其他科普活動資訊。	4.655	0.645
	8. 我會更主動觀看科學相關的電視節目、雜誌、書籍、線上影音或社群媒體、認識科學。	4.532	0.810
	9. 我更能用學到或聽到的知識或經驗，對演示中的科學議題(如實驗原理或實驗結果及相關討論)，產生自己的想法。	4.590	0.750
O	10. 綜合不同的資訊來源，我更可以發現到科學議題有不同的面向或觀點。	4.655	0.610
	11. 當別人對科學相關議題的意見和我不同時，我會更主動找資料或做實驗確認。	4.568	0.762
U	12. 我可以舉出與演示中科學內容相關的例子。	4.475	0.828
	13. 我可以理解演示的操作過程及意義。	4.691	0.563

(n=139)

整體觀眾反應以享受面向(E)觀測值平均分數最高，但是面對多元的觀眾組成，故進一步探討各項觀眾反應中，是否因觀眾年紀而有所差異，在表 22 中，使用 SPSS(version20)以各個年齡層作為變項進行單因子變異數分析，發現在各觀眾反應中，用來衡量組內及組間變異比例之 F 值及 P 值，均未達到顯著差異，由此結果可知，在各項觀眾反應中，觀眾年齡層的不同並未產生顯著的差

異性。

表 22

不同年齡層觀眾在觀眾對於科學演示反應之差異分析

自變項	觀眾年齡	N	平均數	標準差	F 值	P 值	比較
覺知(A)	12 歲以下	68	4.652	.709	.616	.717	N.S
	13-18 歲	7	4.762	.541			
	19-25 歲	3	4.556	.577			
	26-35 歲	14	4.619	.605			
	36-45 歲	31	4.753	.481			
	46-55 歲	8	4.917	.154			
	56-65 歲	8	4.833	.390			
享受 (E)	12 歲以下	68	4.711	.612	.188	.980	N.S
	13-18 歲	7	4.571	.777			
	19-25 歲	3	4.667	.385			
	26-35 歲	14	4.762	.494			
	36-45 歲	31	4.763	.455			
	46-55 歲	8	4.750	.445			
	56-65 歲	8	4.792	.427			
興趣(I)	12 歲以下	68	4.574	.788	.357	.905	N.S
	13-18 歲	7	4.429	.976			
	19-25 歲	3	4.333	.764			
	26-35 歲	14	4.714	.469			
	36-45 歲	31	4.677	.615			
	46-55 歲	8	4.563	.750			
	56-65 歲	8	4.500	.631			
看法或 態度形 塑(O)	12 歲以下	68	4.554	.834	.350	.909	N.S
	13-18 歲	7	4.667	.766			
	19-25 歲	3	4.333	.718			
	26-35 歲	14	4.714	.419			
	36-45 歲	31	4.677	.585			
	46-55 歲	8	4.563	.487			
	56-65 歲	8	4.500	.518			
理解(U)	12 歲以下	68	4.596	.741	.969	.449	N.S
	13-18 歲	7	4.357	.744			
	19-25 歲	3	3.833	1.155			

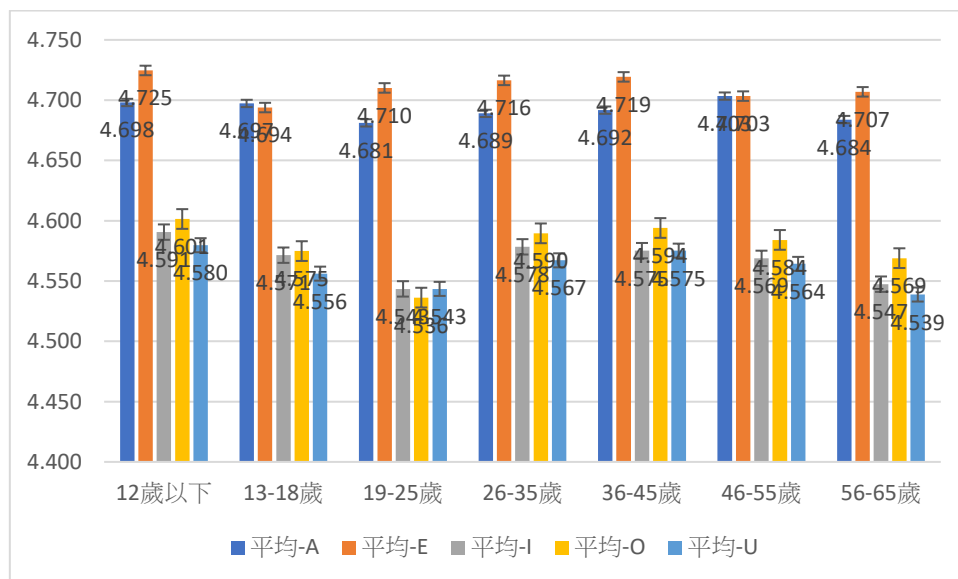
26-35 歲	14	4.714	.462
36-45 歲	31	4.613	.628
46-55 歲	8	4.688	.490
56-65 歲	8	4.500	.631

(n=139)

然而，為了了解不同年齡層觀眾對於此科學演示的反應，在表 23 中，發現不同年齡層觀眾對於科學演示的各項反應樣態略有差異，如 13-18 歲(4.762)、46-55 歲(4.917)、56-65 歲(4.833)的觀眾群，在覺知(A)面向最高，在 26-35 歲(4.786)的觀眾則是在看法或態度形塑(O)面向較高。可見同樣內容的科學演示，帶給不同年齡的觀眾群，有著不同的反應，作為全齡化的科學館所，可以由此得知觀眾的多元背景與對於科教活動反應的關係。若是從各項觀眾反應中比較各年齡層觀眾的反應，覺知(A)、享受(E)面向分別以 46-55 歲(4.917)、56-65 歲(4.792)的平均分數最高，而在興趣(I)、看法或態度形塑(O)、理解(U)皆在 26-35 歲獲得最高的平均分數。

表 23

不同年齡層對於科學演示的各項反應之平均分數



說明：為各個年齡層在各項觀眾反應面向題項之平均值。

本研究以觀眾自評的方式填寫問卷，以分析觀眾對於科學演示的各個面向回應，比較各面向平均值及標準差，平均皆有.453 以上，尤其以享受面向(E)的觀測值之平均值(.473)最高、標準差(.561)最低，顯示出觀眾對於科學演示在享受面向的自評分數，有一致高度的回應，與學者描述科學演示讓觀眾感到有趣、放鬆及興奮等享受反應相符(Karim & Roslan, 2020)。

4.2.3 觀眾對於科學演示之興趣及理解

然而，在興趣、理解面向等觀眾反應，則有著相較於其他面向較低的平均值、較高的標準差(興趣面向平均值=4.594、標準差=.734，理解面向平均值=4.583、標準差=.715)。在問卷中設計此兩面向相關的簡答題，希望透過觀眾的填答，輔以掌握觀眾觀看過此科學演示，對於此主題的興趣及理解狀況。

針對觀眾的興趣反應(I)，問卷中設計「16.讓我對於這個科學主題引發更多好奇或想提問相關問題，我想問：」一簡答題，以了解觀眾在觀賞科學演示之後，是否對於此科學演示主題及相關科學內容，想要了解更多、引起觀眾的思考及興趣。在 139 份問卷中，共有 44 份問卷有提出相關問題，佔全體的比例約為 32.7%，依據觀眾回答的內容，可將觀眾提問分為乾冰、肥皂水、演示實驗、科學內容等類別，在觀眾提問的問題中，以乾冰相關的提問比例最高(19.42%)，內容包含乾冰製成、性質、生活應用等，顯示出觀眾觀看過此科學演示後，對於乾冰特別感興趣，除了問卷回應之外，現場也時常接獲觀眾詢問乾冰如何購買等問題；觀眾提問的內容其次則是演示中的實驗現象(10.07%)，提問內容整理如表 24。

表 24

觀眾對於「乾冰與肥皂」演示主題之提問

提問類別	提問人數	比例	舉例
乾冰	27	19.42%	為什麼乾冰是酸性？ 為什麼乾冰會比冰塊冰？ 乾冰為什麼會冒煙？ 乾冰是怎麼做的？ 乾冰去哪裡買？ 乾冰在生活中的應用？ 乾冰如何保存？ 乾冰能不能飲用？
肥皂水	2	1.44%	泡泡的膜是如何形成？ 肥皂水中加了酸鹼指示劑嗎？
實驗現象	12	8.63%	如果加入顏色，會變色嗎？ 量筒的水是甚麼？ 為何肥皂水倒進試管(量筒)時會有顏色呢？
科學內容	3	2.16%	檸檬水是什麼性？ 想了解更多液體的酸鹼中和 是用甚麼酸鹼指示劑？

(n=139)

說明：各個項目的提問比例為有效問卷中所佔有的提問人數。

此演示主題雖然為「乾冰與肥皂」，但是由觀眾提問情形可以得知觀眾對於科學演示中的乾冰有著濃厚的興趣，除了想了解更多乾冰的性質，也有許多觀眾詢問何處可以購買乾冰，希望能有更多可以使用乾冰進行體驗或實驗的機會。透過觀眾提問，可以了解觀眾對於演示內容的興趣程度及方向。

另外，為能掌握觀眾對於此科學演示主題之理解狀況，除了問卷的自評題項之外，也設計了兩題選擇題，更能真實反映出觀眾是否能理解科學演示中所提及的主要科學內容。在有效問卷 139 份中，共有 128 份皆作答正確，為整體比例 92.1%，有 11 份問卷作答結果在選擇題項有答錯的情形，包含 9 份答錯一題、2 份答錯或未答，佔整體比例 7.91%，整理如表 25。

表 25

觀眾對於科學演示科學內容之作答情形

作答情形	人數	比例
答對	128	92.09%
答錯	11	7.91%
答錯 1 題	9	6.47%
答錯 2 題	2	1.44%

(n=139)

為深入檢視不同年齡層觀眾之作答情形，結合觀眾的背景資料，比較各個年齡層之答對、答錯比例如表 26，19-25 歲、56-65 歲兩年齡層中，各有 1 人答錯，但因為該年齡層的人數較少，使得答錯的比例較高。然而，在 12 歲以下、26-35 歲、36-45 歲等年齡層中，答錯的比例與整體答錯比例(7.91%)相近。

表 26

各年齡層作答狀況比例

年紀	總人數	答對人數	答對比例	答錯人數	答錯比例
12 歲以下	68	62	91.18%	6	8.82%
13-18 歲	7	7	100.00%	-	0.00%
19-25 歲	3	2	66.67%	1	33.33%
26-35 歲	14	13	92.86%	1	7.14%
36-45 歲	31	29	93.55%	2	6.45%
46-55 歲	8	8	100.00%	-	0.00%
56-65 歲	8	7	87.50%	1	12.50%

(n=139)

說明：各個年齡層中之答對、答錯的比例，為答對、答錯之人數於各年齡層總人數之比例。

整體來說，為了探討觀眾對於科學演示之興趣、理解反應，透過簡答題及選擇題，提供問卷自評之外的資訊，不僅讓研究者更能了解觀眾對此演示的興趣所在以及科學內容的理解情形。經過此科學演示，許多觀眾對乾冰產生了好奇及興趣，也大多能掌握演示中主要的科學內容。而就實務經驗而言，演示者

在演示過程中，也可以透過問答討論與觀眾互動，得以即時掌握觀眾的興趣所在以及理解程度，作為面對不同觀眾時得以調整的重要線索。

第三節 觀眾反應與科學演示活動特徵之關係

經過腳本及錄影分析，可以整理出「乾冰與肥皂」科學演示中的呈現方式及道具使用等活動特徵，而收集觀眾對於科學演示的問卷自評，則能分析出在各個面向之觀眾反應。然而，為能了解觀眾觀看科學演示時，其活動特徵與觀眾反應的關係，本研究於演示結束後進行半結構訪談，共收集了 13 位觀眾的說明。

13 位受訪者包含 6 位男性、7 位女性，其中 7 位年紀為 12 歲以下、2 位 13-18 歲、1 位 19-25 歲、1 位 36-45 歲以及 2 位 46-55 歲。訪談內容分別以(一)觀眾在演示中最喜歡的、(二)演示中最能引發觀眾興趣的、(三)演示中最能幫助觀眾理解的等三個感受，對應至科學演示研究中較為重視的享受、興趣及理解反應，作為演示活動特徵與觀眾反應關係之說明。

首先，依據科學演示活動特徵，對應至半結構訪談的項目，在呈現方式中包含屬於科學內容的「演示者操作科學實驗」、「演示者講解科學原理」，在觀眾互動的呈現中包含「演示者引導觀眾觀察或預測」、「演示者與觀眾互動問答」及「演示者說明與生活的關聯」，並將與觀眾行為參與分為「自己上台參與科學演示」和「其他觀眾上台參與科學演示」，情節設計則是以「演示劇情、情節笑話設計」作為代表。在物品使用項中，分別以「使用少見的實驗器材」、「使用常見的日常用品」及「使用道具或數位設備」作為實驗操作器材、日常實驗素材及輔助演示道具的代表。三項觀眾反應與各演示活動特徵項目的回應人數及比例，整理如表 27。

表 27

訪談觀眾各反應與科學演示活動特徵之比例

大項	子項	半結構訪談 項目	三、喜歡哪一種科學展現的方式 (可複選)? 為什麼?		四、科學演示中的哪一個部分最能引起我對科學的興趣 (可複選)? 為什麼?		五、科學演示中的哪一個部分最能幫助我理解科學內容 (可複選)? 為什麼?	
			人數	比例	人數	比例	人數	比例
科學內容	科學實驗	演示者操作科學實驗	13	100.00%	6	46.15%	6	46.15%
	科學概念	演示者講解科學原理	8	61.54%	4	30.77%	9	69.23%
觀眾互動	口語互動內容	演示者引導觀眾觀察或預測	9	69.23%	5	38.46%	6	46.15%
	口語互動內容	演示者與觀眾互動問答	10	76.92%	6	46.15%	4	30.77%
	口語互動內容	演示者說明與生活的關聯	8	61.54%	5	38.46%	5	38.46%
	參與科學實驗	自己上台參與科學演示	7	53.85%	7	53.85%	3	23.08%
	參與科學實驗	其他觀眾上台參與科學演示	10	76.92%	3	23.08%	3	23.08%
情節設計	故事情境	演示劇情、情節、笑話設計	6	46.15%	1	7.69%	2	15.38%
實驗操作器材	來自實驗室	使用少見的實驗器材	8	61.54%	7	53.85%	4	30.77%
日常實驗素材	來自日常生活	使用常見的日常用品	9	69.23%	5	38.46%	4	30.77%
輔助演示道具		使用道具或數位設備	3	23.08%	2	15.38%	4	30.77%

(n=13)

說明：回應比例為該題項中受訪者有提及的人數佔總受訪者人數之比例。

4.3.1 科學演示活動特徵與觀眾的享受反應(E)的關係

半結構訪談中，以訪問觀眾在科學演示中喜歡哪種科學展現的方式，以了解演示中的哪些活動特徵與享受反應較有關係。13位受訪者皆喜歡看到「演示者操作科學實驗」，M03受訪者回憶著觀看操作科學實驗的經驗：

因為之前學校同學覺得不合理、老師不理他，但後來一起實際操作找到答案，覺得很棒。

F04、M04受訪者對於科學實驗印象深刻，說到：

...(在演示中)演示者展示一些生活中不會特別嘗試的實驗，我覺得很新奇。

...很喜歡在舞台上展演科學現象。

而舞台上演示者所展示的科學現象，視覺效果也搏得觀眾的青睞，F07受訪者表示：

...(在演示中)利用酸鹼指示劑產生顏色變化的視覺效果很好。

由受訪者的回應可知，演示者在台上操作具有視覺效果科學實驗，能讓觀眾感到新奇及喜歡，甚至可以連結起之前與科學實驗有關的經驗，使得印象更為深刻。而其他各項活動特徵比例較高者中，觀眾互動以「演示者與觀眾互動問答」及「其他觀眾上台參與科學演示」皆為76.2%；道具使用則是以「使用常見的日常用品」(69.3%)最受到受訪者們的喜愛。

在演示的過程中，有設計邀請觀眾上台一起參與演示的段落，M03受訪者

表示雖然自己沒有上台參與演示，但很喜歡看其他觀眾上台，因為他覺得：

...因為(自己)有可能上台的機會。

F03 及 F06 受訪者提及演示中所使用吹泡泡用具等日常實驗素材，說到：

...因為以前有玩過(肥皂泡)，覺得很好玩。

由受訪者喜歡科學展現方式的描述中，可以歸結出觀眾對於科學演示的享受反應(E)，與科學內容中之演示者操作科學實驗、觀眾互動之互動問答、以及所使用的日常實驗素材較有關係。從問卷調查中，得知享受反應(E)是觀眾反應平均分數最高的，更以「參與科學活動是好玩的。」項分數最高，可見透過操作實驗、互動問答、使用日常實驗素材，是受到觀眾喜歡的展演科學方式，也能使得觀眾發覺到參與科學活動之趣味。

4.3.2 科學演示活動特徵與觀眾的興趣反應(I)的關係

訪問到演示中最能引發觀眾興趣反應之演示活動特徵，呈現方式以觀眾互動中之「自己上台參與科學演示」提及比例最高(53.9%)，儘管 13 位受訪者中僅有 4 位有受邀上台參與，但是部分受訪者表達出上台參與的嚮往，如對科學本就有相當興趣的 M03 受訪者說明：

...自己對科學的興趣，大多以實作為主，若能用到未用過的器材，更是令人印象深刻。

訪問到有上台參與的 M06 受訪者，演示結束後表示：

...願意再上台、再參與，會覺得很興奮。

顯示出無論是否有上台，能上台參與演示一事對於觀眾而言，是令人期待且興奮的，也表明再參與的意願。更有受訪者表示前幾天看過相同演示內容，隨即到館內相關內容的展示區參觀，並且於當日演示時坐在第一排、想觀看全程，可見此演示內容能激發觀眾對此科學主題的興趣，並引發觀眾積極參與相關科學活動的行為。M04 受訪者興奮地說到：

...前 2 天有看過這個演示，當時只看到後半段、且坐在比較後面，...前 2 天看完演示即到館內的化學區了解酸鹼等性質。這次想看全程、坐在第一排，...願意下次再來看演示者的演示。

在物品使用的活動特徵中，則是提到「使用少見的實驗器材」(53.9%)的比例較高，尤其是演示中使用的乾冰、酸鹼指示劑等實驗材料，往往是在演示結束後觀眾最為好奇的物品，身為大學生的 F04 受訪者表示：

...(演示中)有利用酸鹼指示劑作出平常不會想到的實驗，會更想深入了解背後的原理。

而 F03、F04、F07 受試者，對於演示中所使用的酸鹼指示劑非常有興趣，在訪談的過程中，有詢問指示劑種類、不同指示劑可否混合在一起、產生顏色變化的手法等問題。受訪者對於下一次科學演示活動的期待、和演示中使用物品的好奇，如同問卷想知道下次科學活動資訊之平均分數(4.655)、以及在「在這個演示中，我想知道...」簡答題項中 8.63%的觀眾在問卷中詢問了實驗現象相關的問題，顯示出觀眾的興趣反應(I)與觀眾參與、使用專業實驗用品有關。

4.3.3 科學演示活動特徵與觀眾的理解反應(U)的關係

除了使用問卷自評及科學內容選擇題了解觀眾對科學演示的科學內容理解反應，在觀眾訪談中，有助於獲知科學演示中哪些活動特徵有助於觀眾理解科學內容，在 13 位受訪者中，有 9 位表示「演示者講解科學原理」對觀眾理解有所助益，比例約為 69.2%。F07 受訪者作為家長，也從科學演示解說對於孩童可能的影響，說到：

...在科學知識方面，有解說、和生活連結，對於小小孩比較有感。

在與觀眾理解反應(U)有關的演示活動特徵，其次以科學內容之「演示者操作科學實驗」、觀眾互動之「演示者引導觀眾觀察或預測」各佔有 46.2%，並且在受訪者的說明中，有提到此兩項活動特徵與「演示者講解科學原理」的搭配，演示者的解說不僅能增進觀眾認識科學內容，介紹實驗器材及操作步驟，也能讓觀眾對此演示主題有更完整的認知如，M05 受試者對此說到：

...演示者說明、問答和器材能幫助理解原理及過程。

M02 受試者也表示：

...在科學演示中使用不同的方式，可以更了解科學。

而 M03 受試者更是明確地說明演示中操作實驗器材、材料的介紹，能幫助理解的原因：

...(在演示中)看過演示者操作(實驗室中的器材)，之後會知道如何使用這些

實驗器材。...(演示中使用日常實驗素材) 即便不懂內容，但回家可以試試看，幫助理解。

結合觀眾在問卷理解反應(U)自評、科學內容選擇題作答情形和半結構訪談結果，顯示出演示者說明科學原理、搭配科學實驗操作的講解，與觀眾理解反應的關係，幾位受訪者在接受訪談的時候，仍能清楚地說明乾冰溫度、酸鹼指示劑等演示中所介紹的科學概念(F03、F04、M06)。也有受試者提到演示實驗中的實驗器材和材料，透過講解可以認識操作方式，有助於觀眾了解，此結果亦與觀眾自評「我可以理解演示的操作過程及意義。」(4.691)相呼應。由此可知，參加科學演示，不僅讓觀眾認識演示主題中陳述性的科學概念，也可以從操作實驗器材等過程中，接觸到科學實驗的程序性知識，提供觀眾多個科學知識展現及掌握。

在此節中，透過半結構訪談觀眾，剖析觀眾反應與各項科學演示活動特徵中呈現方式、物品使用之間的關係，發現觀眾享受反應(E)與科學內容之「演示者操作科學實驗」及使用「常見的日常用品」、興趣反應(I)與觀眾互動之「自己上台參與科學演示」及選用「使用少見的實驗器材」、理解反應(U)與科學內容之「演示者講解科學原理」是最有關係的，Sunassee 等人的研究也指出使用學習者少見的化學藥品，可使學習者在過程中獲得科學相關知識(2012)。

第四節 綜合討論

為探討科學演示之活動特徵與觀眾反應的關係，逐項進行「科學演示腳本及錄影分析」、「觀眾對於科學演示之反應」、「觀眾反應與科學演示活動特徵之關係」等資料分析，彙整 139 位參與科學演示的觀眾反應、13 位半結構訪談等結果後，觀眾對於科學演示以享受反應(E)之得分最高，且多數受訪者喜歡「演

示者操作科學實驗」、「演示者與觀眾互動問答」、「其他觀眾上台參與科學演示」等科學展現的方式。本研究中有以下四點值得進一步進行討論：

一、科教館科學演示所具有的呈現方式、道具使用等活動特徵

參考科學演示之活動特徵，從實際錄影分析中，發現時長約 28 分鐘之演示主要的呈現方式為「觀眾互動」，佔演示總時長 93.0%，再仔細檢視與觀眾互動的內容，則以「科學事物討論」項最為主要(45.6%)，顯示出演示者多以針對具體的科學現象，與觀眾進行引導觀察、預測、推論及解釋。與演示腳本所設計的各项呈現方式比較，發現觀眾互動之科學事物討論，在實際執行時時間多出約 9 分鐘，為所有活動特徵之腳本設計與實際錄影的時長差異之最，其次為科學內容呈現方式之「操作科學實驗」項，時長差距約為 4 分鐘。由此可見，比起演示腳本規劃，演示者在實際執行科學演示時，與觀眾互動進行討論科學事物、以及操作科學實驗的時間較長。

同時，分析演示錄影也可以看出呈現方式與道具搭配使用的真實狀況，呼應此演示主題為屬於專業實驗用品的乾冰、酸鹼指示劑，以及屬於日常實驗素材的肥皂水，結果顯示以觀眾互動使用專業實驗用品、日常實驗素材的比例最高，在錄影總時長皆佔有 39.3%的時長。簡而言之，在實際執行科學演示時，演示者使用實驗操作相關之專業用品及日常素材與觀眾互動，是最常出現的形式，也顯示出科學演示具有相當的互動性。

二、參與科學演示之觀眾組成及背景

分析參與科學演示之觀眾背景變項，男女比例約 34:66，並以 12 歲以下的孩童佔大多數(48.9%)、其次為 36-45 歲(22.3%)，顯示出女性觀眾較多，且以國小學童或親子為主要觀眾族群。而參與演示的觀眾中，近八成觀眾本身對於科學有著相當的興趣、超過七成觀眾則是參加過科教館的展場活動，可見這些觀

眾不僅自覺自身對於科學的興趣，更可以從參與科教館之導覽解說、科學演示及科學劇等展場科教活動之行為，展現出發自對科學的興趣，與參加科教活動之呼應，顯示出參加科學演示的觀眾主要為對科學有興趣、多參加過科教活動之親子或孩童。

三、觀眾對於科學演示的主要反應

本研究結果指出，參與科學演示之觀眾反應在享受面向平均得分最高(4.727)，且標準差最小(.561)，可見觀眾對此反應之得分回應最為一致，其中更以「參與科學活動是好玩的」平均得分最高(4.784)，顯示科學演示最能讓觀眾產生情感認知上的反應，能感受到科學活動之趣味所在；此外，在問卷之想了解更多之簡答題項、和科學內容的選擇題項中，約六成的觀眾提出乾冰相關的問題、超過九成的觀眾能回答正確與演示主題有關的科學概念，表示在參與「乾冰與肥皂」的科學演示後，多數觀眾對於乾冰產生極大的興趣及好奇，對於演示中介紹的乾冰性質、酸鹼值變化等科學概念也能理解。由問卷結果可知，觀眾對科學演示較為享受反應，同時也能藉由參與演示激發對此科學主題的興趣及好奇，且在於科學概念的理解也能有相當的掌握，與先前研究指出科學演示所具有的娛樂性和教育性相符(Kerby et al., 2010)。

四、科學演示活動特徵與觀眾反應的關係

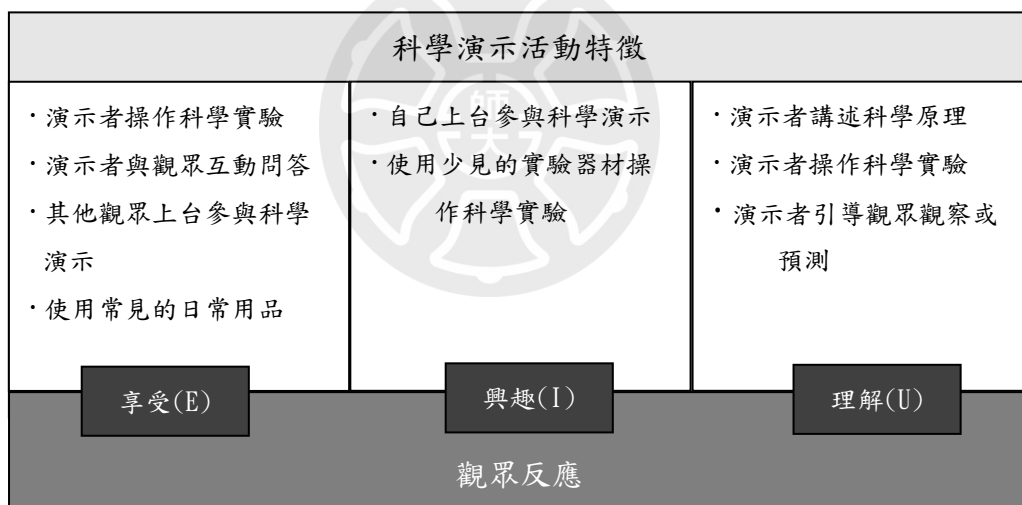
最後，超過七成的受訪者喜歡「演示者操作實驗」、「演示者與觀眾互動問答」、和「其他觀眾上台參與演示」、「使用少見的實驗用品」及「使用常見的日常用品」等展現科學的方式，呼應觀眾的享受反應，得以見得科學演示中操作實驗、與觀眾互動、讓觀眾參與等特徵，是觀眾能享受、產生情感認知反應的原因。另外，在觀眾的興趣反應，則主要與「自己上台操作實驗」、「使用少見的實驗器材」有關，反映出科學實驗的參與與觀眾興趣的關係。作為科學教育

活動，科學演示也相當重視觀眾對於科學內容的理解，受訪觀眾表示演示中「演示者講解科學原理」對於理解最有所助益。在 Sunassee 等人(2012)的研究中，指出科學館所中少見的專業實驗用品，能增進學生對於科學的理解。

綜合以上，本研究發現科學演示不僅具有娛樂性、教育性，在演示過程中極重視與觀眾的互動性，且此三項性質，也與觀眾所產生的享受、理解及興趣反應有所呼應(如圖 5)，尤其更以藉由科學實驗展現科學引發的享受反應、透過觀眾互動增進對科學的興趣，最能展現科學演示不同於其他科學活動之特色與價值。

圖 5

主要觀眾反應與科學演示活動特徵之關係



說明：此圖說明各科學演示活動特徵能引發之觀眾反應，說明科學演示活動特徵與觀眾特徵之關係。

(研究者自行繪製)

本研究之目的為探討科學演示活動特徵與觀眾反應之關係，藉由分析科學演示中各項活動特徵，以及問卷、訪談的結果，了解主要影響觀眾某項反應之

呈現方式或物品使用等特徵項目為何，歸結出科學演示活動特徵與觀眾反應之關係。

在腳本分析及錄影紀錄中，可以展現出科教館科學演示「乾冰與肥皂」的呈現方式及道具使用等活動特徵。在演示腳本分析中，從演示者的口白及搭配使用的道具，看出該項演示的科學內容及情節設計，演示中使用的道具，依腳本描述可以一窺在演示中所扮演的角色及功能，以呼應各呈現方式、道具使用的項目編碼。而透過錄影影像分析，可以更精準地描述演示者實際面對觀眾的引導互動情形，以及呈現方式與道具使用組合及運用時機，也可以了解在不同演示主題中，活動特徵的各個項目、呈現方式及道具使用的組合樣態。

從觀眾填寫的觀眾反應問卷，經統計分析，可以比較出參與科學演示的觀眾在 AEIOU 各項反應的差異，其中依不同演示主題所設計科學內容、現象相關的選擇題，藉由作答情形可得知觀眾對於科學概念之認知理解狀況，能全面地了解觀眾觀看科學演示後在認知、情感各面向的反應。透過與觀眾的半結構訪談，能顯示出主要影響觀眾興趣、理解等反應之演示活動特徵設計，幫助我們了解演示活動特徵與觀眾反應之間的關係。

本研究分析科教館演示中的活動特徵及觀眾反應，與過去文獻所提到的科學演示具有科學內容、科學實驗的呈現，帶給觀眾有趣、理解等反應相互呼應 (Zana, 2005)，不僅更能清楚地歸納出科學演示的活動特徵，從實例中更可以看到活動特徵與不同的觀眾反應之關係，如同 Austin 與 Sullivan(2019)指出有效的科學演示之建構策略，運用各種呈現方式與物品使用的組合，以達到與觀眾互動、情感營造等效果。科學演示活動特徵與觀眾反應的關係，不僅具體展現出科學演示具教育性、娛樂性及互動性的內涵，未來可在研發或精進演示中，也提供更為具體的參考方向，以促進對於不同觀眾反應的影響。

第五章 結論及建議

本研究以科教館的科學演示「乾冰與肥皂」為例，分析演示中的呈現方式、道具使用等活動特徵，採用問卷調查、半結構訪談等混合研究的方式，並參考科學傳播大眾對於科學的反應框架(AEIOU)(Burns, et al., 2003)，收集觀眾對於科學演示的各項反應，以及訪談中觀眾說明各項反應與活動特徵之關係。研究於 2023 年 8 月至 9 月間進行，總共收集 139 份觀眾問卷、13 位觀眾半結構訪談。

本章節綜合研究目的及發現，從分析各項科學演示中的活動特徵，至藉由科學傳播探討觀眾對於科學演示的反應，顯示出觀眾對於科學演示的反應，並了解觀眾反應與演示活動特徵的關係，彙整出科學演示相關研究的實務建議，提供未來進行研究或發展科學演示之參考。

第一節 研究結論

依據本研究的研究目的及結果，綜整結論如下：

一、科教館科學演示所具有的呈現方式、道具使用等活動特徵

本研究分析演示腳本及錄影，確實涵蓋科學內容、觀眾互動、情節設計等呈現方式、以及使用專業實驗用品、日常實驗素材及輔助演示道具等道具。分析結果中，發現腳本規劃的演示呈現方式，以「科學內容」之「解說科學概念」時間比例最高，而在實際執行科學演示時則以「觀眾互動」之「科學事物討論」的呈現方式比例較高，顯示出演示者在現場多針對科學現象、相關物品等具象的事物，引導觀眾觀察、預測或推論甚至得到解釋等討論互動，而非由演示者單方向地向觀眾解說科學概念，突顯出科學演示現場以互動的方式輔助

教育的特色，(Petruševski & Bukleski, 2006)。在道具使用的方面，兩者皆以「專業實驗用品」的使用占有最大的比例，基於演示主題規畫及使用了側管錐形瓶、量筒、燒杯、乾冰及酸鹼指示劑等來自專業實驗室的作品進行實驗操作，如此的設計也呼應了文獻中指出科學演示能提供不易於學校或日常生活中見到的實驗用品，讓觀眾或學生有認識新事物的機會，讓學生對於科學相關內容或職業有更多的興趣或認識(Sunassee et al., 2012)。簡而言之，透過分析科學演示各項活動特徵，有助於演示者了解現場科學演示中與觀眾進行具體科學事物討論的重要性，展現科學演示除了學者提及的教育性及娛樂性(Kerby et al., 2010)之外，還具有相當的互動性；同時使用專業實驗器材不僅能輔以科學實驗操作，更能帶給觀眾不同於其他教育場域的新奇感受。

二、觀眾對於科學演示之反應

本研究參科學傳播之大眾對於科學的反應作為框架，使用問卷調查觀眾對於科學演示之 AEIOU 等各面向的反應，在五點量表中整體問卷平均得分為 4.650，AEIOU 五大觀眾反應平均分數介於 4.475 及 4.784 之間，各個反應間並沒有顯著差異。分別探討各項觀眾反應，發現以下個重要結果：

(一)、參與科學演示之觀眾反應以「享受面向(E)」之描述性統計值較高

使用觀眾對於科學演示的問卷調查，在 1 至 5 分中，各個面向之描述性統計值平均皆有達到 4.5 分以上，其中以享受面向平均分數 4.727(SD=.561)，顯示出科學演示主題最能使觀眾產生享受的情感認知，而在此面向中的各個題項得分中，則以「參與科學活動是好玩的。」觀測值平均分數最高(4.784)，反映出科學演示確實會帶給觀眾有趣、愉快的經驗，此結果也與文獻描寫到科學演示能讓學生產生有趣、興奮等情感享受相互呼應，也突顯出科學演示之娛樂性(Held, 2017; Karim & Roslan, 2020; Peleg & Baram-Tsabari, 2016; Sunassee et al.,

2012)。

(二)、參與科學演示之觀眾「興趣反應(I)」

在觀眾背景調查中，超過八成的觀眾自評對於科學有相當的興趣，其中約有七成的觀眾參加過其他科教館的展場活動，近三成七的觀眾甚至有參加過科教館的收費科學教育活動，由此可知參與科學演示的觀眾，本身不僅對科學有興趣，更能以實際的行動參與科學相關活動。

透過分析觀眾問卷的結果，興趣反應之觀測值平均分數為 4.594(SD=.734)，比起觀眾反應的平均分數稍低、意見也較為分散。但是，整理問卷中觀眾對於演示主題的提問，在 139 份有效問卷中，有 27 人提出了乾冰有關的問題，比例約占整體之 19.42%，提問內容包含乾冰的化學或物理性質、以及乾冰在生活中的連結或應用，由此結果可見，觀眾在參加過此科學演示之後對於乾冰的興趣極為明顯。

(三)、參與科學演示之觀眾「理解面向(U)」

觀眾在問卷中自評理解反應觀測值平均得分為 4.583(SD=.715)，為所有觀眾反應中平均分數最低，而觀眾回答科學內容選擇題結果顯示，超過 9 成的觀眾全數答對，由答題狀況顯示出大多數的觀眾能正確理解此科學演示中主要的科學概念，也與觀眾可以透過科學演示獲得科學知識的結果一致(Karim & Roslan, 2020; Kerby et al., 2010)。

綜合以上，參考科學傳播大眾對於科學之反應框架，運用在觀眾對於科學演示之反應為可行的，其中以享受反應最為主要，但是在興趣、理解等面向中，觀眾也能表現出相當程度的反應，

三、科學演示活動特徵與觀眾反應之關係

為了解觀眾在參與科學演示的過程中，是哪些活動特徵使得觀眾產生某項反應。接受半結構訪談的全數觀眾表示，喜歡看到「演示者操作科學實驗」，也有不少受訪者反應以「演示者與觀眾互動問答」及「其他觀眾上台參與科學演示」與觀眾互動、使用「使用常見的日常用品」也受到觀眾喜愛，不僅能帶領觀眾在實際操作的過程中找到答案，有別於日常生活中的特殊嘗試更是能帶給觀眾新奇的感受。綜合觀眾反應問卷及半結構訪談的結果，明確指出操作科學實驗與觀眾享受反應的關係。

另外，超過 5 成的受訪者指出觀眾互動項中「自己上台參與科學演示」、「使用少見的實驗器材操作科學實驗」最能引起興趣反應(I)，能讓人印象深刻、興奮。而針對觀眾理解反應(U)，近 7 成受訪者認為「演示者講述科學原理」，最能有助於理解科學內容，包含乾冰溫度、酸鹼指示劑等主要的科學概念，以及操作實驗的步驟，約 4 成受訪者也提到科學內容之「演示者操作科學實驗」、觀眾互動之「演示者引導觀眾觀察或預測」對理解的影響，與許多文獻提到演示者透過提問、引導觀察、進行預測及推論等互動方式，讓觀眾能積極投入其中、也能有效地認識科學知識(Caleon & Subramaniam, 2005; Monacelli & Silberman, 2006; Morgan, et al., 2006)相符。

第二節 研究建議

從上述的研究結論，本研究針對科學演示的實踐提出以下建議：

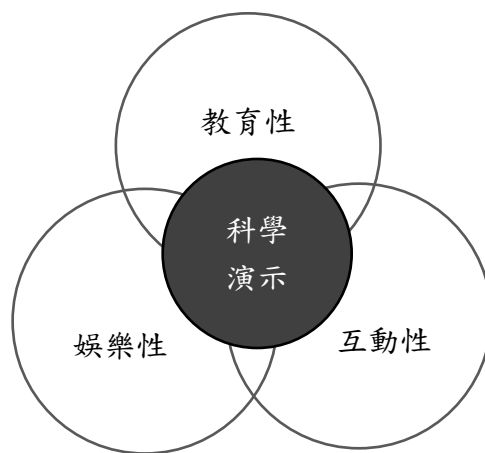
一、科學演示具有教育性、娛樂性及互動性

本研究參考部分文獻以科學傳播的角度探討科學演示與觀眾反應的關係 (Peleg & Baram-Tsabari, 2016; Watermeyer, 2013)，以科教館「乾冰與肥皂」科

學演示為例，透過比較演示腳本及錄影分析，發現在實際進行科學演示時，以觀眾互動之「科學事物討論」時間比例最高，受訪者表示演示者引導觀察或預測，可以加深對於科學現象的印象，若能預測正確，也能獲得相當的成就感；由此可知，演示者與觀眾互動的過程，舉凡引導觀眾觀察明顯科學現象、進行預測或推論，進而以問答的方式討論抽象的科學概念，或用口語及道具連結觀眾的生活經驗；除了與觀眾口語互動之外，科學演示的重要特色即是邀請觀眾上台參與實驗，也是觀眾表示最能激起興趣反應的活動特徵，觀眾表示能有機會使用專業實驗材、參與實驗，讓人非常興奮，這也是科學演示有別於其他科學教育活動，能增加觀眾參與度，甚至增進享受、興趣及理解等反應，展現學者所謂「現場表演」的特質(Zana, 2005)，綜合學者提出科學演示所具有的教育性、娛樂性(Kerby et al., 2010)，觀眾參與(Watermeyer, 2013; Karim & Roslan, 2020)以及演示者與觀眾互動的特性(Zana, 2005)，顯示出科學演示應具有教育性、娛樂性及互動性等內涵(如圖 6)。

圖 6

科學演示所具有之內涵



(研究者自行繪製)

二、科學演示活動特徵作為規劃之參考

在本研究中，以分析腳本及錄影等方式，整理出此科學演示中的呈現方式及道具使用。在腳本設計時，呈現方式以操作科學實驗、展示實驗效果及講述科學概念等科學內容為主，與研發科學演示的過程中，針對科學實驗現象及相關概念等發想為主相符；然而，在實際執行科學演示累積經驗後，演示者逐漸能掌握與觀眾的互動方式，能搭配實驗操作及科學現象等時機，並以討論、問答與觀眾進行口語互動，代替原本設計由演示者講述科學內容的方式。科學演示呈現方式及道具使用等活動特徵，能作為發想科學演示時的參考架構，包含科學內容、觀眾互動、情節設計等呈現方式，與展示科學現象所用的專業實驗物品、日常實驗素材，或輔助演示活動之道具等項目及其內容，或者是呈現方式與不同道具搭配使用等，提供科學演示研發過程中較為具體的思考方向。而在實際執行科學演示時，此架構也提供演示者能以引導觀察、問答、連結生活經驗等方式與觀眾進行口語互動以增進觀眾參與。Austin 和 Sullivan(2019)指出有效的科學演示常使用讓觀眾感受到好奇或驚訝所驅使的策略、連結觀眾的情感或透過討論及邀請志願者等讓觀眾參與等方式。在此研究中，由訪談觀眾以了解科學演示活動特徵與觀眾反應的關係，可以幫助演示者了解那些演示活動特徵較能促進觀眾之享受、興趣及理解等反應，對於想促進某項觀眾反應時，能提供具體的策略。

參考文獻

- 王如哲 (2010)。解析「學生學習成效」。評鑑雙月刊，27，62。
<https://doi.org/10.6445/EB.201009.0062>
- 方金祥、張志聰、謝耀隆 (2009)。一氧化碳與二氧化碳之簡易安全氣體製備裝置設計與在化學教學演示上之應用研究。化學，67(4)，421-428。
<https://doi.org/10.6623/chem.2009042>
- 江淑琳、張瑜倩 (2016)。更民主的科學溝通：科學類博物館實踐公眾參與科學之角色初探。傳播研究與實踐，6(1)，199-227。
<https://doi.org/10.6123/JCRP.2016.008>
- 張美珍 (2000)。從認知心理學派觀點探析博物館內學習。科技博物，4(4)，30-47。
- 張美珍 (2001)。談科學博物館教育政策的擬定。科技博物，5(2)，33-45。
<https://doi.org/10.6432/TMR.200103.0033>
- 張慧貞 (2008)。演示實例之理解與誤解：以 [喝水鳥] 與 [愛情溫度計] 為例，
Chinese Physics, 9(1), 1-16.
- 張慧貞、陳宗慶 (2004)。演示教學引導探究學習：以聖誕燈學電路為例。科學教育月刊，274。
- 張譽騰 (1987)。博物館教育活動的理論與實際。文史哲出版社
- 張譽騰 (1994)。博物館觀眾研究的目的、範疇與方法。人類與文化，(30)，33-39。
[https://doi.org/10.6719/MC.199410_\(30\).0006](https://doi.org/10.6719/MC.199410_(30).0006)
- 陳惠美 (1990)。科學博物館的科學教育，**博物館學季刊**，4(3)，31-38。
[https://doi.org/10.6686/MuseQ.199007_4\(3\).0007](https://doi.org/10.6686/MuseQ.199007_4(3).0007)
- 陳勁甫、林怡安 (2003)。博物館遊客滿意度與服務品質之研究：以國立自然科學博物館為例。**博物館學季刊**，17(3)，113-131。

- 曾瑞蓮、許馨月 (2018)。第八屆海峽兩岸科學傳播論壇紀實，**Chinese Physics**，**19**(2)，59-62。
- 黃旭 (2023)。論博物館使命。**博物館學季刊**，**37**(1)，5-8。
- 蔡秉宸、靳知勤 (2004)。藉情境學習提昇民眾科學素養：以科學博物館教育為例。**博物館學季刊**，**18**(2)，129-138。
- 蘇芳儀 (2013)。博物館科學演示活動學習成效個案分析：以 [認識氣候變遷] 為例。**科技博物**，**17**(1)，61-102。
- An, S. A., Zhang, M., Tillman, D. A., Robertson, W., Siemssen, A., & Paez, C. R. (2016). Astronauts in Outer Space Teaching Students Science: Comparing Chinese and American Implementations of Space-to-Earth Virtual Classrooms. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(3), 397-412.
- Austin, S. R., & Sullivan, M. (2019). How are we performing? Evidence for the value of science shows. *International Journal of Science Education, Part B*, *9*(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/21548455.2018.1532620>
- Bar, V., Shirtz, A. S., Brosh, Y., & Sneider, C. (2019). Can an Insulator Be Electrified? Teaching Electricity in Elementary and Middle School in the Age of NGSS. *Science Educator*, *27*(1), 24-32.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, *12*(2), 183-202.
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2005). The impact of a cryogenics-based enrichment programme on attitude towards science and the learning of science concepts. *International Journal of Science Education*, *27*(6), 679-704. <https://doi.org/10.1080/09500690500038306>
- Chin, C. -C. (2004). Museum experience—A resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(1), 63-90.
- Falk, J. H. (2001). Chapter1 Free-Choice Science Learning: Framing the Discussion.

- In J. H. Falk (Ed.), *Free- Choice Science Education* (pp. 3-20), New York, NY: Teacher College, Columbia University.
- Fish, D., Allie, S., Pelaez, N., & Anderson, T. (2017). A cross-cultural comparison of high school students' responses to a science centre show on the physics of sound in South Africa. *Public Understanding of Science*, 26(7), 806-814.
<https://doi.org/10.1177/0963662516642725>
- Hajas, D., Ablart, D., Schneider, O., & Obrist, M. (2020). I can feel it moving: Science Communicators Talking About the Potential of Mid-Air Haptics. *Frontiers in Computer Science*, 1-13.
<https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.534974>
- Harrison, T. G., & Shallcross, D. E. (2016). Chemistry Provision for Primary Pupils: The Experiences of 10 Years of Bristol ChemLabs Outreach. *Universal Journal of Educational Research*, 4(5), 1173-1179.
<https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040530>
- Held, L. (2017). Avogadro's Hypothesis after 200 Years. *Universal Journal of Educational Research*, 5(10), 1718-1722.
<https://doi.org/10.13189/ujer.2017.051007>
- Hooper-Greenhill, E. (2004). Measuring learning outcomes in museums, archives and libraries: The Learning Impact Research Project (LIRP). *International Journal of Heritage Studies*, 10(2), 151-174.
- Karademir, A., Kartal, A., & Türk, C. (2020). Science education activities in Turkey: A Qualitative comparison study in preschool classrooms. *Early Childhood Education Journal*, 48(3), 285-304.
- Karim, N., & Roslan, R. (2020). The Impact of Interactive Science Shows on Student's Learning Achievement on Fire and Pressure Science Concept for 9th Grader in Brunei. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 294-308.

<https://doi.org/10.15294/jpii.v9i3.23684>

Kerby, H. W., Cantor, J., Weiland, M., Babiarz, C., & Kerby, A. W. (2010). Fusion science theater presents the amazing chemical circus: A new model of outreach that uses theater to engage children in learning. *Journal of chemical education*, 87(10), 1024-1030.

<https://doi.org/10.1021/ed100143j>

Kireš, Marián. (2018). Let's Repair the Broken Galileo Thermometer. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 8(1), 77-95.

<https://doi.org/10.26529/cepsj.320>

Korkmaz, S. D., Aybek, E. C., & Pat, S. (2015). The Effect of New Experimental System Design Related to the Plasma State on Achievement of Candidate Elementary Science Teachers. *Universal Journal of Educational Research*, 3(10), 735-741.

<https://doi.org/10.13189/ujer.2015.031012>

Lujan, H. L., LaFrance, N. C., Petersen, S. A., & DiCarlo, S. E. (2020). Red State or Blue State Depends on the Ventilation Rate: A Respiratory Acid Base" Shock and Awe" Demonstration. *HAPS Educator*, 24(1), 70-73.

<https://doi.org/10.21692/haps.2020.001>

Mackin, K. J., Cook-Smith, N., Illari, L., Marshall, J., & Sadler, P. (2012). The effectiveness of rotating tank experiments in teaching undergraduate courses in atmospheres, oceans, and climate sciences. *Journal of Geoscience Education*, 60(1), 67-82.

<https://doi.org/10.5408/10-194.1>

Micklavzina, S., Almqvist, M., & Sörensen, S. L. (2014). Bringing physics, synchrotron light and probing neutrons to the public: a collaborative outreach. *Physics Education*, 49(2), 221.

<https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/2/221>

Monacelli, B., & Silberman, D. (2006). Up to some optricks in Southern California.

Optics and photonics news, 17(9), 16.

Morgan, J. R., Barroso, L. R., & Simpson, N. (2009). Embedding Laboratory

Experience in Lectures. *Advances in Engineering Education*, 1(4), n4.

Naude, F. (2015). Foundation-phase children's causal reasoning in astronomy, biology, chemistry and physics. *South African Journal of Childhood Education*, 5(3), 1-9.

<http://dx.doi.org/10.4102/sajce.v5i3.376>

Odom, A. L., & Bell, C. V. (2015). Associations of Middle School Student Science Achievement and Attitudes about Science with Student-Reported Frequency of Teacher Lecture Demonstrations and Student-Centered Learning. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(1), 87-97.

Penguin Brand Dry Ice (2024, April 15). *Learning in the Classroom with Dry Ice*.

Airgas. <https://penguindryice.com/learning-in-the-classroom-with-dry-ice/>

Peleg, R., & Baram-Tsabari, A. (2016). Understanding producers' intentions and viewers' learning outcomes in a science museum theater play on evolution.

Research in Science Education, 46(5), 715-741.

<https://doi.org/10.1007/s11165-015-9477-7>

Petruševski, V. M., & Stojanovska, M. I., (2007). Oscillating Reactions: Two Analogies. *Science Education Review*, 6(2), 68-73.

Petruševski, V. M., & Bukleski, M. (2006). The "Magical" Sphere: Uncovering the Secret. *Science Education Review*, 5(4), 114-118.

Practical Chemistry Project (2024, April 15). *Detergents, soaps and surface tension*.

Royal Society of Chemistry. <https://edu.rsc.org/experiments/detergents-soaps-and-surface-tension/1719.article>

Robertson, W., & Lesser, L. M. (2013). Scientific Skateboarding and Mathematical

- Music: Edutainment That Actively Engages Middle School Students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 60-68.
- Rukavina, S., Zuvic-Butorac, M., Ledic, J., Milotic, B., & Jurdana-Sepic, R. (2012). Developing positive attitude towards science and mathematics through motivational classroom experiences. *Science education international*, 23(1), 6-19.
- Sadler, W. (2017). Evaluating the long-term impact of live science demonstrations in an interactive science show. *New Perspectives in Science Education*, 129-132.
- Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M. P. (2017). Learning with dinosaurs: a study on motivation, cognitive reasoning, and making observations. *International Journal of Science Education, Part B*, 7(3), 203-218.
- Shepardson, D. P., Moje, E. B., & Kennard-McClelland, A. M., (1994). The impact of a science demonstration on children's understandings of air pressure. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 243-258.
- Smeets, I. (2018). What do people like about mathematics? *Adults Learning Mathematics: An International Journal of Environmental and Science Education*, 13(1), 58-64.
- Snetinová, M., Káčovský, P., & Machalická, J. (2018). Hands-on experiments in the interactive physics laboratory: Students' intrinsic motivation and understanding. *CEPS Journal*, 8(1), 55-75.
- Sunasse, S. N., Young, R. M., Sewry, J. D., Harrison, T. G., & Shallcross, D. E. (2012). Creating Climate Change Awareness in South African Schools through Practical Chemistry Demonstrations. *Acta Didactica Napocensia*, 5(4), 31-48.
- Ubuz, B., & Duatepe-Paksu, A. (2016). Teaching and Learning Geometry in Drama Based Instruction. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2), 176-185.

<https://doi.org/10.30935/scimath/9463>

Vinko, L., Delaney, S., & Devetak, I. (2020). Teachers' opinions about the effect of chemistry demonstrations on students' interest and chemistry knowledge. *CEPS Journal*, 10(2), 9-25.

<https://doi.org/10.26529/cepsj.893>

Watermeyer, R. (2013). The presentation of science in everyday life: the science Show. *Cultural Studies of Science Education*, 8(3), 737-751.

<https://doi.org/10.1007/s11422-013-9484-9>

Werts, S., & Hinnov, L. (2011). A Simple Modeling Tool and Exercises for Incoming Solar Radiation Demonstrations. *Journal of Geoscience Education*, 59(4), 219-228.

<https://doi.org/10.5408/1.3651449>

Yasuhiro, Y., Ishimura, M., & Kinugawa, T. (2020). A compact self-luminous LED stroboscope with wireless control for the real-time visualization of velocity vectors. *Physics Education*, 55(6), 065010.

Zana, B. (2005). History of the museums, the mediators and scientific education. *Journal of Science Communication*, 4(4), C02.

附錄一：研究者回顧科學演示之文獻回顧列表

標題	年份	期刊
1 The impact of interactive science shows on student's learning achievement on fire and pressure science concept for 9th grader in brunei	2020	Jurnal Pendidikan IPA Indonesia
2 Learning with dinosaurs: a study on motivation, cognitive reasoning, and making observations	2017	International Journal of Science Education, Part B
3 Bringing physics, synchrotron light and probing neutrons to the public: A collaborative outreach	2014	Physics Education
4 Up to some optricks in Southern California	2006	Optics and photonics news
5 The impact of a cryogenics-based enrichment programme on attitude towards science and the learning of science concepts	2005	International Journal of Science Education
6 A cross-cultural comparison of high school students' responses to a science centre show on the physics of sound in South Africa	2017	Public Understanding of Science
7 Creating Climate Change Awareness in South African Schools through Practical Chemistry Demonstrations	2012	Acta Didactica Napocensia
8 Hands-on experiments in the interactive physics laboratory: Students' intrinsic motivation and understanding	2018	CEPS Journal
9 Embedding Laboratory Experience in Lectures	2009	Advances in Engineering Education
10 The" Magical" Sphere: Uncovering the Secret	2006	Science Education Review
11 Avogadro's Hypothesis after 200 Years	2017	Universal Journal of Educational Research
12 Associations of Middle School Student Science Achievement and Attitudes about Science with Student-Reported Frequency of Teacher Lecture Demonstrations and Student-Centered Learning	2015	International Journal of Environmental and Science Education
13 Teachers' opinions about the effect of chemistry demonstrations on students' interest and chemistry knowledge	2020	CEPS Journal
14 Red State or Blue State Depends on the Ventilation Rate: A Respiratory Acid Base" Shock and Awe" Demonstration	2020	HAPS Educator
15 The Effect of New Experimental System Design Related to the Plasma State on Achievement of Candidate Elementary Science Teachers	2015	Universal Journal of Educational Research
16 The Effectiveness of Rotating Tank Experiments in Teaching Undergraduate Courses in Atmospheres, Oceans, and Climate Sciences	2012	Journal of Geoscience Education
17 Science Education Activities in Turkey: A Qualitative	2020	Early Childhood

	Comparison Study in Preschool Classrooms		Education Journal
18	Understanding Producers' Intentions and Viewers' Learning Outcomes in a Science Museum Theater Play on Evolution	2016	Research in Science Education
19	Museum experience—A resource for science teacher education	2004	International Journal of Science and Mathematics Education
20	A compact self-luminous LED stroboscope with wireless control for the real-time visualization of velocity vectors	2020	Physics Education
21	Developing Positive Attitude towards Science and Mathematics through Motivational Classroom Experiences	2012	Science education international
22	A Simple Modeling Tool and Exercises for Incoming Solar Radiation Demonstrations	2011	Journal of Geoscience Education
23	What Do People Like about Mathematics?	2018	Adults Learning Mathematics: An International Journal of Environmental and Science Education
24	Can an Insulator Be Electrified? Teaching Electricity in Elementary and Middle School in the Age of NGSS	2019	Science Educator
25	Chemistry Provision for Primary Pupils: The Experiences of 10 Years of Bristol ChemLabs Outreach	2016	Universal Journal of Educational Research
26	Foundation-Phase Children's Causal Reasoning in Astronomy, Biology, Chemistry and Physics	2015	South African Journal of Childhood Education
27	Let's Repair the Broken Galileo Thermometer	2018	Center for Educational Policy Studies Journal
28	Scientific Skateboarding and Mathematical Music: Edutainment That Actively Engages Middle School Students	2013	European Journal of Science and Mathematics Education
29	Teaching and Learning Geometry in Drama Based Instruction	2016	European Journal of Science and Mathematics Education
30	Oscillating Reactions: Two Analogies	2007	Science Education Review

附錄二：科學演示活動特徵編碼表

大項	次項	細項	項目	編碼	說明	舉例		
人(P)	演示者(D)	館所人員(I)	館員	PDI1	科學博物館或科學中心執行演示及解說的館員。	表演者、演示者、教育者。		
			志工	PDI2	科學館所或機構中執行演示及解說的志工。	志工。		
	觀眾(A)	一般觀眾(N)	一般觀眾	PAN	除了學生之外或為特定年齡層的觀眾。	觀眾、參觀者、成人、觀看者、學習者。		
			學生	PAS1	僅提及學生，未說明年級。	學生。		
		學生(S)	小學生	PAS2	1至6年級的學生。	1至6年級或12、13歲學生。		
			中學生	PAS3	7至9年級的學生。	7至9年級、中學生。		
			高中生	PAS4	10至12年級的學生。	10至12年級的學生。		
			大學生	PAS5	就讀大學的大學生或師培生。	大學生、師培生。		
		教師(T)	教師	PAT	觀看科學演示的教師。	教師。		
		家長(P)	家長	PAP	觀看科學演示的家長。	家長。		
事件組合(N)	單項(O)	單項事件	CNO	在科學演示，僅描述單一事件。				
	多項(M)	多項事件	CNM	在科學演示中，描述兩件以上事件。				
事(C)	科學內容(S)	科學實驗(E)	操作科學實驗	CSE1	由演示者操作實驗、觀眾觀看科學現象之變化或結果。	演示者操作實驗、學生觀看實驗。		
			輔助觀眾觀看	CSE2	使用設備或設計呈現方式，讓觀眾能清楚地觀看演示活動。	觀眾可以看到演示者的動作、使用自製裝置讓速度可視化。		
	科學內容(C)	科學內容(C)	解說科學內容	CSC	演示者解釋說明演示活動中的科學內容。	演示者解釋科學概念、使用類比、教師連結理論及觀察。		
			一般口語	CIO	演示者與觀眾的語言互動、討論交流	向觀眾提問、討論、學生回答。		
			引導互動(I)	口語(O)	預測、觀察及假設	CIE	引導學生提出對實驗的預測、觀察、假設。	學生觀察、引導學生預測
					思考、解釋及回應	CIC	引導學生產出解釋及回應。	促使學生思考、引導學生解釋。
		內容連結及延伸	CIR	演示者連結觀眾的生活經驗、真實世界，提供更	連結學生日常生活經驗、連結一般溫度計。			

				多延伸、探究及比較的機會。	
	行為(B)	行為互動	CIB	邀請觀眾上台參與或操作實驗	學生操作實驗、邀請觀眾上台。
	基於觀眾(A)	觀眾背景及反應	CIA	演示者留意觀眾背景及反應，使用適當的方式互動。	使用國小程度的思維及語言解釋、觀察觀眾反應。
	情節設計	營造情境	CPC	塑造角色、融入故事情節、以戲劇方式呈現演示。	戲劇、師生角色扮演、故事情節。
(P)	實驗效果(E)	創造效果	CPE	使用演示實驗製造效果或營造高潮。	呈現大規模的演示、詢問觀眾是否願意看到更高難度的演出。
	其他活動(A)	其他活動	CPA	結合其他活動。	玩遊戲、學生分組、手作活動。
時(T)	演示時長	整個科學演示時長	TL	整個演示活動時間	30分鐘、一個小時。
地(L)	自由選擇科學館所	科學館所	LI1	主辦單位為科學博物館或科學中心。	科學博物館、科學中心。
(I)	學習場域 其他機構	其他機構	LI2	主辦單位為科學相關研究、教學機構。	實驗室、研究中心、教育中心
	用於實驗室內	實驗器材	SEL1	演示實驗中使用的實驗器材、設備或裝置。	伽利略溫度計、光柵、實驗裝置。
	(L)	實驗藥品	SEL2	演示實驗中使用的化學藥品	液態氮、酸鹼指示劑、過氧化氫、甲醇、不同氣體等。
實驗用品	(E)	自製實驗 教具	SED1	經改造日常用品、或將實驗設備加工而成的裝置。	加裝閃頻儀的網球拍、自製空氣砲。
物(S)	(D)	使用日常用品	SED2	有實際用於演示實驗或活動中的日常用品	花、香蕉、氣球、霓虹燈、彈簧等。
	數位設備(D)	數位輔助	SDE	為呈現實驗操作、實驗數值的數位設備或軟體	網路攝影機、感測器、應用程式、實驗軟體、多媒體、影片、簡報
輔助用具	(A)	輔助解說(C)	SAE	使用物品輔助解說教學	圖片、圖表、氣球
		劇情使用	SAP	作為戲劇或情境使用的物件	帽子、音樂、任務信

問卷知情說明頁

親愛的先生/女士：

您好！

我是國立臺灣師範大學科學教育研究所研究生，目前正執行博士論文研究計畫，計畫名稱為「探討科學演示活動特徵對於觀眾反應的影響：以國立臺灣科學教育館科學演示為例」，希望透過本問卷了解觀眾對於科學演示之反應、以及反應與演示活動特徵之關係，研究對象為參與科學演示的觀眾，如果您為18歲以下的學生，本研究將徵詢您的教師或家長及您的同意後，再請您填寫問卷；如果您為國小中、低年級的學生，可由教師或家長陪同了解研究相關事宜、經徵詢教師、家長及您的同意後，再請您填寫問卷。問卷內容共有2部分，共23題，大約需花費5-10分鐘作答，感謝您撥冗填寫。

本問卷採匿名及無法辨識個人的方式作答，研究資料將儲存至國立臺灣科學教育館實驗組，保存至2026年12月即刪除。我與研究團隊將盡力維護您的隱私及善盡保密責任，盡量減少可能的風險。填寫完畢後，請將問卷交還給科學演示之工作人員。

此研究未來發表探整體分析，研究資料不會被辨識出特定個人，將發表於博士學位論文及國內期刊，亦無衍生的商業利益。

請您自由決定是否加入研究填寫問卷，您可隨時中途退出，不填寫，無需感到壓力。惟一旦繳交，本問卷無記名且無編碼，研究團隊將無法辨識本問卷，恕無法刪除您填寫的內容。

為感謝您撥冗參加研究，研究結束後有提供小禮物。若您想詢問本研究內容，或有興趣得知研究結果，歡迎您依照下述方式聯繫。

計畫主持人敬上

2023年04月18日

※ 本頁視同免簽署的知情同意說明書提供您留存參考

本人已經了解研究內容及參與者權益，並同意參與研究。

本研究由國立臺灣師範大學研究倫理審查委員會審查通過，若想諮詢參與研究的權益或提出申訴，請聯絡該委員會。

【基本資料】

- 日期：_____， 演示主題： 乾冰與肥皂
- 性別： 男 女
- 年齡： 12歲以下 12-18歲 19-25歲 26-35歲 35-45歲 46-55歲 56-65歲 65歲以上
- 請問您的職業與科學的關係程度為：（請依學習領域或工作領域回答）
 完全不相關 不相關 有點不相關 有點相關 相關 非常相關
- 請問您對於科學的興趣： 完全沒興趣 沒興趣 有點沒興趣 有點興趣 有興趣 有興趣
- 曾經參加過科教館的哪些科學活動（可複選） 導賞解說 科學演示 初探科學劇 科學DIY 科學營隊

問卷填寫說明： 5 非常同意、 4 同意、 3 普通、 2 不同意、 1 非常不同意，請在符合的格子中打勾（V）

參與這次科學演示之後，……

← 非常同意
非常不同意 →

1. 我能學習新的科學知識。	5	4	3	2	1
2. 我覺得人人都應該學習科學。	5	4	3	2	1
3. 我覺得科學可以解決生活中的問題。	5	4	3	2	1
4. 我很享受學習科學知識，演示過程帶來我驚奇與興奮。	5	4	3	2	1
5. 我覺得參與科學活動是好玩的。	5	4	3	2	1
6. 透過多元的展現方式，我能感受到科學知識或現象之美。	5	4	3	2	1
7. 我想主動收集科普活動的訊息，並參與科普活動。	5	4	3	2	1
8. 我會主動觀看科學相關的電視節目、雜誌、書籍、線上影音或社群媒體。	5	4	3	2	1
9. 我能用學到或聽到的知識或經驗，對演示中的科學議題（如實驗原理或實驗結果及相關討論），產生自己的想法。	5	4	3	2	1
10. 綜合不同的資訊來源，我可以發現到科學議題有不同的面向或觀點。	5	4	3	2	1

11. 當別人對科學相關議題的意見和我不同時，我會主動探索(找資料或做實驗)確認。
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|
-
12. 我可以舉出與此科學內容相關的例子。
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|
-
13. 我可以理解演示的操作過程及意義。
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|
-
14. 下列何者溫度最低？
- A 冰塊 B 乾冰 C 肥皂水
- | | | |
|---|---|---|
| A | B | C |
|---|---|---|
-
15. 乾冰與肥皂水實驗中的泡泡，是甚麼顏色？
- A 白色 B 透明無色 C 各種顏色
- | | | |
|---|---|---|
| A | B | C |
|---|---|---|
-
16. 加入乾冰使得肥皂水顏色變化的原因是？
- A 溫度變化 B 肥皂水濃度變化 C 酸鹼值變化
- | | | |
|---|---|---|
| A | B | C |
|---|---|---|
-
17. 讓我對於這個科學主題引發更多好奇或想提問相關問題，我想問：
-
18. 在這個科學演示中，我獲得的科學概念有：
-
- 其他意見或回饋：
-

謝謝您的填答，請將問卷交還給現場工作人員☺



半結構式訪談知情說明頁

親愛的先生/女士：

您好！

我是國立臺灣師範大學科學教育研究所研究生，目前正在執行博士論文研究計畫，計畫名稱為「探討科學演示活動特徵對於觀眾反應的影響：以國立臺灣科學教育館科學演示為例」，希望透過本半結構式訪談了解觀眾對於科學演示之反應、以及反應與演示活動特徵之關係，研究對象為參與科學演示的觀眾，如果您為18歲以下的學生，本研究將徵詢您的教師或家長及您的同意後，再進行訪談；如果您為國小中、低年級的學生，由教師或家長陪同了解研究相關事宜、經徵詢教師、家長及您的同意後，再請您進行訪談。訪談內容共有2部分，共9題，大約需花費5-10分鐘作答，感謝您撥冗填答。

本訪談採匿名及無法辨識個人的方式作答，研究資料將儲存至國立臺灣科學教育館實驗組，保存至2026年12月即刪除。我與研究團隊將盡力維護您的隱私及善盡保密責任，盡量減少可能的風險。

此研究未來發表探整體分析，研究資料不會被辨識出特定個人，將發表於博士學位論文及國內期刊，亦無衍生的商業利益。

請您自由決定是否加入研究進行訪談，您可隨時中途退出，無需感到壓力。惟一旦繳交，本訪談記錄無記名且無編碼，研究團隊將無法辨識本記錄，恕無法刪除您回答的內容。

為感謝您撥冗參加研究，研究結束後有提供小禮物。若您想詢問本研究內容，或有興趣得知研究結果，歡迎您依照下述方式聯繫。

計畫主持人敬上

2023年04月18日

※ 本頁視同免簽署的知情同意說明書提供您留存參考

本人已經了解研究內容及參與者權益，並同意參與研究。

本研究由國立臺灣師範大學研究倫理審查委員會審查通過，若想諮詢參與研究的權益或提出申訴，請聯絡該委員會。

【基本資料】

- 日期：_____， 演示主題：_____
- 性別： 男 女
- 年齡： 12歲以下 12-18歲 19-25歲 26-35歲 36-45歲 46-55歲 56-65歲 66歲以上
- 請問您對於科學的興趣： 完全沒興趣 沒興趣 普通 有興趣 非常有興趣

一、 這個科學演示中， 是否有之前未看過的科學實驗？ 哪一個？

是 否

二、 這個科學演示中， 是否有之前沒學過的科學概念？ 哪一個？

是 否

三、 喜歡哪一種科學展現的方式 (可複選)？ 為什麼？

1. <input type="checkbox"/> 演示者引導觀眾觀察或預測	5. <input type="checkbox"/> 演示者與觀眾互動問答	9. <input type="checkbox"/> 使用少見的實驗器材
2. <input type="checkbox"/> 演示者操作科學實驗	6. <input type="checkbox"/> 演示者講解科學原理	10. <input type="checkbox"/> 使用常見的日用品
3. <input type="checkbox"/> 其他觀眾上台參與科學演示	7. <input type="checkbox"/> 演示者說明與生活的關聯	11. <input type="checkbox"/> 使用道具或數位設備
4. <input type="checkbox"/> 自己上台參與科學演示	8. <input type="checkbox"/> 演示劇情、情節、笑話設計	12. <input type="checkbox"/> 其他

喜歡的原因：

四、 科學演示中的哪一個部分， 最能引起我對科學的興趣 (可複選)？ 為什麼？

1. <input type="checkbox"/> 演示者引導觀眾觀察或預測	5. <input type="checkbox"/> 演示者與觀眾互動問答	9. <input type="checkbox"/> 使用少見的實驗器材
2. <input type="checkbox"/> 演示者操作科學實驗	6. <input type="checkbox"/> 演示者講解科學原理	10. <input type="checkbox"/> 使用常見的日用品
3. <input type="checkbox"/> 其他觀眾上台參與科學演示	7. <input type="checkbox"/> 演示者說明與生活的關聯	11. <input type="checkbox"/> 使用道具或數位設備
4. <input type="checkbox"/> 自己上台參與科學演示	8. <input type="checkbox"/> 演示劇情、情節、笑話設計	12. <input type="checkbox"/> 其他

引起興趣的原因：

五、 科學演示中的哪一個部分，最能幫助我理解科學內容（可複選）？
為什麼？

1. <input type="checkbox"/> 演示者引導觀眾觀察或預測	5. <input type="checkbox"/> 演示者與觀眾互動問答	9. <input type="checkbox"/> 使用少見的實驗器材
2. <input type="checkbox"/> 演示者操作科學實驗	6. <input type="checkbox"/> 演示者講解科學原理	10. <input type="checkbox"/> 使用常見的日常生活用品
3. <input type="checkbox"/> 其他觀眾上台參與科學演示	7. <input type="checkbox"/> 演示者說明與生活的關聯	11. <input type="checkbox"/> 使用道具或數位設備
4. <input type="checkbox"/> 自己上台參與科學演示	8. <input type="checkbox"/> 演示劇情、情節、笑話設計	12. <input type="checkbox"/> 其他

能幫助理解的原因：

六、 在這次演示中，我有做這些事（可複選）： 舉手 回答問題
 上台參與 拍照
 預測或觀察現象 拍手 發出笑聲 發出讚嘆聲
 覺得無趣 滑手機



附錄五：科學演示「乾冰與肥皂」腳本

科學演示：乾冰及肥皂水

【產生泡泡的性質】

1. 乾冰+水→產生氣泡(但是到了空中只變成煙)
2. 大家常常使用吹泡泡的方式：吹泡泡
3. 乾冰+水+泡泡水→包著煙霧的大泡泡

【酸鹼的性質】

4. 泡泡水+指示劑→顏色變化(變色原因：鹼性)
5. 乾冰+泡泡水+指示劑→泡泡+顏色變化(泡泡塔 <https://is.gd/V0koGc>，變色原因：酸鹼值變化)

演示名稱：乾冰與肥皂		
主要科學知識：乾冰及肥皂水：與氣泡及酸鹼相關的性質		
主要年齡對象：國小		
時間：		
設計主軸：從乾冰與肥皂水與製造泡泡引起動機，透過演示呈現善用兩者與產生泡泡相關的特性，合作產生不一樣的泡泡；再透過指示劑顏色變化，說明兩者酸鹼性質不同，但合作之後也可以帶來不一樣的效果。		
事前準備： 乾冰採買(美而廉乾冰店，1磅37元，可請店家切成小塊，再用小槌子敲成可塞入量筒的大小)、量筒加入酸鹼指示劑、調配肥皂水(40毫升)、調配強鹼肥皂水(半顆氫氧化鈉+800毫升水)、		
內容	演示操作	備註
開場 (2分鐘) 今年暑假好熱喔，大家在那麼熱的天氣裡，有哪些可以消暑、讓自己感覺到清涼的方法，可以與我們分享嗎？ (：吹電扇、吹冷氣、吃冰、游泳...)	設計炎熱天氣消暑的情境，連結介紹清涼的冰塊及乾冰。	
一、乾冰與冰塊 (5分鐘)		器材

<p>今天帶來了幾項東西，請大家先猜猜看我手上拿的是甚麼？ (：冰塊、乾冰) 是的，一塊是冰塊，一塊是乾冰，請問大家知道哪一塊是冰塊、哪一塊是乾冰嗎？ (：觀眾回應) 是如何分辨的呢？ (：觀眾回應)</p> <p>有沒有注意到我們拿乾冰時需要帶著手套呢？冰塊很冰，溫度大約是 0 度，乾冰比冰塊更冰，猜猜看是零下幾度呢？ (可使用終極密碼與觀眾互動，但須說明數字應為負值)</p> <p>除了外觀及溫度之外，還有另一個可以分辨兩者的方法：把它們丟到水裡去看看。發現由二氧化碳組成的乾冰，在水中會產生大量的氣體；而冰塊本來就是由水做成的，所以看起來沒有太大的變化。</p> <p>(**補充：乾冰在水中快速產生氣體，到水面上產生的氣體，有研究說明是水面霧化而成的水氣、也有人說是空氣中的水氣，應不是乾冰氣化的二氧化碳。在此演示中不用仔細說明。)</p>	<p>雙手戴手套，一手拿乾冰、一手拿冰塊，與觀眾問答互動。 可引導觀眾觀察兩者的外觀(顏色、冒煙)</p> <p>將手中的乾冰、冰塊，放進裝有水的玻璃杯中。 可引導觀眾觀察在水中的樣態(產生氣體)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 手套 2 隻 ✓ 乾冰 ✓ 冰塊 ✓ 玻璃杯 2 個，裝約半杯水
<p>二、肥皂泡泡 (5 分鐘) 看著乾冰在水中吐泡泡，讓我想起平常玩的遊戲中，也有可以製造很多泡泡的肥皂水。 可是，為什麼乾冰吐的泡泡只能存在在水中，水面上只能看</p>	<p>用造型吸管吹肥皂水。 邀請觀眾上台操作市售泡泡道具</p>	<p>器材</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 肥皂水(100 毫升燒杯裝約 40 毫升) ✓ 吸管(一側剪成花狀)

<p>到煙霧？肥皂水吹出來的泡泡可以存在於空氣中呢？</p> <p>因為肥皂水中含有界面活性劑，一端會抓著水，形成薄膜。當空氣灌入時，薄膜就可以包住空氣形成氣泡。</p>		
<p>三、乾冰泡泡 (3 分鐘)</p> <p>所以水中的乾冰可以產生氣體、肥皂水具有可以包覆氣體的特性，今天讓乾冰和肥皂水合作一下，看看可否產出不一樣的泡泡。</p> <p>把乾冰丟進裝有水的抽氣瓶、蓋上軟木塞，可以看到白色的煙從抽氣孔噴出。這時準備一隻給乾冰使用的吸管，沾一沾肥皂水，看看可不可以包住白色煙霧？</p> <p>成功了，肥皂水的泡泡膜成功將乾冰產生的氣體包覆住，形成一顆顆包著白色煙霧的泡泡呢！</p>	 <p>拿出裝水的抽氣瓶，放進乾冰後用軟木塞塞住瓶口；用造型吸管沾肥皂水，將吸管一側封住抽氣口，即可產生白色煙霧的泡泡。白色煙霧泡泡可放在棉布手套上，給觀眾看看、互動</p>	<p>器材</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 抽氣瓶(250 毫升，裝水約 150 毫升) ✓ 吸管(一側剪成花狀) ✓ 肥皂水(可用實驗二的) ✓ 乾冰(先敲成可丟入抽氣瓶的大小，備於保麗龍箱中)
<p>四、變色的肥皂水 (5 分鐘)</p> <p>除了吹泡泡之外，還可以利用乾冰跟肥皂水的其他性質，產生出不一樣的合作喔。</p> <p>首先我們要在量筒中倒入肥皂水，請大家確認一下，我們準備的是透明的肥皂水、量筒中也沒有裝東西。</p> <p>接著將肥皂水一一倒入量筒中，透明的肥皂水，為什麼會產生顏色呢？再倒入其他量筒試試看。</p>	<p>與觀眾互動確認肥皂水顏色及量筒</p>	<p>器材</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 大盆子(+墊高量筒裝置) ✓ 量筒 5 支(250 毫升) ✓ 250 毫升燒杯 1 個 ✓ 1000 毫升燒杯 1 個(裝強鹼肥皂水) <p>【指示劑比例參考】</p> <p>紅：酚酞 15 滴</p>

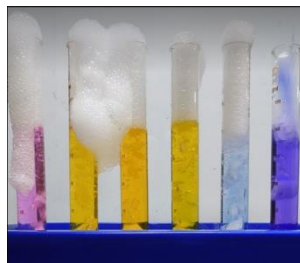
<p>倒入一樣無色的肥皂水，在量筒中卻變成不一樣的顏色，這是怎麼回事呢？</p> <p>是因為每個量筒中，有著不同比例的酸鹼指示劑，當指示劑遇到不同酸鹼性質的水溶液時，就會發生顏色的變化。</p> <p>請問大家，肥皂水是偏向酸性或是鹼性呢？是的，肥皂水是比较偏向鹼性的。</p>	<p>先準備一個大盆子，在盆內架高的板子上放 5 支量筒(200 毫升)，各量筒內先備有不同比例的指示劑，逐一倒入肥皂水(160 毫升)，使其產生顏色變化。</p> 	<p>橙：酚酞 6 滴+間硝基苯酚 15 滴 黃：間硝基苯酚 15 滴 綠：間硝基苯酚 15 滴+6 滴百里酚酞 藍：10 滴百里酚酞 紫：10 滴百里酚酞+酚酞 15 滴 (任選顏色有差異的 5 隻)</p>
<p>指示劑變色：面對年紀較大的觀眾，可介紹酸鹼指示劑的種類及顏色變化</p> <p>可以先將肥皂水倒入單一指示劑的量筒中，介紹在鹼性溶液中，酚酞呈現桃紅色、間硝基苯酚呈現黃色、百里酚酞呈現藍色。</p> <p>如果將這些指示劑以適當比例組合，遇到鹼性溶液時，就可以產生出不同的顏色變化。</p>	<p>將鹼性肥皂水倒入只有酚酞、只有間硝基苯酚、只有百里酚酞的量筒中。</p> <p>再將鹼性肥皂水倒入其他量筒。 或是原本都只有單一指示劑，倒入鹼性肥皂水之後，再滴入其他種類的指示劑。</p>	
<p>五、再次變色(5 分鐘)</p> <p>從之前的實驗，我們知道把讓乾冰與肥皂水合作，可以產生泡泡，現在想邀請觀眾朋友幫忙加入乾冰，有沒有人想試試看呢？</p> <p>請戴上手套，拿著乾冰，讓我們數到三，一起將乾冰放進量筒中，台下的觀眾朋友們，也可以準備好您們的相機、手機，夢幻的科學變化即將發生，大家準備好了嗎？一、二、三，泡泡產生了！顏色卻消失了！謝謝觀眾朋友們，請回</p>	<p>準備 6 隻手套及放在盤中的乾冰，邀請觀眾上台(演示車較高、手套較大，可邀請大一點孩子)，提醒要戴上手套才可以拿乾冰，數到三後一起將乾冰放到量筒中。</p>	<p>器材</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 手套 6 隻 ✓ 乾冰多於 5 顆(用小槌子敲成可放進量筒的大小，多一點備用，備於保麗龍箱中) <p>備用：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 強鹼溶液 150 毫升(半顆氫氧

座。

乾冰和肥皂水可以產生泡泡的原因，我們剛剛已經了解了，那為什麼原本五顏六色的肥皂水，加入乾冰之後卻變得透明無色了呢？

因為由二氧化碳組成的乾冰，在水中時是酸性的，當它遇到鹼性的肥皂水時，使得量筒內液體的酸鹼性質變化，酸鹼指示劑就會呈現不一樣的顏色了。

(選擇延伸：現在量筒中的液體是透明的，如果再加入鹼性的肥皂水會發生甚麼變化呢?)



(6支量筒比較擠，可視情況依序請觀眾投入乾冰)

(可視情況延伸顏色再變化：先請觀眾預測再倒入鹼性溶液的變化，依序再倒入約30毫升的強鹼溶液，說明改變量筒中溶液的酸鹼值，會讓酸鹼指示劑再次產生變化。)

化鈉+150毫升水，250毫升燒杯裝)

結語 (1分鐘)

今天帶來了乾冰與肥皂水，雖然兩項看起來是截然不同的東西，但利用它們相關的性質，就可以創造出不一樣的實驗效果！大家可以再想想看，還有哪些東西跟它們有可以合作的可能唷！

**活動四可用一大燒杯裝肥皂水，一一裝至小燒杯後，再倒入量筒。表示取自同樣的肥皂水。

**活動五變色：可依序操作，增加時間

附錄六：半結構訪談紀錄

	代碼	觀眾背景	三、喜歡哪一種科學展現的方式(可複選)?為什麼?	四、科學演示中的哪一個部分,最能引起我對科學的興趣(可複選)?為什麼?	五、科學演示中的哪一個部分,最能幫助我理解科學內容(可複選)?為什麼?	六、在這次演示中,我有做這些事(可複選)	其他紀錄
1	F01	12-18歲的女學生,對科學有興趣,在此演示中第一次看到乾冰丟進肥皂水中的實驗,之前皆有學過內所提及的科學概念。	2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 4-自己上台參與科學演示 5-演示者與觀眾互動問答 8-演示劇情、情節、笑話設計 9-使用少見的實驗器材	2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 4-自己上台參與科學演示	1-演示者引導觀眾觀察或預測 2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 4-自己上台參與科學演示 6-演示者講解科學原理	5-預測或觀察現象 6-拍手	有詢問演示中所使用的酸鹼指示劑種類及比例
2	M01	12歲以下的男童,對於科學的興趣普通,表示在這個演示中並無第一次看到的科學實驗、也沒有未學過的科學內容。	2-演示者操作科學實驗(很有趣) 3-其他觀眾上台參與科學演示 4-自己上台參與科學演示 6-演示者講解科學原理 8-演示劇情、情節、笑話設計 10-使用常見的日常用品	5-演示者與觀眾互動問答(表示此舉會讓人思考)	8-演示劇情、情節、笑話設計(舉例說明活動中演示者有說笑話、很搞笑)	1-舉手 2-回答問題 3-上台參與 5-預測或觀察現象 6-拍手	

			11-使用道具或數位設備				
3	M02	12歲以下的男童、對於科學非常有興趣，提到在這個演示中第一次看到乾冰泡泡、肥皂水顏色變化等實驗；而乾冰溫度為零下78.5等特性也是此次學習到的內容。	1-演示者引導觀眾觀察或預測(受試者認為可以讓他感覺變聰明) 2-演示者操作科學實驗 4-自己上台參與科學演示 5-演示者講解科學原理 8-演示劇情、情節、笑話設計 9-使用少見的實驗器材 10-使用常見的日常用品	2-演示者操作科學實驗(透過操作實驗可以加深印象，在演示結束之後還能記得乾冰的溫度) 4-自己上台參與科學演示 6-演示者講解科學原理部分-9-使用少見的實驗器材 部分-10-使用常見的日 常用品	全部 (受訪者指出藉由不同的方式，可以使他更了解科學)	1-舉手 2-回答問題 3-上台參與 5-預測或觀察現象 8-發出讚嘆聲	
4	F02	46-55歲的在職女教師，對於科學有興趣，之前皆有看過演示中操作的實驗及提到的科學內容，覺得利用演示介紹科學概念，可讓同學更容易理解。	1-演示者引導觀眾觀察或預測(可吸引觀眾的興趣) 2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 5-演示者與觀眾互動問答 6-演示者講解科學原理	3-其他觀眾上台參與科學演示(表示會想知道後續的結果) 5-演示者與觀眾互動問答	3-其他觀眾上台參與科學演示(讓人有興趣、想進一步了解) 7-演示者說明與生活的關聯	4-拍照 5-預測或觀察現象 6-拍手 7-發出笑聲 8-發出讚嘆聲	
5	M03	12歲以下男童，表示其實以前對於科學興趣不大，之前看一些	1-演示者引導觀眾觀察或預測(因為本身喜歡預測，在學校如果預測對了，會覺	4-自己上台參與科學演示(如果能上台，會覺得自己很風光，這也是	5-演示者與觀眾互動問答(別人的回答有可能會講出正確答案，(還	1-舉手 4-拍照 5-預測或觀察現象	

		<p>日本影片，覺得科學很好玩，像是魔法一樣；雖然是第一次親眼看到科學實驗，但之前有在奶奶家的百科全書上看過，書中有恐龍、科學等內容，實驗感覺一樣。在此演示中學習到了肥皂水變色的相關內容。</p>	<p>得很開心) 2-演示者操作科學實驗(因為之前學校同學覺得不合理、老師不理他，但後來一起實際操作找到答案，覺得很棒) 3-其他觀眾上台參與科學演示(因為自己也可能有上台的機會) 5-演示者與觀眾互動問答 6-演示者講解科學原理 7-演示者說明與生活的關聯(會讓人更喜歡科學演示) 8-演示劇情、情節、笑話設計 9-使用少見的實驗器材(像是乾冰、酸鹼指示劑，讓人覺得科學很有趣，希望能有這些東西來試試看) 10-使用常見的日常用品</p>	<p>觀看影片無法有的機會) 8-演示劇情、情節、笑話設計(最能引起我對科學的興趣，因為之前在學校有看過戲劇(宣導色狼)，覺得劇情讓人印象深刻) 10-使用常見的日常用品(覺得這很有意義，回家也可以試做看看)</p>	<p>記得其他觀眾回答乾冰溫度是零下 78 度)) 6-演示者講解科學原理 9-使用少見的實驗器材(看過演示者操作，之後會知道如何使用這些實驗器材) 10-使用常見的日常用品(即便不懂內容，但回家可以試試看，幫助理解)</p>	<p>6-拍手 7-發出笑聲 8-發出讚嘆聲</p>	
6	F03	<p>為 36-45 歲在職女教師，長期帶小孩參加科教館的活動，對於科學非常有興趣，表</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測 2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測(受訪者表示演示者引導觀眾進行觀察或預測的時機很重要，</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測 2-演示者操作科學實驗 5-演示者與觀眾互動問</p>	<p>4-拍照 5-預測或觀察現象 8-發出讚嘆聲</p>	<p>受訪者經常參與館內活動、聽過不少志工老師介紹，覺得每位老師講解的內容不同(故人生</p>

		<p>示此演示中的實驗皆是第一次所見，在演示中學習到了酸鹼指示劑可以混合的相關內容。</p>	<p>示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯(演示一開始比較生活中常見的冰塊與演示主角乾冰的科學性質)</p> <p>8-演示劇情、情節、笑話設計</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>11-使用道具或數位設備(提及展示肥皂泡時使用的市售吹泡泡玩具)</p> <p>受訪者補充：喜歡演示者個人魅力、鋪陳連結</p>	<p>藉由預測讓學習者(觀眾)主動參與、連結內容)</p> <p>2-演示者操作科學實驗(受試者對於白色的泡泡印象深刻)</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯(受訪者舉例演示者講述洗碗的生活經驗、連結泡泡環節)</p> <p>9-使用少見的實驗器材(受訪者表示，乾冰是少見的材料，最後詢問大家願不願意回家用乾冰肥皂做更多實驗時，大家回應比較小聲，是因為家裡沒有乾冰)</p> <p>受訪者補充：演示過程中透過不同認知、感官的刺激，產生衝擊，讓人印象深刻；並有詢問不同的指示劑加在一起的細節。</p>	<p>答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>11-使用道具或數位設備</p> <p>受訪者補充：者本身的熱忱，對於不同觀眾的提問、互動，具有耐心及包容，也是讓觀眾在理解科學演示內容時很重要的影響。</p>	<p>受訪者補充：雖然沒有舉手回答，但是有在心中回答問題。</p>	<p>活經驗、專業知識比重不同)，滿有趣的，以後也可以做研究。</p> <p>訪談過程中，受訪者有詢問自己的小孩，對於隔個量筒倒或是逐一倒入肥皂水的偏好，小朋友比較喜歡逐一倒</p> <p>受訪者表示之前看過幾場科學演示，但覺得今天的演示縝密，不同演示者的風格不同；覺得小朋友看過今天的演示，幾個月後還會記得顏色變化，其他演示能講出專有名詞，但可能記憶到其他情節(如風火輪剩下 42 個)</p> <p>作為在職教師，受訪者認為對於觀眾回應給予正增強是很重要的；並提到現場雖然有螢幕、但是沒有使用簡報，覺</p>
--	--	--	--	---	---	-----------------------------------	--

							得使用簡報會讓觀眾的目光都集中在螢幕上，效果不佳
7	F04	19-25 歲的大學生、暑期在科教館實習、有修習教育學程，對於科學非常有興趣，在此科學演示中的實驗皆是第一次所見，並學習到了乾冰放入肥皂水中的相關概念。	1-演示者引導觀眾觀察或預測 2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 5-演示者與觀眾互動問答 6-演示者講解科學原理 9-使用少見的實驗器材 10-使用常見的日常用品 受訪者補充：演示中展示一些生活中不會特別嘗試的實驗，覺得很新奇。對於演示活動中，演示者與觀眾的互動印象深刻(覺得演示者問觀眾是否有幫忙洗碗，小朋友回應「沒有」，演示者回應「沒有還講得那麼大聲」，很好笑)	1-演示者引導觀眾觀察或預測 5-演示者與觀眾互動問答 6-演示者講解科學原理 7-演示者說明與生活的關聯 10-使用常見的日用品 受訪者補充：有利用酸鹼指示劑作出平常不會想到的實驗，會更想深入了解背後的原理，並詢問此項科學演示研發的過程。	2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 6-演示者講解科學原理 受訪者補充：最後邀請小朋友上台放乾冰，因為酸鹼指示劑的特性，原先因肥皂水變色的液體又因酸性的乾冰(水溶液)變成透明的，感覺大家實際操作會更印象深刻。	4-拍照 5-預測或觀察現象 7-發出笑聲 8-發出讚嘆聲	受訪者在演示結束時立即到舞台前詢問所使用的酸鹼指示劑種類。並注意到發現到演示者對於不同觀眾提問或回應，會給予正向回應、重述答案。 受訪者對於此科學演示研發的歷程具有相當的興趣，詢問與觀眾的互動是否為預先演練或臨場反應、以及泡泡道具的橋段(成功或未成功的後續)，並建議觀眾上台參與實驗時，應協助提醒轉面向前方。
8	M04	12 歲以下的男童，對於科學有興趣，常常	1-演示者引導觀眾觀察或預測(發現一般泡泡是自己吹	1-演示者引導觀眾觀察或預測(受訪者有觀察	6-演示者講解科學原理(在過程中，演示者回	1-舉手 2-回答問題	受訪者提及，前 2 天有看過這個演示，但當時

		到科教館來，喜觀看展、互動好玩的展品，在此演示中第一次看到冰塊與乾冰的比較，並學習到放入水中時，乾冰會沉在底部、冰塊會浮在水面上的科學內容	<p>氣、乾冰泡跑是由乾冰產，對於2者不同印象深刻)</p> <p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>3-其他觀眾上台參與科學演示</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>受訪者表示喜歡在舞台上展演的科學現象。</p>	乾冰在水裡的位置、並且在演示結束後至舞台前詢問)	<p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>4-自己上台參與科學演示(受訪者表示最想參與泡泡槍的環節)</p>	<p>答觀眾提出的問題，也有助於理解更多科學內容)</p> <p>9-使用少見的實驗器材(在此演示中，也了解乾冰的性質及安全操作的方式)</p>	<p>5-預測或觀察現象</p> <p>6-拍手</p> <p>8-發出讚嘆聲</p>	<p>只看到後半段、而且位置坐在比較後面；</p> <p>這次想看全程、坐在第一排。演示結束之後，受訪者馬上到台前詢問問題，並談到在演示過程中有自己上台想摸泡泡。</p> <p>前2天看完演示時，立即到科教館內的化學區了解酸鹼等性質，願意下次再來看演示者的演示。</p>
9	F05	12歲以下女童，對於科學的興趣普通，在這個演示中，並沒有未看過的實驗、未學習過的科學概念。	<p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p>	<p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p>	<p>2-演示者操作科學實驗</p>	<p>1-舉手</p> <p>6-拍手</p> <p>8-發出讚嘆聲</p>		
10	M05	13-18歲的男性、高中剛畢業，對於科學非常有興趣，以前只看過乾冰的實驗(昇	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>3-其他觀眾上台參與科學演</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>4-自己上台參與科學演</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>5-演示者與觀眾互動問</p>	<p>1-舉手</p> <p>2-回答問題</p> <p>4-拍照</p> <p>5-預測或觀察現象</p>	<p>受訪者在演示結束時，有到舞台前詢問問題。</p>	

		<p>華)，第一次看到乾冰加酸鹼指示劑的實驗，在此演示中沒有未學過的科學內容。</p>	<p>示</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>受訪者補充：比較喜歡有互動的教學及說明</p>	<p>示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>11-使用道具或數位設備</p> <p>受訪者補充：自己對科學的興趣，大多以實作為主，若能用到未用過的器材，更是令人印象深刻。</p>	<p>答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>11-使用道具或數位設備</p>	<p>6-拍手</p> <p>7-發出笑聲</p> <p>8-發出讚嘆聲</p>	
11	F06	<p>12歲以下女童，對科學非常有興趣，在演示過程中多次回答問題、並有上台參與。在此次演示中第一次看到乾冰加到肥皂水中會變色的實驗，之前知道冰塊，但經過</p>	<p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>受訪者補充：因為有玩過</p>	<p>3-其他觀眾上台參與科學演示</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>受訪者知道乾冰會冒煙，也記得乾冰的溫度</p>	<p>1-舉手</p> <p>2-回答問題</p> <p>3-上台參與</p> <p>5-預測或觀察現象</p> <p>6-拍手</p>	

		今天的演示知道了很多乾冰有關的科學內容。	乾冰，覺得很好玩	9-使用少見的實驗器材 10-使用常見的日常用品 11-使用道具或數位設備 受訪者補充：本身很喜歡吹泡泡，連結生活經驗有更有興趣			
12	M06	12歲以下的混血兒男性，對於科學非常有興趣，幾乎未看過、未學過演示的實驗及科學內容，演示時有回答問題，猜測乾冰大約是零下80度，有上台參與吹泡泡、丟入乾冰等實驗。	1-演示者引導觀眾觀察或預測 2-演示者操作科學實驗 3-其他觀眾上台參與科學演示 4-自己上台參與科學演示 5-演示者與觀眾互動問答 6-演示者講解科學原理 7-演示者說明與生活的關聯 10-使用常見的日常用品 受訪者表示，利用酸鹼指示劑產生顏色變化的視覺效果很好 11-使用道具或數位設備 印象最深刻的是上台參	4-自己上台參與科學演示 9-使用少見的實驗器材 願意再上台、再參與，會覺得很興奮	1-演示者引導觀眾觀察或預測 4-自己上台參與科學演示 5-演示者與觀眾互動問答 上台拿乾冰，知道了乾冰真的很冰	1-舉手 2-回答問題 3-上台參與 5-預測或觀察現象 6-拍手	

			與；以前有看過乾冰，這是第一次拿乾冰。				
13	F07	46-55 歲女性，為學校資優班老師退休、之前曾經在科教館科學課程授課，為生物專業。對科學非常有興趣，說明這是第一次看到用乾冰吹泡泡的實驗，沒有未學過的科學知識。	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>2-演示者操作科學實驗</p> <p>3-其他觀眾上台參與科學演示</p> <p>4-自己上台參與科學演示</p> <p>5-演示者與觀眾互動問答</p> <p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>10-使用常見的日常用品</p> <p>受訪者表示，利用酸鹼指示劑產生顏色變化的視覺效果很好</p>	<p>1-演示者引導觀眾觀察或預測</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>9-使用少見的實驗器材</p> <p>受訪者指出，演示之肥皂水變色環節，先檢查量筒、再觀察變色，像魔術一樣，讓人想知道原因或手法</p>	<p>6-演示者講解科學原理</p> <p>7-演示者說明與生活的關聯</p> <p>11-使用道具或數位設備</p> <p>受訪者補充：有解說、和生活連結，對於小小孩比較有感。</p>	<p>2-回答問題</p> <p>4-拍照</p> <p>5-預測或觀察現象</p> <p>7-發出笑聲</p> <p>8-發出讚嘆聲</p>	<p>受訪者在演示結束後立即至台前詢問指示劑的種類、劑量、以及變色的手法；訪談結束時也有討論是否在其他演示使用螢幕。</p>