

# 科學教具研發中發現科學新樂趣與另類商機

(110 年度科技部科學教育實作計畫名稱：力學科學玩具開發-在轉動中發現科學新樂趣)

戴明鳳<sup>1</sup>、林家賢<sup>2</sup>、高嘉郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立清華大學物理系教授兼教務處跨領域科學教育中心主任

<sup>2</sup> 國立清華大學教務處跨領域科學教育中心資深教具開發研究助理

<sup>3</sup> 國立清華大學教務處跨領域科學教育中心資深教案研究研究助理

E-Mail: [mftai@phys.nthu.edu.tw](mailto:mftai@phys.nthu.edu.tw), Line ID: mftai

## 摘要

本文簡介清華大學跨領域科學教育中心（以下簡稱本中心）在科學教具與教案的研發工作，以及實驗套件設計的理念與研發後的推廣和經營方式，期許能與國內各科普團隊交流分享我們中心的工作心得與經驗。



圖 1 清大跨領域科學教育中心開發的實驗教具套件組裝好的成品實體照

## 一、前言：清大跨領域科學教育中心簡介

本計畫團隊奉學校指派，於 2014 年 11 月在清華大學教務處下成立「跨領域科學教育中心」(在此之前本團隊是以普物實驗科普團隊為名)，以推廣大眾科普教育為核心目標。為擺脫多數人認為科學理論與實驗是抽象、無趣、艱澀、難以理解的刻板印象，因此本中心致力於研發動手做實驗教具與教案，積極推動「Science Easy Learning! Making You Happy and Fun!」的科學傳播工作，將「科學知識與探究活動」推廣到全台。期望學員透過親自實作與體驗實驗的方式，讓科學變得有趣、易於理解，樂於親近，讓大眾能正確地將科學知識善用於日常生活中，也期盼能將本中心累積多年的科學教育資源分享給普羅大眾。

## 二、跨領域科學教育中心工作與成果概述

由於國內大眾對科普教育的迫切需求，故我們除了研發具啟發性與趣味性的科學教具、DIY 實驗套件、展演示體驗系列的實驗教具外，並接受國內外各單位邀約承辦各式科學活動。因此，中心累積了不少開發教具、設計教案與辦理各型科普活動的經驗，近年來活動辦理的統計資料如表 1 所示。有 0.5-5 天不等的活動，對象多以 K12 師生為主，但也有大專生、親子、混合 K12、社區大學及社會大眾，並有來自大陸、港澳與馬來西亞學校的邀約。邀請單位原多在自己學校辦理，因本中心實驗室多元且開放的優化環境設計，廣受大眾喜愛，故不少單位將科學活動拉到本中心舉辦，讓學員有機會分享大學校園的科學資源與體驗學習氛圍。

表 1 2011~2021 年間本計畫科普團隊辦理之科普活動統計表

年度	總場數	總時數	總人次	科學營		國小場次	國中場次	高中場次	大學生場	教師	民眾	國外	家長旁聽	偏鄉弱勢學童	用清大實驗室場次	線上課程
				1 天	≥2 天											
2011	86	354	5,805	13	7	11	7	39	20	2	4	4	-	4	49	
2012	96	527	6,122	16	14	9	14	59	6	0	2	6	-	4	58	
2013	116	698	6,718	26	18	27	14	61	8	2	7	2	-	21	80	
2014	134	639	8,501	39	9	26	18	62	14	8	6	3	-	20	73	
2015	209	1,169	11,959	52	28	41	36	89	10	27	6	14	-	25	112	
2016	202	864	13,658	68	10	44	32	95	10	17	4	11	-	13	106	
2017	228	980	13,759	66	6	43	59	57	13	33	13	10	-	13	109	-
2018	272	1,139	15,157	85	15	62	69	64	10	37	12	17	15	24	272	-
2019	304	1,224	10,009	91	10	94	48	63	7	29	6	6	41	10	125	-
2020	285	1,351	12,951	70	13	132	57	52	3	30	11	-	50	4	73	-
2021	264	1,209	11,779	99	3	126	63	57	5	8	5	-	3	-	79	21
合計	2,110	9,800	110,613	612	126	604	410	659	86	191	72	69	109	134	1,087	21

- 註：1. 年度以每年 1/1-12/31 為統計核算標準，同一學校或同一批學員的活動以同一場次計算。  
 2. 90%以上的活動是應邀約或受委託規劃及辦理的活動。各場次的活動經費幾乎都是邀約單位自籌。  
 3. 參加人數不包含陪同學員一起上課的師長或家長，也不包含科學市集或遊園會相關活動的參與人數。

因長期致力於科普推廣，故不少學校或社群(包括各縣市教育局或教育處、文教單位、基金會或市政府相關單位，甚至有企業單位)常主動邀請委辦科普活動，或要求到清華普物實驗室舉辦科學研習活動。近多年來受邀或自辦的動手做科學活動每年都超過兩百場次以上，108 年度更超過 300 場次；參與人次每年逾上萬人次(僅計算參加研習活動的人次，不包含科學遊園會性質之活動的參加人次)。109 和 110 年度雖逢 COVID-19 疫情影響，但辦理場次、時數和參與學員人數所受影響有限。不過因疫情，我們於 109-110 年度不僅發展了「線上動手做實驗」的居家學習課程，並於 110 年度的 7-9 月份間辦理了 21 場(~96 小時)線上居家動手做的科學研習活動。

## 三、科普活動材料包商品化的建議方案

如表 1 所示，近幾年來，每年辦理數百場以上以「自己動手做實驗」為主軸的科學研習活動，參與「動手探科學」研習活動的人數每年都逾上萬人次，總活動時數更在千小時上下。因此，每年所需使用到的材料包套件相當可觀，若依每三小時規劃使用一套材料套件包，則

材料套件粗估需求數量至少 1 萬人次 x (1200 小時/3 小時) ~ 400 萬套以上。其中，不包含每年春、秋兩季多場科學園遊會活動中的參與人數與材料包使用量，也不包含向本中心購回自行居家操作或老師自己授課用的材料包數量。由此可見，這是一筆為數相當可觀且總金額不低的商品用量。大專院校各科普團隊不妨思考如何邀請校方相關單位，協助一起經營這塊空間，意即由校方的主計與出納單位為活動的材料包開立材料包的收據，以提供給校外單位核銷經費。如此，中心所收到的材料包費用，便會進到學校的帳戶內。雖然，因此學校會扣到相當程度的管理費(以清華為例是 25%)，但好處是若有任何盈餘，可作為日後研發教具與推廣活動所需的經費。且若盈餘額度足夠的話，還可向校方申請以結餘的經費增聘工作人員額，以提升教具開發的速度及可以承辦更多場次的活動。如此將更有利於科普教具的開發工作與活動推廣的成效。

#### 四、教具「商品化」研發

本中心多年來在 DIY 實驗教具設計上不斷地進行改良與精進，如圖 1 和圖 2 所示。並積極致力於研發「科學行動百寶盒/箱」，及以「科學 Easy Learning! Be Happy!」為口號，讓科普教育播種於大眾心中。以下分享本中心實驗教具「商品化」的心得與歷程，期許能提供各 K12 學校與坊間教育團體有不一樣的選擇。



圖 2 本中心團隊研發實驗套件項目琳琅滿目種類多元

##### (一) 設計、製作、教學全程參與：

本團隊結合各科學領域設計開發不同主題的 STEM 教學與展/演示/DIY 實驗系列，包含力學、波動力學、魔法光學、電磁系列、磁力大神、電子電路課程、創客系列、機電整合、智慧控制、智能車……等科普教具，讓 K12 師生可以透過 DIY 動手做的方式深刻地了解及認識在原本教科書上艱澀難懂的科學原理。

DIY 實驗材料包的設計與整合，除強調教具外型上的精緻化與模組化外，更著重在實驗器材的設計中增加多項可調整實驗變因的機制。以利使用者能在不同的實驗變因下，深入探討影響實驗結果的因素，才能進一步深入探索科學的奧秘。此外，秉執著「做中學、

學中做」的精神，透過一次又一次現場實務教學所累積的經驗，及多方收集 K12 師生的反饋意見與教學現場的觀察(圖 3)，進而將所得到回饋結果導入教具的改良上。這是一般玩具或教具設計廠商比較難以達到的境界。



圖 3 每次教學現場的觀察與回饋，都是教具改良的契機

## (二) 模組化、精緻化課程教具：

因許多 DIY 科學課程的材料大部分都是生活中較易取得的材料，授課結束後教材凌亂且不方便攜帶，以致課程結束後學員再次拿出來複習/把玩的興致缺缺，進而造成資源的浪費。有感此現象，因此科學教具整理盒是本團隊改善的第一步。將現階段已開發但待改善之各項相關領域的 DIY 實驗器材進行整合及改良，本體及外觀材質改良為精美的材質，並且包括 2 種以上的 DIY 動手做課程整合在一盒課程模組中。課程模組內容含 2 種以上相關內容的 DIY 實驗器材、器材表與說明書、行動外盒。以圖 4 所示的課程模組為範例，是 2020 年本中心因應疫情開發之遠距行動教具—光學實驗課程模組。

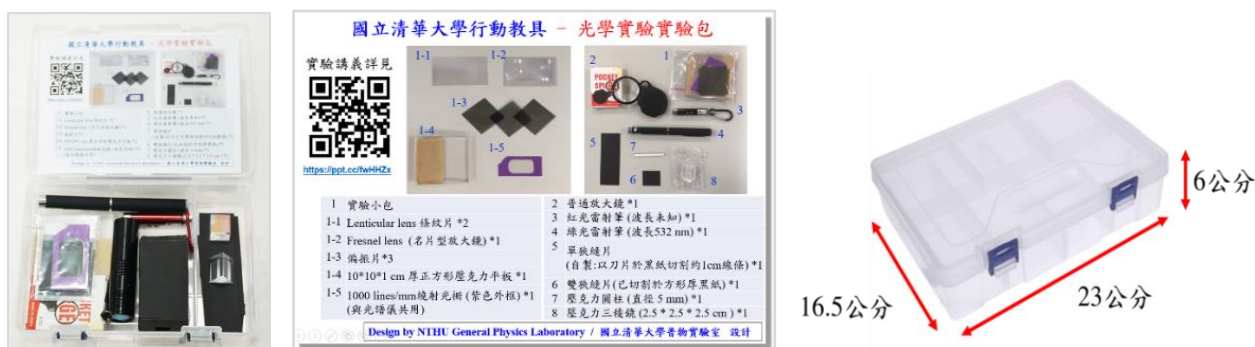


圖 4 完整課程模組，器材諸單元清單表、說明書與課程模組外盒

並將近年開發之相關課程教具模組化、精緻化、商品化。也為了更大幅度地提升在 K12 各級學校與社會大眾科普教育的服務品質與廣度，本中心將過去設計的經典且熱門的百寶箱實驗轉化成科學玩具商品。讓無法參與本中心課程的學校與社會大眾，皆能透過本團隊所開發的科學系列玩具，體會到做中學、學中做的樂趣，並得以進一步探索科學的奧妙與無限的應用。期望能透過多元化的推廣方式擴展科普教育的範疇、提高科學普及的廣度和提高推廣效率，分享給更多社眾，擴大受惠者的數量和範圍。部分已精緻化且模組化的課程模組如圖 5 所示，有動態圓盤中的多元科學探究課程模組、密度知多少課程模組、駐波共振課程模組、正多面體大會串課程模組、偏振光學解密課程模組、電磁

感應系列實驗等等套件式百寶箱。


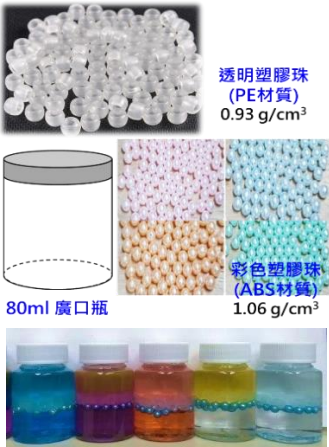


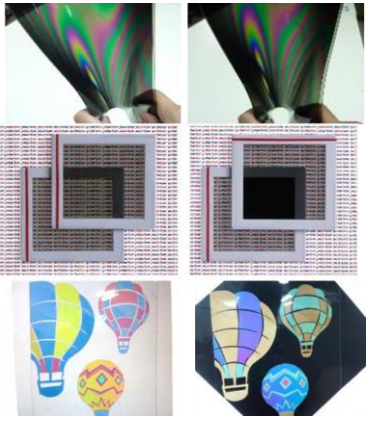
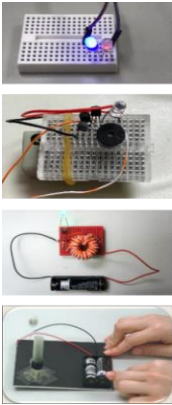
	 <p>透明塑膠珠 (PE材質) 0.93 g/cm<sup>3</sup></p> <p>80ml 廣口瓶</p> <p>彩色塑膠珠 (ABS材質) 1.06 g/cm<sup>3</sup></p>	 <p>橡皮筋(大) 橡皮筋(中) 橡皮筋(小)</p> <p>偏心槌 馬達 雙面膠 電池盒</p> <p>軸套 鐵尺</p>
<p>動態圓盤中的多元科學探究</p>	<p>密度知多少</p>	<p>駐波共振課程模組</p>
		 <p>基本電路</p> <p>達靈頓電路</p> <p>焦耳神偷</p> <p>電磁跳跳砲</p>
<p>正多面體大會串</p>	<p>偏振光學解密</p>	<p>電磁百寶箱</p>

圖 5 部分已精緻化且模組化的課程模組

### (三) 精緻型教具量產能力：

3D 列印機及雷射切割機(如圖 6 所示)的引入，使中心可以進行精緻型教具的小型量化生產，用以應付部分活動需求。同時針對同一項教具模組、規劃不同材質的版本，以應部分活動對經費額度有限制教具成本。另也會因應材料不同，尋找不同的配合廠商。廠商協助為少數緊急專案需求，必須提供快速大量的製作，但不參與設計與銷售端的服務。

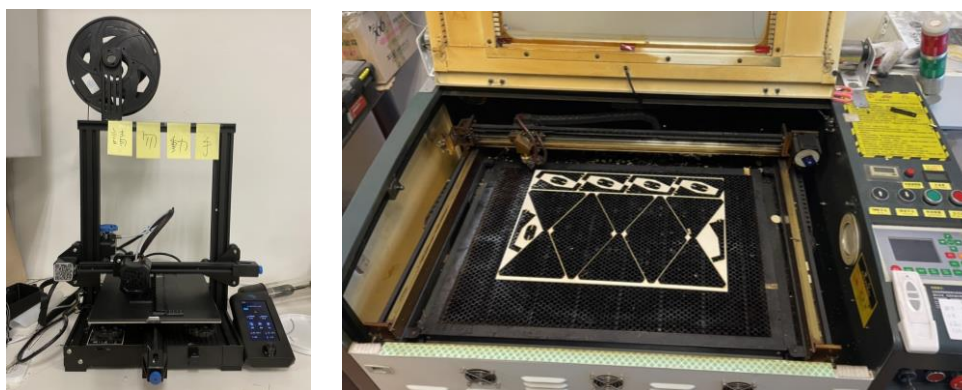


圖 6 本中心已具備小型量產化的基本設備，並建立完善的教具製作流程

#### (四) 自行推廣商品化成果：

與一般產學合作不同，銷售推廣模式是由中心團隊負責，而開立材料收據則由本學校主計單位負責。除能提高本中心知名度，且因經由校方控管銷售端與經費的收支方式，讓校方及相關單位能隨時掌握計畫執行的成效與監控經費是否合法運用。

### 五、與一般產學合作不同與優點

#### (一) 成品可以快速疊代，有效翻新成品：

一般廠商製作的教具，受成本考量必須有最低產量與生產限制。倘若該項商品需要做改良，一般廠商勢必要將先前生產的商品銷售至一定數量後，才有意願再製造；且又會再次顧及改良後產品的產量與銷售壓力。這種排擠性的循環，讓教具的改良與進度受到相當大的限制。本中心自行生產的教具數量，因非一次大量生產，而是按照參與活動的人數隨時進行產量的調整，因此每次活動，都可即時針對產品不良處進行調整改善，並快速產出下一個更優異的版本。如圖 7 為本中心的張拉整體結構教具第一代至第五代成品圖（左至右），這中間僅經歷過 2 個月的時間。故在教具設計與製作的機動性與靈活性上皆遠勝於委託廠商製造的機制。

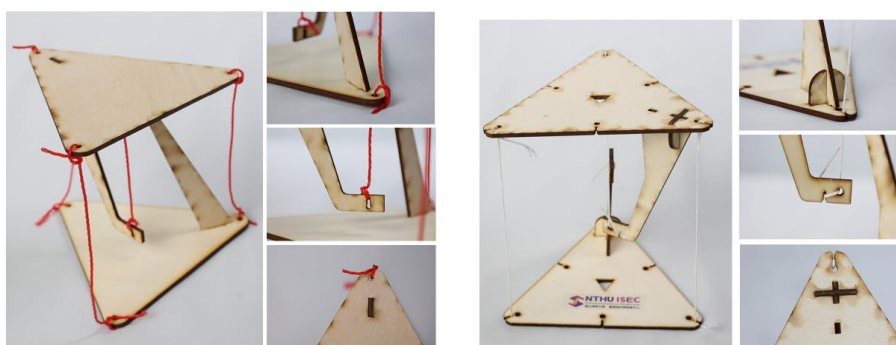


圖 7 第一代到第五代的張拉整體結構力學 DIY 實驗教具的改良過程。

#### (二) 讓學校成為銷售中心，提高學校校譽，並獲得學校支持：

本團隊執行的成效皆在學校上級行政與主計單位監管與掌握中，能將實質的部分收益回饋至校方。當優秀成果呈現予校方時，至少在精神上會給予肯定，並力挺中心團隊執行相關科普實作與科教推廣計畫，對於團隊未來人力與物力的需求上也能盡可能地給予有力的幫助。

### 延伸閱讀

1. 成品介紹影片：<https://www.youtube.com/watch?v=iREfXZo4Dmo>
2. 計畫成果影片：<https://www.youtube.com/watch?v=q4K321dyia0&t=221s>
3. 本中心網頁：<https://isec.site.nthu.edu.tw/>