

Taipei

臺北市 STEAM

教育期刊

Education Journal

01

2026.01

創刊號



Science

目錄 Contents

Technology

序 - 跨域實踐與永續創新：臺北 STEAM 及新科技教育的領航藍圖

／臺北市政府教育局湯志民局長

04

前言 - 從實作探究到設計創新，提升 STEAM 素養

／國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系張玉山特聘教授

06

Mathematics

音樂作為跨域起點：大學 STEAM 課程設計與小學端實施的轉化經驗

／國立臺北教育大學何慧瑩教授、國立臺北教育大學李之光教授

08

Engineering

讓學習動起來：民權國中 STEAM 的第一哩路

／臺北市立民權國中徐雅鐘校長、臺北市立民權國中崔建根教師

24

日本 STEAM 教育參訪心得報告

／臺北市龍山 STEAM 及新科技教育中心洪瑞甫主任

42

Development and Classroom Practice of Mechanism-Based Teaching Materials in Japanese Junior High School Technology Education

／Konomi FURUTA

50

Taipei

STEAM

Education
Journal

序

跨域實踐與永續創新： 臺北 STEAM 及新科技教育的 領航藍圖

二十一世紀資訊科技迅速發展，雲端運算、元宇宙、生成式 AI 等工具快速更新、瞬息萬變；「 α 世代」的孩子們，面對世界的變化較過去更快且複雜，解決問題的方法沒有標準答案，更需要能運用多元且開放的思考能力，以因應不斷變化的未來。

臺北市重視培養孩子具備面對未來的素養能力，我們積極透過 STEAM 及新科技教育，把科學、科技、工程、藝術、數學等學科領域融會貫通，幫助孩子學會做中學、學會思考、學會與人合作，勇敢探索和創造！112 學年度臺北市創全國之先，成立「臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室」及「幼兒創思中心」，前者統籌本市國小以上至高中的 STEAM 及新科技發展，整合全市 7 所 STEAM 及新科技教育中心，建構「縱向連結、橫向整合」的網絡，期待透過教師工作坊、課程研習及體驗課程等，滿足國小孩子對世界的好奇心、串連國中生對知識的連結，發展高中職生對專業的鑽研，讓 STEAM 及新科技教育不是高深的學問，而是扎根於生活情境的日常。

臺北市對 STEAM 及新科技教育的擘劃，期許將主動權交給學校，讓創新的力量在校園直接落實。首先，臺北市在 114 年起推動「STEAM 學校認證」，提供學校明確的發展指標與支持架構，引導學校依據自身屬性，建立學校特色、發展校本特色課程，真正落實於學校的課程與教學；《STEAM 課程地圖》採分階段、有系統的方式，培養種子教師，共同攜手協助有意願的教師增能，透過專業社群的運作，實現經驗的傳承與擴散；並且，透過與企業合作，強化學生實作經驗，結合課程與業師資源的引入，縮短學用落差，讓孩子們將課堂上所學運用於真實情境，在未來也有可能改變世界！

面對 AI 時代，在硬體方面，臺北市持續建置「新世代學習空間」，以多中心的教室設計、融合資訊和通信技術、可移動的牆壁和其他靈活的內裝元素、各種「對學生友善」的家具，並可隨時獲取資源等特點，建置可幫助學生自主學習、探索學習的空間環境；在軟體方面，舉辦「STEAM 跨域競賽」、「資通訊應用競賽」競賽，並辦理「國際見學團」參訪計畫等，希望擴展師生跨校、跨國的互動交流與國際視野。

114 年初，我們邀請專家學者、產業界及教師一同編撰全國首創「臺北市 STEAM 學習誌」，整合多學科、跨領域、連生活的 STEAM 教育實務分享，接下來我們更預計以每 2 月為一期的方式，出版「臺北市 STEAM 教育期刊」，將收錄現場教師設計的課程教材、寶貴經驗分享，以文字和影像，搭建一個平臺，讓臺北市 STEAM 及新科技教育的推動情形，能與親師生或大眾分享、交流和對話。本期創刊特別感謝刊物編審工作小組國立臺灣師範大學張玉山特聘教授、游光昭特聘教授兼執行長、國立清華大學王子華教授兼院長、國立臺北教育大學劉遠楨教授兼副校長、臺北市立大學賴阿福教授、國立臺灣科學教育館劉火欽館長、鴻海教育基金會汪芝蓁執行長、臺北市立中山女高張云棻校長及各領域專家、學者及各協助撰稿之教育先進，因為有您和我們共同努力，才能促成本刊的發行！期許未來臺北市的 STEAM 及新科技教育持續前行，許孩子一個共學、共創、共好的永續創新學習環境，與世界接軌，成就無限可能！

臺北市政府教育局



局長

前言

從實作探究到設計創新， 提升 STEAM 素養

張玉山 特聘教授

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

本世紀初的美國發現國內理工人才的質與量都出現匱乏，於是大聲疾呼推動 STEM 教育 (U.S. Department of Commerce, 2011)。根據美國、澳洲、紐西蘭、加拿大的文獻，STEAM 教育是引導學生透過這五種學科領域的跨域學習，培養學生實作與創造性問題解決的能力。在專題導向 (Project based learning, PBL) 的小組學習下，學生也增強了合作、創造力、溝通、及批判思考 (也就是 5C) 的能力。也就是說，透過實作探究與設計創新的學習，培養學生的 STEAM 素養 (張玉山及王嫻茵，2025)，如圖 1。

本期共收錄四篇文章。首先是何慧瑩教授和李之光教授的「音樂作為跨域起點：大學 STEAM 課程設計與小學端實施的轉化經驗」，從電子電路與物理實驗的音頻高低，延伸到電子音樂，充分展現實作實驗的跨領域。其次是徐雅鐘校長和崔建根教師的「讓學習動起來：民權國中 STEAM 的第一哩路」，從 STEAM 設計思考的理念到校本課程發展與課程模組設計，脈絡清楚，相當完整。

再來是洪瑞甫主任「日本 STEAM 教育參訪心得報告」介紹日本重視從生活情境出發、強調工程設計歷程、跨科整合與 AI 工具應用。最後一篇正好是日本奈良教育大學的 Konomi Furuta 教授分享了日本的中學利用雷射切割機製作各種機構教材教具，讓學生體驗機械原理，在樂趣畫的學習鐘，引導學生建構工程導向的學習經驗。這四篇文章從 STEAM 理論、學校課程、教學活動設計、再到教學實務經驗，內容很完整，而且包含臺灣和日本的國際經驗，相當值得我們參考。

從 STEAM 跨領域專題式學習，學生以生活情境為基礎，在主動探究和創新應用中，強化了創造性問題解決能力和學習的主動性 (自發性)。尤其在快速變化的 AI 時代中，主動地發現問題，創新地解決問題，將是適應社會以及創造機會所不可或缺的關鍵能力。

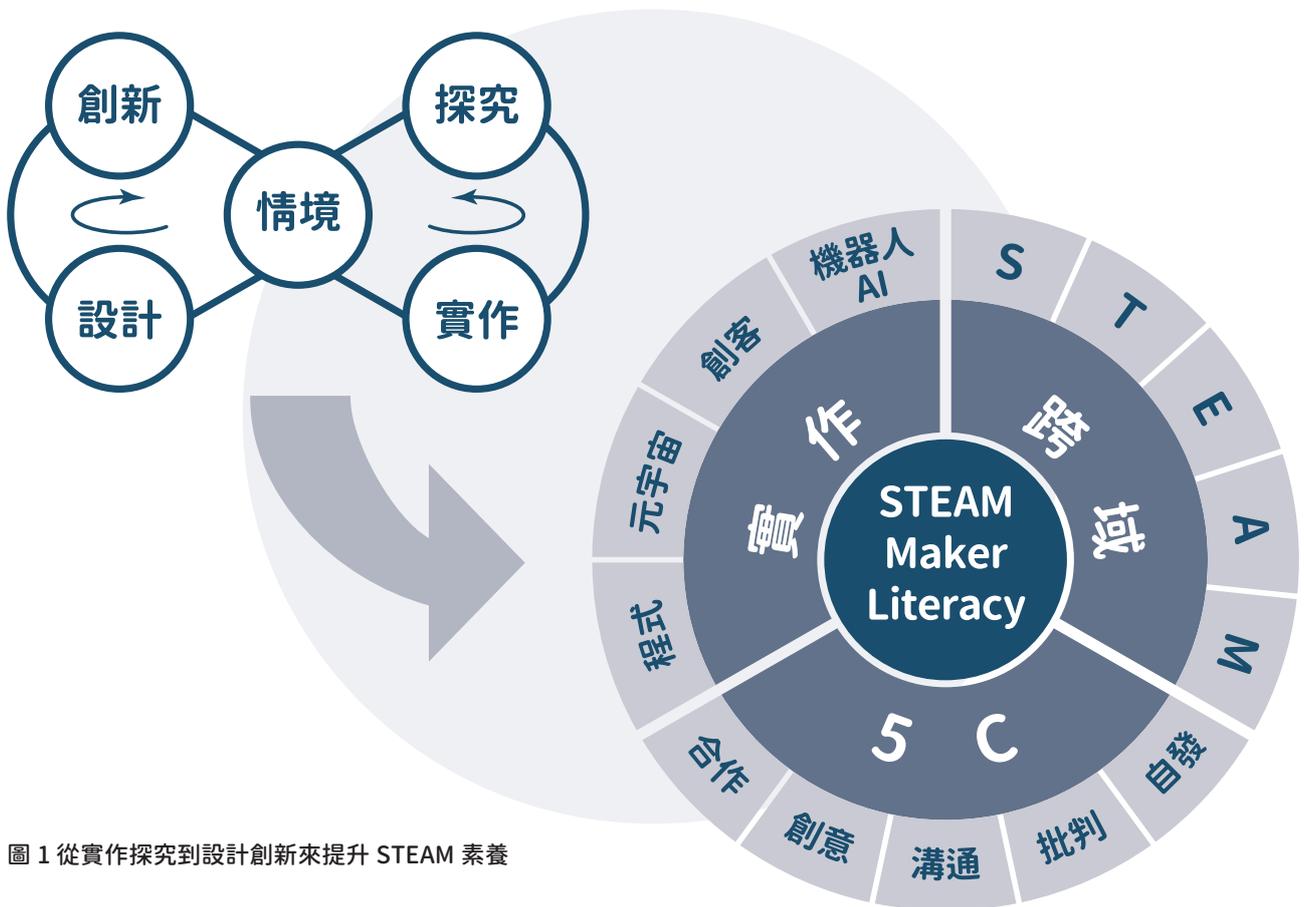


圖 1 從實作探究到設計創新來提升 STEAM 素養

參考文獻

張玉山、王嫻茵。(2025)。STEAM 教育與 STEAM 素養。科技與人力教育季刊 2025，11(3)，1-5。
DOI: 10.6587/JTHRE.202503/SP_11(3).0000

U.S. Department of Commerce (2011). Women in STEM: A gender gap to innovation. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED523766.pdf?fbclid=IwAR3rmQFPZCzdl-vyxh6DKqxd0Bj1K7ITO5T9je1QzsoNH2vxdnpl4-TnQw>

音樂作為跨域起點： 大學 STEAM 課程設計與小學端 實施的轉化經驗

何慧瑩 *

國立臺北教育大學教授

李之光

國立臺北教育大學教授

* 通訊作者：hueiying@mail.ntue.edu.tw

摘要

本文旨在探討將音樂作為跨域學習起點的 STEAM 課程設計與實施經驗。受「特雷門琴」(Theremin) 的啟發，物理學和音樂學兩位教授合作設計了一套以特雷門琴為核心的 STEAM 課程，將特雷門琴獨特的發聲原理與電路結構 (RLC 振盪電路) 結合，於大學端整合「普通物理學」、「普通物理實驗」以及「微積分」課程，引導學生從理論推導走向實作。此外，本文亦詳述該課程如何轉化為適用於國小階段的教學方案，並於「臺北市國小科學創意營」和「臺北科學日」兩個活動中，透過模組化教材與遠距教學模式成功實施。最後，基於本次跨域與跨學段的共備經驗，本文針對 K-12 教育提出了分齡專題發展建議：國小階段首重引起動機與導電現象的直觀知識；國中階段強調變因控制與數據量化分析；高中階段則聚焦於工程設計與非接觸式感測器的改良。

關鍵詞：STEAM 教育、特雷門琴、跨領域課程

Music as an Interdisciplinary Entry Point: University STEAM Curriculum Design and the Transformation Experience for Elementary School Implementation

Huei-Ying Ho^{1, *}, Tze-Kuang Lee²

¹Department of Science Education, National Taipei University of Education

²Department of Music, National Taipei University of Education

*Corresponding author: hueiying@mail.ntue.edu.tw

Abstract

This paper examines the design and implementation of a STEAM curriculum focused on music, aimed at fostering interdisciplinary learning. Inspired by the Theremin, two professors—one in physics and the other in musicology—collaborated to develop a curriculum centered on it, integrating its unique sound production principles with its circuit structure (an RLC oscillating circuit). This curriculum was incorporated into university courses such as "General Physics," "General Physics Experiments," and "Calculus," guiding students from theoretical derivation to practical application. Additionally, this paper discusses how the curriculum was adapted for elementary school use and successfully implemented in the Taipei Elementary School Science Creativity Camp and Taipei Science Day activities through modular teaching materials and distance learning models. Finally, drawing from this interdisciplinary and collaborative learning experience, this paper provides age-appropriate thematic development recommendations for K-12 education: elementary schools should focus on fostering students' motivation and intuitive understanding of conductivity; junior high schools should emphasize variable control and quantitative data analysis; and senior high schools should concentrate on engineering design and the development of non-contact sensors.

Keywords: STEAM Education, Theremin, Interdisciplinary Curriculum

培養學生整合多元能力的學習模式已成為各級教育改革的核心方向，而實驗課程則是培養探究精神與實作能力的重要載體。兩位大學教授（物理與音樂領域）於觀看特雷門琴演奏影片後受到啟發，進而設計並實施 STEAM 課程。本文將說明課程的概念發想、跨學科設計架構與具體實施流程，並結合學生的學習成果與回饋，闡述特雷門琴如何作為教學媒介，串連科學與藝術，為跨學科探究開啓新的可能。同時亦簡述該課程於臺北市國民小學科學創意營與臺北科學日之實際教學情形，以呈現其在不同教育場域的延伸應用。

特雷門琴 (Theremin) 演奏的啟發

在一次瀏覽 YouTube 的過程中，偶然看到一段特雷門琴 (Theremin) 演奏影片 (圖 1)。除了被其獨特音色吸引，更令人驚訝的是，演奏者竟能在完全不接觸樂器的情況下，僅憑雙手於空中移動便控制音高與音量。為釐清其原理，作者進一步查閱資料，得知特雷門琴為俄國發明家李昂·特雷門 (Léon Theremin, 1896–1993) 於 20 世紀初所研製，是最早期的類比電子樂器之一，其核心由電阻 (R)、電感 (L) 與電容 (C) 組成，對應物理電磁學中的基礎概念，極適合連結物理理論推導與實驗實作。

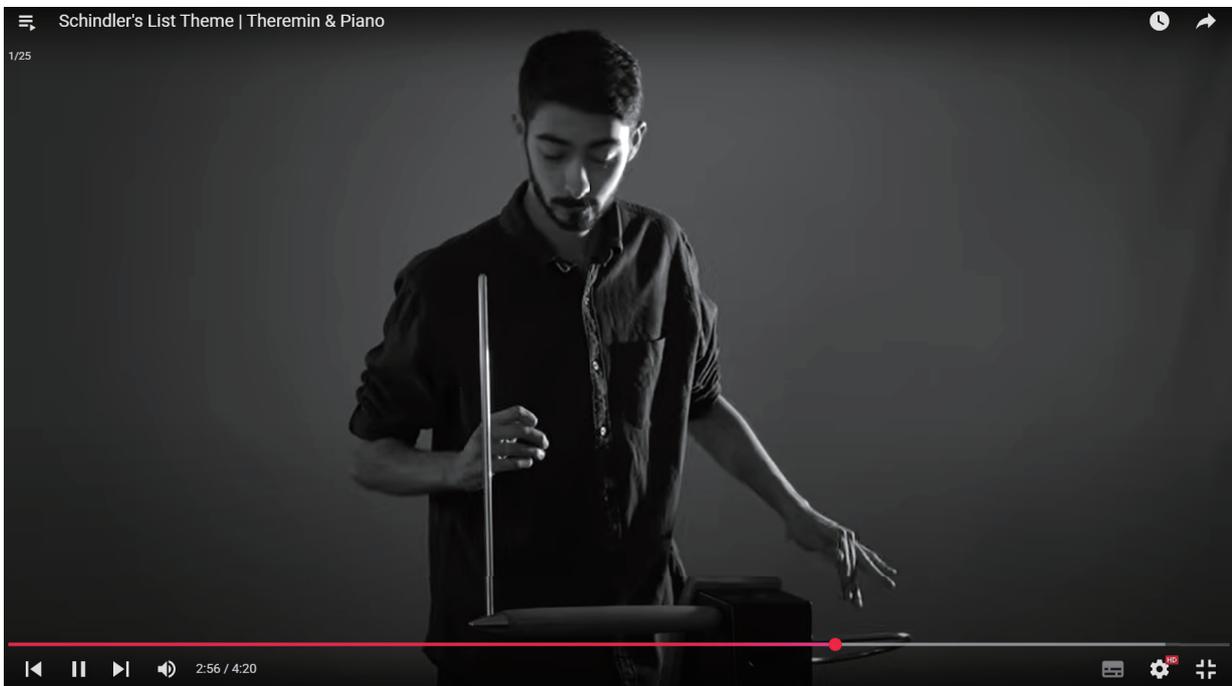


圖 1：特雷門琴演奏。

圖片來源：<https://youtu.be/lCOB6iKpX04?si=UM1pLsokHKG0VXv3>

在物理教授與音樂教授共同討論後，遂以特雷門琴為核心發想，並依據「普通物理實驗」課程進度，重新檢視「普通物理學」與「微積分」的教學內容，將之跨學科整合成爲 STEAM 課程。此課程試圖以特雷門琴爲教學載體，將科學理論、實驗操作與聲音創作實作相互連結，開展結合理論與創作的跨域教學實踐。

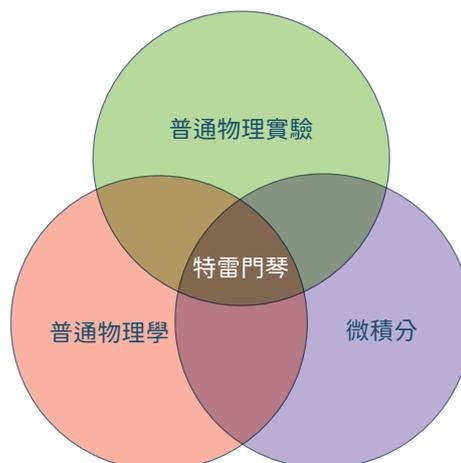


圖 2：大學 STEAM 課程的跨學科發想

STEAM 課程的架構

一、師資生的先備知識簡述

本課程規劃於下學期進行。在上學期，普通物理課程以力學爲主要範圍，當時即規劃在普通物理課程中，由李之光教授規劃與力學相關的樂器課程內容，包含小提琴、吉他、豎笛、小號、長號、鋼琴以及打擊樂器，李教授邀請音樂系的研究生到課堂上展現各種樂器的演奏技巧（圖 3），讓學生感受樂聲的差異。同時，李教授並以簡報講解樂器音域特性、演奏技巧、泛音原理、音量與音色表現，以及其他特殊的演奏方式。最後，筆者再輔以物理的觀點，解說這些演奏技巧的背後物理概念。



圖 3：學生接受音樂課程的上課情形

二、STEAM 課程的建構

在下學期開始之前，物理系與音樂系教師即共同進行課程共備，協商並規劃「普通物理學」課程內容，並設計一套為期六週之 STEAM 教學方案（如表 1）。本次教學設計以「自製特雷門琴」為核心主題，將「普通物理學實驗」、「普通物理學」與「微積分」三門課程加以整合，並據此重新編排課程進度。於表 1 可見，為配合普通物理學實驗課進行特雷門琴製作，「普通物理學」課程以電磁學為主要知識軸線，而微積分課程則依普通物理學之需求進行數學內容的對應與調整。

表 1：STEAM 課程的每週進度規劃

| 週 | 教學目標 | 普通物理學 | 微積分 | 普通物理學實驗 |
|---|---|---|-----------|--|
| 一 | <ul style="list-style-type: none"> 能清楚了解本學期跨科統整要挑戰的問題「合作製作一個簡易特雷門琴」 能知道特雷門琴的音樂創作與其時空背景 能知道特雷門琴的基本結構與物理的關係 能正確操作示波器量測電場波動 能做基本的微分方程計算 | 特雷門琴音樂歷史與創作 vs. 物理 | · 微分方程 | <ul style="list-style-type: none"> 說明本學期要挑戰的問題「合作製作一個簡易特雷門琴」 示波器操作 焊接 |
| 二 | <ul style="list-style-type: none"> 能了解靜電學、靜磁學、與電生磁、磁生電 能在麵包板上正確連接電阻、電容、電感以形成電路。 能做基本的微分方程運算 | <ul style="list-style-type: none"> 靜電學 電容 靜磁學 電流磁效應 冷次定律 電感 | · 極座標 | <ul style="list-style-type: none"> 認識電阻、電容、電感、麵包板 電阻串、並聯之電阻值 電容串、並聯之電容值 電感串、並聯之電感值 |
| 三 | <ul style="list-style-type: none"> 能理解 RC、RL 電路的時間常數之概念 能以示波器測量 RC 和 RL 電路的时间常數 能用微分方程解出 RC 和 RL 電路的一般解 能理解 RLC 的共振電路的頻率與阻抗有關 | <ul style="list-style-type: none"> RC 電路 RL 電路 RLC 電路 | · 參數函數方程式 | <ul style="list-style-type: none"> RC 與 RL 電路製作與時間常數量測 RLC 電路阻抗與交流電源頻率之關係 |
| 四 | <ul style="list-style-type: none"> 能分析 RLC 電路的頻率與阻抗之關係 能製作由電阻控制的簡易特雷門琴 能用 phyphox 量測電阻變化與音頻的關係 | · RLC 共振電路 | · 特殊積分 | · 製作由電阻控制音頻的簡易特雷門琴，並以 phyphox 量測電阻變化與音頻的關係 |
| 五 | <ul style="list-style-type: none"> 能利用高斯定律計算電容 能將特雷門琴上控制音頻之機制更換成電容 能用 phyphox 量測電容變化與音頻的關係 | <ul style="list-style-type: none"> 高斯定律 電容 | · 向量積分 | · 製作由電容控制音頻的簡易特雷門琴，並以 phyphox 量測電容變化與音頻的關係 |
| 六 | <ul style="list-style-type: none"> 能利用安培環場積定律計算電感 能更換各種不同電感值的電感，以改變特雷門琴的音頻之控制 能用 phyphox 量測電感變化與音頻的關係 | <ul style="list-style-type: none"> 安培環場積定律 電感 | · 向量積分 | · 製作由電感控制音頻的簡易特雷門琴，並以 phyphox 量測電感變化與音頻的關係 |

STEAM 課程教學過程

第 1 週由音樂系教授主講普通物理學課程。教師先示範特雷門琴操作並播放其依聲響特性創作之背景音樂（圖 4），接著安排學生輪流操作特雷門琴（圖 5），使學生在實際演奏中理解聲音控制的感知特性，以作為後續製作活動之概念引入。



圖 4：李之光教授演奏特雷門琴，並搭配其自行創作的背景音樂 (<https://youtu.be/qtkkPX2BvbE>)



圖 5：課堂上學生輪流演奏特雷門琴

第 2 週由具音樂背景之自然系大二學生於普通物理學課程中示範另一台特雷門琴之演奏，隨後拆開外殼讓學生觀察內部電路配置，並說明各組件功能與調整電感校正音頻之方式（圖 6），使學生在觀察真實器材的同時理解聲音輸出與電路參數的關聯。



圖 6：自然系大二具音樂背景的學長解說特雷門琴內部電路結構

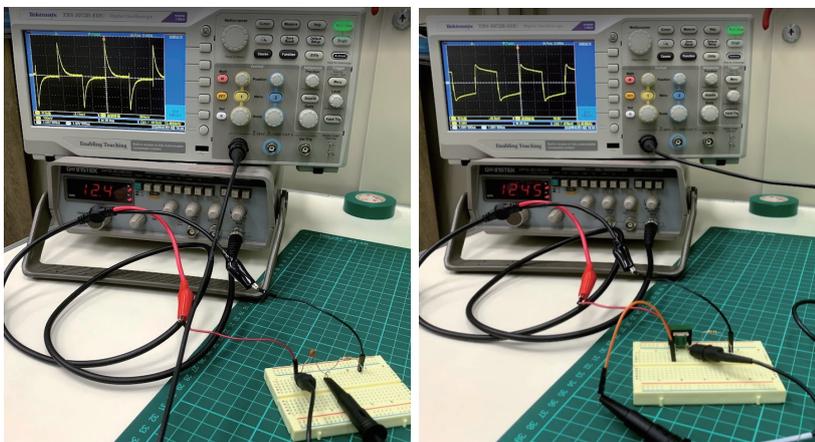


圖 7：訊號產生器產生方波量測（左）RC 和（右）RL 電路的時間常數

第 3 週於普通物理實驗課中，學生在麵包板上連接電阻、電容與電感，使用訊號產生器輸出方波以量測 RC 與 RL 電路之時間常數（圖 7），並進一步量測 RLC 強迫振盪電路中電容與電感兩端電壓之相位差異（圖 8、圖 9），最後量測電阻兩端電壓與驅動電壓頻率之關係，以建立聲學控制背後所涉及之電路行為理解。

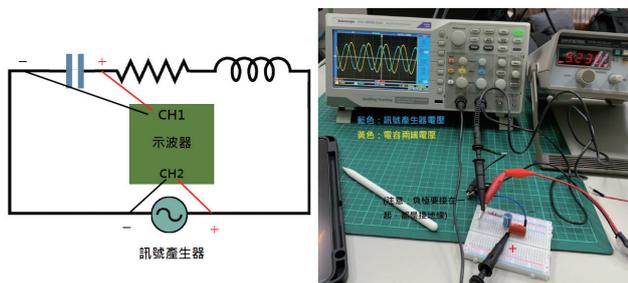


圖 8：RLC 串聯的電容兩端電壓相位（黃色線）超前驅動電壓相位（藍色線）

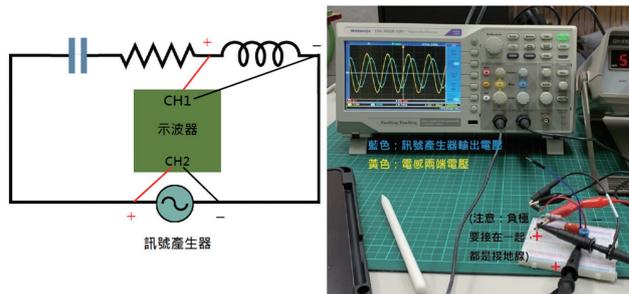


圖 9：RLC 串聯的電感兩端電壓相位（黃色線）落後驅動電壓相位（藍色線）

第 4 - 6 週學生依照提供之電路圖（圖 10，物理原理詳見附錄一）於麵包板上製作簡易特雷門琴。課程提供音階標準頻率表（圖 11），並使用 phyphox 手機 APP 量測音頻（圖 12），學生透過調整電阻值以接近標準音頻，並記錄電阻與音頻之關係（圖 13）。

本學期要求學生至少完成五個音並以自製樂器演奏簡易旋律（如小蜜蜂、小星星或瑪莉有隻小綿羊）。由於提供之電阻元件無法進行微調，學生在調整過程中須反覆試作，有少數學生能以耐心與反覆調整使音高更接近標準，甚至能演奏臺灣民謠〈望春風〉（圖 14），完成從概念理解到實作整合之教學任務。

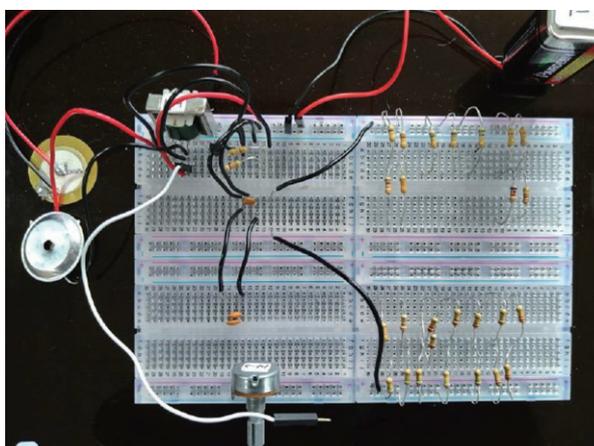
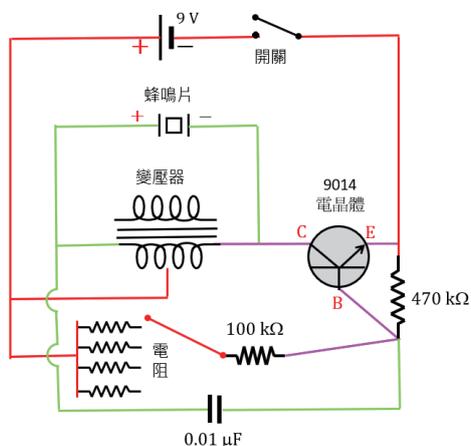


圖 10：（左）由電阻控制音頻的簡易特雷門琴電路圖；（右）學生的簡易特雷門琴成品

| 八度音域 | 半音 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 唱名 | Do | Do# | Re | Re# | Mi | Fa | Fa# | So | So# | La | La# | Si |
| 3 | 頻率 | 131 | 139 | 147 | 156 | 165 | 175 | 185 | 196 | 208 | 220 | 233 | 247 |
| | 簡譜 | 1̣ | | 2̣ | | 3̣ | 4̣ | | 5̣ | | 6̣ | | 7̣ |
| 4 | 頻率 | 262 | 277 | 294 | 311 | 330 | 349 | 370 | 392 | 415 | 440 | 466 | 494 |
| | 簡譜 | 1 | | 2 | | 3 | 4 | | 5 | | 6 | | 7 |
| 5 | 頻率 | 523 | 554 | 587 | 622 | 659 | 698 | 740 | 784 | 831 | 880 | 932 | 988 |
| | 簡譜 | 1̣ | | 2̣ | | 3̣ | 4̣ | | 5̣ | | 6̣ | | 7̣ |

圖 11：音階標準頻率

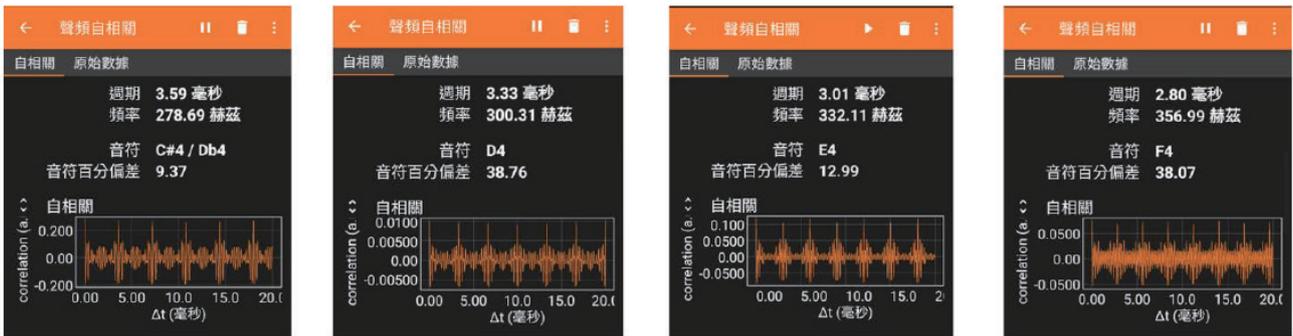


圖 12：學生利用 phyphox 量測音頻的數據

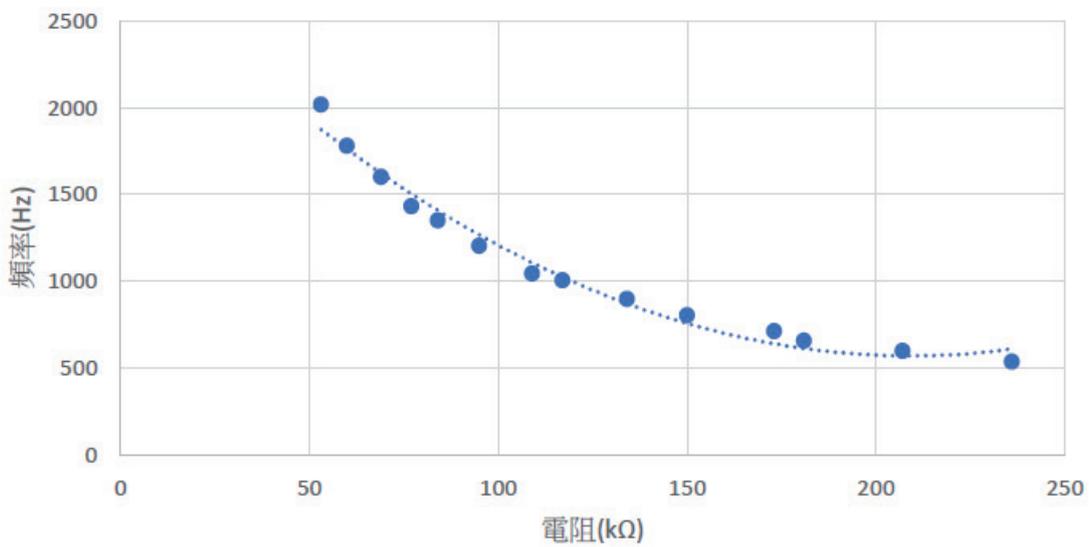


圖 13：學生的量測與數據擬合結果

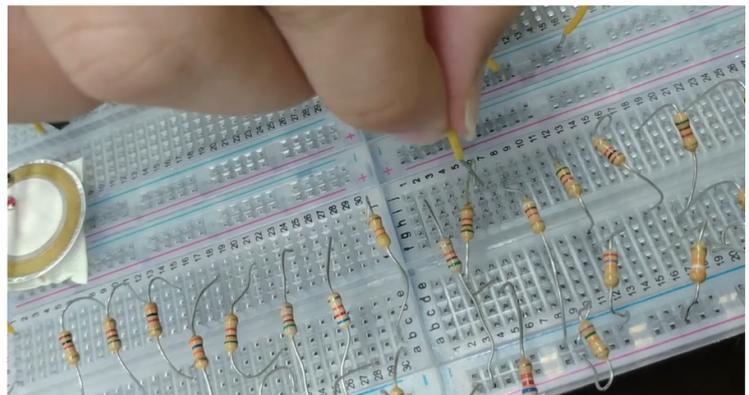
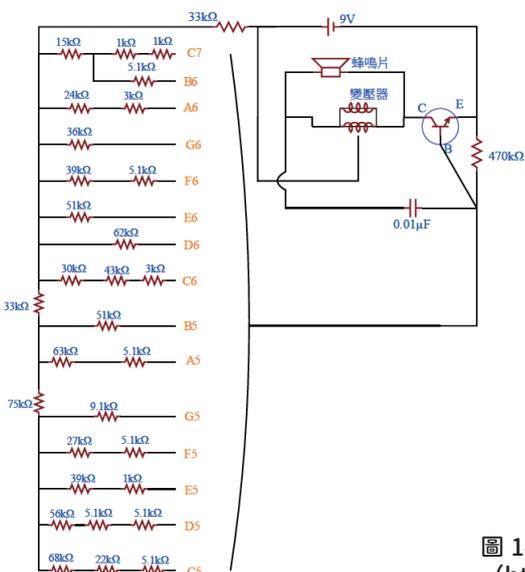


圖 14：(左) 學生調音後的結果與 (右) 演奏臺灣名曲望春風。
(https://youtu.be/Y0tIXe7yA_0)

在臺北市 110 學年度國小科學創意營的實踐

因緣際會下，臺北市螢橋國小承辦 110 學年度臺北市國小科學創意營之教師邀請筆者協助指導相關課程。經討論後，教學團隊決議以「簡易特雷門琴製作」作為營隊核心活動主題。由臺北市螢橋國小林彥君教師、幸安國小許文慈教師、新北市烏來國中小張綉儀教師、林威廷教師與張書豪教師組成之團隊，參照筆者提出之 STEAM 課程架構進行轉化，經過筆者與各位老師的多次討論備課之後，規劃出適切於小學階段之教學內容。

在活動實施前，團隊先行完成學員專用實驗器材之預備工作，包括於麵包板上安裝部分零件並預先焊接壓電式蜂鳴片，最終將四片麵包板固定於 A4 壓克力板上，教師團隊並利用麵包板中預留之空白區域進行包含電子元件、電路原理、電阻、電路探究以及電路實作等一系列的基礎電路教學，完整的教學影片置於科學創意營官方網頁的「課程資料」頁面中供學員參閱（請點選圖 15 中的連結網址前往課程資料）。



圖 15：臺北市 110 學年度國小科學創意營
 (科學創意營官網：<https://sites.google.com/view/ycsscience110/%E9%A6%96%E9%A0%81>)

適逢 COVID-19 疫情嚴峻期間，營隊採全程遠距方式進行。國立臺北教育大學自然科學教育學系共派出 15 位大學部師資生擔任隊輔支援線上教學，所有實驗器材亦於課前郵寄至各學員家中。儘管本次活動面臨諸多挑戰，然在團隊多次演練與沙盤推演下，仍得以圓滿落幕。此一經驗顯示，大學端 STEAM 課程內容可透過與國小教師協作進行有效轉化，進一步發展為適用於小學階段之 STEAM 教學活動。

臺北科學日的教學進化

我們受邀於 2022 臺北科學日辦理一場大師講座，講座內容以簡易特雷門琴實作為主，對象為國小學生。由於當時仍處於 COVID-19 流行期間，活動採全程遠距方式進行。本次遠距實作與前述科創營不同之處在於，講座僅有兩小時，且由單一講師同步帶領近一百名國小學員完成實作，因此需對教學流程與器材配置進行進一步簡化。本次提供之教學器材為一片麵包板，固定於 12 cm×12 cm 壓克力板上，並預先完成部分電路連接（圖 16），以縮短同步指導所需時間並降低遠距教學操作負荷。

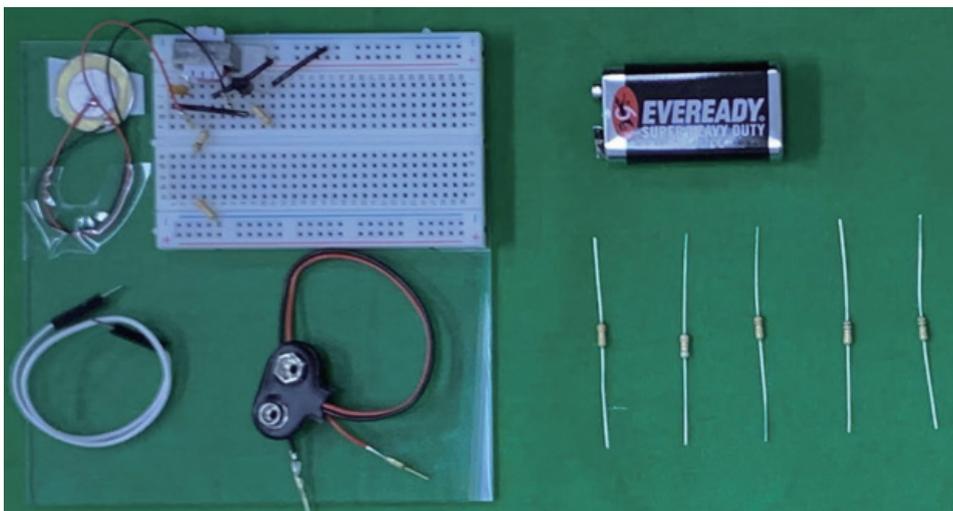


圖 16：麵包板安裝在 12 cm×12 cm 的壓克力板上，上方已連接好部份電路

簡化後的教學內容依序如下：

- (1) 以 YouTube 上的特雷門琴演奏作為引起動機。
- (2) 認識麵包板構造與判讀電阻值（圖 17）。

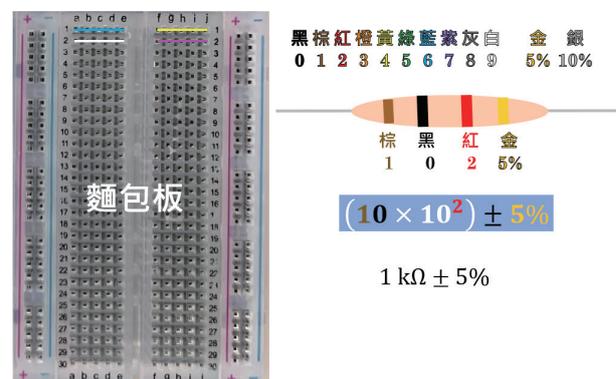


圖 17：麵包板構造與電阻值判讀

(3) 依樣繪出電路圖，並判讀圖中的各個電阻值與其接腳號碼（圖 18）。

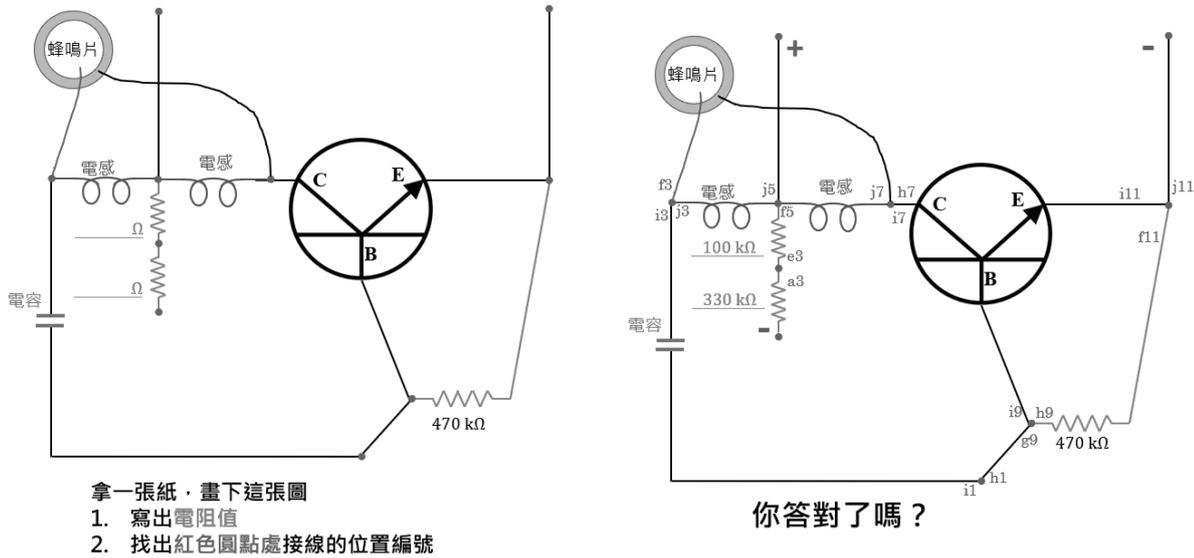
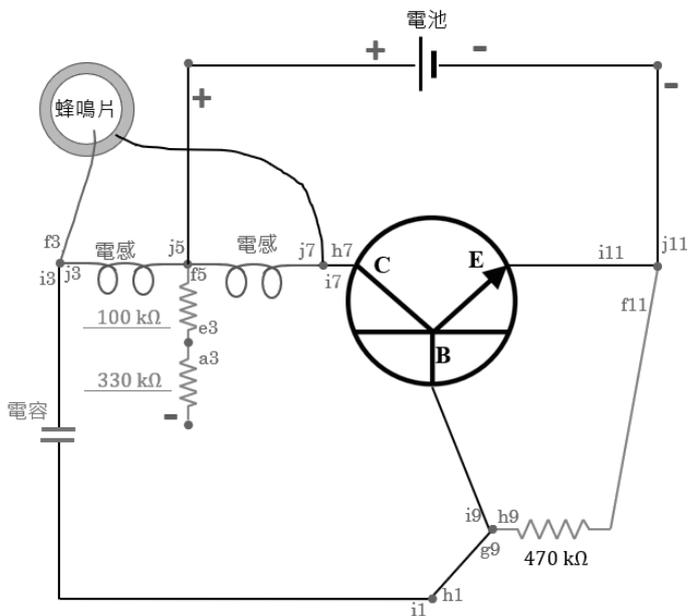


圖 18：(左) 學生判讀電阻值和接腳編號，填入所繪製的圖中；(右) 正確答案

(4) 接上 9V 方型電池（圖 19）。



接上電池

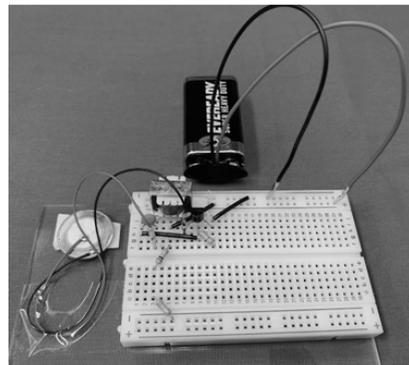
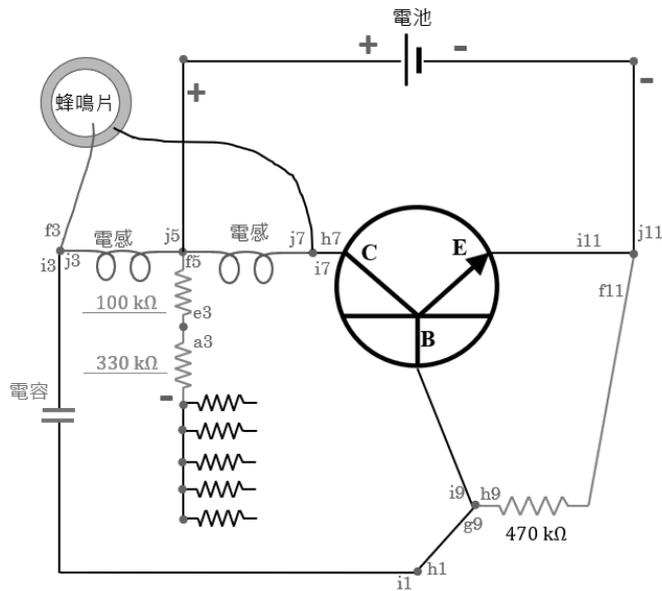


圖 19：接上 9V 方型電池圖

(5) 將材料包中的 5 根電阻差在麵包板上，一端與 330 kΩ 連接（圖 20）。



插上電阻

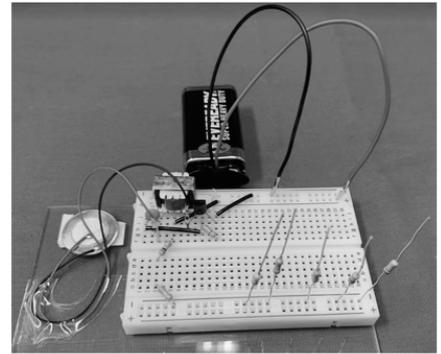


圖 20：插上 5 根電阻

(6) 依照電路圖，將杜邦線的一端插在麵包板上（圖 21）。以杜邦線碰觸這 5 根電阻，依照聲音的高至低，由右至左排列電阻。

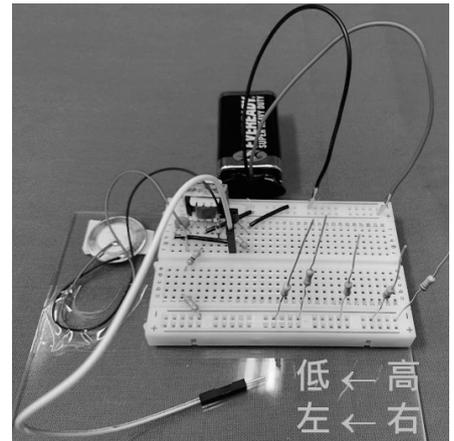
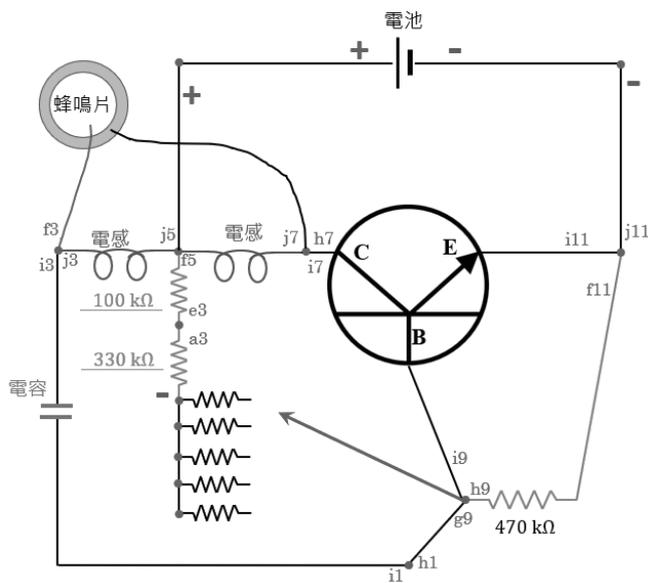


圖 21：插上杜邦線，並依照頻率高低調整電阻位置

(7) 依照樂譜（圖 22），彈奏「小蜜蜂」。

彈奏"小蜜蜂"

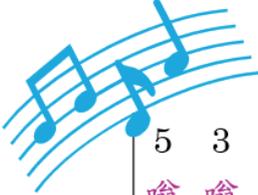
| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
|  | 5 3 3 - | 4 2 2 - | 1 2 3 4 | 5 5 5 - |
| | 喻 喻 喻 | 喻 喻 喻 | 大 家 一 起 | 勤 做 工 |
|  | 5 3 3 - | 4 2 2 - | 1 3 5 5 | 3 - - - |
| | 來 匆 匆 | 去 匆 匆 | 做 工 趣 味 | 濃 |
|  | 2 2 2 2 | 2 3 4 - | 3 3 3 3 | 3 4 5 - |
| | 天 暖 花 好 | 不 做 工 | 將 來 哪 裡 | 好 過 冬 |
|  | 5 3 3 - | 4 2 2 - | 1 3 5 5 | 1 - - - |
| | 喻 喻 喻 | 喻 喻 喻 | 別 學 懶 惰 | 蟲 |



圖 22：「小蜜蜂」樂譜

發展成各學習階段專題之建議

1. 國小階段

國小階段的教學轉化上，應首重「引起動機」與「現象觀察」。教學策略宜降低認知負荷，避開艱澀的電路學理論，轉而聚焦於「導電」與「電阻」的直觀體驗。延續科學創意營隊實施的經驗，透過「麵包板」進行模組化組裝，不僅能有效降低操作門檻，更能讓學生體驗電子元件如同積木般拼接的實作樂趣。專題的學習重點可進一步轉化為創意挑戰，例如利用鉛筆石墨特性的「把聲音畫出來」（探討線條長度、濃度與阻值的關係），或是利用人體導電的「把聲音牽出來」（透過多人牽手改變整體迴路電阻），引導學生在趣味互動中探索科學原理，達成寓教於樂的科學啟蒙。

2. 國中階段

國中階段的專題發展應強調「變因控制」與「數據量化」。奠基於此階段學生的電學基礎，探究活動可由定性觀察轉向嚴謹的定量分析，並將核心聚焦於「電阻值 (R) 與頻率 (f) 之數學關係」。學生需參照電路圖搭建測量平台，並運用本文提及之 phyphox 手機 APP 進行頻率量測。有別於小學階段的自由創作，本階段要求學生系統性地替換電阻變因，記錄對應數據並繪製 R 與 f 的關係圖 (XY 散佈圖)。透過數據擬合 (data fitting) 的過程，學生將發現兩者呈現非線性曲線關係，進而引導其思考背後的物理意義。此外，專題可進一步延伸至「調音任務」的挑戰，引導學生計算標準音階 (如 Do, Re, Mi) 所需的理論電阻值，並嘗試尋找最接近的精密電阻來對樂器進行「校正」。此歷程不僅強化實驗操作技能，更是培養數據處理與誤差分析素養的最佳實踐。

3. 高中階段

高中階段的專題建議融入「探究與實作」課程，並結合「工程設計」思維進行改良與優化。鑑於真實的特雷門琴是透過手部位置改變電容或電感來控制音高 (非接觸式)，而非簡易版教學中使用的接觸式電阻，具備 RLC 共振原理基礎的高中生，應將專題目標設定為「還原真實的特雷門琴操作體驗」。學生需深入剖析文中電路圖 (圖 10)，探討 9014 電晶體、變壓器與 RLC 元件之間的交互作用機制。核心挑戰在於將「接觸式電阻」改良為「非接觸式感測器」 (如光敏電阻搭配光影變化，或紅外線測距模組)。這不僅需要學生運用物理知識推理頻率 (f) 與電路參數 (L、C) 可能的函數關係，更需據此進行電路參數的優化設計。針對進階學生，可進一步結合音樂理論，分析「十二平均律」的頻率倍數關係，嘗試設計符合人體工學的演奏介面 (例如：設定手部移動 10 公分對應一個八度的音程變化)，充分展現跨領域整合的深度。

結語

STEAM 教學設計的關鍵挑戰，往往來自不同學科教師之間的對話與協作。在本次課程共備歷程中，物理與音樂領域的教師需反覆釐清彼此使用之專業術語與概念脈絡，方能在課程目標與設計邏輯上取得共識。當課程進一步向下延伸至不同教育階段時，亦必須由大學與國小教師就學生的認知負荷與學習內容適切性進行協商，才能使原屬大學層次之課程有效轉化為符合小學學習者特性的教學方案。儘管歷程艱鉅，仍得以克服挑戰完成此項跨域與跨段的教學轉化。此經驗顯示，倘若未來能創造更多讓不同教育階段教師持續交流與共備的機會，將有助於豐富 STEAM 教學之設計視角與實作層面，亦有望促進跨域課程於各學習階段的延伸與深化。

附錄一：由電阻控制音頻的簡易特雷門琴電路之物理機制

圖 23 表示簡易特雷門琴的電路其運作原理心智圖，其四個核心機制簡述如下：



圖 23：簡易特雷門琴電路運作之物理原理心智圖。（本圖由 Notebook LM 產生）

1. 正回饋機制

正回饋機制是電路能持續產生訊號的關鍵。圖 10 中的變壓器扮演了電感 (L) 的角色。它具有初級線圈與次級線圈。當電晶體導通，電流流經變壓器的一側線圈時，根據法拉第電磁感應定律，另一側線圈會感應出電壓。這個感應電壓被接回電晶體的基極 (base, B 極)，如果線圈繞法正確，會形成「正回饋」，也就是輸出的訊號被放大並送回輸入端，維持電路不斷地振盪，不會因為能量損耗而停止。

2. RLC 振盪與頻率 (LC Resonance & Frequency)

此簡易電路之核心涉及電阻 (R)、電感 (L) 與電容 (C) 的交互作用。電路中的電容 (0.01 μF) 與變壓器的電感 (L) 之間會進行能量交換 (電場能與磁場能的轉換)，形成諧振。雖然 LC 振盪頻率 f 主要由 $f=1/2\pi\sqrt{LC}$ 決定，但在這個簡易振盪電路中，電阻 (R) 影響了電晶體的偏壓狀態以及電容充放電的時間常數 τ ($\tau=RC$)。當改變電阻值時，同時也改變了電路充放電的速率，進而改變振盪的週期，導致聲音頻率發生變化 ($f \propto 1/\tau \propto 1/RC$) (電阻越大，充放電越慢，頻率通常越低)。

3. 電晶體的放大與開關作用

9014 NPN 電晶體在此作為一個「電子閥門」。它利用基極 (Base, B) 微小的電流變化，來控制集極 (Collector, C) 與射極 (Emitter, E) 之間較大的電流。它提供了能量來補償電路中因電阻產生的能量耗損，確保振盪持續進行。

4. 電聲轉換

「逆壓電效應」是指在壓電材料表面施加電場時，壓電材料會沿著電場方向伸長。壓電式蜂鳴片上的陶瓷片 (通常為白色) 是一種壓電材料，當電路產生振盪的電壓訊號施加在陶瓷片上時，陶瓷片會隨著電壓的頻率發生機械形變，這個機械形變會推動空氣，產生疏密波，最終轉化為我們人耳聽見的聲音。

讓學習動起來： 民權國中 STEAM 的第一哩路

徐雅鐘 *

臺北市立民權國民中學校長

崔建根

臺北市立民權國中教師

* 通訊作者：mq100@mqjh.tw

摘要

民權國中因應臺北市教育局推動 STEAM 教育政策，積極發展具校本特色的跨域課程。課程理念以「從知識到實踐」為核心，強調學生不僅是理解理論，更能透過動手操作與跨域整合將知識轉化為解決生活問題的能力。學校的 STEAM 教育亦結合校本願景，期望培養學生的創思解決力、團隊共創力、科技美感力與終身發展力，奠定面向未來的關鍵素養。

在課程設計上，融入設計思考與運算思維，以「教師引導—學生探究—跨域延伸」為主軸，建構架構化的學習歷程。七年級以「足球無人機」主題課程引導學生理解飛行原理、穩定性與場地藝術設計；八年級則以聲音、能源、光學、電力與程式設計等主題設計多元課程，帶領學生在實作中深化科學探究與科技應用能力。課程同時融入 AI、3D 列印、Python 程式設計與 SDGs 議題，讓學生從在地情境走向全球視野。

課程研發的另一特色為教師自製教具，如電路板、AIoT 模組與 3D 列印外構，使課程與學習需求高度貼合。例如「聽不見的聲音—拯救海豚」課程融合音波公式、二元一次方程式與感測科技，使學生能以微處理器完成偵測海洋生物的實作設備，並在真實情境中體會科學與工程挑戰。社團課程則以創意設計、生活科技應用與 AI 落地為主軸，讓學生嘗試開發語音導覽器、AI 輔助系統等作品，展現自發創造力。

民權國中 STEAM 發展正踏上第一哩路，從在地議題出發，連結科技、藝術與生活，讓學生在「做中學」中發展整合思考與創新行動力。亦將於明年與新加坡夥伴學校展開國際交流，讓學生以創意與科技與世界接軌，為全人發展與全球素養奠定更紮實的基礎。

The First Mile of STEAM Education at Minqan Junior High School

Hsu, Ya-Chung & Tsuei, Chien-Ken

Principal; Information Technology Teacher, Taipei Municipal Minqan Junior High School

Abstract

Minqan Junior High School is taking its “first mile” in STEAM education by developing school-based, interdisciplinary courses in response to the initiative of the Taipei City Department of Education. The program is built on the idea of turning knowledge into practice, helping students move from understanding theories to applying them through hands-on activities. The school aims to develop essential future skills such as creative problem-solving, collaboration, technological creativity, and lifelong learning.

The curriculum combines design thinking and computational thinking and follows the learning process of “teacher guidance—student inquiry—interdisciplinary extension.” Seventh graders join the “Drone Soccer” module to explore flight principles and creative field design, while eighth graders engage in themes such as sound, energy, optics, electricity, and programming. AI, 3D printing, Python, and SDGs topics further help students expand from local issues to global perspectives.

A key feature of this first mile is the use of teacher-designed learning tools, including PCB boards, AIoT modules, and 3D-printed parts. For example, in the module “The Sound You Cannot Hear—Saving the Dolphins,” students apply acoustic formulas, linear equations, and sensor technology to build a microcontroller-based device for detecting marine animals. The STEAM club also supports creativity through projects like audio-guide devices and simple AI applications.

Through this first mile of STEAM development, Minqan Junior High School connects local topics with technology, art, and real-life experiences, helping students learn by doing and build integrated thinking and innovative skills. The school will also begin international exchanges with a partner school in Singapore, giving students opportunities to share their projects globally and develop stronger international awareness.

一、推動 STEAM 教育的理念

為積極配合臺北市政府教育局推動 STEAM 教育政策，民權國中申請臺北市 STEAM 預備學校，發展 STEAM 課程的初心，是接軌從 2014 年以來的全球自造者運動的推波，學校反思如何將學理知識與理論應用作深度結合。在教育新變革的浪潮下，我們因應 108 課綱中的素養導向的建構方向，以及思考針對學理知識如何具象化落實在生活經驗的實作中；同時，我們也結合本校學校願景 - 快樂學習、健康成長、全人發展，成為紮根本土、放眼國際的新世紀健全國民；也符應民權的課程發展願景，旨在提升權園學子「品格公民力」、「創思解決力」、「健康生活力」、「團隊共創力」、「科技美感力」和「終身發展力」，因此民權積極推動「STEAM 跨領域課程計畫」，發展 STEAM 校本特色課程，期能透過實施 STEAM 教育，能讓學生在動手實作與創意科技美感創作的「快樂學習」中「健康成長」，透過教師社群開發設計一系列的教材，將學理知識藉由結合生活經驗的實務，融入跨域學習的應用實作中，培養觀察、創思、探究、美感與動手驗證的自主學習與解決問題的能力，並能透過團隊共創進一步未來生涯的「終身發展力」，全面提升學生「全人發展」的關鍵能力，使其能更有效地應對未來挑戰。最終也期許未來能結合本校發展國際雙語教育，與國際夥伴學校交流中結合 SDGs 永續發展議題，從在地鏈結國際，培養學生具備邏輯思維能力、創新表達能力、問題解決能力，成為扎根本土、放眼國際的新世紀健全國民。

二、STEAM 教育的內涵深化：從知識到動手實踐

學校對於 STEAM 內涵從字面上的解釋重新賦予更深入的思索，如圖 1 所示，我們強調 STEAM 教育在學生潛能與天賦的培養或啟蒙，希望藉由 STEAM 課程讓學生特質得以實際運用，例如：好奇心、探究、解構與整合、解決問題與創新創造等特質的彰顯。STEAM 教育的核心，不僅在於「知道是什麼樣的知識」，而是更進一步讓學生「懂得如何運用知識」。也就是從認知層面的理解 (knowing what) 轉化為應用層面的實踐 (knowing how)，將所學轉化為能解決真實生活問題的具體能力。透過「動手實作」與「跨域整合」，學生能在實作中培養態度、應用技能，並發展出知識轉化為行動的能力，真正實現「學以致用」的素養精神。

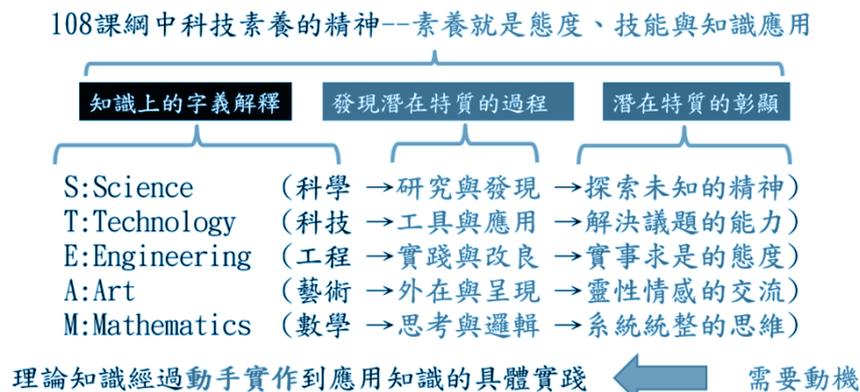


圖 1 STEAM 教育的內涵深化

三、課綱中的設計思考與運算思維

如圖 1 所示的基於 STEAM 教育的內涵深化與課綱中的設計思考、運算思維的精神，我們將設計思考與運算思維的精神以實際探究的過程作詮釋，如圖 2 及圖 3 所示，與結合跨領域學科的知識，學校從而研發具備這些特質的教具與教案並進行 STEAM 課程發展計畫。學校的課程計畫每一個教案都以實際學理驗證或實務需要，起心動念的需求為出發點進行研發；教案全都分別落實在兩個課堂、跨四門學科領域、四個發展目標中。每個教案都包含情境說明、活動架構、STEAM 學習經驗安排、反思與統整、延伸跨域學習建議五大面向為教案的發展的核心。

設計思考-從情境中發現問題到解決問題的過程

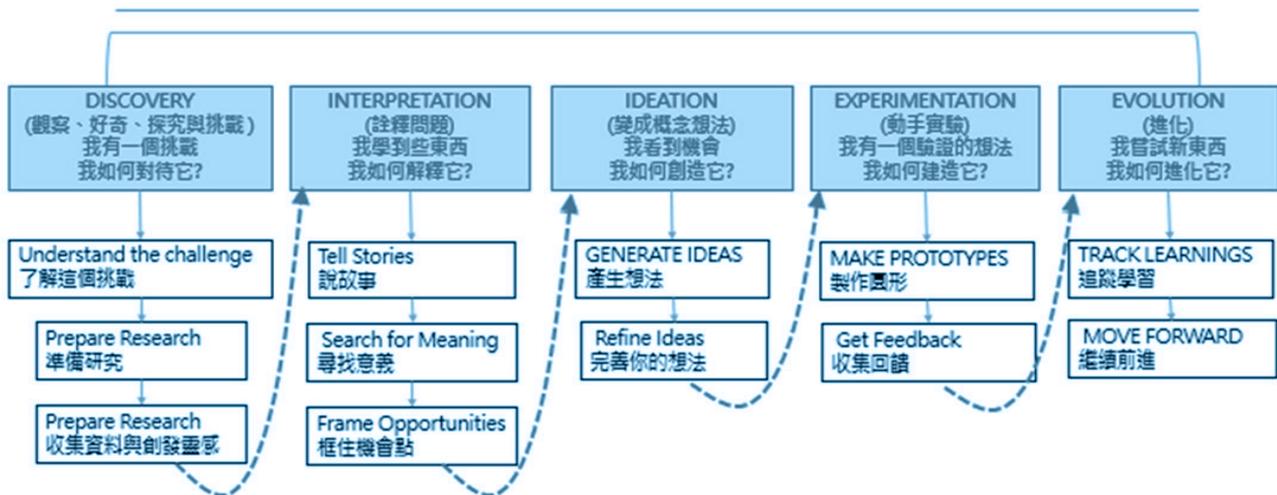


圖 2 設計思考的內涵

運算思維-用科技的思維來解決問題的方法



圖 3 運算思維的內涵

四、STEAM 課程發展脈絡及架構

民權的 STEAM 課程發展脈絡以「教師引導—學生探究—跨域延伸」為主軸的實踐歷程，如圖 4 所示。教師從設計目標主題與情境說明出發，帶領學生理解脈絡並設計探究方案；學生依據課題進行資料蒐集、實作與研究，透過架構化活動建構知識。課程中重視反思與分享，學生在 STEAM 學習經驗中整理過程、展現成果，教師則引導延伸跨領域探究，形成持續深化的學習循環。整體課程以實作與探究為核心，培養學生科學探究力、創意思辨力與科技應用力，展現學校推動跨域 STEAM 教育的具體實踐成果。

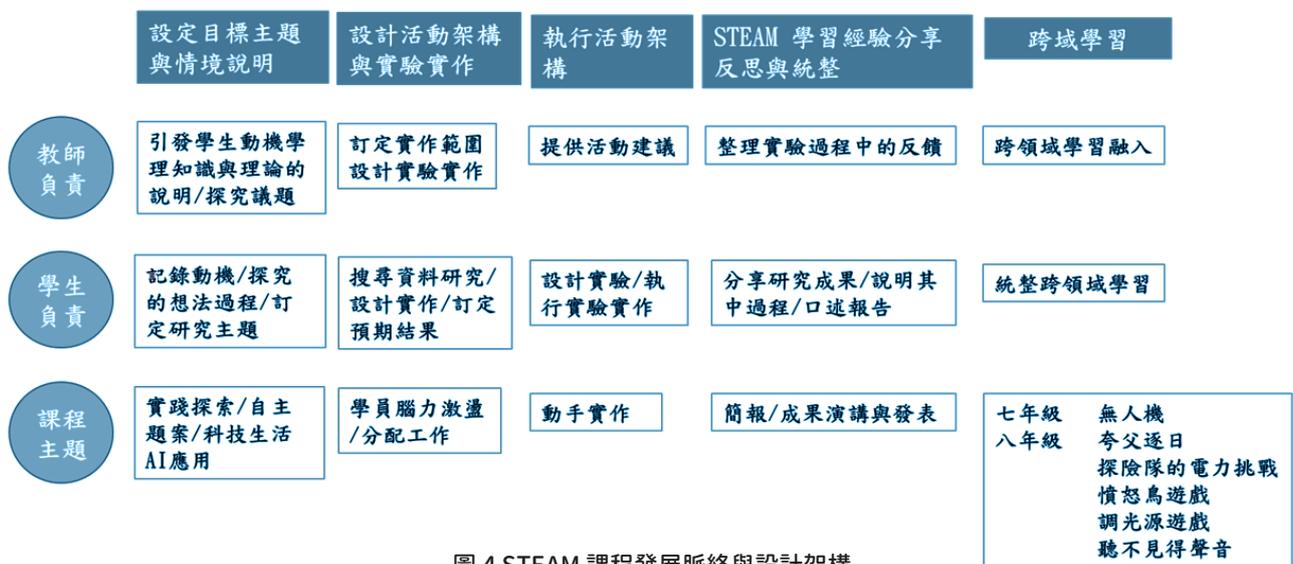


圖 4 STEAM 課程發展脈絡與設計架構

民權國中建構 STEAM 課程發展的核心理念是「From Local to Global ; Bridging to the World」，透過整合科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering)、藝術 (Art) 與數學 (Mathematics)，引導學生從生活情境出發，透過探究、實作與創新設計，培養未來面向的關鍵能力。本課程地圖涵蓋七至八年級多元主題，依學習歷程逐步深化。七年級以「足球無人機」為主題，帶領學生從飛行原理、穩定性變因、結構控制與場域設計等面向，體驗科技與工程的整合應用；八年級課程「聽不見的聲音」、「夸父追日 - 太陽能追蹤器 - 逐日而行的力量」、「探險隊的電力挑戰」、「來玩三原色」、「憤怒鳥遊戲」等，透過能源、電力、運動、光學與聲學等主題，引導學生以跨域思維探索科學原理，透過實作與創新設計培養解決問題與永續行動的核心能力，實現從 Local 到 Global 的教育願景。課程設計強調以學生為中心，重視探究歷程與創意表現，融入 AI 科技、程式設計、環境教育與美學創作，讓學生從多面向培養跨領域思考與問題解決能力；運用 Python、Scratch、Arduino 等工具進行創作，更能在 Maker 課程與 AI 應用中，將科技轉化為具文化意涵的設計成果。同時，學校透過國際姊妹校交流活動，鼓勵學生跨文化溝通與合作，拓展全球視野，實踐在地關懷與全球連結的教育理想，培養能以創新、永續與行動力面對未來挑戰的新世代公民。STEAM 課程地圖架構如圖 5 所示：

五、STEAM 課程模組設計

民權 STEAM 課程發展出兩套課程模組，分別為跨領域課程及社團課程。跨領域課程包含四門學科領域 - 數學、自然、科技與藝術。社團課程名為 STEAM 創課玩樂智造，以實作操作與創意設計為主軸，包含自主提案、生活發現及 AI 落地應用；STEAM 主題課程發展內涵四個面向：第一、將跨數學 / 自然的學理知識以實踐探索的精神實際以科技作品產出驗證；第二、融入資通訊產業的科技生活應用；第三、具有 SDGs 精神的社團自主提案的創新實作活動；第四、AI 的落地應用。第一個目標落實在跨領域課程；第二到第四個目標落實於社團課程，而藝術與新興科技中 3D 設計的目標尚在發展中。茲將本校課程模組以下表 1 所示呈現：

| 課堂場域 | 面向內涵 | 課程發展目標 | 教案名稱 | S | T | E | A | M | 強調 |
|------|--------|------------------------|---|--|------------------------------|-----------|---------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 一般課堂 | 實踐探索 | 數學/自然/科技 (跨領域課程融合) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 探險隊的電力挑戰—電阻大兵 2. 聽不見的聲音-智慧稻草人 3. 超音波達—拯救海豚 4. 電磁共生--RFID 門禁系統 5. 拋物線飛行—投擲救援物資 6. 調色遊戲—色卡匹配遊戲 7. 無色亦有別色彩缺席智慧凸顯—色盲分檢員的智慧 8. 夸父逐日—追日系統 | 歐姆定律/ 超音波原理/ 光之三原色/ 電磁感應/ 牛頓運動定律 | 以程式、微處理器結合感應器應用實踐數理原理 | (自製電路板教具) | 後續發展中 | 一元一次方程式 二元一次方程式 二元二次方程式 比例式 | 跨域融合 (學理知識與應用知識的結合) |
| 社團 | 自主提案 | SDGS精神的社團 自主提案的創新實作 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 河港垃圾清理之無人遙控船 2. 太陽能永續發電 3. 智慧防災包 | 馬達電動機原理 紅外線原理 | 以程式、微處理器結合感應器應用實踐數理原理 | (自製電路板教具) | 3D 船體設計 | 無 | 創新應用與創造發明 |
| | 生活發現 | 科技生活 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 智慧語音導覽設備 2. 時鐘定時器 3. 無人商店進出統計系統 4. 彩光律動 5. 密碼管理與門禁系統 6. opendata空氣品質查詢系統 7. Ubike餘車查詢系統 | 未定義 | 以程式、微處理器結合感應器應用實踐數理原理 | (自製電路板教具) | 未應用 | 無 | 具體生活中的科技應用之了解 (解構:怎麼做出來的) |
| | AI落地應用 | 智慧物聯網 (AIoT+LLM) | <ol style="list-style-type: none"> 1. AI老師萬事通(聊天機器人) 2. AI智慧語音辨識 3. AI語音小助理 4. 天亮睜開眼—影像辨識 | AI 大語言模型 | 以程式、微處理器結合感應器(串接大語言模型實踐應用原理) | (自製電路板教具) | 3D 外構設計 | 無 | 最新AI與LLM模型的落地應用 (了解趨勢科技的演進脈動) |

表 1 STEAM 主題課程發展內涵四個面向

六、STEAM 課程教案與教具的設計

(一) 跨領域學習之教案教具設計說明

1. 在課程教具的開發，因為以往所購的教具皆不能符合學校跨域課程的授課需要，因此最後決定由教師自主研發、設計與製作電路板教具。將需要的電子化教具分為實踐探索(跨域學習)用與社團自主學習用兩類設計，以下呈現第一類實踐探索(跨域學習)的自製電路板設計，如圖 6 所示：

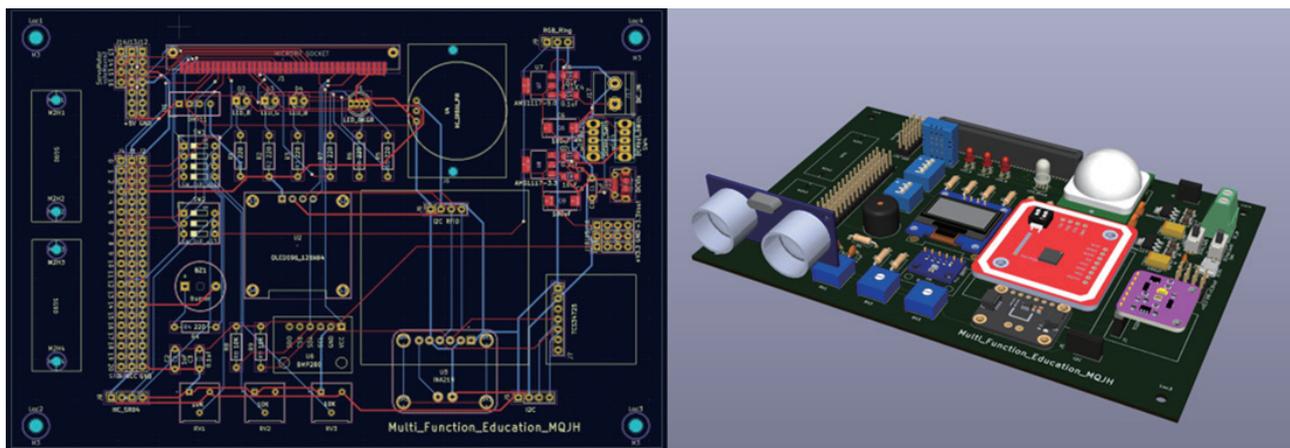


圖 6 自製電路板設計

2. 在課程教案內容上，以「實踐探索」中「聽不見的聲音 - 拯救海豚」的「活動架構」為範例圖示(見圖 7~圖 14 所示)；整體課程的設計理念是結合 SDGs 的海洋與生態議題為主軸，融入八年級上學期的自然領域中的音波理論(公式)及數學中的二元一次方程式為要點，發展以微處理器、溫度感應器與超音波感應器設計出一具體的設備可以用來偵測物體(海豚)進而完成海樣生態的探索。音波的公式是 $V=331+0.6T$ (T 是溫度值；音波是受溫度的影響)，這音波的公式其實就是數學中的 $y=ax+b$ (二元一次方程式)；在科技領域中我們教育學生要活用這些所學到的理論知識利用手作的能力將之具體應用出來，達到可落地可實際解決問題的方案，這樣學生就能將理論與生活中的實際應用做結合，更能知道所學可應用於何種情境與需要。在過程中的經歷更讓學生體會到不在課本範圍中會遭遇的困難，這困難例如工具的使用，選用零件的最佳化，損壞多少零件、花費多少的費用，做多少次的實驗，得到哪些突破與成果等，這是學校設計這類課程最想達到的目的，這些經驗的反思我們呈現如圖 12 所示。

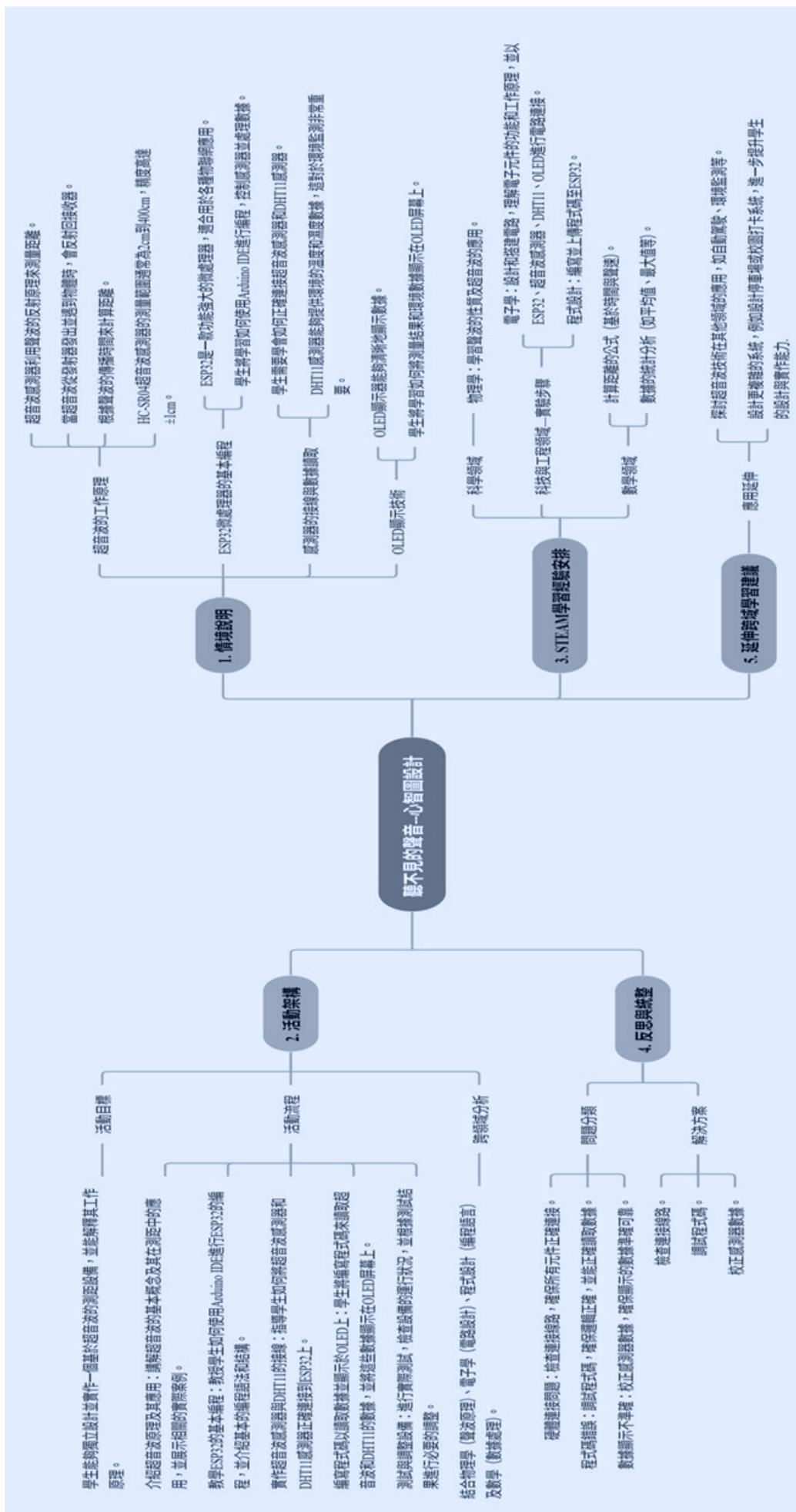
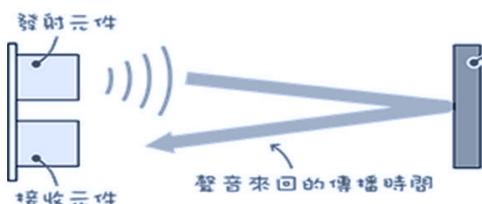


圖 7 聽不見的聲音活動架構

科技領域

高於人耳可聽見的最高頻率以上的聲波，稱為超音波。



在空氣中傳播的超音波頻率約介於 20KHz到200KHz之間(頻率越高,傳波距離越短),市售的超音波元件通常採用 38KHz,40KHz或42KHz

從聲音的傳播速度和傳播時間，可求出距離，而物體的實際距離是傳播時間的一半，從此可求得1公分距離的聲波傳遞時間約為58μs (微秒)

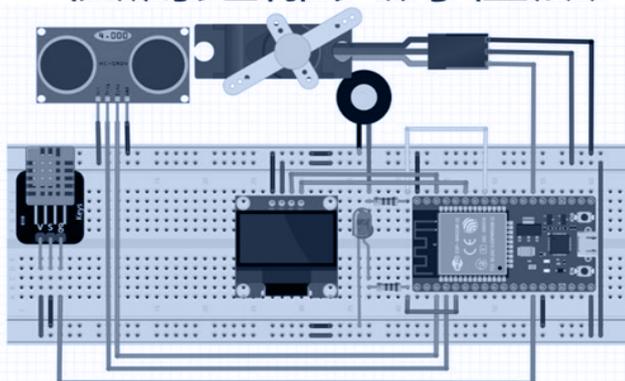
$$\begin{aligned} \text{距離} &= 344 \text{公尺/秒} \times \frac{\text{傳播時間}}{2} && \rightarrow 0.01 \text{公尺} = \text{時間} \times 172 \text{公尺/秒} \\ &\uparrow && \uparrow \\ &\text{聲波在室溫下,} && \text{計算聲波前進1公分所需的時間} \\ &\text{空氣中的傳播速度} && \\ &&& \rightarrow \text{時間} = \frac{0.01 \text{公尺}}{172 \text{公尺/秒}} \\ &&& \rightarrow \text{時間} \approx 58.1 \times 10^{-6} \text{秒} \leftarrow \text{前進1公分所需的時間 (單趟): } 58.1 \mu\text{s} \end{aligned}$$

圖 8 跨領域 (自然領域) 的音波理論的知識學習

科技與工程領域—偵測距離與方位顯示



- 使用Arduino IDE編寫程式碼，實現以下功能：
 - 初始化感測器。
 - 定期發送超音波信號並計算返回時間，以此計算距離
 - 讀取溫濕度數據，並根據環境條件調整超音波的計算（如溫度影響聲速）。
 - 將計算結果序列埠送到電腦，並在雷達螢幕上顯示。



進階電路設計要點

- LED與喇叭使用上拉電阻保護
- 線路加裝220Ω上拉電阻
- 電路設計中搭建超音波感測器、DHT11、OLED顯示面板

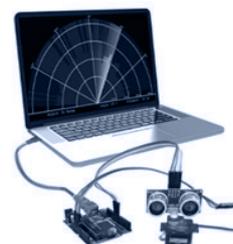


圖 9 跨領域 (自然領域) 的學理知識的具體應用

應用延伸

智慧農業

智慧農業應用方式智慧農業利用AIoT技術來監控和管理農作物的生長環境。透過安裝各種感測器（如土壤濕度、溫度、光照等），這些感測器可以實時收集數據並傳輸到雲端平台。AI算法分析這些數據，提供最佳的灌溉、施肥和病蟲害防治建議。



- **優點提高產量：**通過精確的數據分析，農民可以根據作物的實際需求進行管理，從而提高作物的產量和質量。資源節約：智慧農業系統能夠自動調整水和肥料的使用量，減少浪費，降低成本。
- **環境保護：**通過精準施肥和灌溉，減少化學物質的使用，降低對環境的影響。
- **應用場景農場管理：**大型農場可以利用智慧農業系統進行全面的作物監控和管理。城市農業：在城市中，利用屋頂或社區花園進行小規模的智慧農業實踐，促進城市綠化和食品自給自足。

智慧醫療

智慧醫療系統結合AIoT技術，通過可穿戴設備和醫療傳感器收集患者的健康數據（如心率、血壓、血糖等）。這些數據實時傳輸到醫療服務平台，AI系統分析數據並提供健康建議或預警，幫助醫生做出更快的診斷和治療決策。

優點

- **提高診斷準確性：**AI算法能夠分析大量的健康數據，識別潛在的健康問題，從而提高診斷的準確性。
- **及時干預：**通過實時監控，醫療人員可以及時發現患者的異常情況，進行快速干預，降低病情惡化的風險。
- **個性化醫療：**根據患者的具體數據，提供個性化的健康管理方案，提升治療效果。
- **應用場景**
- **慢性病管理：**對於糖尿病、高血壓等慢性病患者，智慧醫療系統可以提供持續的健康監控和管理。
- **老年護理：**在老年人居住的社區或家庭中，智慧醫療系統可以幫助照護者監控老年人的健康狀況，及時發現問題。

圖 10 跨領域（自然領域）的延伸應用

數學領域---Desmos 模擬軟體



線性迴歸模型分析

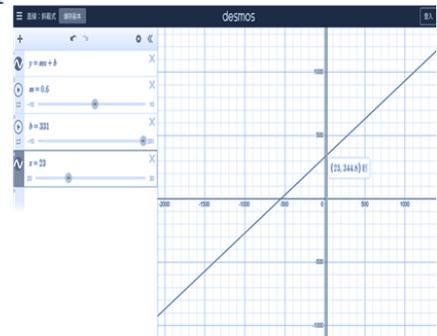
線性迴歸分析是一種統計方法，用於描述變數之間的線性關係。在歐姆定律的情境下，我們可以使用線性迴歸來找出電壓和電流之間的線性關係，從而估算電阻 R 。

在這裡，假設我們有一組測量值：

$\{(I_1, V_1), (I_2, V_2), \dots, (I_n, V_n)\}$ 我們希望通過這些測量值進行線性迴歸分析，來找出最合適的直線方程式，使得： $y = m \cdot x + b$ 。其中 m 是斜率， b 是截距 ($V = 331 + 0.6T$; $m = 0.6$, $b = 331$, $y = V$, $x = T$)。

我們需要準備一組已知的環境溫度 T 和相應的超音波傳播速度 V 的數據。

計算斜率 (m)：根據線性迴歸方法，斜率 m 就是環境溫度係數 0.6 。即使 0.6 在超音波傳播速度中是固定的，線性迴歸也可以通過數據來估算它的值。



結果解釋：一旦我們進行線性迴歸並獲得直線方程式，我們就能夠利用這個方程式來預測或估算未知的傳播速度，或者通過已知的斜率 0.6 （即溫度係數）來描述傳播速度和環境溫度之間的關係。

圖 11 跨領域（數學領域）的二元一次方程式的知識學習

| | |
|---|--|
| <p>1. 硬體連接的穩定性</p> <ul style="list-style-type: none"> 檢查連接線：使用高品質的杜邦線或其他連接線，確保連接穩固。 短距離連接：盡量將ESP32與傳感器之間的連接線保持短距離，以減少信號衰減和干擾的可能性。 使用適當的電源：確保ESP32和傳感器獲得穩定的電源供應，避免因電壓不穩定導致的工作異常。 <p>2. 軟體設置</p> <ul style="list-style-type: none"> 定期檢查連接：在程式中定期檢查ESP32是否仍然連接。這可以通過設置定時器來實現，例如每60秒檢查一次連接狀態。 數據讀取間隔：根據傳感器的特性設置合理的數據讀取間隔。例如，對於DHT11傳感器，建議每2秒讀取一次數據，以避免過快讀取導致的數據錯誤。 <p>3. 環境因素</p> <ul style="list-style-type: none"> 避免干擾源：將ESP32和傳感器放置在遠離強電磁干擾的地方，這樣可以減少信號干擾的可能性。 適當的工作環境：確保ESP32和傳感器在適宜的環境條件下工作，避免極端的溫度和濕度影響其性能。 | <p>4. 使用適當的函式庫和驅動</p> <ul style="list-style-type: none"> 選擇可靠的函式庫：使用經過驗證的庫來處理傳感器數據，這些庫通常會處理一些常見的錯誤和異常情況，從而提高穩定性。例如，使用Adafruit的DHT庫來讀取DHT11或DHT22傳感器的數據。 錯誤處理機制：在程式中加入錯誤處理機制，當讀取數據失敗時，能夠自動重試或記錄錯誤，以便後續分析和調整。使用適當的庫和驅動。 <p>5. 測試與調整</p> <ul style="list-style-type: none"> 進行穩定性測試：在實際應用之前，進行長時間的穩定性測試，觀察數據的連續性和準確性，根據測試結果進行必要的調整。 數據記錄與分析：記錄傳感器數據並進行分析，找出數據丟失的模式，並針對性地進行改進。 |
|---|--|

圖 12 反思與統整

| 評量規準 | | | | |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 初階 (1分) | 基礎 (2分) | 精熟 (3分) | 進階 (4分) |
| 系統理解 | 無法說明模組功能 | 能辨識部分模組功能 | 能正確描述感測邏輯 | 能進行比較與判斷優劣 |
| 電路圖繪製 | 繪圖混亂或錯誤 | 基本元件連接正確 | 繪製清楚並標註腳位 | 結構完整可供他人參考 |
| 程式理解 | 無法解釋程式功能 | 能描述基本邏輯 | 能修改部分程式達成目標 | 能獨立除錯並擴充功能 |
| 問題解決 | 無具體解法 | 能舉出基本排除方式 | 能設計測試方法驗證 | 主動優化與提出新想法 |
| 團隊合作 | 缺乏溝通與協調 | 能參與基礎討論 | 積極合作與分工 | 主動領導與協助他人 |
| 永續與應用思考 | 無法連結應用 | 能簡述生活應用 | 能結合 SDGs 意涵 | 提出創新應用情境 |
| 自評 | | | | |
| 評量項目 | 我還不太會 | 我大致理解 | 我能自己完成 | 我可以教同學 |
| 我能說明每個感測器的功能 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 我能畫出正確的接線圖 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 我能修改簡單的程式邏輯 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 我能與組員分工合作 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 我能舉出系統實際應用場景 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

圖 13 學習成果評量

學習評量(學習單)

親愛的同學：

為了更深入地了解你在本次專題中的學習歷程與收穫，並鼓勵你持續思考與精進，請你仔細回想整個專題過程，並針對以下問題以思考申論的方式寫下你的想法與感受。

班級：_____ 姓名：_____ 學號：_____ 日期：_____

認知層面 (理解、應用)

1.請說明 ESP32 在智慧菜園防護系統中扮演的角色？

評量重點：學生是否理解 ESP32 的「控制中樞」功能與各感測器的整合任務。

2.超音波感測器在防護系統中各自的功能是什麼？兩者如何互補？

評量重點：是否理解「距離偵測」與「熱源偵測」的邏輯區別與配合運作。

3.請舉出兩個可能造成感測誤判的情境，並說明如何改進系統設計來避免？

評量重點：是否具備對現實應用場景的辨識與解決問題能力。

技能層面 (操作、設計)

4.請畫出 ESP32、HC-SR04與 OLED 之間的接線圖，並標示 GPIO 腳位。

評量重點：評估學生是否能正確理解元件接線與實體架構規劃。

5.請設計一個測試流程，驗證防護系統是否能正確偵測與排除誤報。

評量重點：系統測試與驗證流程設計能力。

態度層面 (合作、反思、永續意識)

7.你在組裝與測試防護系統過程中遇到哪些困難？你是如何克服的？

評量重點：反思與問題解決歷程。

8.如果你要將這個系統部署到真正的(菜園動物入侵)環境中，你會如何設計保護外殼與電源供應？為什麼？

評量重點：環境適應性與工程應用設計的思考。

圖 14 評量學習單

(二) 社團課程之教案教具設計說明

1. 在課程教具的開發上，將部份生活發現的課程與 AIoT 智慧物聯網的應用整合做新教具的開發，這裡呈現第四類 AIoT(智慧物聯網)的自製電路板設計，如圖 15 所示：

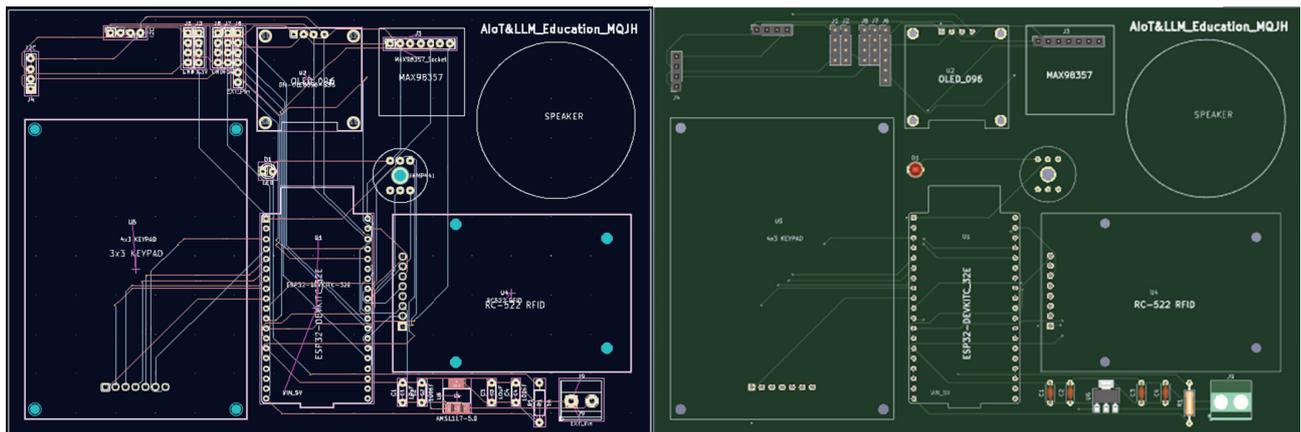


圖 15 AIoT(智慧物聯網)的自製電路板設計

2. 在課程教案內容上，以自主設計教案中第三類「生活發現」中「數位語音導覽設備」教案為範例作部份圖示，如圖 16 及圖 17 所示，這類課程主要並不在跨域的學習而在讓學生能夠自發於生活中的科技應用並結合網路科技與社會公益議題，應用開放資料與大數據應用達成增進生活便利與善盡社會公益為目的。

數位語音導覽設備的workflow

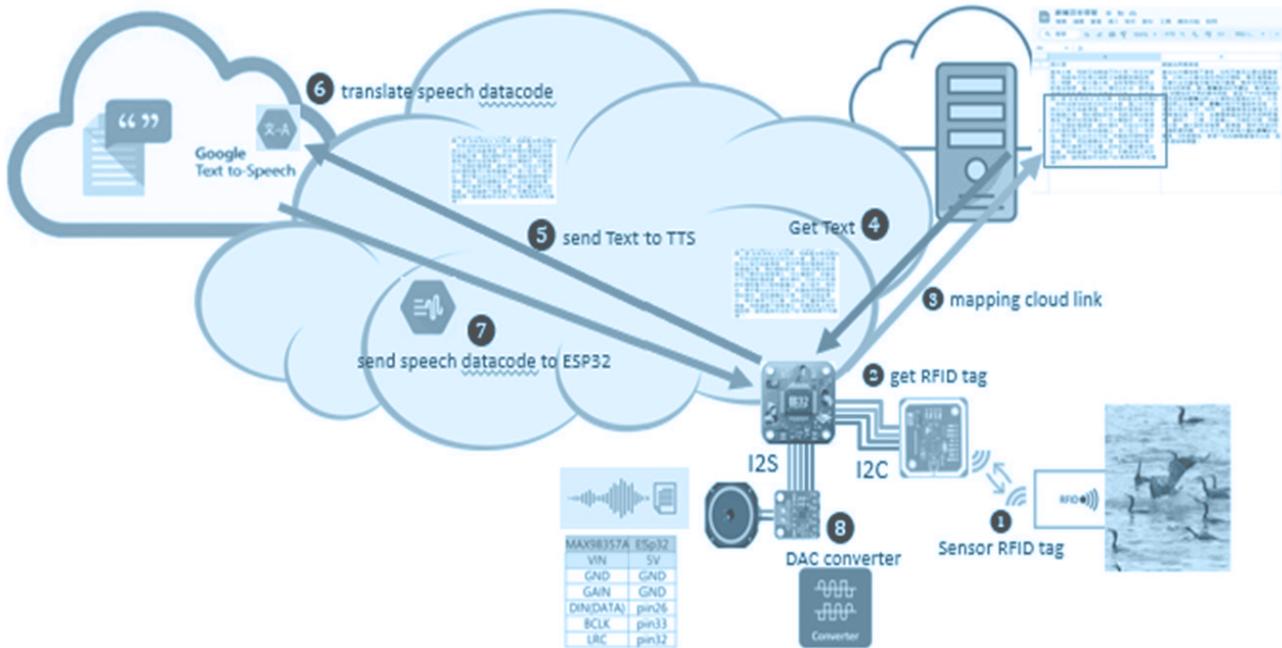


圖 16 數位語音導覽運作的流程活動架構

透過I2C通信協議連接PN532 NFCRFID 感測器

3分鐘理解I2C通信協議
<https://reurl.cc/ezGYWK>

Protocols: UART-I2C-UART的介紹
<https://reurl.cc/QR5QbO>

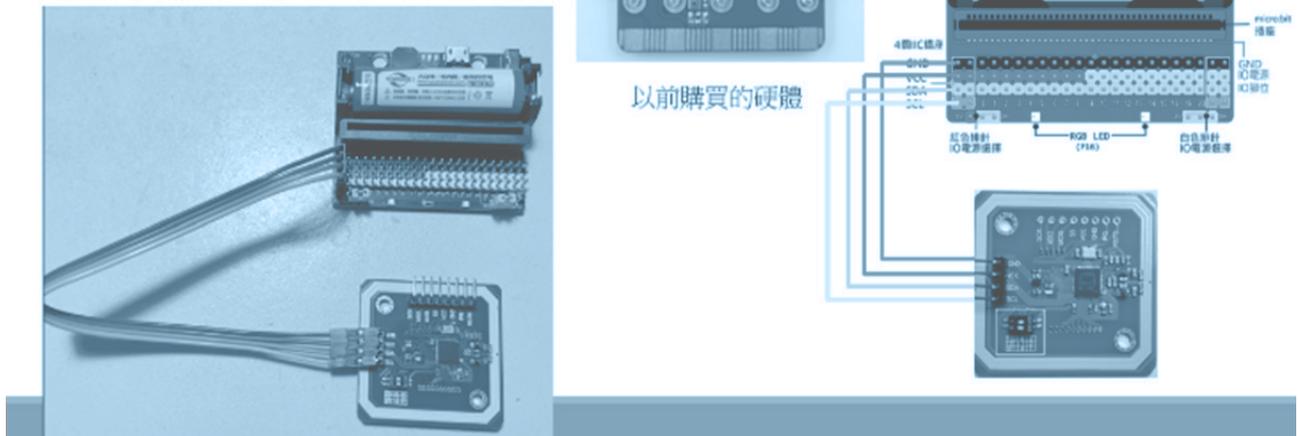


圖 17 數位語音導覽設備

3. AI 落地應用這分類的課程主要冀望達到結合 AI 科技的應用，現今的 AI 大語言模型可以輔助我們解決知識上的求知問題，加速我們的工作流程與減少生產所消耗時間，但如何真正與生活中的設備結合的落地應用，則比較少具體出現 (例如：家庭智慧看護機器人則還在開發中)，這類的課程主要讓學生知道如何將大語言模型可以以自己地端的電腦中使用 API key 來達成智慧物聯網的落地應用，創發出無限的創新可能。以圖 18 中的「AI 老師萬事通」教案就是與 Google 公司 TTS(語音與文字的互轉系統) 與 Groq 公司的 AI 大語言模型串接的落地應用，如圖 18 所示：

AI 老師問與答的運作流程

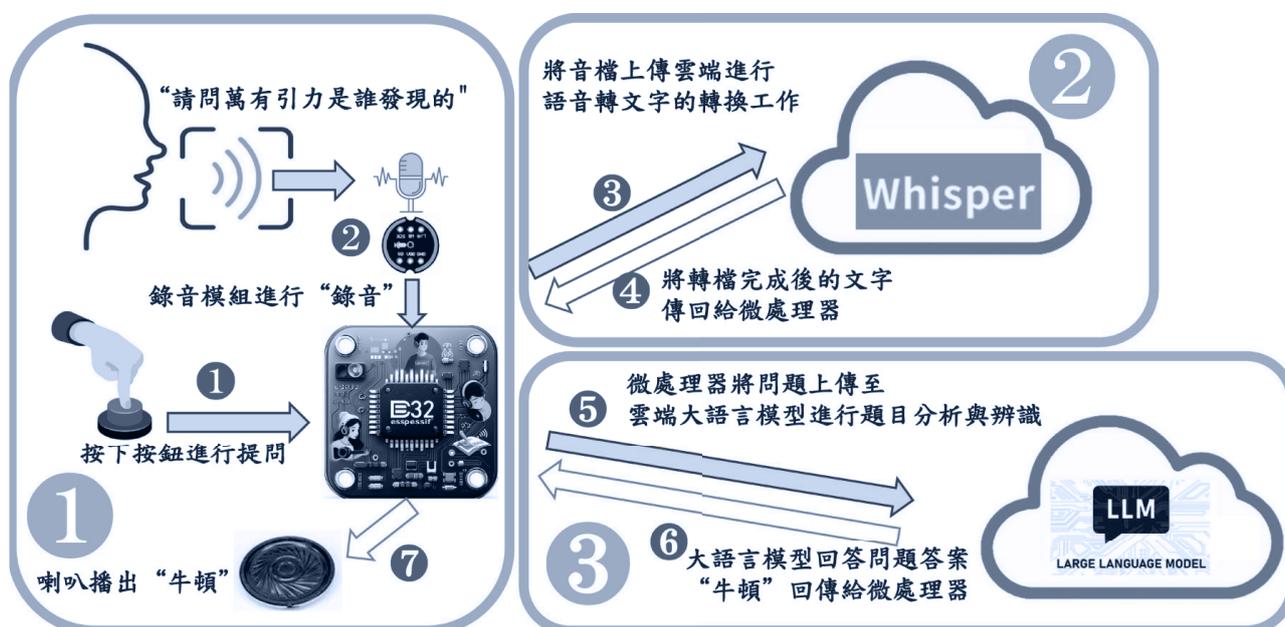


圖 18 AI 老師萬事通的流程活動架構

(三) 新興科技的應用

1. 無人機課程的發展計畫

無人機課程於七年級進行「足球無人機」主題課程。課程設計涵蓋五大面向：在 S(科學) 領域中，學生透過資訊課了解飛行原理；T(科技) 領域於資訊課進一步說明飛行穩定性變因；E(工程) 領域仍於資訊課進行講解基礎飛行控制；A(藝術) 領域則於視覺藝術課讓學生設計創意競賽場地；M(數學) 則進行分析飛行高度與速度間的數量關係。整體課程以實作與探究為導向，讓學生從理論到應用逐步建構知識，培養跨學科整合、創新設計與問題解決的能力，展現 STEAM 教育融合科技與創意的學習成果。

2.3D 製圖與 3D 列印外構設計發展計畫

民權國中在 3D 列印設計發展部分，分成兩個方向：1. 教師自製教具所需；2. 學生自主提案的專題製作。在教師自製教具部分，依教案發展的需要，融合 3D 列印製作外構設計，以利機構成像及保護教具的長期使用。在學生自主提案的專題製作中，適時融入 3D 列印的需要，完成外構設計，展現創新設計的成品產出。在專題引導的過程中，輔助學生透過建模軟體來完成由 2D 至 3D 建模能力的提升，展現完整的科技創造力與實踐能力的歷程，體現 STEAM 教育中跨域融合的精神。圖 19 所示的 SDGs 海洋議題的海廢回收船 3D 建模 (老師自繪，部份示圖)。

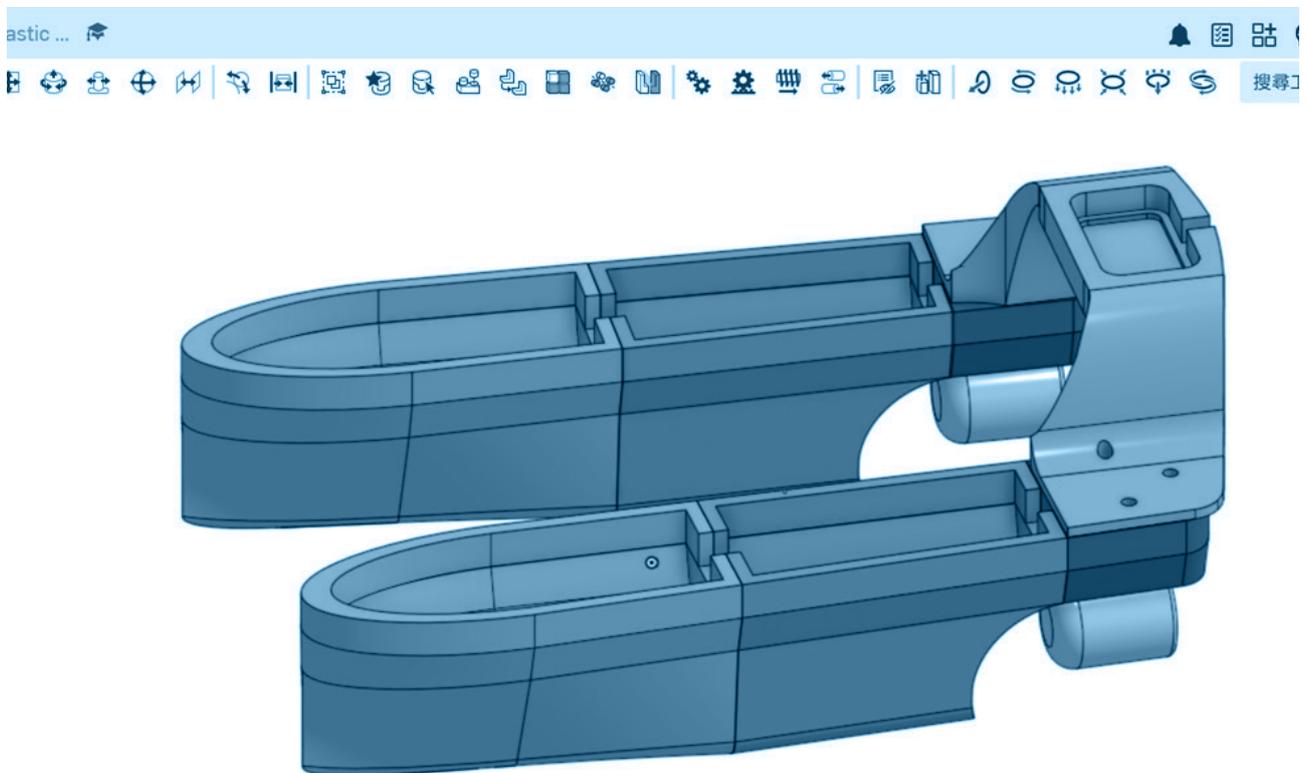


圖 19 SDGs 海洋環保議題 - 海廢回收船 3D 建模部份示圖

七、結語：STEAM 第一哩路啓航，從在地航向國際

民權國中的 STEAM 課程正踏上第一哩路，從教室延伸到生活，從在地議題出發，啓動學生的創造與思辨能量。此課程預期產出包含：跨領域課程模組的建構、教師自製教具與 AIoT 應用模組之研發成果、學生主題式作品與探究歷程的系統性蒐整，以及結合 3D 設計、無人機、人工智慧等新興科技的實作成果累積。透過從理念到課室實踐的完整歷程，學生不僅於探究與創作中累積經驗，更於反思中建構知識，逐步引發自主學習與創新思維的能力，使 STEAM 教育成爲引導學生面對未來的真實生活應用能力。

這一哩路開啓學生動手實作的能力，更期待學生學習以整合的視野看世界，因此，今年我們將與新加坡務立中學攜手，展開 STEAM 課程與作品的國際交流，讓孩子以創意與科技開啓對話世界，讓學習從臺灣航向國際，開啓屬於民權 STEAM 的嶄新航程。藉由跨領域到跨國際互動深化全球素養，實現從在地走向國際的教育願景，爲學生建構面向世界的能力奠定更扎實的起點。



說明：無人機課程解說飛行原理



說明：新科技無人機課程學習



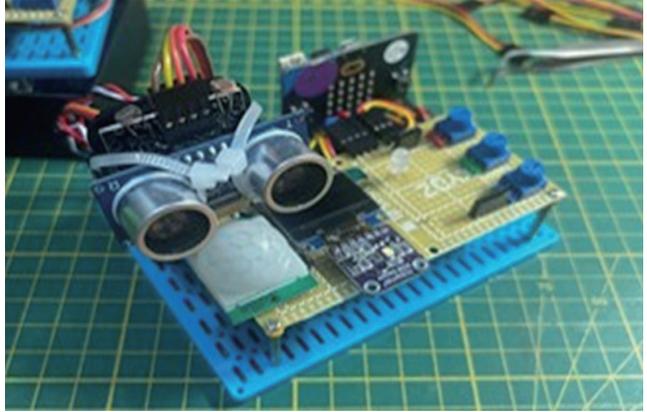
說明：探險隊的電力挑戰－歐姆定律



說明：STEAM 創課社團－手機遙控船創意自造



說明：七年級無人機足球操作課程



說明：八年級 STEAM 課程預期完成作品



說明：社團課 - 無人機船撈海廢製作



說明：社團課 - 無人機船撈海廢製作



說明：七年級學生榮獲臺北市無人機競賽國中組第一名



日本 STEAM 教育參訪心得報告

Report on Insights from the STEAM Education Study Tour in Japan

洪瑞甫 *

臺北市龍山 STEAM 及新科技教育中心主任

* 通訊作者：ufo@lsjh.tp.edu.tw

Hong Ruei-Fu

Longshan Junior High School, Taipei City

中文摘要

本次赴日參訪三所具代表性的中學——田原本中學校、兵庫教育大學附屬中學校與同志社中學校——主要觀察日本 STEAM 教育的課程設計、科技應用與教學現場。日本在 GIGA School 政策下，全校使用個人裝置成爲推行情境式與探究式學習的基礎。三校呈現不同教學特色：田原本中學以生活問題爲核心，結合 AI 生成程式進行 micro:bit 設計；兵庫附中以系統化課程由任務導向逐步深化至真實問題解決；同志社中學則以自由校風推動跨領域創作、程式開發與國際視野。整體觀察顯示，日本重視從生活情境出發、強調工程設計歷程、跨科整合與 AI 工具應用。相較之下，我們已具政策支持，但未來可強化課程連貫性、生活化議題探究、AI 素養與教師專業社群。此次參訪提醒 STEAM 的核心不在技術，而是引導學生從觀察、設計到解決問題的完整思維歷程。

Abstract

This study trip to Japan visited three junior high schools—Tawaramoto, Hyogo University of Education Affiliated Junior High School, and Doshisha Junior High School—to explore their approaches to STEAM education. Supported by the GIGA School initiative, students routinely use personal digital devices, enabling flexible, technology-enhanced learning. Each school showcased distinct features: Tawaramoto focuses on real-life problem solving with AI-generated micro:bit programming; Hyogo offers a systematic progression from task-based learning to authentic problem solving; and Doshisha promotes creativity, interdisciplinary projects, and global awareness. Overall, Japanese STEAM education emphasizes real-world issues, hands-on design processes, interdisciplinary integration, and effective use of AI tools. For us, the visit highlights the need to strengthen curriculum coherence, local issue-based inquiry, AI literacy, and teacher collaboration. The key insight is that STEAM is driven not only by technology, but by students' ability to observe, design, and solve meaningful problems.

一、前言

為提升科技中心對跨領域學習（STEAM：Science、Technology、Engineering、Arts、Mathematics）之理解與課程設計能力，教育部國教署規劃本次赴日本教育機構的參訪行程，藉以觀摩日本學校在 STEAM 教育推動、課程整合與學習環境建置上的具體實踐。整團由高師大林玄良教授帶隊，臺師大林坤誼教授接洽和安排參訪的學校，讓我們有一趟豐盛的學習之旅。

本次參訪主要造訪三所具代表性的學校，包括奈良縣的田原本町立田原本中學校、兵庫縣的兵庫教育大學附屬中學校，以及京都府的同志社中學校。三校分別代表日本在公立中學、師範體系附屬學校與私立中學中對 STEAM 教育不同層面的詮釋與實踐模式。

此次參訪除觀察課程實施現場，亦深入了解日本學制、教師教學設計理念及 AI 與程式設計在教學中的運用情形。藉由現場交流與觀課，進一步思考我們 STEAM 教育推動之現況與挑戰，並反思未來課程整合、教學策略與師資培育方向。

二、日本 STEAM 教育現況與政策背景

日本政府自 2019 年度起實施 GIGA School 構想，目標為每位義務教育階段學生配備一台 ICT 裝置並建置高速網路環境，以縮短數位落差並強化資訊教育。此政策推動後，各級學校的教室逐步數位化，學生不再局限於電腦教室上課，而能於一般教室中使用個人裝置進行學習，成為推動 STEAM 教育的重要基礎。

在課程結構上，日本國中採三學期制，一天約六節課，中午有午餐時間，但沒有臺灣的午休時間。技術與家庭科為必修領域，國中七八年級每週約有兩節課分配給技術與家庭課，九年級則每週只有一節技術與家庭課。日本 2030 科技領域課綱將朝四個方向修訂，材料及加工、能量轉換、生物感測與資訊（學習包括生成式人工智慧在內的最新資訊技術）。這些課程提供學生從「動手做」與「實際解決問題」中培養科技素養與工程思維的機會。

與我們類似，日本的 STEAM 教育尚未完全納入正式課綱，而多以各校自主推動的方式進行。具備師資及設備的學校會率先開展試行課程，例如利用 AI 生成程式、3D 列印、感測器應用、光譜對植物成長的影響實驗等。此種以學校為核心、教師主導的創新教學實驗，展現日本教育現場的彈性與多元。

整體而言，日本 STEAM 教育重視「從生活出發、以問題導向」的學習歷程。學生透過觀察生活環境中的真實問題，進行探究、設計與測試，最終發表成果。此種模式不僅強化學生的創造力與解決問題能力，也讓學習回歸到「知識應用」與「實踐」的本質。

三、三所學校參訪重點觀察

(一) 田原本町立田原本中學校—以生活問題為核心的創新設計

田原本中學校位於奈良縣磯城郡，為一所公立學校，全校約 500 人。該校九年級科技課的 STEAM 課程主題為「計數器設計」，教師引導學生以日常生活中的實際需求出發，思考可應用於不同情境的計數器，例如運動計步器或料理計時器等。

課程設計共八節，強調「需求探究」與「AI 輔助程式設計」的結合。學生首先透過學習單分析使用者需求，思考誰會使用作品、解決何種問題、在何種場域中使用等，並進一步規劃 micro:bit 的功能組合，如按鍵、感測器或 LED 顯示等。

教學中，教師示範如何利用 AI 平台「Dify」的 Agent 功能，如圖 1，自動生成 micro:bit 的 JavaScript 程式，學生再進行測試與修改。各組分工明確，有的負責與 AI 互動、有的撰寫學習單，展現高度合作學習氛圍。



圖 1 學生使用 chromebook 設計生活中的計數器，Dify 生成程式燒進 micro:bit

學校科技教室設備完善，除了木工機具與 3D 列印設備外，學生亦進行光譜對植物生長影響的實驗探究，如圖 2，呈現多樣的跨領域整合應用。該校的特色在於，將 AI 視為輔助工具，讓學生可以快速完成計時器的作品。產生的 JavaScript 程式複製到 MakeCode 平台後，會自動轉成積木程式，讓學生可以用積木來修改，這是一個很好的 AI 應用方式，可以來學習。

另外 AI 可提升專題製作的效率，但若學生缺乏基礎程式能力，將難以理解與改寫 AI 生成的程式。未來我們在推動 AI 輔助教學時，應重視「AI 之前的學習」，確保學生具備必要的運算思維基礎能力。

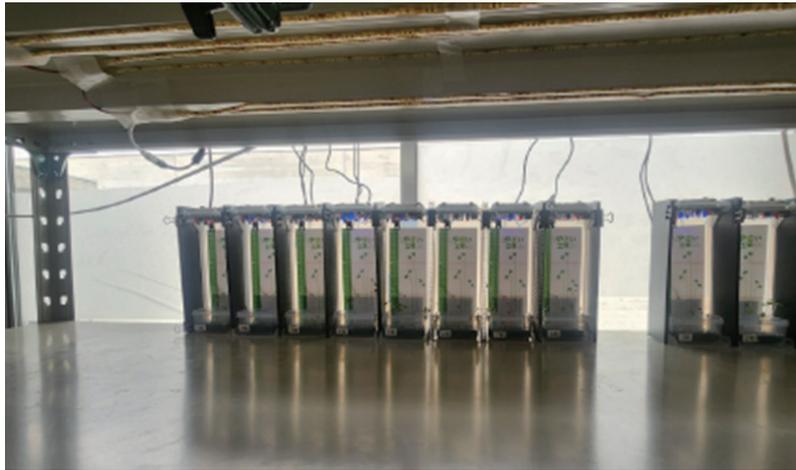


圖 2 學生進行光譜對植物生長影響的實驗探究

(二) 兵庫教育大學附屬中學校—任務導向到問題解決的系統化學習

兵庫教育大學附屬中學校位於加東市，屬於兵庫教育大學附設體系，涵蓋幼兒園、小學與中學。該校在 STEAM 教育上具有系統化的課程設計，從低年級到中學階段逐步深化。

在低年級（國小階段），教師以任務導向方式進行教學。學生利用 iPad 上的積木式程式撰寫介面控制馬達旋轉，透過完成簡單任務（如啟動、停止動作）建立信心，如圖 3。



圖 3 在低年級，教師以任務導向方式進行教學

中年級則使用 micro:bit 控制小車，進行「紅框停車挑戰」任務。教師先介紹基本操作後，讓學生自行試錯、調整程式。此階段強調探索與修正過程，而非標準答案，如圖 4。



圖 4 中年級使用 micro:bit 控制小車，進行「紅框停車挑戰」任務

進入中學組後，學習轉向「真實問題解決」。學生需從校園中發現問題，提出解決方案，並利用 Tinkercad 建模或厚紙板製作原型，再逐步開發與展示成果。此過程充分體現工程設計思維 (Engineering Design Process) 的實踐精神，如圖 5。



圖 5 學生需從校園中發現問題，提出解決方案

該校的課程脈絡清晰、階段銜接緊密，從任務模仿到自主創新，逐層培養學生的邏輯思考、協作與創造能力。

(三) 同志社中學校—自由校風下的跨領域與國際視野

同志社中學校位於京都市，屬於私立學校體系，擁有基督教教育背景，並秉持創校理念「自由、自治、自立」。該校校風開放，注重學生的思考力、感受力與表現力，強調在自由環境中的自主學習與創造性探索。

學校採「教科專用教室制」，如圖 6，每個科目皆有獨立教室，使設備能集中管理並提供專業化教學環境。校內設有數學專區，如圖 7、科技專區，如圖 8 與各式創課空間。



圖 6 科目獨立教室



圖 7 數學專區



圖 8 科技專區

在參訪過程中，國小六年級學生使用小組設計的簡報用英語介紹日本文化，結合語文、社會與資訊能力。家政課的課程，老師讓學生用 UV 膠與回收塑膠製作吊飾，兼顧環保與創意表現。國中則開設 App 設計與 JavaScript 遊戲開發課程，讓學生透過撰寫程式創造屬於自己的作品。

此外，該校亦設置「數學博物館」，由教師帶領學生以蟬的週期、折紙藝術等主題進行數學探究，圖 9。科技教師則示範如何結合傳統藝術與現代科技進行創作，圖 10。

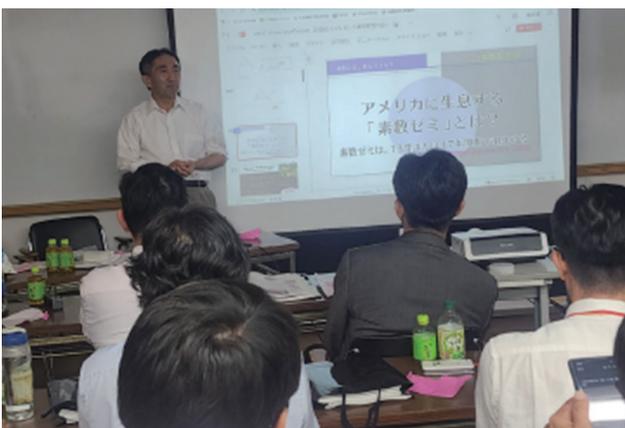


圖 9 數學老師介紹蟬的週期、折紙藝術等主題



圖 10 科技老師則介紹科技融入傳統藝術、及 app 設計課程

同志社的 STEAM 課程體現了「科技與人文並重」的教育理念，學生不僅學會技術操作，更能在創作過程中表達情感與美感。其沉浸式教學方式及國際交流活動，也為學校發展具人文底蘊的 STEAM 課程提供寶貴參考。

四、整體觀察與教育啟示

從三所學校的觀察中，可以發現日本 STEAM 教育具有以下共同特徵：

01

以生活問題為起點

教師引導學生從身邊的真實情境出發，例如計數器設計、植物光譜實驗或校園改善專案。這種「問題導向學習」（Problem-Based Learning）培養學生發現與定義問題的能力。

02

重視實作與設計歷程

學生必須經歷需求分析、設計、建模、測試與修正等完整過程，學習如何將抽象概念轉化為具體成果。

03

跨學科合作明顯

課程結合資訊、科技、美術與自然科學領域，讓學生理解知識之間的關聯，並在合作中建構整合性思維。

04

善用 AI 與數位工具

在田原本中學校，AI 被用來生成程式碼；在兵庫與同志社中學校，學生熟練使用 Tinkercad、micro:bit 與 iPad 等工具。日本示範教師對科技工具的掌握度與靈活運用令人印象深刻。

相較之下，我們在 STEAM 教育推動上已有明確政策支持，如教育部設立百所科技中心協助各校推動科技教育與 STEAM 教育。各校仍可加強「課程系統性」與「學生自主探究」兩大面向。日本的經驗提醒我們，STEAM 不僅是教具與技術的應用，更重要的是培養學生從生活中發現問題、整合知識並實際解決生活中問題。

五、結論與建議

綜觀本次參訪，日本 STEAM 教育雖仍處於早期階段，但其現場示範教師的專業能量與課程創新力令人敬佩。各校善用既有資源與科技工具，建構符合學生需求的課程內容，呈現出極高的教育彈性與創造力。

對我而言，此行最大的收穫在於深刻體認到：STEAM 教育除了技術以外，思維也是另一個關鍵。學生從觀察生活問題到解決問題的過程，是培養 STEAM 教育與創新能力的關鍵。AI 與數位工具應被視為協助學習的橋樑，而非取代思考的捷徑。

未來，我們在推動 STEAM 教育時，可從以下幾點加強：

01

強化課程連貫性

從國小至高中設計漸進式課程架構，建立能力發展脈絡。

02

深化生活化 與在地化議題

鼓勵學生以社區或環境問題為主題，提升學習的真實性。

03

推動 AI 素養教育

在教授 AI 工具前，應強化程式基礎與邏輯訓練。AI 雖能快速產生結果，但沒有基礎的程式設計與邏輯訓練，還是不會修改和理解產生的程式碼。另外 AI 產生的結果，也不是每一次都是正確的，學生要有能力判斷產生的內容是否正確。

04

擴充教師專業社群

建立跨校、跨領域的教師合作機制，共同研發課程與分享成果。

透過此次參訪，我深刻體會到教育創新不僅需政策支持，更需教師的專業熱忱與持續實踐。日本各校展現的課程設計精神與學生主動學習的態度，都是我們推展 STEAM 教育發展的重要借鏡。未來，我也期許能將這些觀察與思考化為實際行動，持續推動跨領域教育的深化與落實，讓學生能在創造與實作中學會思考，學會學習。

Development and Classroom Practice of Mechanism-Based Teaching Materials in Japanese Junior High School Technology Education

Konomi FURUTA

Faculty of Education, Nara University of Education, Japan,
furuta.konomi.rw@cc.nara-edu.ac.jp

Abstract

This study addresses the shortage of mechanical instruction in Japanese junior high school technology education, which is often neglected due to limited class hours. To resolve this, the author developed automata and ‘assembly-type’ teaching materials utilizing laser-processed parts that require no gluing. These materials allow students to quickly construct and explore mechanisms, such as cams and friction wheels, shifting the focus from time-consuming fabrication to understanding mechanical principles. The paper details the development of these materials and their implementation in classrooms. Results indicate that these tools successfully stimulate students’ intellectual curiosity and facilitate efficient, enjoyable learning within the constrained curriculum.

摘要

本研究旨在解決日本的國中科技教育因課時有限，導致機械領域教學經常被忽略的問題。為此，本文開發了利用雷射加工零件且無需黏合的「組裝式」自動機（Automata）教材。這些教材讓學生能夠快速組裝，並探索凸輪與摩擦輪等機構，將學習重心從耗時的製作過程，轉移至對機械原理的理解。除了詳述教材的開發過程及其在課堂上的實踐，結果也顯示，這些工具能有效激發學生的學習動機，並建立愉快的學習體驗。

1. Introduction

This study introduces the development of teaching materials for Japanese technological education. The primary objective of our teaching materials was to facilitate enjoyable learning about these mechanisms for students.

In Japan, technology education is offered only in middle schools. The annual number of class hours was 70 for both the first and second grades and 35 for the third grade, which is a remarkably low number. In technology education (MEXT, 2018), teaching on the following four contents is required within these limited classes: “materials and their processing,” “nurturing living things,” “energy conversion,” “information processing.” Because of the large amount of content and the limited number of class sessions, teachers find it difficult to address all four content areas in creative activities. In addition, the fact that teachers have discretion over the selection of learning content in creative activities further contributes to the tendency of many schools to implement creative activities with restricted content.

In energy conversion creation activities, instruction rarely addresses the mechanical field, with most attention devoted to the electrical field. This imbalance results primarily from two factors: many teachers feel uneasy teaching mechanical topics, and appropriate teaching materials for the mechanical field remain insufficient. In recent years, the use of the teaching material “Tech-Mirai” has contributed to improvement in this area (Tech Mirai, 2024). However, its high cost makes it difficult for each student to purchase the material. Learning content in the mechanical field is essential for creating moving objects, making the development of teaching materials that address these challenges an urgent priority.

Based on these considerations, two primary needs can be identified. First, there is a need to enhance teaching materials for the mechanical field. Second, there is a need for materials that can be produced in a short time and at low cost. Accordingly, we present the teaching materials developed to meet these requirements.

2. Development of Teaching Material in Mechanical Field

The central focus of our research was the development of educational materials that facilitate the understanding of mechanisms such as friction wheels, and cam mechanisms. In the mechanical field of junior high school technology education, students acquire knowledge regarding various types of mechanisms, movements, and methods for altering these movements. Therefore, it is necessary to understand the motion achieved by this mechanism. Recently, it has become easier to observe the movements of various mechanisms using GIF images. However, we believe that not only observation but also experiential learning through hands-on interaction and exploration by changing parameters plays an important role in learning. This chapter presents the teaching materials developed based on the aforementioned points.

2.1. Development of Automata-Based Teaching Materials

The first automata teaching material that we developed is shown in Figure 1 (Furuta and Matsunaga, 2020). The developed teaching material was made of 2.5 mm-thick MDF board that was processed using a laser cutting machine. This automaton was assembled by placing together parts that were cut out by laser processing without an adhesive. The dolphin and wave movements are driven by slider-crank mechanisms. This teaching material was not developed to allow students to explore mechanisms; therefore, activities involving mechanism design and construction were not possible.

Next, we improved the automaton teaching material using wires for mechanical parts, aiming for its use in junior high school technology classes (Furuta and Matsunaga, 2022). We have revised the manufacturing methods and teaching materials that were developed in a previous study, aiming for easier production. Figure 2 shows the improved teaching material. We conducted classroom practice using this teaching material with junior high school students. In the analysis of practical activities, some students understood the mechanisms and problems that were solved during the creation. However, the process of creating these mechanisms was quite difficult. Additionally, although the base was provided pre-cut and pre-drilled for this teaching practice, enabling its utilization in class, students must fabricate the materials themselves in actual classroom settings. This requirement presents a challenge because the fabrication process is time-consuming.

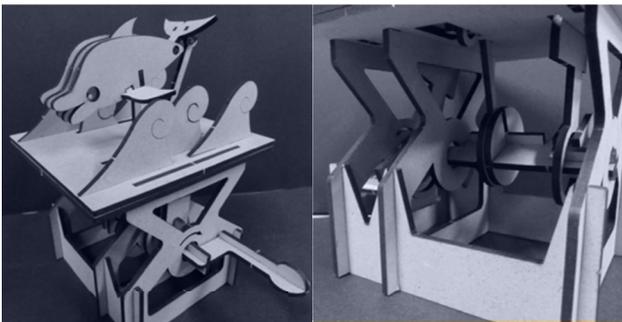


Figure 1. Assembly-type automata

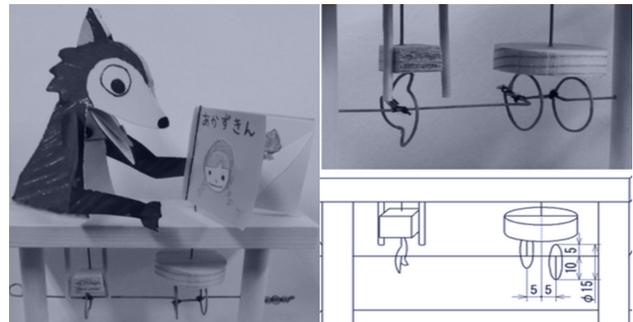


Figure 2. Wire-type automata

Third, we developed automaton teaching materials using cardboard for the mechanical parts (Furuta and Matsunaga, 2024). Figure 3 shows the developed teaching materials. Using a square prism (10 mm sides) as the rotating shaft, students could explore various mechanical motions without gluing mechanisms. The cardboard (1 mm thick) used for the mechanism parts was prepared with a hole pre-cut using a laser cutting machine to match the shape of the rotating shaft. (However, it is also possible to use a hole punch or cutter.) The utilization of this cardboard allows for the creation of mechanisms that are designed according to the method shown in Figure 4. In addition, we conducted classroom practice using this material with junior high school students. The utilization of cardboard as a mechanism proved to be a suitable method for students who could create it without teacher assistance. Moreover, the easy improvement of the mechanism's shape, even after creation, encouraged students' inquiry activities. However, this teaching material also faced the challenge of the puppets on stage required a significant amount of time.

Table 1 lists the strengths and weaknesses of each automaton, as revealed by the above content.



Figure 3. Cardboard-type automata

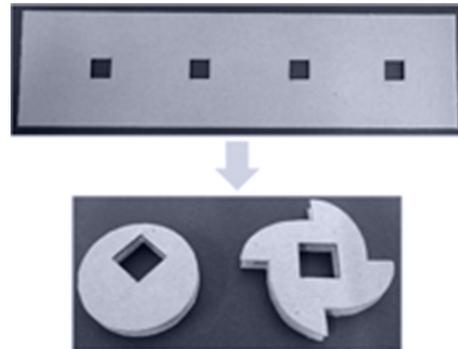
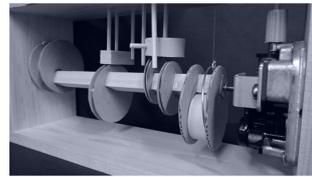


Figure 4. Method for fabricating driver components

Table 1. Advantages and Limitations of Automata Teaching Materials

| | Advantages | Limitations |
|---------------------------|--|---|
| Assembly-type (Figure 1) | Short production time | Mechanisms cannot be designed |
| Wire-type (Figure 2) | Mechanisms can be designed | Long production time; mechanisms are difficult to fabricate |
| Cardboard-type (Figure 3) | Mechanisms can be designed; mechanisms are easy to fabricate | Long production time |

2.2. Development of Assembly-Based Teaching Materials

Based on the strengths and weaknesses of automata developed in previous studies, we inferred that teaching materials incorporating the following elements are necessary:

- Short production time
- Opportunities for students to create the mechanism themselves
- Ease of mechanism creation and modification

Furthermore, we considered it essential to incorporate exploratory elements and therefore developed the teaching materials shown in Figure 5 (Furuta, 2024, 2025). Two types of teaching materials were developed: cam mechanisms and friction wheels. The developed teaching material was made of 2.5 mm-thick MDF board that was processed using a laser cutting machine. This teaching material was assembled by placing together parts that were cut out by laser processing without an adhesive. The time required to assemble the teaching materials was approximately 30 min to 1 h. Some cams and friction wheels were prepared as accessories (Figure 6); however, it was also possible to create them using cardboard, as previously mentioned (Figure 7). The rotational axis of this teaching material is cross shaped; therefore, a piece of cardboard must be prepared with punched holes to match the shape. In this study, we used a laser cutting machine to cut the cardboard.

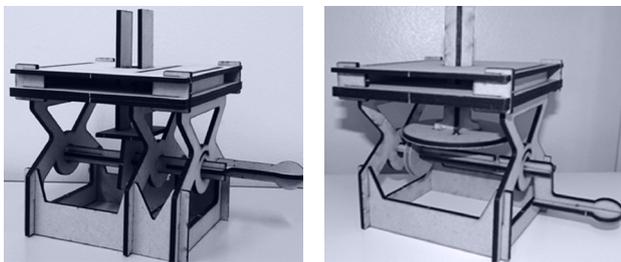
We conducted classroom practice using these teaching materials with university and graduate students. Analysis of the practice revealed the exploratory learning content described below:

[Cam Mechanisms]

- Activities involving calculation of the base circle diameter and lift amount based on cam shape, as well as drawing cam curves
- Design and creation of cams suited to specified motions

[Friction Wheels]

- Methods to increase the rotation of the driven wheel per revolution of the driving wheel
- Relationships between the position of the driving wheel and torque
- Changes in transmitted rotation when the material of the driven wheel is altered.



(a) Cam Mechanism (b) Friction Wheel
Figure 5. Assembly-type teaching material

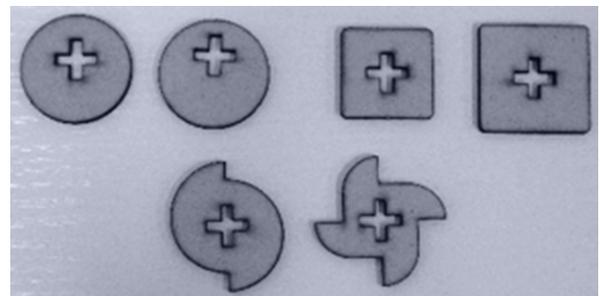


Figure 6. Cam accessory parts

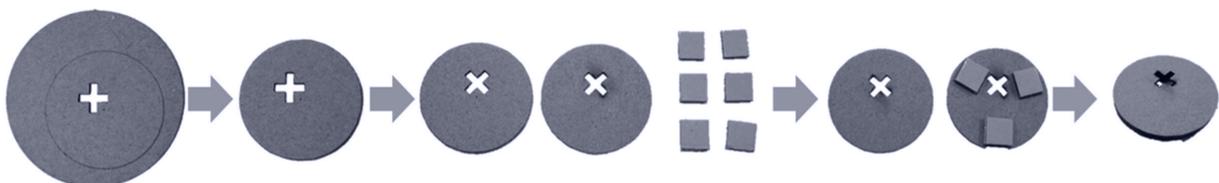


Figure 7. Fabrication method for driver components (assembly-type teaching materials)

2.3. The Educational Value of Automata and Assembly-Based Teaching Materials

We consider automata teaching materials effective at capturing students' interests because of the puppets' stage movements. However, one must engage in activities that help them understand the movements they aim to achieve and the corresponding mechanisms before proceeding with automata-making. Furthermore, knowing the conditions under which a puppet moves and those under which it does is important for solving problems. Therefore, we anticipated that effective learning could be achieved by handling the teaching materials in the following sequence: First, we acquired the fundamental knowledge of the mechanisms using assembly type teaching materials. Next, we applied this knowledge to make cardboard automata teaching materials.

Based on current annual teaching hours, only activities using assembly type teaching materials are expected to be implemented. However, we hope to improve automaton teaching materials so that they can be produced in less time. This would enable the creation of automata.

3. Conclusion

We have developed various teaching materials to address challenges in mechanism instruction within technology education. In particular, assembly-based teaching materials show strong potential for classroom use because they overcome limitations associated with conventional automaton teaching materials. Classroom practice is currently underway in middle schools, and we aim to clarify the educational effects in detail. We also aim to accumulate examples of classroom implementation to lower barriers for teachers adopting these teaching materials.

Moreover, we will continue developing teaching materials that stimulate children's intellectual curiosity, with an emphasis on "observing," "touching," and "exploring."

Acknowledgment

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP24K16776.

References

- Furuta, K., & Mastunaga, Y. (2020). Development of Assembly Automata for Making. *Bulletin of the Center for Educational Research and Teacher Development Shizuoka University*, 64, 157–164.
- Furuta, K., & Mastunaga, Y. (2022). Practice of Automata Using Wire to the Mechanism in the Context of Junior High School Technology. *Journal of The Japan Society of Technology Education*, 64(3), 181–189.
- Furuta, K., & Mastunaga, Y. (2024). Development and Practice of Automata Including Activity of Design and Making Mechanisms. *Journal of The Japan Society of Technology Education*, 66(3), 151–159.
- Furuta, K. (2024). Development and Verification through Practice of Assembly-Type Mechanical Teaching Materials. *Abstracts of the 67th Annual Meeting of the Japan Society of Technology Education*, 64.
- Furuta, K. (2025). Classroom Practice Using an Assembly-Type Teaching Material Based on a Friction-Wheel Mechanism for University Students. *Abstracts of the 68th Annual Meeting of the Japan Society of Technology Education*, 200.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan. (2018b). *Commentary on the Course of Study for Junior High Schools: Technology and Home Economics*
- Tech Mirai. (2024). https://steam.codomode.org/wp-content/uploads/20240401_techmirai_catalog.pdf

Taipei

STEAM

Education
Journal

Science
版權頁 Copyright page

出版單位／
臺北市政府教育局

發行人／
湯志民

主辦單位／
臺北市政府教育局 資訊教育科

承辦單位／
臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室

指導委員／
湯志民、鄧進權、廖文靜、鍾德馨、卓育欣、黃冠禎、王宥嫻

總編輯／
張玉山

編審委員 (依姓氏筆畫)／
王子華、汪芝蓁、張玉山、張云棻、游光昭、劉火欽、劉遠楨、賴阿福

本期責任編輯／
張玉山

執行編輯／
柯靜蓉

