歷史與現代結合——戰國弩 STEAM 高中教學課程

文／楊佩臻、丁于真、黃琴扉

前言

108 課綱在 2020 年正式上路，新課綱中提到素養導向為目前新課綱中的發展主軸，而從細部中檢視，在自然科學領域中提到，科學是源起於人類對生活周圍的好奇或需要，而在科學學習的方法上，我們應當在課程中從激發學生對於科學的好奇心和主動學習的意願為起點，引導其從既有經驗出發，進而學習主動探索、實驗操作及多元學習，讓學生能夠具備科學的核心知識、探究實作與科學論證溝通能力（教育部，2018）。在教育上將科學素養定義為「民眾生存於當代科技社會中不可或缺的基本知識與能力（靳知勤，2007）」，其中又包含了三項重點，分別是「使用科學作為職業」、「利用科學來解決問題」，以及「利用科學來做決定」。因此，以素養導向為目的的科學課程，不再只是為了學習關於科學知識，更重要的是如何應用科學及發展科學的學習，而探究與實作是也成為培養公民科學素養的關鍵途徑（教育部，2018）。

為了能夠培養學生的科學素養，**許多學者致力研究如何能夠讓學生能夠在學習上提升科學素養及探究實作能力**，而美國國家科學委員會在 1986 年發表過關於 STEM 的報告，此報告中明確的提出「STEM」四大核心，往後也被視為 STEM 的教育開端。那 STEM 又是什麼呢？ STEM 是將 Science 科學(S)、Technology 科技(T)、Engineering 工程(E)、Mathematics 數學(M)四大核心結合而成，其內涵則包含跨領域、解決問題、動手做、生活應用、五感學習；而在幾年後的教育界也將 STEM 的核心發展多加一項 Art 藝術(A)讓 STEAM 成為目前科學教育的五大核心新概念（MindDuo 親子共讀，2020）。

總結上述，在 STEAM 教育中推動的核心有：跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習五大核心，致力推動自我學習及思考；而現在不僅世界多數國家均在推動 STEAM 教育，在國內新課綱中也致力推動探究與實作。整體而言，探究是在學習歷程上很重要的一部分，如果能夠培養學生在探究的課程設計，加強學生知識的建構和學習目標將有正向助益（陳育霖，2016）。有鑑於此，本課程以高中生為主，課程內容希冀學生能夠從課堂上吸取老師說的原理，到自己可以動手去操作完成並驗證，這樣不僅能夠讓學生對於原理更加熟悉，也可以讓學生在學習上更加完整。本團隊近年來致力於開發 STEAM 教學教具以及教學教法， 並於 2020 年開發以戰國時代的戰國弩為主題之

STEAM 教具，在教具教學過程中，讓學生透過閱讀組裝手冊中學習 2D 圖像轉換成實際組裝的 3D 立體成品，整體歷程不僅能引導學生建立出 2D 到 3D 的概念，更希冀能達到科學探究學習及思考培養出科學素養（表 1）。

表 1. 戰國弩連結 STEAM 概念

戰國弩課程內容	核心原理	STEAM 連結
弩弓弩弦部分以尼龍繩連結彎曲竹片兩端為組裝過程最後階段，透過課程不僅學會固定繩子使不鬆脫的方法，且預留繩長讓學員們進一步探討竹片彎曲程度對於射程的影響。 學員在射擊過程發現戰國弩瞄準目標的角度與水平線之間有微妙的關係，講師會引導學員尋找瞄準目標的最佳角度。	彈力應用。生活中常見的彈力來源可不只來自橡膠或橡皮筋，戰國弩以尼龍繩連結彎曲竹片的兩端，如同弓箭發射原理的方式創造彈力。物體在空中的移動路徑為拋物線。	科學(S) Science
本零件材料包應用雷射切割完成，但同樣材質及切割方式，卻使部分構件展現出柔軟的性質，有別以往剛硬的印象。 子彈的材質與形狀可能會影響射程，常見如石頭、火藥等等都可以是子彈，但選用泡棉具有彈性的材質可以避免受傷，且子彈頭為吸盤狀，更可以降低受傷風險。	雷射切割技術。 結合現代化工科技，改良子彈成軟泡棉材質，較不具殺傷性。	技術(T) Technology
戰國弩弩機部分零件多樣化結構較複雜，但是其利用不同形狀構件與彈簧巧妙地組合成類似板機的結構，運用到許多機械系才會學到的機構學原理。 為了讓戰國弩機架在發射過程中維持穩定，利用多層次拼裝的榫卯結構，不使用白膠或釘子組合出一架耐用且發射時不會受到後座力影響的戰國弩。	機構學、榫卯結構等古代機械與工程原理，並透過整合式思考，以便能結合此教具的各個部件。	工程(E) Engineering
戰國弩的外型有別於簡易的十字弓，其老鷹般的流線外型，發射的瞬間有如飛鷹展翅飛向獵物一般，輔助學員們在射擊時想像當下的情景。 課程提供雷雕可愛動物們讓學員們安心體驗射擊的樂趣。 經過前述的歷史介紹後，學員們在腦中已經勾勒出心目中戰國弩可能會有的模樣，課程提供壓克力顏料讓學員設計一把具個人特色的戰國弩。	戰國弩的外型設計。 色彩組成三原色。	藝術(A) Art
戰國弩組裝完成後試射的過程，引導學員們思考如何增加射程，若改變弩弓兩端距離（改變竹片的彎曲程度）、改變弩	射擊距離的計算，影響射擊距離的因素等。	數學(M) Mathematics

弦長度，又會怎麼影響射程距離。 若戰國弩的子彈重量及所用的材質改變，是否會影響射擊距離。 練習計算弩弓兩端不同之距離（不同彎曲程度），所形成之圓周與弧長。		

戰國弩教具與教學策略分析

戰國弩各部件 （圖 1、圖 2）

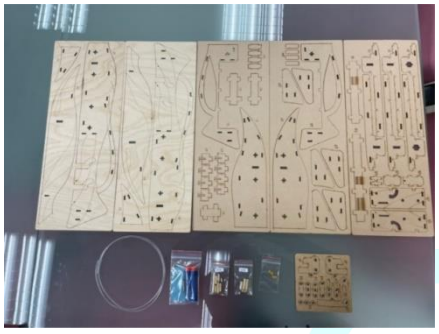


圖 1. 戰國弩零件內容及配件

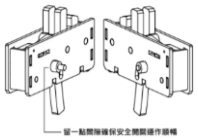
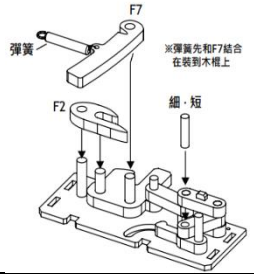
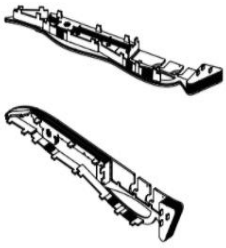
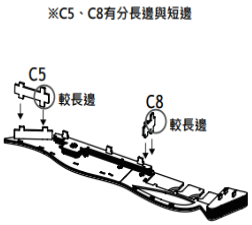
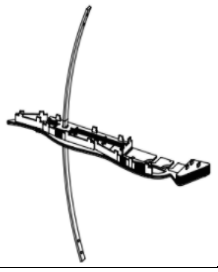
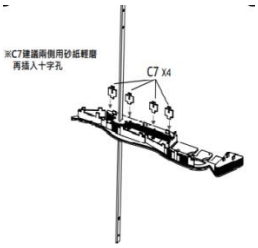
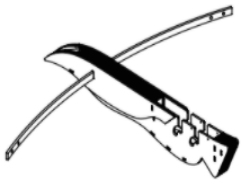
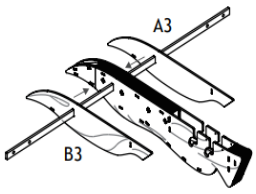
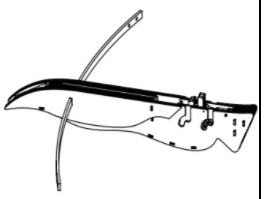
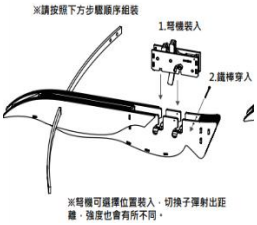
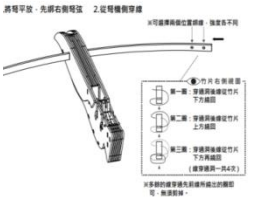
圖 2. 戰國弩組裝成品

結合 STEAM 概念與探究實作的戰國弩教學設計

本課程設計分為「弩的歷史與演進」、「探究與實作」、「課程反思回顧」三大主軸，在課程的初始階段，本團隊設計以歷史闡述的方式，講述一段戰國弩的起源及歷史上的應用，啟發學生對於戰國弩的興趣與學習動機。學生對於戰國弩的用途印象普遍是戰爭時期拿來射擊使用的但卻不瞭解是從哪個時代所發明的，依據歷史記載，傳說為戰國時代說發明的，在古代戰爭時期，弓與弩對當時的武器是佔據非常重要的位置，因此武器的好與壞成為戰爭中重要的關鍵角色，而課堂中藉由起源故事引起學生學習動機後，教師會利用時間軸介紹每個朝代所使用的弩武器，讓學生可以了解每個朝代所使用弩的變化（圖 3）。而利用弩本身的組裝、射擊出的子彈及彈射感，進一步與學生討論戰國弩適合的射擊距離及弩的組裝上細節如何掌握（圖 3）。

圖 3. 黃琴扉老師向高中生介紹戰國弩由來及戰國弩組裝注意事項

表 2. 戰國弩組裝範例、步驟與注意事項對照表

組裝範例圖	組裝零件	組裝步驟	組裝注意事項
		弩機的組裝	要注意木棍的大小及長度，裝錯可能導致弩機組不起來。 注意弩機的保險桿預留空間，如果裝太緊會讓弩機無法射擊。
		機架組裝（右側）	在零件中的 E1 至 E3 容易因為順序顛倒而組裝錯誤。 E9 及 E10 的部分因為下面是採可彎曲設計，因此容易造成斷裂或折損。
		弩弓的組裝	需要先將弩弓稍微凹彎曲，以便後續綁線的方便。 弩弓要先利用砂紙磨過，才易將弩弓裝進機架中。
		機架組裝（左側）	裝上零件時需要將零件對齊否則無法裝上。
		弩機與機架結合	裝上鐵棒及軸套時需要利用小槌子敲擊否則軸套會容易掉落。
		弩弦固定即完成	穿線時須按照說明說做綁線，否則會容易穿錯、過緊或過鬆。

在探究與實作的課程中，最重要的事情是要讓學生能夠學到可以隨手就能帶走的知識，而不是還需要藉由考試才能來評斷學生的吸收度；探究實作不僅是**科學教育活動**的主要核心，也是結合各種領域的核心課程。而在這次的戰國弩課程中，讓學生自己閱讀組裝說明書，並從 2D 的圖片轉為 3D 物件拼裝來加強學生對於空間概念的思考，在組裝的過程中並非想像中的簡單；除了在組裝的過程中需要分辨零件的正確組裝位置，組裝過程中還必須建立自己的立體空間概念。在課程上會希望學生在組裝時能夠實踐探究與實作的精神，發現到困難點和問題可以勇於嘗試自己操作，若無法排除的問題才會由講師協助完成（圖 3、圖 4）；而自己也能和同學交流作品之間的差異或是利用觀察來了解自己在組裝上的問題，在組裝完成後，老師會和學生藉由組裝成品來探討成品對於 STEAM 的各項連結及利用課程來檢視有沒有達到 108 課綱所提到的「科學探究與實作」精神。

最後，本課程的目的不僅培養學生的解決問題能力耐心、同時藉由歷史演進讓學生對於弩的演進更加了解，引導學生對於課程的興趣，也能夠提升學生在探究與實作的解決問題能力和 STEAM 的認知及素養，並加強在 2D 轉換成 3D 的立體空將思考能力。

圖 4. 學生閱讀說明書完後自行組裝

課程實施注意事項

(一) 離和規則。

(二) 在射擊上容易用力過度或操作不當導致斷裂折損，因此須提醒學生用適當力度去操作。

結論

本課程因為是射擊類系列的 STEAM 教具，對於大部分的學生來說是一堂非常新奇的課程，所以在課程上更能夠提升學生在學習上的動機及興趣；但在進行戰國弩的課程當中，因為組裝過程較為複雜且部分零件組是需要一些技巧才能組裝完成的，部分學生會組裝到一半就萌生想放棄的念頭，也或者是學生未按照老師或組裝說明書上的步驟去執行組裝，導致零件組裝錯誤或是零件不牢固而導致零件脫落。因此老師在上課時必須

先提醒學生在組裝過程的注意事項，且耐心的帶領學生一個步驟一個動作去組裝讓組裝零件牢固；組裝一個段落時，得協助學生檢查作品有無零件安裝錯誤或是牢固，並也能讓學生之間互相交流討論，而在這樣的課程中也不僅讓學生在組裝中提升了解決問題之能力，也落實對學生 STEAM 教學及科學探究與實作的精神。

致謝

本標準弩（戰國弩）教具之開發與製作，感謝創藝天時科技股份有限公司團隊的全力支援。

本 STEAM 科普課程感謝國立高雄師範大學理學院全力支持與辦理。

楊佩臻

國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所碩士生

丁于真

國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所碩士生

黃琴扉

國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所副

參考資料

[1] 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北，臺灣：教育部。

[2] 教育部（2018）。十二年國民基本教育課程綱要：國民中小學暨普通型高級 中等學校—自然科學領域。臺北，臺灣：教育部。

[3] 教育部十二年國教新課綱推動專案辦公室（2017）。從領綱研修理念談自然科學探究與實作課程設計。臺北，臺灣：教育部。

[4] 大學入學考試中心（2018）。探究與實作重在培養學生帶得走的能力而不是考試。臺北，臺灣：大學入學考試中心。

[5] 靳知勤（2007）。科學教育應如何提升學生的科學素養－臺灣學術精英的看法。科學教育學刊，15（6）

[6] 黃琴扉、葉凡愉（2020）。STEAM 音樂摩天輪 STEAM 創意課程。科學研習月刊，59（5）。

[7] 黃琴扉、陳彥妃、李雅君（2020）。STEAM 創新教具設計與教學實踐-恐龍鎖。科學研習月刊，60（1）。

[8] 黃琴扉、鄭雁翎（2020）。融合 STEAM 理念，創發「自製扭蛋機」課程。科學研習月刊，59（6）。

[9] 陳育霖（2016）。教育現場為什麼需要探究與實作課程？。科學研習月刊，55（2）。

[10] Mind Duo 親子共讀（2020）。什麼是 STEAM 教育？川普、歐巴馬都重視的教育趨勢！20210318 索引自 https://mindduo.benq.com/what_is_steam/.