

音樂與自然科學的美妙相遇— 從自製樂器開展的跨領域美感教學

黃靜芳

國立臺南大學音樂學系兼任助理教授

一、前言

音樂和自然科學看似疏遠又截然不同的科目，也可以彼此交集整合為一個課程嗎？其實他們沒有想像的遙遠，在自製樂器裡預見了這樣的契機，在樂器的發聲原理中，音樂與自然科學竟奇妙的相遇了。

音樂課堂裡大家分組製作卡祖笛，有位同學剪出長 10 公分的吸管，另一位剪 5 公分，有同學詢問吸管長度會不會影響吹奏？另一位同學說都試著做出來比較看看好了；另一組學生問為什麼吸管卡祖笛要用保鮮膜製作？有人回答可能跟聲音的振動有關，不然怎會稱為膜鳴樂器？有同學很用力吹卻發不出聲音，於是另一個同學示範給他看，教他對著卡祖笛唱歌，而不是吹氣；後面的同學提議一起演奏二重奏，你吹民謠小星星，我配上伴奏，第一句吹完大家立刻笑翻了，因為這個音色實在太有趣了。上述是自製樂器課堂的上課情形，師生一起動手做樂器，在熱絡的互動中發現問題並解決問題，過程中充滿挑戰，卻也激發學生躍躍欲試的好奇心，下課時還樂此不疲地繼續用卡祖笛吹奏喜歡的音樂。

但在臺灣「動手做」長期都是被忽視的能力，重視紙筆測驗的結果，非但降低學習動機，更可能看不出真實的學習狀況，所幸 108 課綱於 108 年 8 月正式上路，強調素養導向的教學，主張素養與生活情境具有密不可分的互動關係（圖 1），學生的學習須能應用於生活情境，在生活中實踐力行（教育部，2014；洪詠善，2016；洪詠善，2018）。這也開啟了嶄新的教學思維，在知識充斥學習資源隨手可得的今日，學生該學什麼才是未來用得到的能力？以音樂課為例，當教師用心介紹各種樂器時，有些學生卻感到困惑，音樂課被要求記憶樂器的名稱和音色，卻不知用處為何？主要原因是須學的知識何其多，當學習過於片面且零碎時，學生常不知為何而學，並不是介紹樂器不重要，而是如何串起這些知識與生活情境的連結，或是在生活中的應用，是打開學習動機的一道大門，值得每位老師思索與探究，而這也是十二年國教素養導向教學的用意。

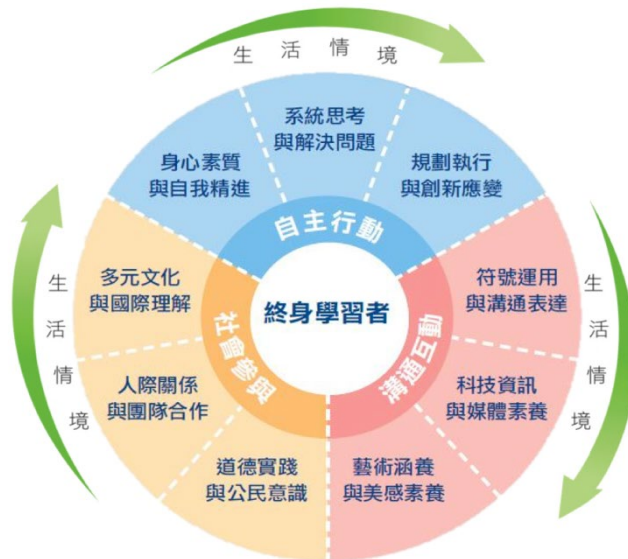


圖 1 核心素養的滾動圓輪意象（教育部，2014）

在生活情境中運用的能力常是跨領域的，而動手製作樂器演奏正符合這樣的跨領域能力。曾看過國小學生人手一支吸管製的排笛，十分精美，原來是學校自然課的作品，進一步詢問演奏情形時，回答卻是不一定能發出聲音，聲音很奇怪沒辦法演奏等，但是花時間做出樂器，卻無法演奏音樂是件十分可惜的事，這時就是實施跨領域教學的好時機，結合音樂和自然科學兩個學科將能發揮最佳的教學效果。

在音樂課也曾遇到相似的情形，大家期待著能夠自己動手做樂器，然而對於發聲原理和製作材料的不熟悉，卻讓人望而怯步，追根究底是學音樂的我們很早就專注於音樂的演奏，卻對其他領域視而不見，殊不知新世代學生在生活中應具備的能力幾乎都是跨領域的。有鑒於未來世界的創新基礎在「STEAM」，也就是科學（Science）、科技（Technology）、工程（Engineering）、藝術（Art）和數學（Mathematics）五個領域，美國也預測未來十年需求最多的工作機會，可能都與 STEAM 相關，因此身為音樂教師的我們，更應同步搭上時代潮流，帶領學生從單向的「想」，進階到實際「做」的展現，培育具備創新、獨立思考和解決問題能力的未來公民（賓靜蓀，2014）。

二、自製樂器教學

實施自製樂器教學時，製作材料以方便取得又能演奏音高為優先考量，以下是教學經驗中發現較容易製作的樂器，包括吸管卡祖笛、尺樂器與橡皮筋弦樂器，並簡單介紹樂器聲音的發聲原理。

（一）吸管卡祖笛

卡祖笛雖然名字被成為笛，但如果用吹奏管樂的方式對著卡祖笛吹氣，鐵定發現怎樣都發不出聲響，正確來說卡祖笛是一種介於歌唱和吹奏之間的樂器，必須使用唱歌的方式吹奏，透過膜片（保鮮膜）和共鳴管（吸管）把唱歌聲音放大，發出有點嘶啞的獨特音色，屬於膜鳴樂器。

由於卡祖笛運用歌唱的方式吹奏，樂音的高低是由我們的聲帶振動控制，很適合用於歌唱教學，任何歌曲只要能夠演唱，皆可用卡祖笛吹奏，而它獨特的嘶啞音色可以為歌唱營造不同的效果和樂趣，無論是獨奏、重奏或合奏，或是音樂創作中的特殊音效都適用。例如：筆者曾在〈葛利格：山魔王宮殿〉的教學活動中，請學生用卡祖笛吹奏主旋律，並搭配自己手做的打擊樂器，如綠豆沙鈴、氣球鼓等，每組的創作表演都令人驚豔呢！

1. 準備材料

粗吸管、細吸管、保鮮膜、橡皮筋、打洞機、膠帶（圖 2）。

2. 製作過程

步驟 1：把粗吸管剪成約 5-10 公分的長度（可嘗試不同長度的吸管）。

步驟 2：把粗吸管壓平在前端一公分處打洞，若打出兩個洞要用膠帶封住一個洞，留下一個洞即可。

步驟 3：把細吸管剪下約 1 公分的長度，裝在打洞機打好的粗吸管洞口上。

步驟 4：保鮮膜封住靠近洞口端的粗吸管，再用橡皮筋固定綁好即完成（圖 3）。

3. 演奏方式

用嘴唇輕輕含著卡祖笛，然後唱一首自己喜歡的歌，即可聽到卡祖笛略帶噁噁嘶啞的音色，但唱歌仍要注意音準，因為卡祖笛演奏的音準是自己唱歌的音準（圖 4）。

4. 科學原理

聲音以波動傳送，當我們對著吸管卡祖笛吹奏時，聲波在吸管內的空氣傳遞並撞到保鮮膜，使保鮮膜產生振動發出聲音。只要在吹奏時用心感受吸管和保鮮膜的振動，即可理解膜鳴樂器的發聲原理。

5. 小提醒

記得對著吸管卡祖笛唱歌，而不是吹氣。



圖 2 吸管卡祖笛的製作材料。
由左而右依序為：粗吸管、細吸管、保鮮膜、橡皮筋、打洞機、膠帶。

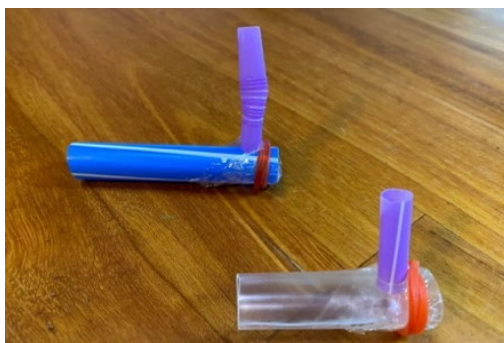


圖 3 吸管卡祖笛製作完成品



圖 4 演奏時輕輕含在嘴唇唱歌

(二) 尺樂器

鉛筆盒中的尺是很平常的文具，除了可以拿來畫直線和測量長度外，也是認識發聲原理的好工具，只要放在桌子邊緣，調整尺凸出的長度，讓尺產生振動即可發出聲音。在演奏的過程中可以透過操控尺凸出的長度，找出音階上每個音的音高，演奏簡單的小曲。至於各種不同材質的尺，例如塑膠尺、鐵尺、木尺各有不同的音色，可以增添樂曲演奏的音色變化。

1. 準備材料

各式各樣的尺，長短和材質不拘。

2. 製作過程：

步驟 1：把尺平放在桌緣，一邊凸出桌面邊緣，一邊用手按住。

步驟 2：用另一手壓彈凸出桌面邊緣的尺。

步驟 3：尺彈回後會振動發出聲音（圖 5）。

3. 演奏方式：

操控尺在桌面凸出的距離，可以演奏不同的音高。

4. 科學原理

聲音來自物體的振動，當我們放開尺時，尺會彈回產生振動發出聲音。尺凸出的長度越短，振動越快，音高就越高；反之，尺凸出的長度越長，振動越慢，則音高越低。

5. 小提醒

初學者建議使用鐵尺較容易演奏，可在尺上方標示凸出多少公分處是什麼音高，方便演奏曲目。



圖 5 用手壓彈凸出桌面邊緣的尺，尺彈回振動發出聲音

(三) 橡皮筋弦樂器

橡皮筋是生活中隨手可得的材料，只要將其綁在硬紙盒上，彈撥橡皮筋

即可發出聲響，但要自製橡皮筋弦樂器尚須具備對音高的掌握力，試著用五條橡皮筋，調整鬆緊彈撥出五個不同的音高，演奏一首獨一無二的五聲音階樂曲吧！而且演奏的方式創意無限，可以挑戰同時彈撥兩條弦製造出和聲的效果，或者加入按弦奏出不同音高，演奏出進階版的樂曲。

1. 準備材料

硬紙盒、橡皮筋五條、美工刀。

2. 製作過程

步驟 1：用美工刀在硬紙盒的兩側分別畫上五個溝槽，把五條橡皮筋套在硬紙盒的溝槽上（圖 6）。

步驟 2：拉一下橡皮筋再放開，聽聽聲音的高低。

步驟 3：試著調整橡皮筋的鬆緊，調出五個不同的音高（圖 7）。

3. 演奏方式

用手彈撥五條發出不同音高的橡皮筋，進階程度者可用左手壓弦（橡皮筋），發出更高一點的音高，隨著壓弦的位置越遠，音高也隨之越高。

4. 科學原理

不同的振動會產生不同的聲音，橡皮筋被拉得越緊越細時，受到撥動每秒的振動次數越多，發出的聲音頻率也越高。

5. 小提醒

紙盒宜選擇有點硬度的材質，避免因套上橡皮筋而扭曲變形。



圖 6 橡皮筋弦樂器製作完成品

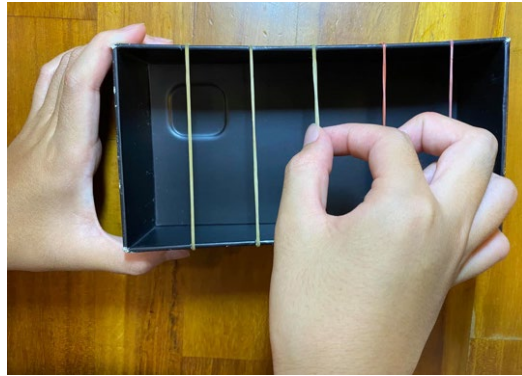


圖 7 用手指彈撥橡皮筋發出音高

(四) 樂器聲音的發聲原理

在自製樂器的過程中會涉及聲音的發聲原理，聲音以聲波的方式傳遞，物體振動產生聲波，透過介質進行運送，像空氣這種可以傳遞聲波的物質，被稱為介質，聲波的介質可以是氣體（如空氣）、液體（如水）、固體（如木頭）等。在真空狀態的外太空中，太空人無法像在地球這樣對談，因為沒有空氣作為介質以傳遞聲波（Om Books，2014/2017）。

音樂是有組織的聲音，聲音的基本要素包括：音高、響度和音色，這些都是構成聲音的基本要素，以下將分別介紹。

1. 音高

音高是指聲音的高低，由物體的振動頻率來決定，聲波每秒內振動的次數稱為「頻率」，每秒振動一次稱為 1 赫茲（Hz），振動的速度越快，音高越高；反之，振動的速度越慢，音高越低，所以音樂的音高改變時，頻率也會跟著改變（圖 8）。人耳可聽見的範圍是 20Hz~20,000Hz，頻率超過 20,000Hz 人類將無法聽到，也就是超聲波或超音波，動物界的大象和鼯鼠可以聽見比人類低頻的聲音，至於海豚和蝙蝠能聽見比人類高出許多的高頻頻率（NASA video, 2019）。

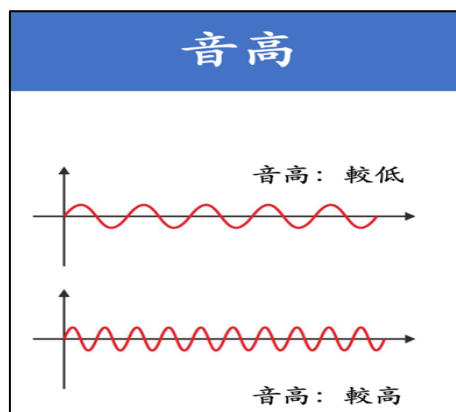


圖 8 音高的聲波圖譜

2. 響度

響度係指聲音音量的大小，一般用分貝來表示，聲波的振幅越大，聲音的強度也越大，響度也越大（圖 9），一般樂器皆有共鳴箱的設計，以增強聲音的響度（Powell，2010/2017）。以橡皮筋弦樂器為例，當我們以較大的力量撥動橡皮筋時，橡皮筋會產生比較大的振動，所以音量也比較大；而橡皮筋綁在紙盒上，紙盒成為一個共鳴箱，把彈撥的響度加大，可發出更響亮的聲音。

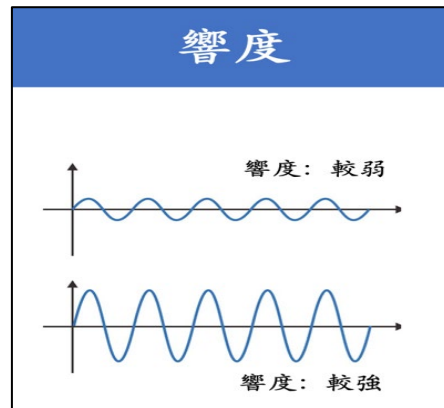


圖 9 響度的聲波圖譜

3. 音色

不同的發音體會有不同的音色，而音色取決於聲波的波形，若波形不同，音色也會不同（南一書局，2020）。每種樂器發出聲音的波形都不同，各有獨一無二的音色，我們可以透過音色辨識出樂器，例如小提琴和鋼琴有不同的音色，它們的聲波也呈現不同的波形（圖 10）。

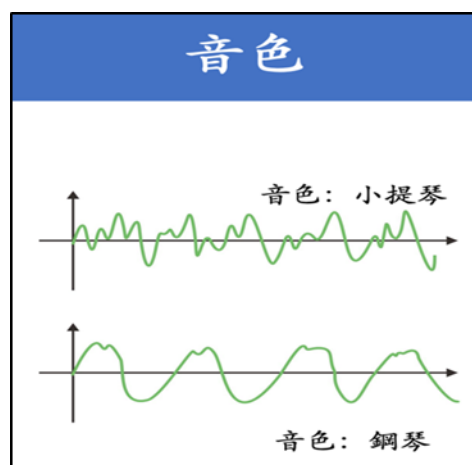


圖 10 音色的聲波圖譜

三、結語

音樂與生活密不可分，在自製樂器的歷程中，常見到學生樂於演奏與創作音樂，下課時仍興致勃勃地演奏自己的樂器，甚至探索什麼是好的音色與音高，調整自製樂器的音準或演奏方式，讓樂器更專業動聽，這些將所學應用於生活中的場景令人動容，可見像自製樂器這樣的跨領域課程，能協助學生統整所學並應用於生活情境中。現正實施的十二年國教藝術領綱在教材編選中也提到「各教育階段教材每學期至少一個單元採取跨科目、跨領域之主題、議題、專題或現象導向的統整設計」（教育部，2018），由此可見跨領域美感課程已逐漸成為未來教學的趨勢。

自製樂器的課程涵蓋了音樂和自然科學兩個學科，到底教學的主體是音樂或是自然科學？這是許多進行跨領域課程教師心中的疑問，但看到十二年國教的核心素養時，就會明白站在學生的角度看未來世界，各個學科並非分立的知識，而是互相整合於生活情境中，因此自製樂器並不一定要區分音樂和自然科學孰輕孰重，只要與生活情境相關，能使學生學到適應現在生活和面對未來挑戰的知識、能力和態度即可。

綜上所述，自製樂器的課程具備了三項特色：(1)為「跨領域美感教學」的課程，結合了音樂和自然科學兩門跨域的學科；(2)符合新時代「動手做」的教學趨勢，在實作的過程中學習思考和解決問題的能力；(3)與 108 課綱核心素養中強調學習要能應用於「生活情境」不謀而合。基於這些特色自製樂器是具有發展潛力的課程，當學生投入心力製作樂器時，實已開啟探索音樂發聲原理的動機，逐步完成手做樂器的滿足感，以及用自製樂器演奏或創作的成就感，這些美好的學習歷程在每位師生的心中流轉，相信在音樂與自然科學的美妙相遇中，必能激盪出跨領域教學的美與感動。

參考文獻

- 南一書局（2020）。國民中學自然科學2上課本。臺南：南一書局。
- 洪詠善（2016）。從十二年國教課程綱要探討音樂教學之特色與實踐。國教新知，63(2)，3-18。
- 洪詠善（2018）。素養導向教學的界定、轉化與實踐。載於蔡清華（主編），課程協作與實踐：第二輯（58-74頁）。臺北：教育部中小學師資課程教學與評量協作中心。

- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。取自 https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/87/pta_18543_581357_62438.pdf
- 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藝術領域。取自 https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/22/pta_18533_2143291_60289.pdf
- 賓靜蓀（2014）。未來人才關鍵字：創客。親子天下，58。取自 <https://www.parenting.com.tw/article/5059660/>
- Om Books（2017）。天天在家玩科學（蕭秀姍、黎敏中，譯）。臺北：商周。（原著出版於2014）
- Powell, J.（2017）。好音樂的科學II（全通翻譯社，譯）。臺北：大寫。（原著出版於2010）
- NASA video（2019）。*What's the Science of Sound*. Retrieved August 30, 2020, from <https://www.nasa.gov/specials/X59/science-of-sound.html>

