

教學研究團隊

計劃主持人

陳克韋

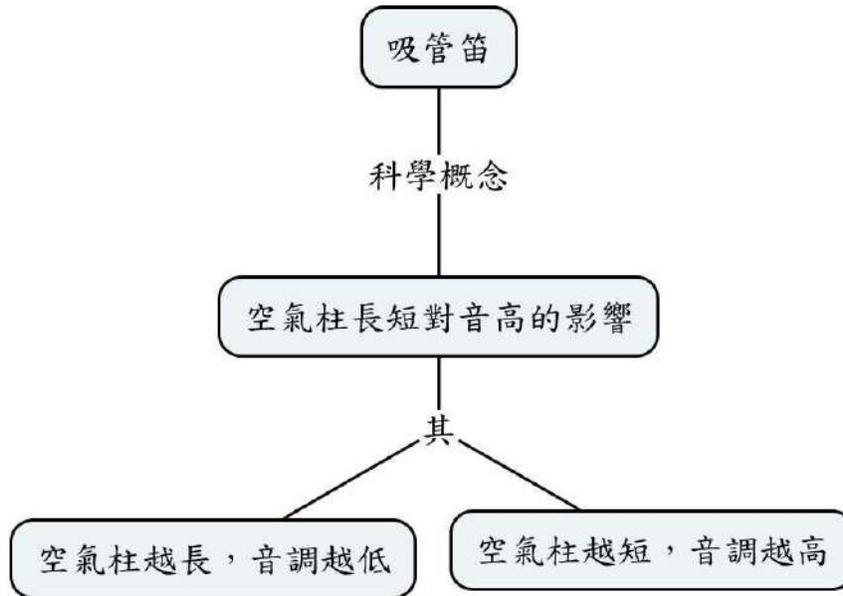
郭世育

李義評

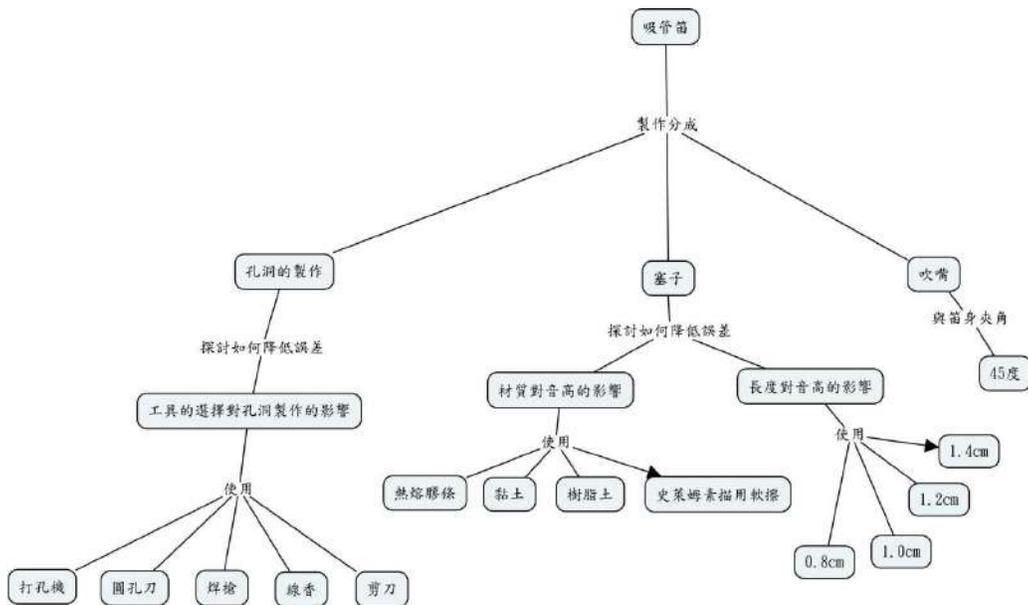
協同研究人員

陳勇男	王梅華
紀慶隆	陳曼蕓
吳函穎	趙純萍
王雅玲	陳念儀
陳柔萍	廖庭農
魏如吟	林家君
吳守仁	邱昇興
林宛柔	傅身健
幄力斯	陳于倩

吸管笛的概念圖



吸管笛的製作教材設計結構圖



參、研究計畫摘要

一、計畫名稱：

發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力並推展國際化-以製作音高精確的笛子為例

二、研究計畫之背景及目的：

108課綱的核心素養希望學生「能適應現在生活及面對未來挑戰」，現代生活的周遭充斥著不斷創新的科技產品、各項資訊，以及所衍生出的問題。因此我們的國民更需要具備科學素養，能瞭解科學應用、善用科學方法及運用創新思維，面對生活中各種科學問題，能做出評論及行動。科學學習方法，當激發學生對科學的好奇心與主動學習為出發點，引導從既有經驗出發，經由主動探索、專題製作等多元途徑獲得深度學習。

近年來強調客製化與動手做的「自造者運動」(Maker movement)使得人人有機會成為創意的實踐家。培養孩子發現問題、解決問題、創造改變的能力(親子天下，79期，2016)。自然課程強調「手腦並用地解決問題」，培養好奇心、探索力、思考力、判斷力與行動力。學生親身體驗「從無到能用」，課程貼近生活，學習變興趣(好讀周報，556期，2020)。學者研究發現，學生常以自己的經驗或嘗試錯誤來解決問題，但是面對科技的快速變動，科技學習無法再依循「試誤學習」的模式，而是必須統整與設計製作產品相關的數學及科學原理，以作為改良或創新(游光昭，2007)。

教育部已在課程目標明訂學生需具備探究及實作能力，並舉辦委請高雄師範大學辦理107學年度「自造教育及創新科技創意實作競賽」期望學生發揮創意，透過實際動手製作，從中學習與解決問題。也補助學校示辦科技教育教學與探索活動，計畫實

施具備實作、校本特色、師資開放、合作共好原則。本校「自造者運動」課程已經10年，並將課程轉化成「聲光十色—光皮影傳奇」，參加教育部106教學卓越獎比賽，榮獲銀質獎。

STEAM課程整合科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)、藝術(Art)、數學(Math)學科，是一種將藝術融入STEM課程統整模式，具備跨學科、協作性、設計性核心理念(余勝泉，2015)，Yakman (2010)建立的 STEAM 教育

框架為「金字塔」，如圖1所示。各學科打破框架，群科重新排列組合的合作學習模式(好讀周報，556期，2020)。Leigh(2008)指出STEM素養在科學方法和設計過程中扮演「根基」角色，以STEM為工具、通訊及語言，另以發現和問題解決為思考方法，成就創新行為。藝術學習能增強與其他學科的聯結，多元課程的融合，有助於提高學生學習意願。藝術學習提供對事物洞察力，讓學生學習分辨、判斷、思考、模仿及評論，這些都有助於其他學科的學習。此外，藝術品是人類的一種發明，藝術家的作品能感動人、也能啟發人，因此，藝術是不同智能型式，能幫助學生培養各方面能力(蔡釋鋒，2016)。科技的進步，教育現場快速改變，學生不再只是科學學習者，而是要發揮創意發想家。要帶進創造元素，就是將藝術送進教室。STEAM課程與108課綱總體目標中「進而勇於創新展現科技應用與生活美學的涵養」相契合。跨學科領域、與生活環境連結的美感、培養出機器人無法取代的「人力」(親子天下，90期，2017)。

音樂是悅耳的音之組合藝術(李琴娟，2003)，是與生俱來在生活中不可或缺的一個重要元素。它賦予生命豐富的內涵，因其提供了表達的渠道而使生命富有特殊的意義(李茂興譯，1998)。音樂的本質，是心靈中一種最自然的情感表達，經由聲音的高低、節奏的快慢、力度的強弱來表達心靈中所欲呈現的意念(姚世澤，2000)。在



圖 1:STEAM 素養金字塔

表現音樂的範疇中，除了聲樂之外，器樂演奏也是音樂表現的重要形式。在國小實施演奏教學的重要性，在於透過器樂教學並配合適當的音樂教材與教學活動設計，使學生能充分的表現自我，以培養創造思考能力及對音樂的感受力，進而體驗音樂的各個元素與內涵，引領兒童進入音樂的世界(吳博明,1999;郭惠嫻,1997;張蕙慧,1996)。

O'Kelly (1990) 指出，直笛是目前為止最廣泛被演奏的樂器之一，在世界各地都有許多專業及業餘的演奏者演奏。音樂皇家學校聯合委員會(the Associated Board of the Royal School of Music) 於 1995 年的報導也指出，在大英國協有超過一百萬的兒童會吹奏直笛；且美國直笛協會 (the American Recorder Society) 在直笛的推展上具有強大的力量。而教育部 (1993) 於民國 82 年修訂頒布之「國民小學課程標準」，在中年級目標的第四項就提及「培養兒童演奏節奏樂器的技能，並學習簡易曲調樂器」，並在綱要中明訂從國小三年級起習奏曲調樂器--直笛。謝苑玫 (2002) 就指出直笛因體積小、重量輕、吹奏技巧不難，能獨奏也能合奏，列入課程標準後很快就在台灣普遍起來。翁奉斌 (1995) 亦指出直笛在台灣的推展上，幾乎全省國小學生都已學過或接觸過。這期間亦隨著台灣區音樂比賽將直笛列為國民中小學的比賽項目及民間音樂教育團體的推廣，直笛已是一種最多人學習過的樂器之一 (吳昭賢,2004)。直笛由於教學上普遍性及教師的需求性，各縣市教育局舉辦各項教師研習幫助教師專業成長(徐碧葵,2013)。由此可知，直笛是一種相當普及且具國際性的樂器。

本校團隊曾經執行教育部 98 年度中小學科學教育計畫專案「自製直笛，提升國小聲音單元的教學成效」開發出三種自製樂器，讓學童從操作中逐步發現聲音的原理。期待學生能從「做中學」，培養出帶著走的能力。第一種樂器是奧利多笛，奧利多笛音量大、音質優美，音域約有兩個八度，調音容易，適合做成簡易樂器，但有體積大、重量大及單人不易演奏多音的缺點。第二種樂器是珍珠奶茶吸管排笛，具輕巧、容易製作等優點，但音量小、不容易吹奏。第三種樂器則由前者延伸，進一步發現影響吸管直笛音高的因素有吹孔到音孔的距離、音孔的孔徑、下游音孔的開合、吹奏者氣流的強弱。另承辦教育部 97 年度中小學科學教育計畫專案「聲音具體化的教學活動以提升國小聲音單元的教學成效」也將聲音從抽象逐步走向具體化及視覺化。第一面向具體化，是利用一些分析音高及音色的軟體，讓學生可由視覺初步分析聲音。第二面向是聲音視覺化，運用一些基本素材，可自製一個滾筒示波器，在圓筒上做了一些改變，可以讓聲音及波形改變。另執行教育部 106 年度中小學科學教育計畫專案「以自製吐良，提升國小聲學單元的教學成效」此單元利用隨手可得的 PVC 水管，仿製出中國雲南景頗族的特有樂器—吐良。吐良的特別之處在於只有一個吹氣孔與管子左右兩側的開口，因此是利用氣的緩急及左右手的開閉，改變管子空氣柱的長短，發出不同的音高。此堂課程先由學生自我嘗試吹奏吐良，再由教師引導，探討發聲原理，並尋找出中國五聲音階的音高，最後完成曲子的吹奏。在 108 年度中小學科學教育計畫專案「以 STEAM 課程培養學生科學探究能力-以自製薄膜多多笛為例」，培養學生科學探究能力並以藝術融入 STEM，使學生運用薄膜吸管笛變因，設計、製作薄膜吸管笛的依據，透過科學探索課程及創意思考引導，讓學生自造出薄膜吸管笛。更進一步，將美學概念運用於新情境，與新興科技結合，學生創意加分。在執行 109 年度中小學科學教育計畫專案「發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力-以回收保特瓶自製打擊樂器為例」時，利用回收保特瓶及廢棄的腳踏車氣嘴發展出 0 元打擊樂器。在 110 年度執行中小學科學教育計畫專案「發展 STEAM 國際課程提升國小生科學探究能力-以自製水管打擊樂器為例」，運用生活

處處可見的水管，轉化成打擊樂器。

「創造力」要靠「養成」，需一段時間，在有創意的環境中慢慢培養。大多數有創意的作品，都不是一個人坐在那邊完成的，而是一群人共同合作(親子天下，91期，2017)。九名教師一起開發動手做專案，首先，取材生活中處處可見的珍珠奶茶吸管，經由打洞，結合自行研發吸管吹嘴發展出「吸管笛的製作及研究」(2008 生活科技創作學術研討會)。教師做出好奇心，以音量、音色及音高進行常見樂器分析「國小聲音教學聲音判讀」(2009 物理年會及研究成果發表會)。並將「自製排笛的研究」(科學研習 51-4)，自製吸管排笛，讓學生從操作中發現空氣柱長短產生音高變化。並將研究成果轉化成「繁弦急管」課程，激盪學生發覺生活問題，推測實驗結果，經由實驗驗證，結果是否跟自己預期一樣。科學概念的獲得，有賴於更多的科學實驗。將成果彙整，參加 106 教學卓越比賽，榮獲銀質獎，如圖 2 所示。



圖 2:106 教學卓越銀質獎

教育部在 2020 年發佈「國際教育 2.0 白皮書」，提到未來努力方向有二點：1. 深化推展國際教育融入課程鼓勵學校將國際教育融入各領域學科，或設計國際教育課程模組，提升外語、全球議題、文化課程學習及資訊科技運用能力等，進行課程國際化的深度實踐。2. 擴大國際交流對象與交流模式 鼓勵學校建立國際夥伴關係及實施多元國際交流模式，包括實體及網路的國際交流，讓學生透過體驗學習，認識不同國家及文化，提升其國際視野與競爭力。國際教育 2.0 理念建立在 12 年國教課程綱要之上，鼓勵學校教師結合中小學課程與國際教育課程，將國際議題融入各領域學科，或進行跨領域統整教學，培養學生具備「多元文化與國際理解」的核心素養。國際教育是一種體驗教育，中小學應透過結交國際夥伴來學習國際教育。透過國際夥伴關係之延伸，才能迅速獲得更多教育國際化的資源與機會。「接軌國際、鏈結全球」的意涵如圖所示。本校龍海國小在國際教育已執行 3 年，目前已經與印度、英國及加拿大三間小學有夥伴關係。



圖 3:接軌國際鏈結全球意涵



圖 4:榮獲天下創意教案特別獎

首先發展能源永續(SDGs)的動手做課程，最後將此一系列的感受和認知與國際夥伴印度 N.H.GOEL WORLD SCHOOL 視訊做比較並與其分享探討家鄉的故事，互相交流學習。擴充學生國際視野，進而培養學生具有國際思維的「全球公民」。並將此課程參與 2020 天下雜誌創意教案比賽，榮獲「中油綠色能源教育獎」。如圖 4 所示。並與英國 West Ewell Primary School 伙伴學校分享 STEAM 課程。



圖 5:STEAM education 分享

在 2021 年科教團隊與東光國小、惠文高中成立跨校跨領域團隊，持續發展能源永續(SDGS)的動手做課程，並與加拿大 Maryview 小學交流課程，一起參加天下微笑台灣創意教案競賽。獲得佳作成績，獲邀到臺大領獎，也將獎狀寄到加拿大 Maryview 小學，一起分享榮耀，如圖 7 所示。



圖 6:英國夥伴學校



圖 7:加拿大 Maryview 榮獲天下創意教案佳作

長期執行科教專案，將團隊所發展 STEAM 課程到校外推廣，除提升校內教師科學教育教學品質外，並到溪尾國小、彰師大、暨南大學、清華大學及寰宇電台分享，且引導學生參與科博館科普推展活動：團隊參與 2020 臺灣科學節，兩天超過 500 人闖關。並將成果彙整參與臺中市全國首創帶職帶薪進修計畫，成為 6 位獲獎人之一。在執行 110 年科教專案期間，將持續推展科學活動，團員擔任彰師大「科教專案計畫撰寫工作坊教師研習活動」及「2021 第 37 屆科學教育國際研討會」工作坊講師。並與暨南大學合作將 STEAM 教學在南投仁愛紮根，與發祥、紅葉及力行國小交流，並與當地老師共備，協助在地泰雅族文化活動轉化成



圖 9:南投仁愛三校推廣 STEAM

科學課程。擔任教育部「素養導向教學公開授課『上一堂好課』分享會」示範老師，當天分享會教育部長、國教署長及新北教育局長皆參與。



圖 8:榮獲帶職帶薪全時進修在地泰雅族文化活動轉化成



圖 10: 辦理暨大 STEAM 工作坊

聲音教學是屬於十二年國教綱中課題：自然界的現象、規律及作用，跨科概念：交互作用，主題：自然界的現象與交互作用，次主題：波動、光及聲音。其主要內容有聲音的產生、傳播、音量、音高、音色、噪音與樂音及共鳴，聲音單元更是國高中波動物理學的重要基礎。在藝術與人文領域中，直笛是三年級學童必備的樂器，藉由直笛的吹奏，參與音樂，陶冶身心。在生活方面，聲音是日常生活中

最常接觸的信息來源之一，它是人與人溝通和自我表達自我呈現的重要信息載體；噪音會干擾我們的生活品質，而音樂欣賞又是人類重要的休閒活動。經由本計畫的規劃，統整孩子的音樂與自然經驗，在知識和課程上統整聲音的科學概念及樂器的樂理，讓孩子不僅從科學的角度欣賞聲音，也能從音樂的角度欣賞樂音。本計畫藉由 STEAM 進行聲音的課程設計，藉以提升孩子的科學學習動機與科學概念，幫助孩子將日常所聽的「聲音」與聲音的原理結合，為本計畫之目標。

而本計畫實施 STEAM 跨學科課程統整模式，是由學生對生活中所遇到問題出發，鼓勵學生動手去玩、激發好奇心、鼓勵提問、探究及創意的發想，進而設計出一個問題解決的對策。從過程中培養學生良好溝通技巧、動手做、創新精神及實踐能力，更透過動手做活動，讓科學、工程、科技、藝術、數學相結合。(826 全美，2018)(余勝泉，2015)

本計畫從三個面向著手，讓學童從親身探究中逐步理解、進而應用聲學原理。期待學生能從「做中學」，培養出能帶著走的能力，如表 1 製作音高精確的笛子製作流程所示，符合 108 課綱及杜威所說的做中學及十大能力指標中主動探索與研究、運用科技與資訊及解決問題是相同的道理。第一面向是經由 STEM 課程統整模式的探索、思考、分析、創造與學習，讓孩子能解決問題，找製作音高精確的笛子之變因。第二面向則為將藝術融入 STEM，使學生運用製作音高精確的笛子變因，設計、製作音高精確的笛子的依據，透過科學探索課程及創意思考引導，讓學生自造出音高精確的笛子。更進一步，將美學概念運用於新情境，與新興科技結合，學生創意加分。第三面向是將實作課程做轉化成英語，並與夥伴學校關係進行國際交流，包括實體及網路的國際交流，讓學生透過體驗學習。

吸管直笛製作如下所示：

表 1 吸管直笛製作流程

		
<p>1. 去掉吸管尖端，將吸管裁切成 20 公分</p>	<p>2. 先將吸管一側壓出痕跡，再用尺、簽字筆做記號</p>	<p>3. 依序用打洞機在記號處打洞</p>
		
<p>4. 將 3 公分的熱熔膠條，塞 1 公分進吸管的前端</p>	<p>5. 將鐵絲纏繞在熱熔膠上，固定小吸管</p>	<p>6. 測試有無聲音</p>

吸管直笛使用吸管製作，所需成本不到 10 元；能讓學生瞭解當吸管打洞改良、不同孔徑、塞子材質及位置、孔徑微調。透過控制以上因子，製作出一支音高精確的吸管笛。透過控制以上因子，發現音高精確吸管笛製作方法，是一種值得推廣的教具。本計畫有個目的：

- (一) 探討「製作音高精確的笛子」的相關科學內涵與技術。
- (二) 開發、設計以學生為主體及執行發展學生學習力的素養導向學習教學策略。並以 STEAM 模式設計「製作音高精確的笛子」教學活動方案。
- (三) 促進研究者科學專業能力及以 STEAM 模式設計科學教學活動的能力。
- (四) 組織跨校、跨領域教師團隊，進行共同備課、觀課及議課，發展 STEAM 課程。
- (五) 培養社群成員成為「備課、觀課、議課、演示、典範分享」的素養導向種子教學教師，並到校外推廣。
- (六) 與夥伴學校(印度 Mount Abu Public School)透過視訊進行課程交流，擴充學生國際視野，進而培養學生具有國際思維的「全球公民」。

三、研究方法、步驟及預定進度：

(一) 研究方法：

龍海國小，學生數 383，學區僅一個忠和里的社區小型學校，學生家庭背景，接受補助、單親、外籍配偶子女比率高達 33%。家長多務農或屬工業區勞動工作階層，龍海國小學生身分別如圖 11 所示。

龍泉國小，學生數 819，為龍井區中型學校，弱勢生大約 29%，龍泉國小學生身分別如圖 12 所示。

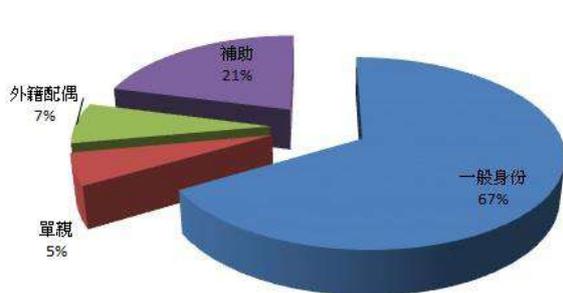


圖 11:龍海學生身分別

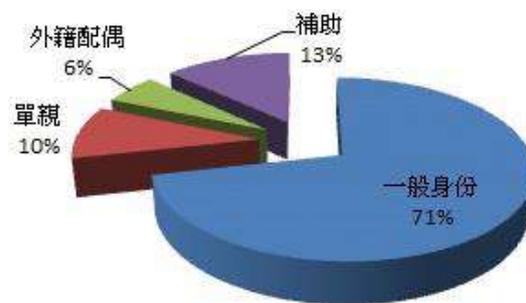


圖 12:龍泉學生身分別

本研究採行動研究的方式，從初步的計畫到反覆的行動、觀察、檢討過程中所面臨的困難一一篩檢，再提出解決辦法，修正計畫，再繼續行動、觀察、檢討。深入問題核心，尋找具體可行的教學改進之道。研究者擬定此次的研究計畫，教學設計流程如圖 13 所示：主要以 STEAM 課程統整模式來發展此次的教學課程，因此針對探究教學與聲學相關的文獻進行探討，再經由文獻中提到的問題加以修正，並與專家學者及合作的教師群共同設計素養導向的聲音教學課程，接著以設計好的課程來實施教學，先針對龍海國小 30 名學生進行教學，教學後，與合作的教師們討論學生學習的狀況與教學上遇到的問題，並擬訂解決方式，對學習單與教學方式進行調整，再對龍泉國小 30 名學生進行教學，觀察是否有解決問題。

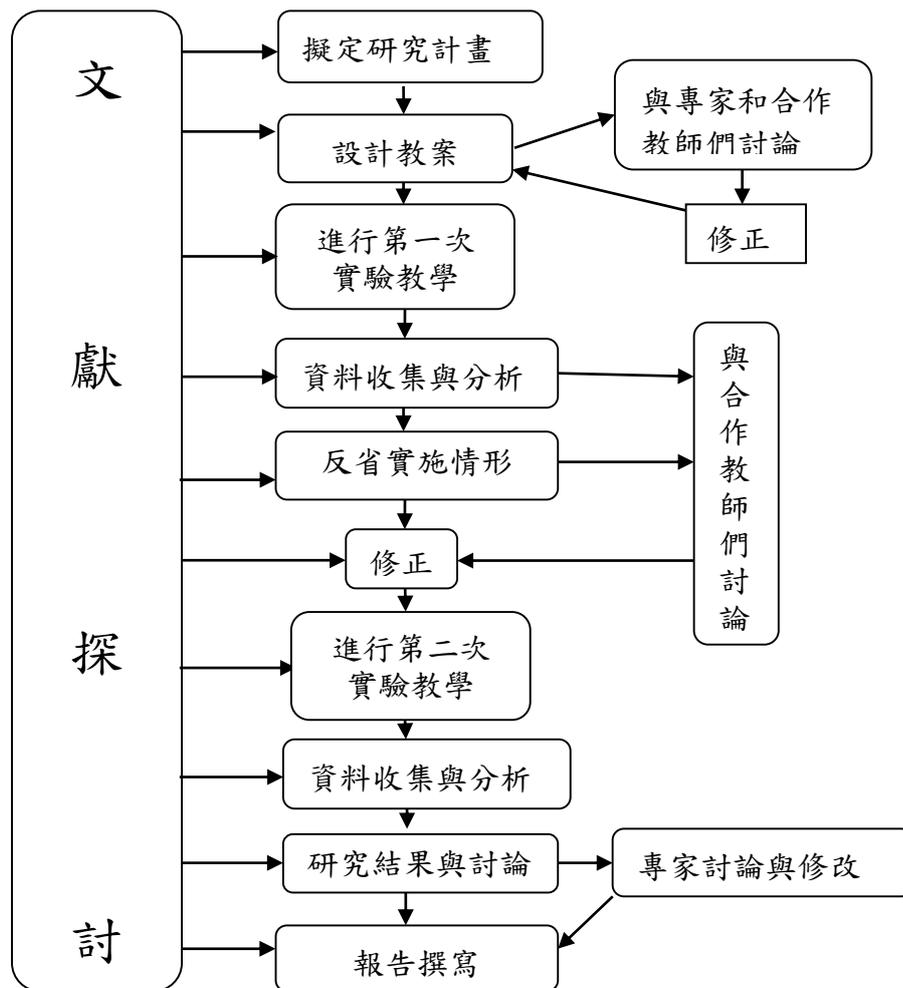


圖 13:教學設計流程

(二)研究步驟：

以下針對製作音高精確的笛子與 STEAM 概念互相結合，說明如下：

表 2：製作音高精確的笛子 STEAM 概念

科學(S)	發出聲音原理
	聲音高低
科技(T)	材料的選擇
	學習科技工具-手機 APP 的使用
	加工方式
工程(E)	認識打孔機、塞子的尺寸、種類
	研究吸管的打洞方式
	孔徑微調的方式
	吸管直笛的組裝
	調整音高
藝術(A)	造型設計(形象、形狀、形體)
	創意思考
	吸管彩繪
數學(M)	打孔機孔徑測量
	塞子塞入吸管長度測量
	小數加減法

表 3:STEAM 教學流程表

課程內容	STEAM 教學	教學流程
一、吸管打洞的研發	T: 打洞工具(打孔機、圓孔刀、焊槍、線香、剪刀)的使用方式及注意事項	1. 工具使用安全須知。 2. 打孔機、圓孔刀、焊槍、線香、剪刀的使用方式操作。 3. 討論不同工具打洞的比較。
二、吸管打洞改良對音高的影響	E: 用不同打洞方式製作音高精確的吸管笛。 S: 說明科學的知識 T: 試著用讓吸管笛吹出聲音	1. 小組討論如何讓吸管笛發出聲音。 2. 討論吸管發出聲音的原理。 3. 認識空氣柱。
三、不同孔徑對音高的影響	S: 空氣柱的振動 T: 不同孔徑的選擇	1. 怎麼樣吹才會讓吸管笛發出聲音? 2. 為什麼吹吸管笛口會發出聲音?
四、塞子塞入吸管長度對音高的影響	T: 使用手機 APP 測量音高 E: 用不同塞入長度的吸管產生聲音。 M: 運用魯班尺測量長度	1. 用塞子塞入吸管笛,並用手機 APP 測量音高。
五、塞子材料不同之改良	T: 塞子材料(黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦)的使用方式及注意事項 M: 運用魯班尺測量長度	1. 塞子材料使用安全須知。 2. 黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦的使用方式操作。 3. 討論不同塞子材料優缺點。
六、孔洞微調對音高的影響	S: 聲音的高低 S: 頻率音名唱名對照表	1. 使用不同孔徑微調,製作出具有不同音階的吸管笛樂器。
七、彩繪吸管笛	A: 運用顏料彩繪笛身	1. 發揮美感和創意,彩繪吸管笛。

吸管笛的概念圖:

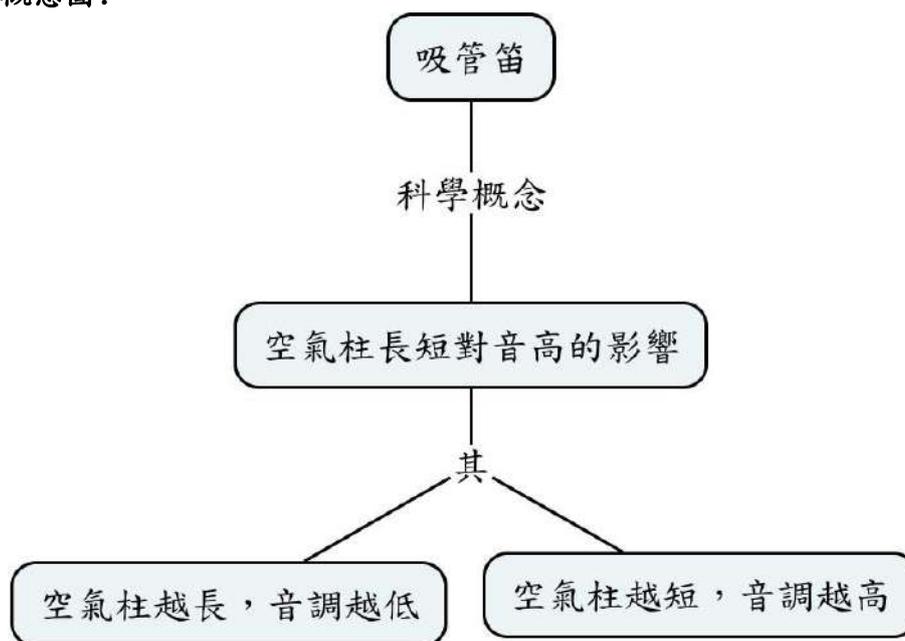


圖 14:吸管笛概念圖

吸管笛的製作教材設計結構圖：

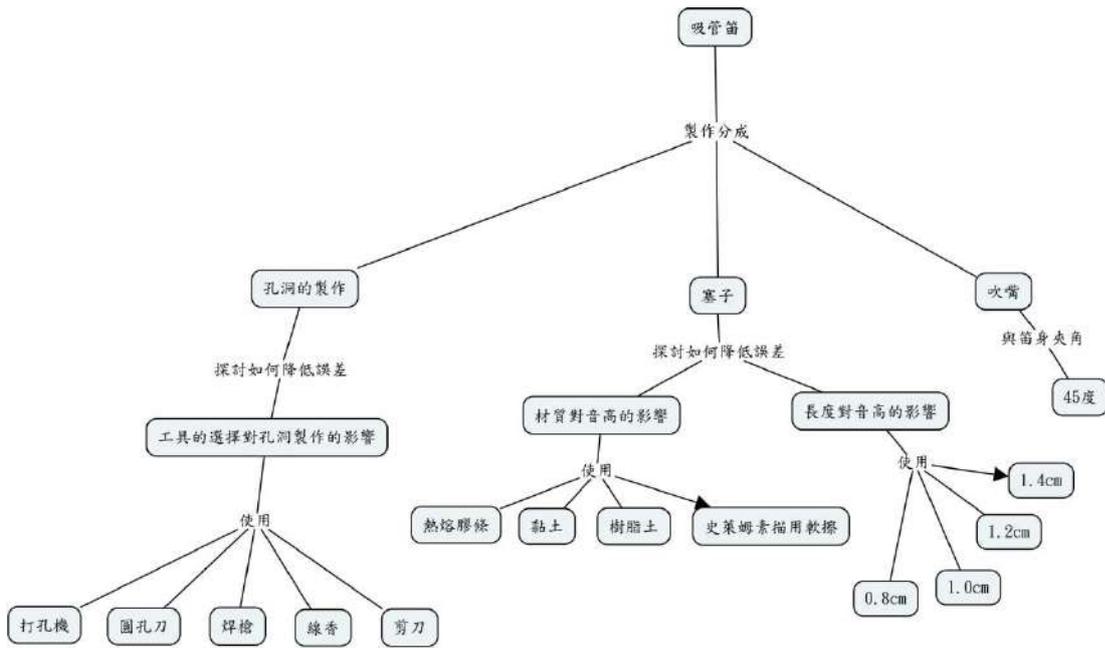


圖 15: 吸管笛的製作教材設計結構圖

並以探究教學進行活動。

活動時間：吸管笛打洞的研發活動 1

1. 預測：預測改變不同方法打洞會如何？

請詳細描述您的預測（先思考，先不要進行活動喔）

●我覺得...

●因為我知道...

活動時間：吸管笛打洞的研發活動 2

2. 觀察：實際進行活動，選用不同打洞的方法

觀察發生了什麼事？

●我看見...

●我還看見...

活動時間：吸管笛打洞的研發活動 3

3. 解釋：

運用剛才收集到的資料，如何解釋洞口改變的現象？

● 我學到…

● 我想問…

活動時間：吸管笛打洞的研發活動 4

4. 再次設計實驗：需要哪些材料來回答問題？

● 我這樣做…（實驗設計與材料）

● 我發現…（分析結果）

● 我認為…（提出論點）

● 我學到…（知識建構）

本研究在訂出研究範圍後，即開始文獻資料蒐集，了解目前製作音高精確的笛子的方法及理論，做為聲學具體化課程發展的基礎。編寫教學資料，進行教學，並蒐集相關資料。

1. 文獻資料蒐集，前置訓練	1-1 蒐集及分析資料、文獻探討、決定目標及內容、及評量工具的編製。
2. 製作音高精確的笛子	2-1 使用單變因實驗來瞭解製作音高精確的笛子。 2-2 透過操作的學習統整自然課程中聲音高低概念。
3. 製作音高精確的笛子的教案	3-1 製作音高精確的笛子的教案。 3-2 進行實驗教學，使用學習評量、學習單，進行學習成效分析。 3-3 檢討改進教學教案，提供其他教師教學參考。
4. 建立製作音高精確的笛子的網頁	4-1 將計畫成果上網，提供全國教師教學參考。 http://www.lhes.tc.edu.tw/科教專案
5. 辦理觀摩研習，推廣教育成效	5-1 辦理校內教學觀摩，提升教師專業成長。 5-2 配合教育局辦理市內教師研習，並分享研究成果。
6. 跨校聯盟	6-1 辦理 STEAM 科學實作營，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。 6-2 十校合作成立跨校跨領域科學實作社群，共同備課、觀課、議課。 6-3 學生操弄實驗變因進行科學闖關，辦理全校科學營。 6-4 將 STEAM 成果與國際夥伴學校分享。

表 3:STEAM 科學實作營課表

時間	第一天	第二天	第三天
地點	龍海國小	龍泉國小	沙鹿國小
	活動內容	活動內容	活動內容
名稱	龍海 STEAM 科學實作營	龍泉 STEAM 科學實作營	沙鹿 STEAM 科學實作營
09:00~16:00	製作音高精確笛子 陳柔萍 講師 陳念儀 助理講師	製作音高精確笛子 郭世育 講師 王雅玲 助理講師	製作音高精確笛子 李義評 講師 魏如吟 助理講師

表 4:社群活動規畫表

時間	自 111 年 8 月至 112 年 1 月	自 112 年 2 月至 112 年 7 月
開會頻率	每月一次	
參加人員	主持人、協同研究人員、外聘專家	
活動內容	跨校、跨領域教師團隊，進行共同備課、觀課及議課，發展 STEAM 課程。研發課程在科學實作營施行。	教師團隊開會，在外聘專家協助下，透過視訊與國際夥伴進行課程交流，擴充學生國際視野。

表 5:研習活動邀請講座場次

研習名稱	每場次節數	參加人數
科學探究的素養教學	3	30
科學實作規劃	3	15

(三) 預定進度

年月	111 08	111 09	111 10	111 11	111 12	112 01	112 02	112 03	112 04	112 05	112 06	112 07
文獻資料蒐集												
自製音高精確的笛子												
教案撰寫												
音高精確的笛子網頁												
報告撰寫												
科學教育進廣												
跨校聯盟												

四、預期完成之工作項目、具體成果及效益：

(一) 工作項目

1. 製作音高精確的笛子，創新教學方法，讓學生從做中學，並將學習成果應用於校園表演推廣。
2. 開發、設計、執行能發展學生科學探究能力學習教材設計。
3. 辦理校內外教師觀摩研習，分享研究方法與成果，並將資料彙整分析參與教案比賽。
4. 創新的教學方法並以共同備課、觀課、議課，實際回歸課堂等方式，提昇學生學習動機及成效。
5. 社群成員到校外經由示範教學、辦理工作坊推廣 STEAM 課程。
6. 與國際夥伴(印度 Mount Abu Public School)進行課程交流及師生視訊。
7. 設計網頁將成果上傳，提供全國教師教學參考。
8. 分享與協助區域其他教師發展 STEAM 課程的教學專業及提升學生的探究能力。
9. 舉辦 STEAM 科學實作營，優先錄取弱勢生，提昇學生之學習成就。

(二) 具體成果及效益

1. 設計簡易聲學具體化教具輔助學生學習。
2. 開發、設計、執行能發展學生科學探究能力學習教材設計。
3. 辦理校內外教師研習，增進教師專業能力，持續發展 STEAM 課程的教師社群。
4. 組織 10 校跨領域社群，定期備課、觀課及議課，研發出具素養導向的 STEAM 課程。
5. 培養社群成員到校外推廣製作音高精確的笛子 STEAM 課程，幫助教師教學。
6. 增進師生與國際夥伴(印度 Mount Abu Public School)視訊比較並與其分享，互相交流學習。擴充學生國際視野，進而培養學生具有國際思維的「全球公民」。
7. 將成果整理彙整後，<http://www.lhes.tc.edu.tw/>
8. 預計培訓 1200 名具科學探究精神學生，提升學生對於科技之學習興趣，深化其學科學習成效。
9. 辦理科學營，招收弱勢學生 60 名，經由實作連接到新學習，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。

製作音高精確的笛子教學設計單(一)

教學對象	五年級生	時間	80 min																																			
學生的起點	一上：我聽到聲音 三上：生活中有趣的力																																					
學習目標	1. 認識空氣柱。 2. 探究空氣柱的振動量(長短)，如何影響聲音的高低。 3. 透過控制吸管打洞的研發、吸管打洞改良、不同孔徑、塞子材質及位置、孔徑微調，製作出一支音高精確的直笛。																																					
相關單元	南一版五上：第四單元聲音的探討																																					
教學內容	時間	器材																																				
<p>如何從生活取材自製樂器，具有輕巧、容易製作、及成本需銅板價等優點，且具有精確的音高。</p> <p>一、研究問題如下：</p> <p>1. 吸管打洞的研發。</p> <p>自變項</p> <p>(1) 吸管打洞</p> <p>二、設計實驗一</p> <p>研究一：吸管打洞的研發</p> <p>1. 舉例生活中可用來打洞的器具。</p> <p>2. 利用剪刀、圓孔刀、打洞機、線香、焊槍等工具在吸管上鑽孔洞。</p> <p>3. 比較不同器具鑽出來的孔洞有何差異。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">器具</td> <td style="width: 15%;">剪刀</td> <td style="width: 15%;">打洞機</td> <td style="width: 15%;">圓孔刀</td> <td style="width: 15%;">線香</td> <td style="width: 15%;">焊槍</td> </tr> <tr> <td>優缺點</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>優點</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>缺點</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>備註</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>4. 小組完成實驗結果紀錄及發表。</p> <p>三、設計實驗二</p> <p>依據上述研究結果製作吸管直笛。</p> <p>製作步驟：</p> <p>1. 去掉吸管尖端，將吸管裁切成 20 公分。</p> <p>2. 將吸管一側壓出痕跡，再用尺、簽字筆在距尾端 2、4、6、8、10、17 公分以及下側 5 公分處做記號。</p> <p>3. 依序用打洞機在記號處打洞。</p> <p>4. 將 3 公分的熱熔膠條，塞 3 公分進吸管的前端。</p> <p>5. 將鐵絲纏繞在粗吸管上，固定小吸管(吹嘴)的角度為 45 度。</p> <p>6. 測試有無聲音(調整)。</p>		器具	剪刀	打洞機	圓孔刀	線香	焊槍	優缺點							優點							缺點							備註							<p>5'</p> <p>5'</p> <p>30'</p> <p>5'</p> <p>5'</p> <p>30'</p> <p>5'</p>	<p>粗吸管、打孔機、剪刀、圓孔刀、打洞機、線香、焊槍</p> <p>粗吸管、細吸管、孔徑 6.4mm 打孔機、麥克筆、鐵絲、熱熔膠</p>	
	器具	剪刀	打洞機	圓孔刀	線香	焊槍																																
優缺點																																						
優點																																						
缺點																																						
備註																																						

製作音高精確的笛子教學設計單

教學對象	五年級生	時間	80 min																						
學生的起點	一上：我聽到聲音 三上：生活中有趣的力																								
學習目標	1. 認識空氣柱。 2. 探究空氣柱的振動量(長短)，如何影響聲音的高低。 3. 透過控制吸管打洞的研發、吸管打洞改良、不同孔徑、塞子材質及位置、孔徑微調，製作出一支音高精確的直笛。																								
相關單元	南一版五上：第四單元聲音的探討																								
教學內容	時間	器材																							
如何從生活取材自製樂器，具有輕巧、容易製作、及成本需銅板價等優點，且具有精確的音高。 一、複習前兩堂所學並延續探討新的實驗變項： 研究問題如下： 1. 塞子塞入吸管長度對音高的影響？ 2. 不同塞子對音高的影響？ 自變項 (1) 吸管打洞 (2) 不同孔徑 (3) 塞入長度 (4) 不同塞子 二、 設計實驗 研究三 研究三：塞子塞入吸管長度對音高的影響 1. 用 6.4mm 的打孔機在吸管上打洞。 2. 再分別把塞子塞入 0.8cm、1cm、1.2cm、1.4cm。 3. 最後使用測量軟體(Tuner T1)測量音高。	10'	粗吸管、打孔機、熱熔膠條、平板、尺、剪刀、奇異筆、鐵絲																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 20%;">第一次頻率</th> <th style="width: 20%;">第二次頻率</th> <th style="width: 20%;">第三次頻率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>塞入 0.5cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>塞入 1cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>塞入 1.5cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>塞入 2cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>塞入 2.5cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				第一次頻率	第二次頻率	第三次頻率	塞入 0.5cm				塞入 1cm				塞入 1.5cm				塞入 2cm				塞入 2.5cm		
	第一次頻率	第二次頻率	第三次頻率																						
塞入 0.5cm																									
塞入 1cm																									
塞入 1.5cm																									
塞入 2cm																									
塞入 2.5cm																									
4. 完成實驗結果紀錄及發表 由上述的表格中，發現吸管中熱熔膠條()測出的音高較為準確，往後進行實驗時，就將塞子塞入吸管中()的位置。	5'	粗吸管、3 公分的粗吸管、打孔機、黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦、平板、尺、剪刀、奇異筆、鐵絲																							
三、 設計實驗 研究四 研究四：塞子材料不同之改良 1. 用 6.4mm 的打孔機在吸管上打洞。 2. 先用 3 公分的粗吸管定型。 3. 再把不同的塞子(黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦)塞 1cm。	30'																								

4. 最後使用測量軟體(Tuner T1)測量音準。

	第一次頻率	第二次頻率	第三次頻率
1. 黏土(油性)			
2. 紙黏土			
3. 輕黏土			
4. 樹脂土			
5. 史萊姆			
6. 素描用軟擦			

5. 完成實驗結果紀錄及發表

(1) 將熱熔膠改成黏土(油性) 發現

_____。

(2) 將熱熔膠改成紙黏土發現

_____。

(3) 將熱熔膠改成輕黏土發現

_____。

(4) 將熱熔膠改成樹脂土發現

_____。

(5) 將熱熔膠改成史萊姆發現

_____。

(6) 將熱熔膠改成素描用軟擦 發現

_____。

四、製作及吹奏吸管直笛

各組分別練習指法及吹奏歌曲。

分組曲目發表。

10'

吸管笛、曲譜

<p>2. 生活中哪些地方可以發現纏繞畫的應用？</p> <p>(二) 發展活動：</p> <p>1. 為何叫做「禪繞畫」？</p> <p>繞，有纏的意思，Zentangle 的中文為禪繞畫，和「纏繞」讀音相似。密密麻麻重複的圖案，是拆解後的大自然圖像，也是畫者的心情投射。畫畫本來就有平靜療癒之效，禪繞畫更添一種放下之意。將纏繞心的煩擾，入筆，放進畫紙裡，就成為「禪」。</p> <p>2. 「禪繞畫」有什麼好處、功用？</p> <p>能夠放鬆心情、提升專注力、培養想像力、耐心等等……</p> <p>3. 禪繞畫怎麼畫？</p> <p>點、線、面結合美的形式</p> <p>4. 教師展示禪繞畫的作品及影片。</p> <p>5. 學生進行禪繞畫仿作練習。</p> <p>利用粗細奇異筆繪製不同效果的圖樣</p> <p>6. 結合環保樂器，在吸管上以禪繞畫為發想，利用線條和色塊來呈現虛實交錯的藝術創作。</p> <p>7. 各自完成作品</p>	<p>8'</p>	
<p>(三) 綜合活動：</p> <p>欣賞與討論</p> <p>1. 學生發表小組的創作歷程與作品理念。</p> <p>2. 學生自由發表自己最喜歡的作品</p> <p>3. 師生共同欣賞與討論作品中的特色與呈現效果。</p>	<p>15'</p> <p>4'</p>	

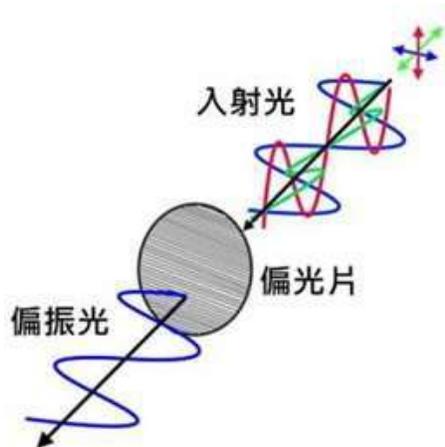
偏光藝術教案

偏光藝術			
對象	五年級學生	教學時間	3 節課(120min)
教學目標	認知層面：1. 能了解偏光片的原理。 2. 能了解偏光經過透明膠帶後會有不同的色彩變化。 情意層面：能對科學實驗有興趣。 技能層面：能運用透明膠帶黏貼，創作出美麗的偏光畫作。		
先備知識	1. 光直線前進。 2. 光的折射。 3. 光的色散。		
活動內容		時間	所需教材
一、引起動機： 1. 國王的新衣： 將「透明片-國王」放在描圖版前。 (1)看看這位國王，他有沒有穿著衣服呢？ (2)戴上立體眼鏡，再看看他有沒有穿著衣服呢？ 如果有，是什麼顏色呢？ (3)為什麼？ (學生預測原因)		5'	1. 偏光片、透明片-國王 2. 描圖版 3. 偏光眼鏡
 <p style="text-align: center;">國王有穿衣服嗎???</p>  <p style="text-align: center;">國王的新衣是五彩繽紛的???</p>			

二、發展活動：

1. 活動一、認識偏光片：

- (1) 國王的新衣會由透明變成彩色，與光的顏色有關，我們就來看看光的顏色有什麼奧秘吧！
- (2) 戴上立體眼鏡後，就能看到國王新衣的顏色，立體眼鏡有什麼神秘之處呢？
- (3) 小朋友，你知道為什麼人們在從事某些戶外活動、運動休閒、開車時，需要戴上太陽眼鏡嗎？
- (4) 小結：經由觀察操作後發現，光為一種電磁波，電磁波的振動面有各種不同的方向。而立體眼鏡的鏡片是一種「偏光片」，能夠將光偏極化，而成為單一方向的光。如圖所示：



當一般的光線通過偏光片時，各種振動方向的入射光，只剩特定方向的偏振光。太陽眼鏡即是利用此偏光片之特性擋住部分陽光。

2. 活動二、偏光魔術

- (1) 在描圖版上旋轉偏光片，會觀察到什麼現象？
- (2) 利用兩偏光片，旋轉其中一片，觀察到什麼現象？
- (3) 學生完成觀察結果並發表。

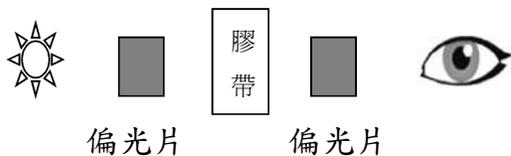
第一節結束

25'

1. 偏光眼鏡

3. 活動三、膠帶作畫：

(1) 利用兩片偏光片及透明膠帶，旋轉偏光片，會觀察到什麼現象？



(2) 將膠帶重疊或交錯黏貼，任意的貼上多層膠帶呢？顏色會有什麼變化？

你會發現每一區膠帶能通過的光都不一樣，就像教堂的彩色玻璃一樣，出現各種不同的顏色，而且貼的層數與貼的角度不同，還可以設計出不同的花樣來。

(3) 膠帶作畫：

- ① 了解偏光畫作的形成原理後，開始進行圖案設計。
- ② 請學生將設計圖案翻成反面運用複寫紙複印在貼紙滑面紙上。
- ③ 各組將膠帶黏貼在滑面紙上並沿著圖案剪裁下來貼在透明投影片上。
- ④ 同樣的圖案學生可以依據喜好多重覆交錯黏貼膠帶，色彩會更繽紛。
- ⑤ 旋轉偏光片後會出現互補色，利用光的互補色原理，觀察顏色變化，完成一幅美麗的偏光畫作。

三、綜合活動：

1. 各組發表自己完成的偏光畫作，聆聽並欣賞其他同學的創作成果。
2. 總結：回想一下，戴上偏光眼鏡，為什麼國王的新衣會有顏色呢？是什麼因素造成的？

20'

1. 偏光片
2. 描圖版

70'

1. 描圖板
2. 透明膠帶
3. 剪刀、美工刀
4. 透明投影片
5. 切割墊
6. 偏光片
7. 複寫紙
8. 滑面紙

(①偏光:偏光片使部分顏色的光無法通過，導致顏色改變

②折射:光通過透明膠帶會產生折射，所以有不同顏色的色光。

③偏光+折射:由於偏光與折射，所以我們能看見國王的新衣上有不同的顏色。)

第二、三節結束

製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發(一)

研究一：吸管打洞的研發

1. 生活中可用來打洞的器具有哪些？

2. 比較不同器具鑽出來的孔洞有何差異。

器具 優缺點	剪刀	打洞機	圓孔刀	線香	焊槍
優點					
缺點					
備註					

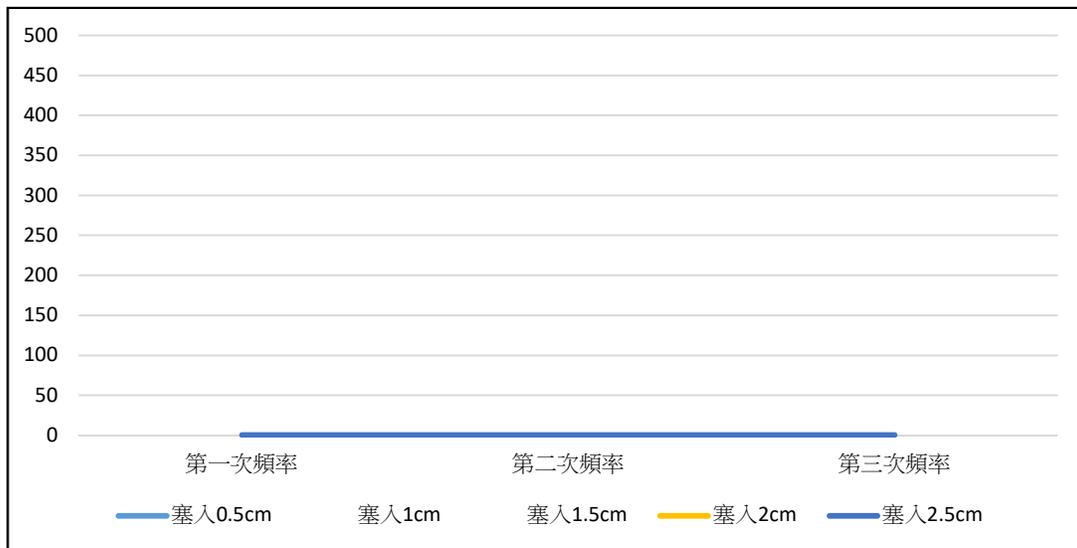
製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子

研究三：塞子塞入吸管長度對音高的影響

1. _____變因：用 6.4mm 的打孔機在吸管上打洞。
2. _____變因：再分別把塞子塞入 0.5cm、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm。
3. 紀錄吹奏音高：利用測量軟體(Tuner T1)測量音高。

	第一次頻率	第二次頻率	第三次頻率	平均
塞入 0.5cm	HZ	HZ	HZ	HZ
塞入 1cm	HZ	HZ	HZ	HZ
塞入 1.5cm	HZ	HZ	HZ	HZ
塞入 2cm	HZ	HZ	HZ	HZ
塞入 2.5cm	HZ	HZ	HZ	HZ

4. 繪製折線圖：將上述表格繪製成折線圖



5. 完成實驗結果紀錄及發表

由上述的表格中，發現吸管中熱熔膠條()測出的音高較為
準確，往後進行實驗時，就將塞子塞入吸管中()公分的位置。

製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子

研究四:塞子材料不同之改良

1. _____變因:用 7cm 的打孔機在吸管上打洞,再用 3 公分的粗吸管定型。
2. _____變因:分別把不同的塞子(黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦)塞 1cm。
3. 紀錄吹奏音高:利用測量軟體(Tuner T1)測量音高。

	第一次頻率	第二次頻率	第三次頻率
1. 黏土(油性)	HZ	HZ	HZ
2. 紙黏土	HZ	HZ	HZ
3. 輕黏土	HZ	HZ	HZ
4. 樹脂土	HZ	HZ	HZ
5. 史萊姆	HZ	HZ	HZ
6. 素描用軟擦	HZ	HZ	HZ

4. 完成實驗結果紀錄及發表

- (1)將熱熔膠改成黏土(油性)發現_____。
- (2)將熱熔膠改成紙黏土發現_____。
- (3)將熱熔膠改成輕黏土發現_____。
- (4)將熱熔膠改成樹脂土發現_____。
- (5)將熱熔膠改成史萊姆發現_____。
- (6)將熱熔膠改成素描用軟擦發現_____。

吸管樂器學習單

班級		姓名		
吸管上色情況				
	顏料			
	水彩	油性奇異筆	蠟筆	彩色筆
吸管				
遇水後				

請問何種顏料在吸管上色效果最好？

哪種顏料在遇水後，還是能維持吸管上的顏色？

上底漆與否的水管呈色情況				
水管	顏料			
	水彩	油性奇異筆	蠟筆	彩色筆
一般水管				
遇水後				
上了底漆的 水管				
遇水後				

請問水管上不上底漆會影響顏料呈色情況嗎？

哪種顏料在水管上的上色效果最好？

111年教育部國民及學前教育署中小學科學教育計畫

發展STEAM課程提昇學生科學探究能力並推展國際化—以製作音高精確笛子為例

前後測分析

一、研究工具

本研究工具為紙筆測驗，測驗題目是為龍海及沙鹿、龍泉國小參加 111 年教育部國民及學前教育署中小學科學教學計畫發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力並推展國際化—以製作音高精確笛子為例之共 59 個學生設計的，試題皆作為前測、後測之用，目的在於檢驗學習者在診斷教學後製作音高精確笛子的學習成效。為了易於探討診斷教學的立即成效及對照學生教學前後的表現，故採用相同的筆試試題。前測於正式研究階段之前進行施測，施測對象為參加計畫的 59 個學童，後測於正式研究階段之後進行施測，施測對象為參加計畫的 59 個學童，研究者將施測結果進行 SPSS 軟體統計分析。

透過 SPSS 統計套裝軟體進行量化統計分析，本研究所使用的統計分析方法如下：

(一) 描述性分析

應用次數分配表百分比分析內容，進行描述分析，求出前測、後測之平均數、平均數之差、標準差，據以呈現參加計畫的龍海 28 個及沙鹿 31 個和龍泉 27 個學童學習現況。因沙鹿及龍泉國小學習時間較不足，於是刪掉其中一題，導致三校施測題目不同，於是就三校分別分析。

(二) 以 t 檢定來考驗診斷教學實驗對於學生製作音高精確笛子的學習成效。

二、結果與討論

(一) 龍海國小學童在製作音高精確笛子的前後測分析

本研究以龍海國小參加計畫的 41 個學生進行教學實驗。實施單元學習的前、後，以 SPSS 統計軟體，考驗前測與後測成績是否有差異，其結果分析如表 1：

表1 龍海國小學童前測與後測成績之差統計分析摘要表

班級	個數	平均數	標準差	t 值	顯著性
參加計畫	28	前測 6.78	前測 1.70		
一班		後測 6.07	後測 1.89	0.17	>0.05

由上述表 1 資料得知，在前測與後測成績之差，未達顯著差異 ($t=0.19$ ， $P>.05$)，表示學生在後測的表現未優於前測。因此診斷教學對於學生在學習並未有顯著提昇效果。

應用次數分配表百分比分析學童製作音高精確笛子內容如表2：

表2 龍海國小學童製作音高精確笛子教學前後測分析

題目	施測	選項 (1個班樣本數 N=28)	
	時間	對 (百分比)	錯 (百分比)
1. 妮妮練習吹直笛，哪種按法吹出來的音高最高？ ①左手大姆指按住全孔，手指頭將所有音孔全按住 ②左手大姆指按住全孔，左手三支指頭仍按住音孔，右手四支指頭音孔放掉， ③左手大姆指按住全孔，只剩左手食指按住音孔，其他音孔都放掉	前	24 (86%)	4 (14%)
	後	20 (71%)	8 (29%)
2. 正男使用不同孔徑（圓孔的直徑）的打洞機在三枝一樣長度大小的粗吸管的同一位置打洞，那種孔徑的打孔機打出來的洞吹出來的音高最高？ ①孔徑 5.5mm ②孔徑 6.0mm ③孔徑6.4mm	前	16 (57%)	12 (43%)
	後	15 (54%)	13 (46%)
3. 小文在相同的試管裝入不同高度的水，並進行吹奏試管的實驗。關於實驗結果的敘述，哪一項是正確的？ ①聲音是因為水柱的振動而產生的 ②水裝得愈多，聲音愈高 ③水裝得愈多，聲音愈大聲	前	8 (29%)	20 (71%)
	後	6 (21%)	22 (79%)
4. 美芽想要用不同材質將直笛音孔蓋住再吹出Sol的音，那種材質將音孔蓋住吹出來的音高最準？ ①熱熔膠 ②紙黏土 ③史萊姆	前	25 (89%)	3 (11%)
	後	25 (89%)	3 (11%)
5. 廣志想彩繪吸管，請問何種顏料在吸管上色效果最好？ ①水彩 ②油性奇異筆 ③彩色筆	前	20 (71%)	8 (29%)
	後	26 (93%)	2 (7%)
6. 將熱熔膠條塞入吸管笛長短對音高測量有什麼影響？ ①把熱熔膠修塞入吸管笛越長，音頻越低	前	16 (57%)	12 (43%)

②把熱熔膠修塞入吸管笛越短，音頻越低 ③把熱熔膠修塞入吸管笛長短，對音頻影響沒規律	後	10 (36%)	18 (64%)
7. 請判斷下列何者是正確的？ ①光在空氣中的速率比在液體中慢 ②從透明玻璃中看到檸檬汁的吸管彎曲了是因為光的折射現象 ③照鏡子時可以看到鏡中的自己是因為光的折射現象	前	16 (57%)	12 (43%)
	後	11 (39%)	17 (61%)
8. 下列關於偏光片的說明何者正確？ ①偏光片具有遮光的特性 ②旋轉兩片偏光片，每90度時就會看到一亮一暗的變化 ③以上皆是	前	17 (61%)	11 (39%)
	後	15 (54%)	13 (46%)
9. 有關物體產生聲音的敘述哪一項正確？ ①物體受熱後會發出聲音 ②物體振動會發出聲音 ③物體照光後會發出聲音	前	21 (75%)	7 (25%)
	後	20 (71%)	8 (29%)
10. 關於禪繞畫的敘述何者正確？ ①需要擁有繪畫天份 ②利用不同顏色的色塊組成 ③沒有美、醜，人人都可以嘗試	前	22 (79%)	6 (21%)
	後	22 (79%)	6 (21%)

由上表 2 分析發現，學生製作音高精確笛子，第 4、10 題百分比不變，差異在 10 個百分比以上有第 1、6、5、7 題，僅有第 5 題趨於正向。

(二) 沙鹿國小學童在製作音高精確笛子的前後測分析

本研究以沙鹿國小參加計畫的 31 個學生進行教學實驗。實施單元學習的前、後，以 SPSS 統計軟體，考驗前測與後測成績是否有差異，其結果分析如表 3：

表3 沙鹿國小學童前測與後測成績之差統計分析摘要表

班級	個數	平均數	標準差	t 值	顯著性
參加計畫	31	前測 5.42	前測 1.58		
一班		後測 6.42	後測 1.24	*0.01	<0.05

由上述表 3 資料得知，在前測與後測成績之差，達顯著差異 ($t= 0.01, P<.05$)，表示學生在後測的表現優於前測。因此診斷教學對於學生在學習並有顯著提昇效果。

應用次數分配表百分比分析學童製作音高精確笛子內容如表4：

表4 沙鹿國小學童製作音高精確笛子教學前後測分析

題目	施測時間	選項 (1個班樣本數 N=31)	
		對 (百分比)	錯 (百分比)
1. 妮妮練習吹直笛，哪種按法吹出來的音高最高？ ①左手大姆指按住全孔，手指頭將所有音孔全按住 ②左手大姆指按住全孔，左手三支指頭仍按住音孔，右手四支指頭音孔放掉， ③左手大姆指按住全孔，只剩左手食指按住音孔，其他音孔都放掉	前	23 (74%)	8 (26%)
	後	30 (97%)	1 (3%)
2. 小文在相同的試管裝入不同高度的水，並進行吹奏試管的實驗。關於實驗結果的敘述，哪一項是正確的？ ①聲音是因為水柱的振動而產生的 ②水裝得愈多，聲音愈高 ③水裝得愈多，聲音愈大聲	前	7 (23%)	24 (77%)
	後	10 (32%)	21 (68%)
3. 美芽想要用不同材質將直笛音孔蓋住再吹出Sol的音，哪種材質將音孔蓋住吹出來的音高最準？ ①熱熔膠 ②紙黏土 ③史萊姆	前	21 (68%)	10 (32%)
	後	31 (100%)	0 (0%)
4. 廣志想彩繪吸管，請問何種顏料在吸管上色效果最好？ ①水彩 ②油性奇異筆 ③彩色筆	前	23 (74%)	8 (26%)
	後	30 (97%)	1 (3%)
5. 將熱熔膠條塞入吸管笛長短對音高測量有什麼影響？ ①把熱熔膠修塞入吸管笛越長，音頻越低 ②把熱熔膠修塞入吸管笛越短，音頻越低 ③把熱熔膠修塞入吸管笛長短，對音頻影響沒規律	前	7 (23%)	24 (77%)
	後	8 (26%)	23 (74%)
6. 請判斷下列何者是正確的？ ①光在空氣中的速率比在液體中慢	前	15 (48%)	16 (52%)

②從透明玻璃中看到檸檬汁的吸管彎曲了是因為光的折射現象 ③照鏡子時可以看到鏡中的自己是因為光的折射現象	後	15 (48%)	16 (52%)
7.下列關於偏光片的說明何者正確？ ①偏光片具有遮光的特性 ②旋轉兩片偏光片，每90度時就會看到一亮一暗的變化 ③以上皆是	前	23 (74%)	8 (26%)
	後	26 (84%)	5 (16%)
8.有關物體產生聲音的敘述哪一項正確？ ①物體受熱後會發出聲音 ②物體振動會發出聲音 ③物體照光後會發出聲音	前	25 (81%)	6 (19%)
	後	26 (84%)	5 (16%)
9.關於禪繞畫的敘述何者正確？①需要擁有繪畫天份 ②利用不同顏色的色塊組成 ③沒有美、醜，人人都可以嘗試	前	25 (81%)	6 (19%)
	後	24 (77%)	7 (23%)

由上表 4 分析發現，學生製作音高精確笛子，第 6 題百分比不變，差異在 10 個百分比以上有第 1、3、4、7 題，1、2、3、4、5、7、8 題趨於正向。

(三) 龍泉國小學童在製作音高精確笛子的前後測分析

本研究以龍泉國小參加計畫的 27 個學生進行教學實驗。實施單元學習的前、後，以 SPSS 統計軟體，考驗前測與後測成績是否有差異，其結果分析如表 5：

表5 龍泉國小學童前測與後測成績之差統計分析摘要表

班級	個數	平均數	標準差	t 值	顯著性
參加計畫	27	前測 4.89	前測 1.50		
一班		後測 5.56	後測 1.20	0.17	>0.05

由上述表 5 資料得知，在前測與後測成績之差，未達顯著差異 ($t=0.17, P>.05$)，表示學生在後測的表現未優於前測。因此診斷教學對於學生在學習並未有顯著提昇效果。

應用次數分配表百分比分析學童製作音高精確笛子內容如表 6：

表 6 龍泉國小學童製作音高精確笛子教學前後測分析

題目	施測	選項 (1個班樣本數 N=27)	
	時間	對 (百分比)	錯 (百分比)
1. 妮妮練習吹直笛，哪種按法吹出來的音高最高？ ①左手大姆指按住全孔，手指頭將所有音孔全按住 ②左手大姆指按住全孔，左手三支指頭仍按住音孔，右手四支指頭音孔放掉， ③左手大姆指按住全孔，只剩左手食指按住音孔，其他音孔都放掉	前	14 (52%)	13 (48%)
	後	19 (70%)	8 (30%)
2. 小文在相同的試管裝入不同高度的水，並進行吹奏試管的實驗。關於實驗結果的敘述，哪一項是正確的？ ①聲音是因為水柱的振動而產生的 ②水裝得愈多，聲音愈高 ③水裝得愈多，聲音愈大聲	前	6 (22%)	21 (78%)
	後	7 (26%)	20 (74%)
3. 美芽想要用不同材質將直笛音孔蓋住再吹出Sol的音，哪種材質將音孔蓋住吹出來的音高最準？ ①熱熔膠 ②紙黏土 ③史萊姆	前	13 (48%)	14 (52%)
	後	20 (74%)	7 (26%)
4. 廣志想彩繪吸管，請問何種顏料在吸管上色效果最好？ ①水彩 ②油性奇異筆 ③彩色筆	前	20 (74%)	7 (26%)
	後	27 (100%)	0 (0%)
5. 將熱熔膠條塞入吸管笛長短對音高測量有什麼影響？ ①把熱熔膠修塞入吸管笛越長，音頻越低 ②把熱熔膠修塞入吸管笛越短，音頻越低 ③把熱熔膠修塞入吸管笛長短，對音頻影響沒規律	前	4 (15%)	23 (85%)
	後	5 (19%)	22 (71%)
6. 請判斷下列何者是正確的？ ①光在空氣中的速率比在液體中慢 ②從透明玻璃中看到檸檬汁的吸管彎曲了是因為光的折射現象 ③照鏡子時可以看到鏡中的自己是因為光的折射現象	前	11 (41%)	16 (59%)
	後	17 (63%)	10 (37%)
7. 下列關於偏光片的說明何者正確？ ①偏光片具有遮光的特性	前	23 (85%)	4 (15%)

②旋轉兩片偏光片，每90度時就會看到一 亮一暗的變化 ③以上皆是	後	15 (56%)	12 (44%)
8. 有關物體產生聲音的敘述哪一項正確？ ①物體受熱後會發出聲音 ②物體振動會發出聲音 ③物體照光後會發出聲音	前	20 (74%)	7 (26%)
	後	21 (78%)	6 (22%)
9. 關於禪繞畫的敘述何者正確？①需要擁 有繪畫天份 ②利用不同顏色的色塊組成 ③沒有美、醜，人人都可以嘗試	前	16 (59%)	11 (41%)
	後	19 (70%)	8 (30%)

由上表 4 分析發現，學生製作音高精確笛子，差異在 10 個百分比以上有第 1、3、4、6、7、9 題，1、2、3、4、5、6、8、9 題趨於正向。

111年教育部國民及學前教育署中小學科學教育計畫

發展STEAM課程提昇國小生科學探究能力並推展國際化—以製作音高精確的笛子為例

問卷分析如表1至表3：

表 1 學童在製作高精確的笛子教學後的問卷回饋-龍海班

題目	(樣本數 N=28)	
一. 我是幾年級的學生	② 四年級	1(4%)
	③ 五年級	17(60%)
	④ 六年級	10(36%)
二. 我參加本次科學冬令營的動機是？(可複選)	① 對於活動主題與課程內容有興趣	12(43%)
	② 想要親自動手操作實驗	10(36%)
	③ 受到學校老師鼓勵	6(21%)
	④ 受到爸爸媽媽的鼓勵	7(25%)
	⑤ 不須繳交費用	8(29%)
	⑥ 其他：被迫參加	4(14%)
三. 本次營隊課程內容，確實對於我的科學學習有幫助？	① 非常同意	12(43%)
	② 同意	12(43%)
	③ 不同意	2(7%)
	④ 非常不同意	2(7%)
四. 學習製作音高精確的笛子課程，覺得自己上課的表現？	① 非常棒	9(32%)
	② 還不錯	19(68%)
	③ 不太好	0(0%)
	④ 要再加油	0(0%)
五. 學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現？	① 非常棒	11(39%)
	② 還不錯	15(53%)
	③ 不太好	1(4%)
	④ 要再加油	1(4%)
六. 請問你對哪個方面覺得有	1 製作音高準確的笛子 2 偏光藝術	18(64%)

趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以1.2排序)	1 偏光藝術 2 製作音高準確的笛子	10(36%)
七. 我希望主辦單位能多舉辦下列何種主題的冬令營活動？(可複選)	①科學實驗	6(21%)
	②程式設計	6(21%)
	③智能車	6(21%)
	④機器人	7(25%)
	⑤科學遊戲	8(29%)
	⑥其他：	0(0%)
八. 我對本次冬令營活動的感想，覺得自己學習到的內容有什麼：	偏光藝術	15(53%)
	製作音高精確的笛子	10(36%)
	科學知識及實驗	4(14%)
	未嘗試過的體驗	1(4%)
	無回饋	3(10%)
九. 參加冬令營的心得是：	動手做實驗很有趣，有玩又有學	18(64%)
	學習到科學知識	3(10%)
	學習時必須要認真	3(10%)

由上表 1 分析發現，學童在接受回製作高精確的笛子教學後的問卷回饋分析(龍海班)。

一、參與學生高年級較多，次之為中年級，五年級佔 60%、六年級 36%，四年級 4%。

二、參加本次科學冬令營的動機以對於活動主題與課程內容有興趣為最多，佔 43%；想要親自動手操作實驗其次，佔 36%；不須繳交費用，佔 29%；受到爸爸媽媽的鼓勵，佔 25%；及受到學校老師鼓勵，佔 21%，最後是其他:被迫參加，佔 14%。

三、本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助:非常同意佔 43%，同意佔 43%，不同意 7%，非常不同意 7%。表示受測學生覺得本課程對對於科學學習有幫助。

四、學習製作音高準確的笛子課程，覺得自己上課的表現：非常棒 32%，還不錯 68%。

五、學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現：非常棒 39%，還不錯 53%，不太好 4%，要再加油 4%。

六、請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以 1.2 排序)：最多的是 1 製作音高準確的笛子 2 偏光藝術佔 64%；其次是 2 偏光藝術 1 製作音高準確的笛子佔 36%。表示課程各有所好，但超過六成偏好 1 製作音高準確的笛子 2 偏光藝術。

七、希望主辦單位能多舉辦下列何種主題的冬令營活動？(可複選) 最多的是科學遊戲佔 29%；其次是機器人佔 25%；接著是科學實驗、智能車、程式設計各佔 21%。

八、對本次科學實作營活動的感想，覺得自己學習到的內容：最多的是偏光藝術，佔 53%；其次是製作音高精確的笛子佔 36%；接著科學知識及實驗，佔 14%；最後是無回饋佔 10%及未嘗試過的體驗佔 4%。

九、參加科學實作營的心得是：最多的是動手做實驗很有趣，有玩又有學，佔 64%；其次是學習到科學知識及學習時必須要認真，各佔 10%。

表 2 學童製作高精確的笛子教學後的問卷回饋-沙鹿班

題目	(樣本數 N=29)	
一. 我是幾年級的學生	① 三年級	7(24%)
	② 四年級	5(17%)
	③ 五年級	11(38%)
	④ 六年級	6(21%)
二. 我參加本次科學冬令營的動機是？(可複選)	① 對於活動主題與課程內容有興趣	17(59%)
	② 想要親自動手操作實驗	15(52%)
	③ 受到學校老師鼓勵	5(17%)

	④受到爸爸媽媽的鼓勵	16(55%)
	⑤不須繳交費用	13(45%)
	⑥其他：同學邀請	1(3%)
三. 本次營隊課程內容，確實對於我的科學學習有幫助？	①非常同意	15(53%)
	②同意	12(41%)
	③不同意	1(3%)
	④非常不同意	1(3%)
四. 學習製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	15(53%)
	②還不錯	12(41%)
	③不太好	1(3%)
	④要再加油	1(3%)
五. 學習製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	13(45%)
	②還不錯	13(45%)
	③不太好	2(7%)
	④要再加油	1(3%)
六. 學習製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	15(52%)
	②還不錯	13(45%)
	③不太好	0(0%)
	④要再加油	1(3%)
七. 學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	14(48%)
	②還不錯	13(45%)
	③不太好	2(7%)
	④要再加油	0(0%)
八. 請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以1.2排序)	1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術	1(3%)

	<p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p>	2(7%)
	<p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p>	1(3%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>4 偏光藝術</p>	1(3%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p>	4(14%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p>	8(26%)

	3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子	1(3%)
	3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	2(7%)
	4 偏光藝術 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子	1(3%)
	4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	4(14%)
	4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	5(17%)
九. 我希望主辦單位能多舉辦下列何種主題	①科學實驗	16(57%)
	②程式設計	12(43%)
	③智能車	13(46%)

的冬令營活動?(可複選)	④機器人	18(64%)
	⑤科學遊戲	13(46%)
	⑥其他:	5(18%)
十.我對本次冬令營活動的感想,覺得自己學習到的內容有什麼:	偏光藝術及折射	23(79%)
	製作音高精確的笛子	11(38%)
	禪繞畫	1(3%)
	體驗科學活動	1(3%)
	團隊合作	1(3%)
十一.參加冬令營的心得是:	很開心學到很多科學知識及實作技巧	27(93%)
	偏光藝術很有趣	3(11%)
	完成自己的作品很有成就感	3(11%)
	可惜有些課程因時間關係未完全上完	3(11%)
	笛子不好做	1(3%)

由上表 2 分析發現,學童在製作高精確的笛子教學後的問卷回饋分析(沙鹿班)。

一、參與學生**高年級較多**,次之為中年級,六年級佔 21%、五年級 38%,四年級 17%,三年級 24%。

二、參加本次科學冬令營的動機以對於**活動主題與課程內容有興趣**為最多,佔 59%;**受到爸爸媽媽的鼓勵**其次,佔 55%;**想要親自動手操作實驗**,佔 52%;不須繳交費用,佔 45%;受到學校老師鼓勵,佔 17%,最後是其他;同學邀請,佔 3%。

三、本次營隊課程內容,確實對於科學學習有幫助:非常同意佔 53%,同意佔 41%,不同意及非常不同意各佔 3%。表示受測學生覺得**本課程對對於科學學習有幫助**。

四、學習**製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發**課程,覺得自己上課的表現:非常棒 53%,還不錯 41%,不太好及要再加油各 3%。

五、學習**製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子**課程,覺得自己上課的表現:非常棒 45%,還不錯 45%,不太好 7%,要再加油 3%。

六、學習**製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子**課程,覺得自己上課的表現:

非常棒 52%，還不錯 45%，要再加油 3%。

七、學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現：非常棒 48%，還不錯 45%，也有 7%表示不太好。

八、請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以 1.2 排序):最多的是 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發佔 26%；其次是 4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發，佔 17%；2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發及 4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發皆 14%，其餘皆未達 10%。學生以 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子及 4 偏光藝術二項為最喜愛的課程。

九、希望主辦單位能多舉辦下列何種主題的冬令營活動？(可複選) 最多的是機器人佔 64%；其次是科學實驗佔 57%；接著是科學遊戲及智能車各佔 46%，程式設計佔 43%；最後是其他佔 18%。

十、對本次科學實作營活動的感想，覺得自己學習到的內容：最多的是偏光藝術及折射，佔 79%；其次是製作音高精確的笛子佔 38%；最後是禪繞畫、體驗科學活動及團隊合作各佔 3%。

十一、參加科學實作營的心得是：最多的是很開心學到很多科學知識及實作技巧，佔 93%；其次是偏光藝術很有趣、完成自己的作品很有成就感、可惜有些課程因時間關係未完全上完，各佔 11%；最後是笛子不好做，佔 3%。

表 3 學童製作高精確的笛子教學後的問卷回饋-龍泉班

題目	(樣本數 N=29)	
一. 我是幾年級的學生	① 三年級	15(52%)
	② 四年級	12(41%)
	③ 五年級	2(7%)
	④ 六年級	0(0%)
二. 我參加本次	① 對於活動主題與課程內容有興趣	19(66%)

科學冬令營的動機是？(可複選)	②想要親自動手操作實驗	17(59%)
	③受到學校老師鼓勵	5(17%)
	④受到爸爸媽媽的鼓勵	7(24%)
	⑤不須繳交費用	11(38%)
	⑥其他：	0(0%)
三. 本次營隊課程內容，確實對於我的科學學習有幫助？	①非常同意	21(72%)
	②同意	8(28%)
	③不同意	0(0%)
	④非常不同意	0(0%)
四. 學習製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	12(41%)
	②還不錯	15(53%)
	③不太好	1(3%)
	④要再加油	1(3%)
五. 學習製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	11(38%)
	②還不錯	15(52%)
	③不太好	2(7%)
	④要再加油	1(3%)
六. 學習製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	14(48%)
	②還不錯	13(45%)
	③不太好	2(7%)
	④要再加油	0(0%)
七. 學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	20(69%)
	②還不錯	6(21%)
	③不太好	1(3%)
	④要再加油	2(7%)
八. 請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以1.2排序)	1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 4 偏光藝術	2(7%)

	<p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p>	6(21%)
	<p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p>	1(3%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p>	1(3%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p>	7(26%)
	<p>2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子</p> <p>4 偏光藝術</p> <p>3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子</p> <p>1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發</p>	3(10%)

	3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子	2(7%)
	3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 4 偏光藝術 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	1(3%)
	3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	1(3%)
	4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	2(7%)
	4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發	3(10%)
九. 我希望主辦單位能多舉辦下列何種主題	①科學實驗	16(57%)
	②程式設計	8(28%)
	③智能車	11(38%)

的冬令營活動?(可複選)	④機器人	15(52%)
	⑤科學遊戲	22(76%)
	⑥其他：心理學	1(3%)
十. 我對本次冬令營活動的感想，覺得自己學習到的內容有什麼：	偏光藝術及折射	9(31%)
	製作音高精確的笛子	9(31%)
	體驗科學活動	5(17%)
	與老師更親近	1(3%)
	無	5(17%)
十一. 參加冬令營的心得是：	很開心學到很多科學知識及實作技巧	23(80%)
	收穫滿滿	3(10%)
	感謝老師耐心指導	3(10%)

由上表 3 分析發現，學童在製作高精確的笛子教學後的問卷回饋分析(龍泉班)。

一、參與學生幾乎都是中年級，次之為五年級，三年級佔 52%、四年級 41%，五年級 7%。

二、參加本次科學冬令營的動機以對於活動主題與課程內容有興趣為最多，佔 66%；想要親自動手操作實驗其次，佔 59%；不須繳交費用，佔 38%；受到爸爸媽媽的鼓勵，佔 24%，最後是受到學校老師鼓勵，佔 17%。

三、本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助：非常同意佔 72%，同意佔 28%。表示受測學生覺得本課程對對於科學學習有幫助。

四、學習製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發課程，覺得自己上課的表現：非常棒 14%，還不錯 53%，不太好及要再加油各 3%。

五、學習製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子課程，覺得自己上課的表現：非常棒 38%，還不錯 52%，不太好 7%，要再加油 3%。

六、學習製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子課程，覺得自己上課的表現：非常棒 48%，還不錯 45%，要再加油 7%。

七、學習偏光藝術課程，覺得自己上課的表現：非常棒 69%，還不錯 21%，也有 3%表示不太好、7%表示要再加油。

八、請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有興趣開始排列，請以 1.2 排序):最多的是 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發佔 26%；其次是 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 4 偏光藝術 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子，佔 21%；4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發及 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子 4 偏光藝術 3 製作音高精確的笛子-塞入不同材質的塞子 1 製作音高精確的笛子-吸管打洞的研發皆 10%，其餘皆未達 10%。學生以 2 製作音高精確的笛子-塞入不同長度的塞子為最喜愛的課程。

九、希望主辦單位能多舉辦下列何種主題的冬令營活動？(可複選) 最多的是科學遊戲佔 76%；其次是科學實驗佔 57%，接著是機器人佔 52%；然後是及智能車佔 38%，程式設計佔 28%；最後是其他佔 3%。

十、對本次科學實作營活動的感想，覺得自己學習到的內容：最多的是偏光藝術及折射及製作音高精確的笛子各佔 31%；其次是體驗科學活動及無各佔 17%；最後是與老師更親近佔 3%。

十一、參加科學實作營的心得是：最多的是很開心學到很多科學知識及實作技巧，佔 80%；其次是收穫滿滿及感謝老師耐心指導，各佔 10%。

龍海科學營教學省思

郭世育

參加科學營的學生跨年級，對於自然領域的知識背景有落差，若將科展研究的主題內容當作科學營的活動主軸，對於部分的同學需要較長的理解時間，甚至有難度。於是我們把活動內容著重在STEAM 精神的落實，例如如何使用鑽孔的工具、如何組裝一支吸管笛、吸管笛發聲的原理、如何將吸管笛美化等，這樣的課程安排對於混齡的教學現場，學生們的接受度較高，也會產生不同年級間的意見交流以及互相幫助的情形。學生在現場製作吸管笛十分投入，也和講師有問題上的討論和交流，希望學生能獲得更多知識和技術上的啟發。

王雅玲

這次的教學是先進行吸管笛上色實驗再進行偏光作畫，教學上發現有兩處可以改進的地方：

1. 吸管笛上色時學生是直接在自己的作品上測試上色效果，容易影響之後彩繪的完整度，建議可以準備多的吸管讓學生測試完後再彩繪效果會比較好。
2. 偏光作畫中使用平板和立體眼鏡能有效增加操作上的便利性，同時也減少空間的侷限，但是要多加注意學生在使用平板時易分心和誤用。

沙鹿科學營教學省思

陳柔萍

這次的科學營課程經過上次龍海場次之後做了微幅調整。考慮到學生在實驗過程中製作直笛時，操作工具和測量需要花費較多時間，以確保直笛能夠有效使用，因此探究過程調整為三個控制變因來完成實驗。在第一個變因-打孔工具的選用部分，學生很快融入討論，並能夠對實驗提出自己的見解，整體操作上更順暢、有活力。而後在塞子的長短與材質的變因操作上，學生對於笛子有更多理解的基礎下，能順利將實驗完成，並提出符合預測的結論。從過往的科學營隊經驗中發現，如果想要孩子能夠享受一整天的探究活動，必須要讓學生可以擁有多元、多感官、多操作的活動內容，並且建立團隊合作和遊戲中學習的氛圍。這次有努力嘗試在課程內容之外的班級經營安排，也得到很棒的效果，大家一整天都在學習中玩得很開心！

陳念儀

經過調整後，這次的課程進行更加順暢！
但礙於時間關係，不能再多進行纏繞畫的引導，較為可惜。
偏光課程若有更多時間，可以再延伸更多，也能讓學生作品更為完整

龍泉科學營教學省思

郭世育

龍泉科學營的學生由 4、5 年級所組成，本身的科學背景有所不同，但是經由工具的探索、試驗，學生都能找到適合製作吸管笛的工具，並藉由教學完成自製吸管笛。給予適合的教學材料，設計教案，學生的學習動機都很高昂，製作過程中投入，產出的過程也很順利。

王雅玲

吸管笛上色實驗這次先使用空的吸管讓學生測試，發現學生的作品完成度有所提高。偏光畫的創作配合學生年級將主題改成魚缸，學生大多都能在時間內完成作品，對偏光片的原理也能很好的理解，唯有其中有一些學生對於膠帶的黏貼還是不知道如何操作，建議可以將教學步驟圖使用投影放大解說，讓學生能更清楚理解如何操作。

2022 微笑臺灣創意教案比賽



2022 微笑臺灣創意教案比賽



2022 微笑臺灣創意教案比賽



2022 微笑臺灣創意教案比賽



2022 微笑臺灣創意教案比賽



2022 微笑臺灣創意教案比賽



STEAM 課程實作-以水管打擊樂器為例



STEAM 課程實作-以水管打擊樂器為例



如何設計特色課程南投原鄉學校為例



如何設計特色課程南投原鄉學校為例



活化教學的五部曲-以自然領域為例



活化教學的五部曲-以自然領域為例



三校自然教學專業成長學習



三校自然教學專業成長學習



三校自然教學專業成長學習



三校自然教學專業成長學習



三校自然教學專業成長學習



三校自然教學專業成長學習



龍海 STEAM 科學營



龍海 STEAM 科學營



龍海 STEAM 科學營



龍海 STEAM 科學營



龍海 STEAM 科學營



龍海 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



沙鹿 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



龍泉 STEAM 科學營



彰師大科教中心探究與實作研習



彰師大科教中心探究與實作研習



彰師大科教中心探究與實作研習



彰師大科教中心探究與實作研習



彰師大科教中心探究與實作研習



彰師大科教中心探究與實作研習



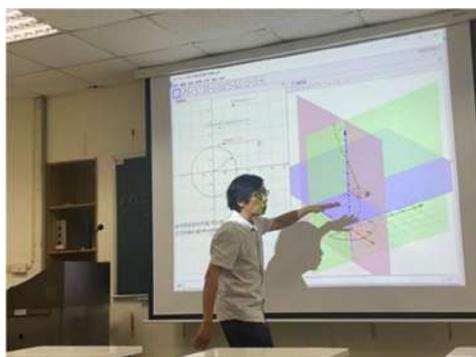
彰師大科學教育研究所專題演講



彰師大科學教育研究所專題演講



彰師大科學教育研究所專題演講



彰師大科學教育研究所專題演講



大肚 STEAM 動手玩科學



大肚 STEAM 動手玩科學



科展之注意事項



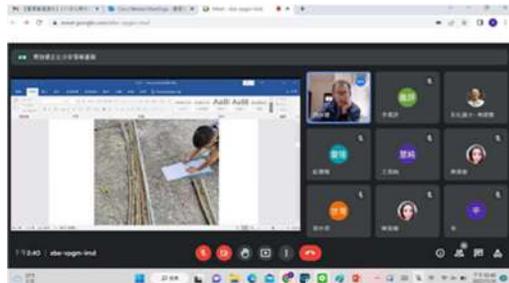
科展之注意事項



從生活體驗營遷移到科學研究



從生活體驗營遷移到科學研究



探究生活事物提升科學素養



探究生活事物提升科學素養



台南金城『上一堂好課』分享會



台南金城『上一堂好課』分享會



花蓮慈濟『上一堂好課』分享會



花蓮慈濟『上一堂好課』分享會



聯發科科學專題教師研習



聯發科科學專題教師研習



科博館科學園遊會



科博館科學園遊會



靜宜師培班分享



靜宜師培班分享



天下永續教育創意教案分享



天下永續教育創意教案分享



【線上直播】永續教育從台灣創意教案分享會 | 系列一

發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力 並推展國際化以製作音高精確的笛子為例

國立彰化師範大學
科學教育中心

NCUE CSE
Center of Science Education

地址：500彰化市溪墘路一號(溪墘校區) 總機：(04)7232105 分機3011-3013 傳真：(04)721-1111

最新訊息公告

不分年 不分月 關鍵字 查詢 第 1 頁

- 2022-10-31 [龍海國小與松竹強城合作，產出成果影片『龍海空軍』](#)
- 2022-10-28 [國立臺灣大學科學教育發展中心發推「2022科學史沙龍講座-11月場」](#)
- 2022-10-22 [110學年度中高中小學科學教育專家補助計畫-期未報告暨評核研討會](#)
- 2022-10-13 [「2022科學傳播與科普發展國際研討會」邀請函參加](#)

龍海科教團隊

報告大綱

- 01 科教團隊及專業對談
- 02 製作音高精確的笛子變因探討
- 03 STEAM 課程發展
- 04 辦理觀摩研習，推廣教育成效
- 05 跨校聯盟

籌組科教團隊及專業對談

- 已籌組科教專案小組，成員共11校22人，並商請彰師大、清華大學、逢甲大學、暨南大學及勤益科大教授諮詢
- 科教團隊專業對談13次專業對談，共73人次參加

製作音高精確的笛子變因探討

1. 吸管打洞對音高的影響
2. 不同孔徑對音高的影響
3. 塞入長度對音高的影響
4. 不同塞子對音高的影響
5. 孔徑微調對音高的影響

自變項

1. 吸管打洞
2. 不同孔徑
3. 塞入長度
4. 不同塞子
5. 孔徑微調

依變項

1. 音高

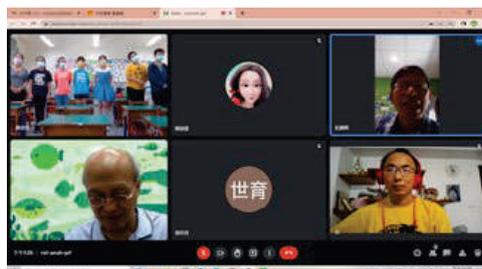
STEAM課程發展

1. 科展
2. 製作音高準確的笛子STEAM課程



科展

以「**製作音高精確的笛子**」參與110學年度臺中市科展，榮獲物理科第三名。



製作音高準確的笛子STEAM課程

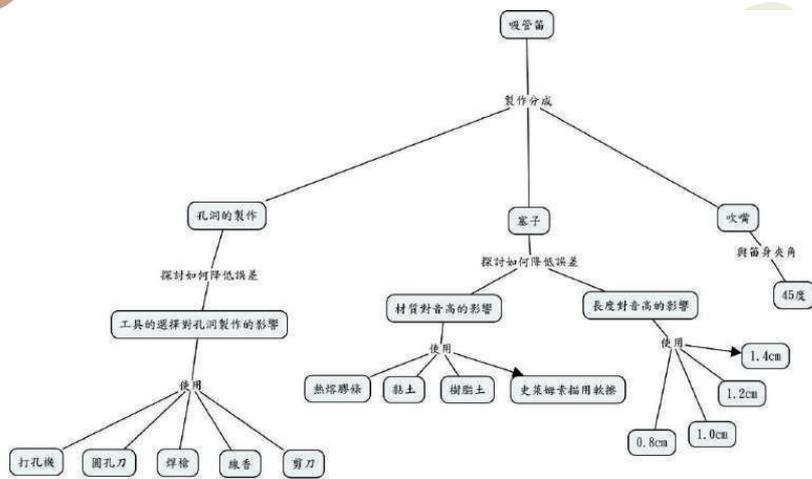
製作音高準確的笛子抽象概念具體化

檢核課堂裡STEAM的課程設計

實作教學

製作音高精確的笛子

抽象概念具體化



STEAM教育素養的教學活動設計

以製作音高準確的笛子為例，引導學生實踐中不斷嘗試、發現問題、解決問題、實現創新，使學生形成科學素養

引入**自然科聲音**的內容，提供新的教學資源

• 探究過程：情境、問題、推論、設計驗證、解釋

課程內容是否涵蓋了
STEAM教育的內容

- STEAM教學設計理念
- 音高準確的笛子製作流程
- STEAM的課程設計

STEAM

STEAM教學設計理念

「**跨科專題課程**」，這樣的課程能**培養孩子帶得走的能力**。本教學採**引導式探究教學模式**，讓孩子們自我建構知識理論，培養自主學習與問題解決能力。由製作過程中，了解**發聲原理(科學)**、製作**水管打擊樂器(技術)**、**繪畫構造圖(工程)**、**長度的計算(數學)**到最後學生的**創意設計(藝術)**，將STEAM教育的精神融入其中。

STEAM

音高準確的笛子製作流程



1.將吸管裁切成20公分



2.壓出痕跡、再做記號

STEAM

音高準確的笛子製作流程2



3. 依序機在記號處打洞



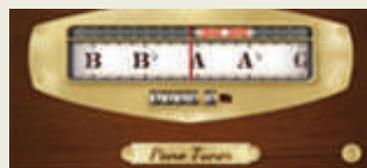
4. 膠條塞1公分進吸管

STEAM

音高準確的笛子製作流程3



5. 將鐵絲纏繞，固定吸管



6. 測試有無聲音

STEAM

STEAM的課程設計

請觀察下述圖片，進行STEAM課程設計，請規劃



課程內容是否涵蓋了STEAM教育的內容



科學教育：
• 聲音的高低



工程教育：
• 研究吸管的打洞方式
• 孔徑微調的方式



技術教育：
• 學習科技工具-手機APP的使用
• 加工方式



藝術教育：
• 造型設計(形象、形狀、形體)



數學教育：
• 打孔機孔徑測量

辦理觀摩研習，推廣教育成效

- 教案比賽
- 成果分享
- 教師研習分享

教案比賽

參加天下雜誌「2022微笑臺灣創意教案比賽」，在全國140件作品中，榮獲第一名「評審團大獎」。獎金10萬元，台大領獎



成果分享

- 南投三校「**自然教學共備觀議課及專業成長研習**」
- 教育局「**STEAM課程實作-以水管打擊樂器為例**」
- 教育局「**如何設計特色課程以南投原鄉學校為例**」
- 教育局「**活化教學的五部曲-以自然領域為例**」
- 教育部「**共同備課研習**」

南投泰雅族三校

「**自然教學共備觀議課及專業成長研習**」

12/7團隊到南投發祥，擔任**自然教學共備觀議課及專業成長研習**講師。經由**共備觀課及議課**。並以**STEAM教學**進行交流。參與師生**38**人次。



講師李義評 教學省思

在上課時，採用分組合作及提問教學，分組的原則有為混齡編組。提問教學依據教學目標，過程依學生回饋進行引導。最令人鼓舞的話，是當學生興奮的說”哇，怎麼會這樣”，老師說得少，課堂中以學生為主，引導學生觀察體驗、分享討論、分析歸納、發表說明及遷移創作。讓學生多想、多思考。一教學目標，用不同面向進行體驗，達到精熟學習。

STEAM課程實作-以水管打擊樂器為例

10/5，擔任教育局主辦「第一屆績優教師全時進修研究成果工作坊一」之講師，講題：「STEAM課程實作-以水管打擊樂器為例」，參加老師9位。



如何設計特色課程以南投原鄉學校為例

10/12，擔任教育局主辦「第一屆績優教師全時進修研究成果工作坊二」之講師，講題：「如何設計特色課程以南投原鄉學校為例」，參加老師12位



活化教學的五部曲-以自然領域為例

11/17，擔任教育局主辦「第一屆績優教師全時進修研究成果工作坊三」之講師，講題：「活化教學的五部曲-以自然領域為例」，參加老師22位。



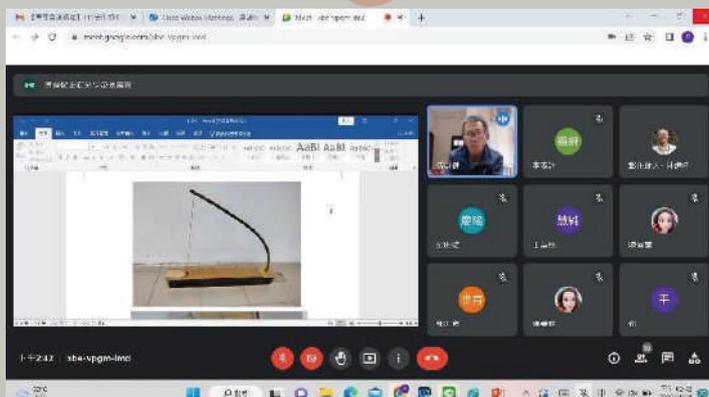
教育部「共同備課研習」

2/1-2/3到國教院擔任教育部「教學基地學校共同備課研習」分組講師。

教師研習1

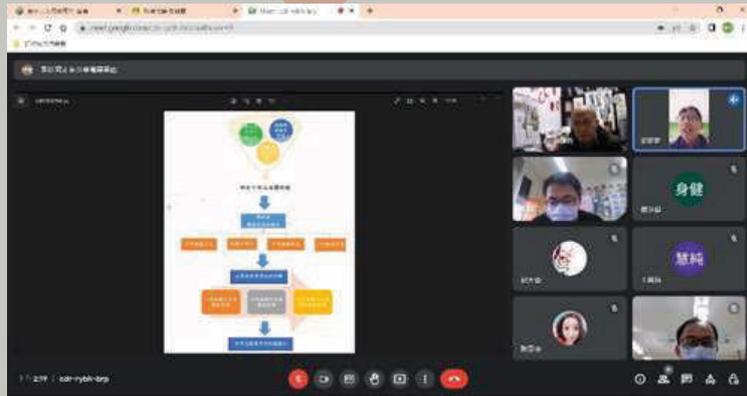
➤時間：11月24日 ➤主講人：彰師大 林建隆教授

➤講題：從生活體驗營遷移到科學研究



教師研習2

- 時間：12月29日 ➤主講人：彰師大 林建隆教授
- 講題：科展之注意事項



跨校聯盟

- 天下跨校跨領域團隊
- 南投原鄉共備社群
- 國際化交流社群

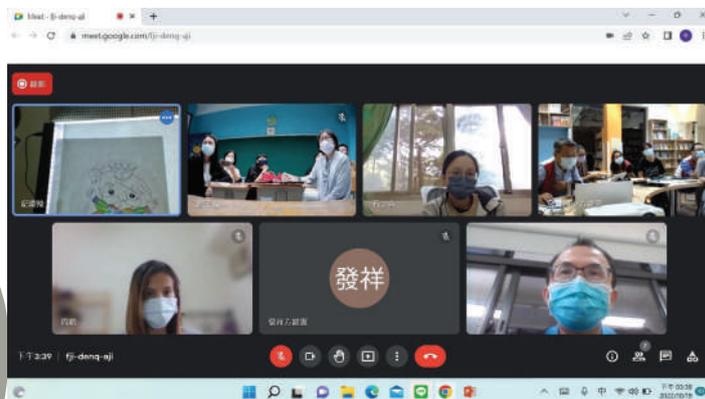
天下跨校跨領域團隊

與惠文高中、東光國小、龍港國小組成跨領域團隊，召開12次視訊會議，共計69人次參加。開發自然科學主軸跨領域課程。



南投原鄉「共同備課」社群

10/19、11/30 進行兩次自然領域共同備課，參與老師共20人次。針對教學內容及學習單交流



國際化交流社群1

與惠文高中、東光國小及印度 Mount Abu Public School 成立國際化交流社群，分享特色課程。9/2進行視訊。



國際化交流社群2

以What'sApp成立群組，包括印度 Mount Abu Public School 教師，共有9位成員。分享STEAM課程





**THANK
YOU**

感謝大家聆聽！
歡迎提出問題討論



共好力量大！

發展 **STEAM** 課程提升國小生**科學探究能力**
並推展**國際化**以製作音高精確的笛子為例



龍海科教團隊

報告大綱

01

科教團隊及
專業對談

03

STEAM
課程發展

05

跨校聯盟

02

製作音高精確
的笛子變因探
討

04

辦理觀摩研
習，推廣教
育成效

籌組科教團隊及專業對談

- 已籌組**科教專案小組**，成員共**11校22人**，並商請**彰師大**、**清華大學**、**逢甲大學**、**暨南大學**及**勤益科大**教授諮詢。
- 召開**47次**專業對談，共有**260人次**參加。



製作音高精確的笛子變因探討

1. 吸管打洞對音高的影響
2. 不同孔徑對音高的影響
3. 塞入長度對音高的影響
4. 不同塞子對音高的影響
5. 孔徑微調對音高的影響

自變項

1. 吸管打洞
2. 不同孔徑
3. 塞入長度
4. 不同塞子
5. 孔徑微調

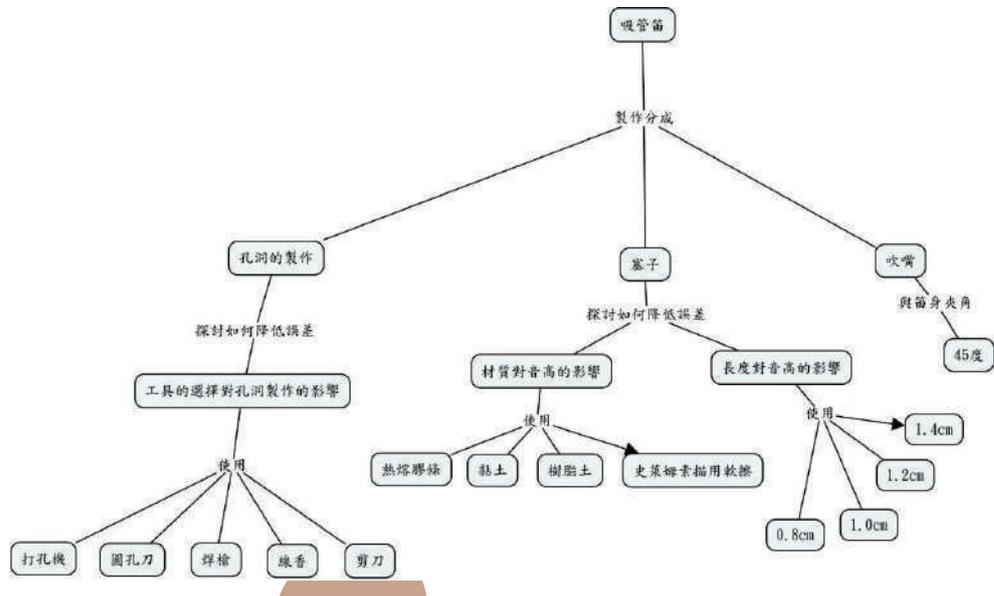
依變項

1. 音高

製作音高精確的笛子

抽象概念具體化

STEAM 課程發展



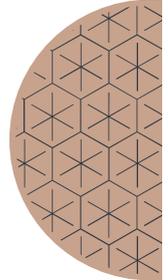
STEAM教學設計理念

「**跨科專題課程**」，這樣的課程能**培養孩子帶得走的能力**。本教學採**引導式探究教學模式**，讓孩子們自我建構知識理論，培養自主學習與問題解決能力。由製作過程中，了解**發聲原理** (科學)、製作**水管打擊樂器** (技術)、**繪畫構造圖** (工程)、**長度的計算** (數學)到最後學生的**創意設計** (藝術)，將STEAM教育的精神融入其中。

STEAM

STEAM 的課程設計

請觀察下述圖片，進行STEAM課程設計，請規劃。



課程內容是否涵蓋
了STEAM教育的
內容



科學教育：
• 聲音的高低



工程教育：
• 研究吸管的打洞方式
• 孔徑微調的方式



技術教育：
• 學習科技工具—手機
APP的使用
• 加工方式



藝術教育：
• 造型設計（形象、
形狀、形體）



數學教育：
• 打孔機孔徑測量

S T E A M 課程設計分工 (科學營)

	縣市	校名	姓名	專長
變因探討	台中	龍海	紀慶隆	自然
	台中	龍海	陳曼瑩	英語
	台中	龍海	李義評	自然
概念具體化	新北	達觀	廖庭農	科教
製作音高精確的 笛子的教案	台中	龍海	郭世育	自然
	台中	龍海	陳柔萍	社會
環保素材上運用 禪繞畫教案	台中	龍泉	王雅玲	藝文
	台中	惠文	陳念儀	藝文
學習成效分析	彰化	大同	林家君	社會
	彰化	伸仁	吳守仁	自然

S T E A M 課程設計分工 (推廣型)



STEAM 課程設計分工 (推廣型)



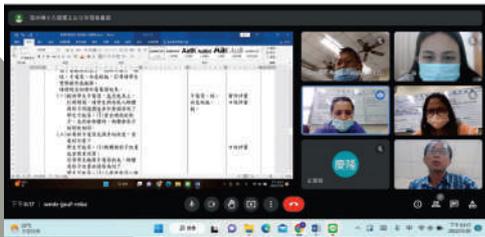
辦理觀摩研習，推廣教育成效

- 辦理校內**教學觀摩**，提升教師專業成長。
花蓮、台南、南投教學觀摩**4場次**、**213人次**。
- 配合教育局辦理市內**教師研習**，並分享研究成果。
配合教育局、教育部、彰師大、暨大、大肚國小、
聯發科、天下雜誌辦理教師研習**11場次**、**517人次**。



觀摩研習 1

- 12/7到**南投發祥**，擔任泰雅族三校**自然共備觀議課**講師。參與師生**38**人次。



觀摩研習 2

- 3/4**台南金城**，擔任自然公開課講師，**106**位老師與家長進行現場觀課。





觀摩研習 3

- 4/26到**南投發祥**，擔任泰雅族三校**自然共備觀議課**講師。參與師生**24**人次。



觀摩研習 4

- 5/6**花蓮慈濟**，擔任自然公開課講師，**45**位老師與師培生進行現場觀課。



教師研習 1

- 10/5，擔任教育局主辦研習講師，講題：「STEAM 課程實作-以水管打擊樂器為例」，參加老師9位。



教師研習 2

- 10/12，擔任教育局主辦研習講師，講題：「如何設計特色課程以南投原鄉學校為例」，參加老師12位。



教師研習 3



- 11/17，擔任教育局主辦研習講師，講題：活化教學的五部曲-以自然領域為例」，參加老師22位。



教師研習 4



- 8/15-8/17擔任教育部「教學基地學校共同備課研習」自然分組講師，38位教師參加。



教師研習 5



- 2/1-2/3擔任教育部「教學基地學校共同備課研習」自然分組講師。部長親自參與教學，89位教師參加。



教師研習 6



- 5/2 團隊到彰師大科學教育研究所分享，以「共好社群-師生偏鄉齊步走」為題，與14位研究生及教授交流。



教師研習 7



- 與彰師大科教中心合作，將分享一系列探究與實作研習。
5/17以「STEAM課程實作」為題。與16位中部老師交流。



教師研習 8



- 擔任暨大USR計畫「力發線三校策略聯盟自然教學專業成長研習」講師，與27位老師交流。



教師研習 9



- 團隊5/1到**大肚國小**分享「**STEAM動手玩科學**」，共30位家長、5位老師參加。



教師研習 10



- 受**聯發科會**邀請，到台大以「**共好-跨校經驗分享**」與來自全國51位老師進行交流。並準備**材料包**、**說明書**及**影片**，科教成果扎根各地。



教師研習 11

- 6/28，受天下雜誌邀請，到台北總部攝影室，與全國教師204位在 YouTube 頻道進行線上直播，分享教案。



跨校聯盟 1

- 辦理STEAM科學實作營，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。
龍海、沙鹿、龍泉三場笛子STEAM科學營
中教大、靜宜師培班二場笛子STEAM課程
- 十校合作成立跨校跨領域科學實作社群，共同備課、觀課、議課。

成立科展社群、科教社群、微笑台灣社群、邀請彰師大教授指導。

跨校聯盟 2



- 學生操弄實驗變因進行科學闖關。
到**科博館**擺攤、**家長學生**一起闖關。
- 將STEAM成果與國際夥伴學校分享。
與印度**Mount Abu Public School**分享STEAM成果。



跨校聯盟 笛子STEAM科學營

- 團隊開發「**音高精確的笛子**」課程，假**龍海**國小於4/12及4/26辦STEAM科學營，共30名學生、4名教師參加。





笛子STEAM科學營 2

- 開發「音高精確的笛子」STEAM課程，5/20沙鹿國小推廣，共32名學生、7名教師參加。



笛子STEAM科學營 3

- 6/3，到龍泉國小以「音高精確的笛子」進行科學實作，共36名學生、4名教師參加。





笛子STEAM科學營成果

教學省思

這次的科學營課程經過上次龍海場次之後做了**微幅調整**。考慮到學生在實驗過程中製作直笛時，操作工具和測量需要花費較多時間，以確保直笛能夠有效使用，因此**探究過程調整為三個控制變因**來完成實驗。學生很快融入**討論**，並能夠對實驗**提出自己的見解**，整體操作上更順暢。學生能順利將實驗完成，並**提出符合預測的結論**。



笛子STEAM科學營成果

沙鹿學童在製作音高精確笛子的前後測分析

班級	個數	平均數	標準差	t 值	顯著性
參加計畫	31	前測 5.42	前測 1.58		
一班		後測 6.42	後測 1.24	*0.01	<0.05

由上述資料得知，在**前測與後測成績之差**，**達顯著差異**（ $t= 0.01$ ， $P<.05$ ），表示學生在後測的表現優於前測。因此診斷教學對於學生在學習並有顯著提昇效果。

笛子STEAM課程 1

- 經由沙鹿科學營，陳勇男校長發現「音高精確的笛子」課程，並於5/30推廣到臺中教育大學，學生習得如何自製樂器。參與學生30位。



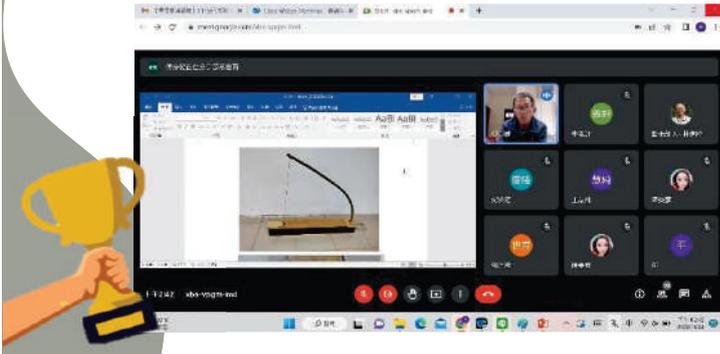
笛子STEAM課程 2

- 6/7靜宜大學師培中心，分享「STEAM課程實作-自製吸管直笛」，參與學生35位，師培生從操作中瞭解STEAM課程如何設計。



科展社群

- 邀請彰師大 林建隆教授9/22、11/24、12/29、3/2指導，參加師共8名。邀請南投力行國小教師共同成長。力行科展獲南投第一名，進軍全國。



科教社群

- 邀請彰師大 林淑楞所長6/7到校與社群分享，以「探究生活事物提升科學素養」為題，進行科學探究，老師從操作中體驗科學。



微笑台灣社群 微笑台灣 創意教案

- 四校組成團隊，召開12次視訊。開發跨領域課程。參加2022微笑臺灣創意教案比賽，全國140件作品，榮獲第一名「評審團大獎」。國教署長頒獎。



Science 科學闖關

- 4/29科博館設攤，由7位學生擔任關主，指導來賓自製直笛，發現生活中的科學。



國際夥伴學校

- 與惠文高中、東光國小及印度Mount Abu Public School 成立國際化交流社群，分享特色課程。



Thank
You

感謝大家聆聽！
歡迎提出問題討論！

共好力量大！



STEAM



110 學年度臺中市中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：製作音高精確的笛子

關 鍵 詞：空氣柱、頻率、吸管

編 號：



目次

摘要	1
壹、研究動機	1
貳、資料收集與文獻閱讀	1
參、研究目的與問題	4
肆、研究設備及器材	4
伍、研究過程或方法	5
陸、研究結果	8
研究一:吸管打洞的研發	5
研究二:吸管打洞改良對音高的影響	9
研究三:不同孔徑對音高的影響	15
研究四:塞子塞入吸管長度對音高的影響	19
研究五:塞子材料不同之改良	22
柒、結論	23
捌、參考資料	23

製作音高精確的笛子

摘要

生活取材的自製樂器，具有輕巧、容易製作、及成本需銅板價等優點，但有一個共通的缺點，就是音高的精確度需提升。針對此缺失如何改善，實驗先從自製直笛著手，並取用音樂課直笛作比對，找出可能影響音高精確性的因子。透過吸管打洞的研發、吸管打洞改良、不同孔徑、塞子材質及位置、孔徑微調。透過控制以上因子，製作出一支音高精確的直笛。

壹、研究動機

學校發展自製樂器已發展出奧利多笛、吸管排笛、吸管直笛、薄膜振動多多笛及吐良。運用空氣柱長短變化造成音高改變能吹出一首歌。但發現有個共通的缺點:演奏時音高精確度有待加強，如何將變因微調，找出能製作出音高精確的笛子是此次研究的目的。

貳、資料收集與文獻閱讀

一、奧利多排笛[1]

照 片		
說 明	奧利多瓶空氣柱高與頻率的關係，兩次實驗有很高的重複性 且頻率範圍有兩個八度音，適合做簡易排笛	
變 因	1.不同口徑容器的影響	2.吸管粗細的影響
	3.吸管切口方式的影響	4.吸管長度的影響
	5.吸管挖洞的影響	6.吸管與容器角度的影響
	7.吸管與容器距離的影響	8.容器材質的影響
	9.容器高低的影響	10.氣體體積的影響
	11.氣體高度的影響	12.奧利多瓶頻率曲線研究
	13. 製作奧利多空氣柱高與音名對照表	

二、薄膜振動吸管笛[2]

照片		
說明	<p>將學生含氣漱口杯鑽孔，放入已打孔的珍珠奶茶吸管，並用熱融膠固定，上方再加入氣球做為振動膜。</p>	
變因	1.不同杯子大小（高度）的影響	2.不同杯子材質的影響
	3.內杯伸出尺寸的影響	4.不同吹孔大小的影響
	5.不同吹孔距離的影響	6.不同膠帶寬度的影響
	7.不同膠帶材質的影響	8.不同外膜材質的影響
	9.不同外膜張力變化的影響	

三、吐良[3]

照片		
說明	<p>雲南景頗族的吹奏樂器。將竹子挖空，中央開一吹孔。無其他按音孔。利用吹氣的緩急和左右手開閉的不同配合，吹出不同的音高。</p>	
變因	1.找出適合大小的管徑	2.比較口吹與吸管吹的差異
	3.短管長度對音高的影響	4.吹孔位置對音高的影響
	5.吹孔位置對音高的影響	6.不同吐良與指法吹奏頻率

四、空氣柱：

音調是由發音體振動的頻率決定的，發音體每秒的振動頻率愈大，發音的音調愈高。空氣柱振動發聲→空氣柱愈長，波長愈大，頻率愈小，音調愈低；空氣柱愈短，波長愈短，頻率愈大，音調愈高。

五、頻率音名唱名對照表：

唱名	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
音名	C2	D2	E2	F2	G2	A2	B2
頻率 Hz	65.4	73.4	82.4	87.3	98.0	110.0	123.5
音名	C3	D3	E3	F3	G3	A3	B3
頻率 Hz	130.8	146.8	164.8	174.6	196.0	220.0	246.9
音名	C4	D4	E4	F4	G4	A4	B4
頻率 Hz	261.6	293.6	329.6	349.2	392.0	440.0	493.9
音名	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5
頻率 Hz	523.2	587.3	659.3	698.5	784.0	880.0	987.8

參、研究目的與問題:

本研究之目的透過吸管材質、孔徑大小、塞子材質及位置、孔徑微調，來分析自製直笛使聲音產生了什麼變化，並藉操作變因進一步探討影響直笛聲音微調的因素，最後找出製作因高準確笛子的操作模組。研究問題如下：

- 一、吸管打洞的研發。
- 二、吸管打洞改良對音高的影響？
- 三、不同孔徑對音高的影響？
- 四、塞子塞入吸管長度對音高的影響？
- 五、不同塞子對音高的影響？
- 六、孔徑微調對音高的影響？

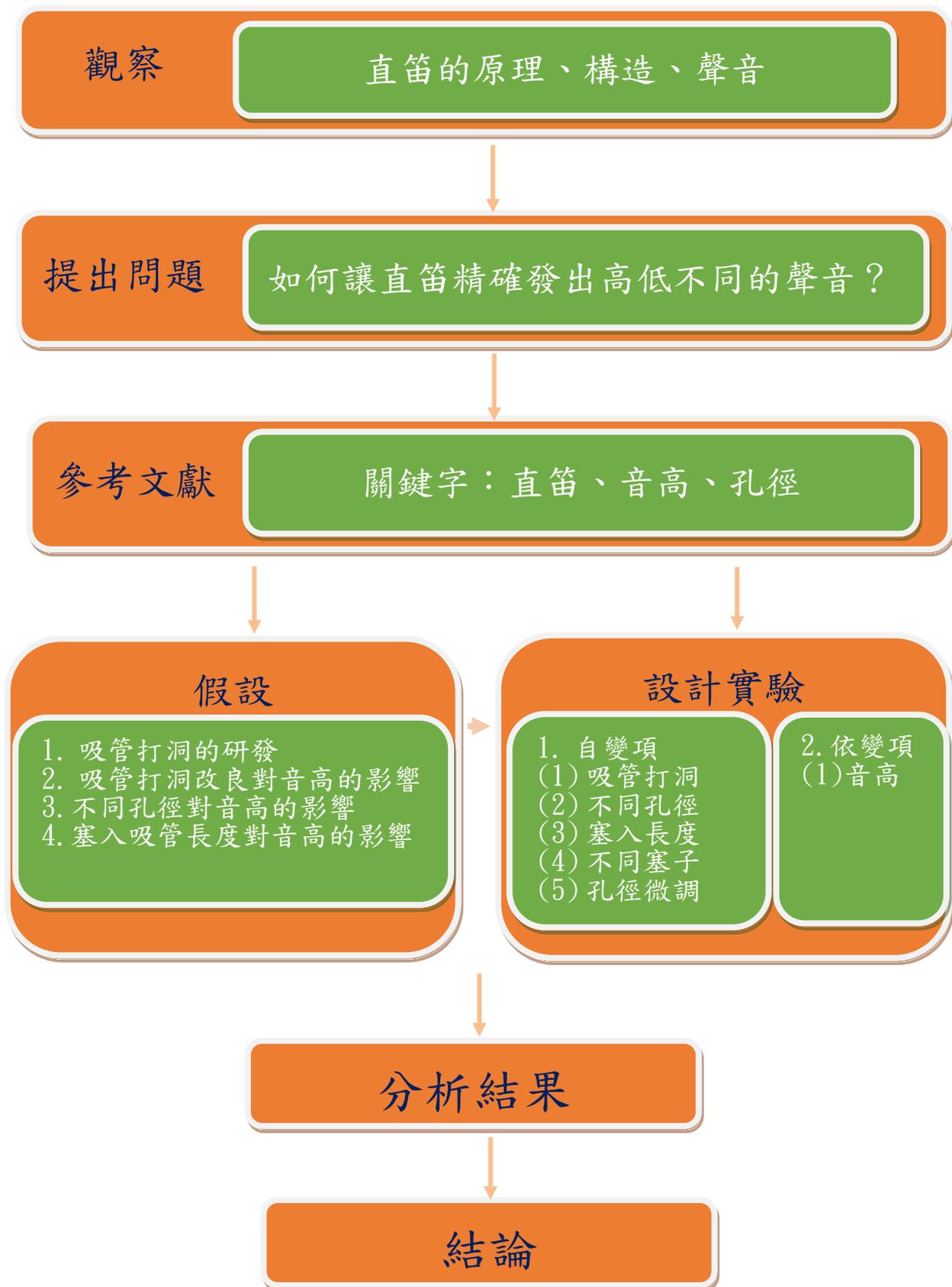
肆、研究設備及器材:

研究器材

1. 打洞機	2. 桌上型鑽床	3. 鑽頭
4. A4 影印紙	5. 照相機	6. 吸管
7. 水管	8. 線香	9. 熱融膠槍
10. 直尺	11 錐形烙鐵	12. 圓孔刀
13. 麥克筆	14. 剪刀	15. 手機
16. 電腦	17. App(量測頻率)	

伍、研究過程或方法：

一、研究過程：



二、吸管直笛製作方法：

		
<p>1. 去掉吸管尖端，將吸管裁切成 20 公分</p>	<p>2. 先將吸管一側壓出痕跡，再用尺、簽字筆在距尾端 2、4、6、8、10、17 公分以及下側 5 公分處做記號</p>	<p>3. 依序用打洞機在記號處打洞</p>
		
<p>4. 將 3 公分的熱熔膠條，塞 1 公分進吸管的前端</p>	<p>5. 將鐵絲纏繞在熱熔膠上，固定小吸管(吹嘴)的角度為 45 度</p>	<p>6. 測試有無聲音(調整)</p>

陸、研究結果:

研究一: 吸管打洞的研發

實驗一: 打洞機打洞運用探究

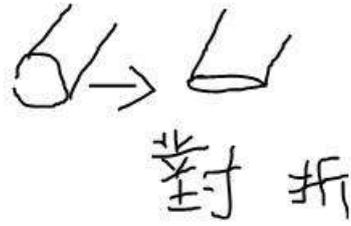
甲、材料: 打洞機、吸管、麥克筆

乙、製作過程

1. 先用麥克筆在吸管上標示出打洞位置，作記號。
2. 把吸管從側邊對折，放入打洞機中，打洞機翻面，吸管放入位置須出現半圓，看好位置打洞一半，展開後變一個洞。
3. 打洞機在吸管打洞後，吸管取出。

丙、結果討論

1. 優點: 洞周圍邊緣整齊、表面平整，也不會有毛邊和變形的狀況，洞的大小比較好控制。
2. 缺點: 需折笛身、打出的洞可能會歪。



實驗二: 圓孔刀打洞運用探究

甲、材料: 圓孔刀、吸管

乙、製作過程

1. 先用麥克筆在吸管上標示打孔位置。
2. 用圓孔刀戳進去，先在吸管上鑽一個小洞，再把洞慢慢擴大，待圓孔端刀尖端碰到另一邊時停止。

丙、結果討論

1. 優點: 洞最小。
2. 缺點: 難穿、洞周圍邊緣有毛邊及變形，表面塑膠會凹下去，而且孔徑大小不一造成不圓。



實驗三: 剪刀打洞運用探究

甲、材料: 剪刀、吸管

乙、製作過程

1. 先用麥克筆在吸管上標示打孔位置。
2. 將吸管對折，先剪開小洞後，剪刀尖端插入轉圈到達孔徑時停止。

丙、結果討論

1. 優點: 耗時不久，切口平整。
2. 缺點: 表面不平整，且不是圓形。



實驗四:焊槍打洞運用探究

甲、材料:焊槍、吸管

乙、製作過程

- 1.先用麥克筆在吸管上標示打孔位置。
- 2.焊槍插電預熱後，用焊槍直接戳進打孔位置，到達孔徑時停止。

丙、結果討論

- 1.優點：穿洞快
- 2.缺點：使笛身不平整、有臭味，洞周圍邊緣有融化現象，產生毛邊，燒出的圓會橢圓，孔徑大小不一。



實驗五:線香打洞運用探究

甲、材料:線香、吸管

乙、製作過程

- 1.先用麥克筆在吸管上做記號。
- 2.線香點燃後，在吸管表面燒一個洞，到達孔徑後停止。

丙、結果討論

- 1.優點:操作容易。
- 2.缺點:洞周圍邊緣有燒焦現象會變黑，產生毛邊翹曲，燒出的圓會變形且不平整，洞大小不一。



研究一:吸管打洞的研發結論

剪刀、圓孔刀會損壞笛身，且洞口不圓，所以不適合打洞，而焊槍及線香則是會使笛身不平整，所以不適合，因為穿出的洞不平整可能會影響音準，所以後續實驗選擇打洞機，因打出的洞很圓、平整。

研究二:吸管打洞改良對音高的影響

實驗一:打洞機上用麥克筆畫記號音高探究

甲、材料:粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、打洞機、IPAD、測試軟體(Tuner T1)

乙、改良過程

在打洞機上用奇異筆畫記號,再讓吸管依記號裁切打洞。最下面那條線用來對準吸管上奇異筆的標記(圓心),左右兩條線用來對準要打孔的一半

丙、實驗結果

未改良版及改良版各做3隻直笛,共6隻直笛。實驗時,每隻直笛各吹三次,實驗結果如下表所示:

表 1:未用麥克筆畫記號吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1764.4	1712.8	1776.8	1751.3
B	1742.6	1743.5	1766.0	1750.7
C	1700.5	1745.9	1741.1	1729.2

差距: $1751.3 - 1729.2 = 22.1\text{Hz}$

表 2:用麥克筆畫記號吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1766.8	1767.1	1763.5	1765.8
B	1767.0	1765.4	1765.5	1766.0
C	1767.1	1765.3	1766.4	1766.3

差距: $1766.3 - 1765.8 = 0.5\text{Hz}$

丁、討論

可從兩面向進行分析:

1. 未用麥克筆頻率差距為 22.2Hz, 當改為用麥克筆頻率差距縮小為 0.5Hz 越小, 改良過的吸管笛音高較為準確
2. 也發現改良過的洞口大小較為相近。

依據討論結果得知, 可以用打洞機加上麥克筆畫記號將吸管進行打洞。直笛音高較為精確。



實驗二:先戳孔再打洞音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、打洞機、IPAD、測試軟體(Tuner T1)

乙、改良過程

先打出小洞，定位圓心位置，再用打洞機打出一個比較大的洞。

丙、實驗結果

未改良版及改良版各做 3 隻直笛，共 6 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹三次，實驗結果如下表所示:

表 3:直接打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1777.6	1756.6	1743.3	1759.2
B	1764.8	1698.8	1796.4	1753.3
C	1756.0	1745.3	1769.7	1757.0

差距: $1759.2 - 1753.3 = 5.9\text{Hz}$

表 4:先戳孔再打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1765.3	1766.1	1765.5	1765.6
B	1764.9	1765.4	1765.6	1765.3
C	1765.6	1766.5	1766.4	1766.2

差距: $1766.2 - 1765.3 = 0.9\text{Hz}$

丁、討論

直接打洞頻率差距為 5.9Hz，當改為先戳孔再打洞頻率差距縮小為 0.9Hz，改良過的吸管笛音高較為精確



實驗三:先畫圓心再打洞音高探究

甲、材料:打洞機、吸管、麥克筆、手機、App

乙、改良過程

先量出圓的直徑，再取半徑，可以求出圓心的位置，再用打洞機打洞。

丙、實驗結果

未改良版及改良版各做3隻直笛，共6隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹三次，實驗結果如下表所示：

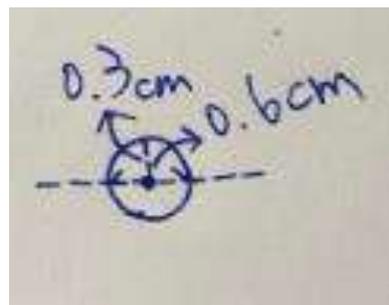


表 5:直接打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1733.4	1730.2	1732.5	1732.0
B	1736.6	1732.7	1735.0	1734.7
C	1734.1	1727.0	1735.2	1732.1

差距: $1734.7 - 1732.0 = 2.7\text{Hz}$

表 6: 先畫圓心再打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1716.7	1742.1	1735.9	1731.5
B	1730.2	1724.9	1735.8	1730.3
C	1728.7	1720.0	1738.2	1728.9

差距: $1731.5 - 1728.9 = 1.2\text{Hz}$

丁、討論

直接打洞頻率差距為 2.7Hz，當改為先畫圓心再打洞頻率差距縮小為 1.2Hz，先畫圓心再打洞的吸管笛音高較為精確

實驗四:先用尺畫半圓再打洞音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、打洞機、IPAD、測試軟體(Tuner T1)

乙、改良過程

從尺上的圓形記號，畫出半圓，再用打洞機進行打孔。

丙、實驗結果

未改良版及改良版各做 3 隻直笛，共 6 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹三次，實驗結果如下表所示：

表 7:直接打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	3046.9	3174.0	3122.2	3114.4
B	1906.8	1834.3	1913.7	1885.0
C	1723.1	1874.9	1822.2	1806.7

差距: $3114.4 - 1806.7 = 1307.7\text{Hz}$

表 8:先用尺畫半圓再打洞吸管笛音高測量

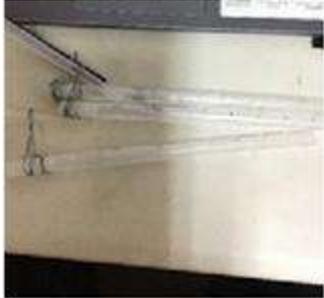
次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	3000.3	3042.0	3079.4	3040.6
B	3047.3	3009.1	3009.5	3022.0
C	3009.5	3013.7	3038.6	3020.6

差距: $3040.6 - 3020.6 = 20.0\text{Hz}$

丁、討論

直接打洞頻率差距為 1307.7Hz，當改為先用尺畫半圓再打洞頻率差距縮小為 20.0Hz，改良過的吸管笛音高較平均，也較精準。

直接打洞及先用尺畫半圓再打洞製作出的吸管直笛如下所示

直接打洞	先用尺畫半圓再打洞
	



實驗五:先畫半徑再打洞音高探究

甲、材料：粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、打洞機、IPAD、測試軟體(Tuner T1)

乙、改良過程

先量取打洞機圓孔的直徑，然後畫半徑在吸管的 2 公分處，接著按照所畫的線段來打洞。

丙、實驗結果

未改良版及改良版各做 3 隻直笛，共 6 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹三次，實驗結果如下表所示：

表 9:直接打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1710.2	1716.3	1725.3	1717.3
B	1713.2	1708.6	1716.2	1712.6
C	1699.8	1687.3	1690.7	1692.6

差距： $1717.3-1692.6=24.7\text{Hz}$

表 10:先畫半徑再打洞吸管笛音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1723.2	1724.9	1719.3	1722.5
B	1726.3	1720.5	1722.9	1723.3
C	1724.0	1725.6	1719.6	1722.1

差距： $1723.3-1722.1=1.2\text{Hz}$

丁、討論

直接打洞頻率差距為 24.7Hz，當改為先畫半徑再打洞頻率差距縮小為 1.2Hz，經過改良後的笛音較為精確，所以這個改良方法有效。



研究二:吸管打洞改良對音高的影響結論

將實驗一到實驗五實驗結果彙整如下:

表 11: 吸管打洞改良對音高的影響

	製作步驟	誤差
打洞機上用麥克筆畫記號	1.對準後直接打洞	0.5Hz
先戳孔再打洞	1.戳孔 2.打洞	0.9Hz
先畫圓心再打洞	1.畫圓心 2.打洞	1.2Hz
先用尺畫半圓再打洞	1.畫半圓 2.打洞	20.0Hz
先畫半徑再打洞	1.畫半徑 2.打洞	1.2Hz

發現「打洞機上用麥克筆畫記號」製作步驟最簡單，而且誤差量最小。後續實驗將採用「打洞機上用麥克筆畫記號」進行吸管打洞。

研究三:不同孔徑對音高的影響

實驗一:孔徑 5.5mm 打孔機音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、5.5mm 打孔機、ipad、測試軟體(Tuner T1)



乙、製作過程

用 5.5mm 的打孔機在吸管上打洞，做 3 支吸管笛後吹奏量測音高數值，並記錄下來。

丙、實驗結果

使用 5.5mm 的打孔機在吸管上打洞做 3 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹 3 次，實驗結果如下表所示：

表 12: 孔徑 5.5mm 打孔機音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1793.0	1776.2	1768.4	1779.2
B	1756.8	1778.6	1748.6	1761.3
C	1763.1	1790.9	1810.3	1788.1

差距: $1788.1 - 1761.3 = 26.8\text{Hz}$

丁、討論

由孔徑 5.5mm 打孔機打洞 3 隻吸管笛音高最大頻率與音高最小頻率差距為 26.8Hz。

實驗二:孔徑 6.0mm 打孔機音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、6.0mm 打孔機、ipad、測試軟體(Tuner T1)

乙、製作過程

用 6.0mm 的打孔機在吸管上打洞，做 3 支吸管笛後吹奏量測音高數值，並記錄下來。

丙、實驗結果

使用 6.0mm 的打孔機在吸管上打洞做 3 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹 3 次，實驗結果如下表所示:

表 13 孔徑 6.0mm 打孔機音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1736.1	1743.9	1748.4	1742.8
B	1754.4	1735.7	1746.2	1745.4
C	1751.8	1779.1	1768.0	1776.3

差距: $1776.3 - 1742.8 = 33.5\text{Hz}$

丁、討論

由孔徑 6.0mm 打孔機打洞 3 隻吸管笛音高最大頻率與音高最小頻率差距為 33.5Hz。



實驗三:孔徑 6.4mm(1/4inch)打孔機音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、6.4mm(1/4inch)打孔機、ipad、測試軟體(Tuner T1)

乙、製作過程

用 6.4mm(1/4inch)的打孔機在吸管上打洞,做 3 支吸管笛後吹奏量測音高變化。

丙、實驗結果

使用 6.4mm(1/4inch)的打孔機在吸管上打洞做 3 隻直笛。實驗時,每隻直笛各吹 3 次,實驗結果如下表所示:

表 14: 孔徑 6.4mm(1/4inch)打孔機音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1761.5	1721.5	1771.2	1751.4
B	1754.9	1769.1	1715.2	1746.4
C	1780.9	1760.0	1785.7	1775.5

差距: $1775.5 - 1746.4 = 29.1\text{Hz}$

丁、討論

由孔徑 6.4mm(1/4inch)打孔機打洞 3 隻吸管笛音高最大頻率與音高最小頻率差距為 29.1Hz。



實驗四:孔徑 7.0mm 打孔機音高探究

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、7.0mm 打孔機、ipad、測試軟體(Tuner T1)



乙、製作過程

用 7.0mm 的打孔機在吸管上打洞，做 3 支吸管笛後吹奏量測音高數值，並記錄下來。

丙、實驗結果

使用 7.0mm 的打孔機在吸管上打洞做 3 隻直笛。實驗時，每隻直笛各吹 3 次，實驗結果如下表所示：

表 15 孔徑 7.0mm 打孔機音高測量

次數 編號	1	2	3	平均(Hz)
A	1819.2	1864.5	1848.2	1844.0
B	1845.2	1860.8	1849.1	1851.7
C	1850.5	1843.9	1862.7	1852.3

差距: $1852.3 - 1819.2 = 33.1$ Hz

丁、討論

由孔徑 7.0mm 打孔機打洞 3 隻吸管笛音高最大頻率與音高最小頻率差距為 33.5Hz。

研究三:不同孔徑對音高的影響結論

將實驗一到實驗四實驗結果彙整如下:

表 16:不同孔徑對音高的影響

孔徑	誤差	選擇排序
孔徑 5.5mm 打孔機	26.8Hz	2
孔徑 6.0mm 打孔機	33.5Hz	4
孔徑 6.4mm(1/4inch)打孔機	29.1Hz	3
孔徑 7.0mm 打孔機	8.3Hz	1

依據上表，以誤差進行分析結果，可以分為兩大群。第一大群為 5.5-6.4mm，誤差值在 26.8Hz 以上。第二大群為孔徑 7.0mm 打孔機，誤差值減為 8.3Hz。由此推知，孔徑較大，人為操作誤差影響較小，後續實驗以孔徑 7.0mm 打孔機進行製作。

研究四：塞子塞入吸管長度對音高的影響

甲、材料：粗、細吸管、鐵絲、熱熔膠條、7.0mm 打孔機、ipad、測試軟體(Tuner T1)

乙、製作過程

1. 用 7cm 的打孔機在吸管上打洞。
2. 再分別把塞子塞入 0.8cm、1cm、1.2cm、1.4cm。
3. 最後使用測量軟體(Tuner T1)測量音高。



丙、實驗結果

再分別把塞子塞入 0.8cm、1cm、1.2cm、1.4cm 分別做三支吸管笛。再使用 7.0mm 的打孔機在吸管上打洞。實驗時，每隻直笛各吹 3 次，實驗結果如下表所示：

表 17 塞子塞入吸管長度 0.8cm 音高測量

實驗次數	頻率值(Hz)
第一次	1784.0
第二次	1777.3
第三次	1775.4
平均	1778.9

差距：1784.0-1775.4=8.6

表 18 塞子塞入吸管長度 1cm 音高測量

實驗次數	頻率值(Hz)
第一次	1844.0
第二次	1851.7
第三次	1852.3
平均	1849.3

差距：1852.3-1844.0=8.3

表 19 塞子塞入吸管長度 1.2cm 音高測量

實驗次數	頻率值(Hz)
第一次	1754.7
第二次	1781.4
第三次	1780.6
平均	1772.2

差距: $1781.4 - 1754.7 = 26.7$

表 20 塞子塞入吸管長度 1.4cm 音高測量

實驗次數	頻率值(Hz)
第一次	1864.8
第二次	1821.9
第三次	1851.6
平均	1846.1

差距: $1864.8 - 1821.9 = 42.9$

研究四：塞子塞入吸管長度對音高的影響結論

將實驗結果彙整如下：

表 21: 吸管打洞改良對音高的影響

塞子塞入吸管長度	誤差
0.8cm	8.6Hz
1.0cm	8.3Hz
1.2cm	26.7Hz
1.4cm	42.9Hz

由上述的表格中，發現吸管中熱熔膠條塞進 1 公分測出的音高較為準確，所以往後就將塞子塞入吸管中 1 公分的位置，來進行實驗。



研究五:塞子材料不同之改良

甲、材料: 粗、細吸管、鐵絲、打洞機(7 公分)、黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦、尺、剪刀、奇異筆、IPAD、測試軟體(Tuner T1)

乙、製作過程

- 1.用 7cm 的打孔機(從上個實驗中得知 7 公分音準誤差最小)在吸管上打洞。
- 2.先用三公分的粗吸管定型。
3. 再把不同的塞子(黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦)塞 1cm。
4. 最後使用測量軟體(Tuner T1)測量音準。



丙、實驗結果

將熱熔膠改成 1.黏土(油性)、2.紙黏土、3.輕黏土、4.樹脂土、5.史萊姆、6.素描用軟擦皆發現所用的材料太軟，所以不好凝固，之所以無法塞入吸管當中，會因鐵絲固定而變形，無法進行吹奏。

後續實驗

2.不同孔徑:用膠帶貼 1,1/4,1/2,3/4

柒、結論

1. 從吸管打洞的研發得知，比較五種打洞方法，剪刀、圓孔刀、焊槍、線香及打洞機，以打出孔做比較、得出打洞機孔較圓且邊緣平整。
2. 吸管打洞改良研究中，發現將製作過程加以細化，都能得到誤差值降低的結果。其中「打洞機上用麥克筆畫記號」製作步驟最簡單，而且誤差量最小。
3. 不同孔徑實驗發現，孔徑較大，人為操作誤差影響程度變小，選擇以孔徑 7.0mm 打孔機進行製作。
4. 塞子塞入吸管長度結果得知，有塞入長度，誤差越大趨勢，最後選塞入吸管中 1 公分的位置，進行後續實驗。
5. 吸管塞子材料共七種熱熔膠、黏土(油性)、紙黏土、輕黏土、樹脂土、史萊姆、素描用軟擦。發現因需用鐵絲綑綁，只有熱熔膠不會變形。

捌、參考文獻

- [1]陳玉珊等(民 95)。自製排笛的研究。中華民國第 46 屆中小學科學展覽會生活與應用科學科
- [2]何嫻容等(民 98)。薄膜振動吸管笛的研究。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會生活與應用科學科
- [3]陳以晴等(民 105)。單孔吹遍天下一輕鬆吹「吐良」。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會物理科
- [4]花衣魔笛手-多多笛音量與頻率研究。107 學年度臺中市中小學科學展覽會。
- [5]李義評(2016)。聲音創客運動(Maker Movement)——自製吸管笛。臺中市教育電子報。<https://epaper.tc.edu.tw/application/show-article?id=2021>