【序言】

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。各學科打破框架，群科重新排列組合的合作學習模式。STEM 素養在科學方法和設計過程中扮演「根基」角色，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。

本計畫從兩個面向著手，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，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，找出保特瓶打擊樂器之變因。第二面向則為將藝術融入 STEM，使學生運用保特瓶打擊樂器變因，設計、製作保特瓶打擊樂器的依據，透過科學探索課程及創意思考引導，讓學生自造出保特瓶打擊樂器。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。

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，再提出解決辦法，修正計畫，再繼續行動、觀察、檢討。此次的研究主要以 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，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，再透過教學、研究與觀察，反覆實施才能完成。

這一次科學研究整合諸多專業人員的努力與協助。感謝教育部國民及學前教育署「中小學科學教育計畫」經費補助；感謝參與專案小組的成員，除龍海國小科學教育團隊，並跨縣市邀請外校國中、國小教師共 19 名，合力研究；並感謝彰師大林建隆教授、彰師大秦爾聰教授、彰師大溫媺純教授、彰師大林淑楞教授、清華大學施惠教授、林文虎理事長、逢甲大學林泰生教授、勤益科大吳友烈教授、暨南大學馮丰儀教授、永安國小李永烈校長、龍山國小吳長益校長及龍泉國小陳勇男校長，提供專業協助，及聯發科技教育基金會的經費挹注。生活是科學，科學更要生活化，並發現融入美學的科學學習也可以這麼有趣、這麼生活化！

臺中市龍井區龍海國民小學

校長 陳克韋　謹識

中　華　民　國　一　一　O　年　七　月　二　十　七　日

目　　錄

教學研究團隊.....1

學科知識概念圖.....5

科教專案計畫.....9

科教專案教學設計.....23

科教專案成效分析.....61

科教專案活動照片.....87

科教專案期中報告.....99

科教專案期末報告.....117

科展報告.....141

教學研究團隊

教學研究團隊

計畫主持人

陳克韋

郭世育

李義評

協同研究人員

林克霖

紀慶隆

吳偉碩

吳函穎

趙純萍

王雅玲

陳念儀

陳柔萍

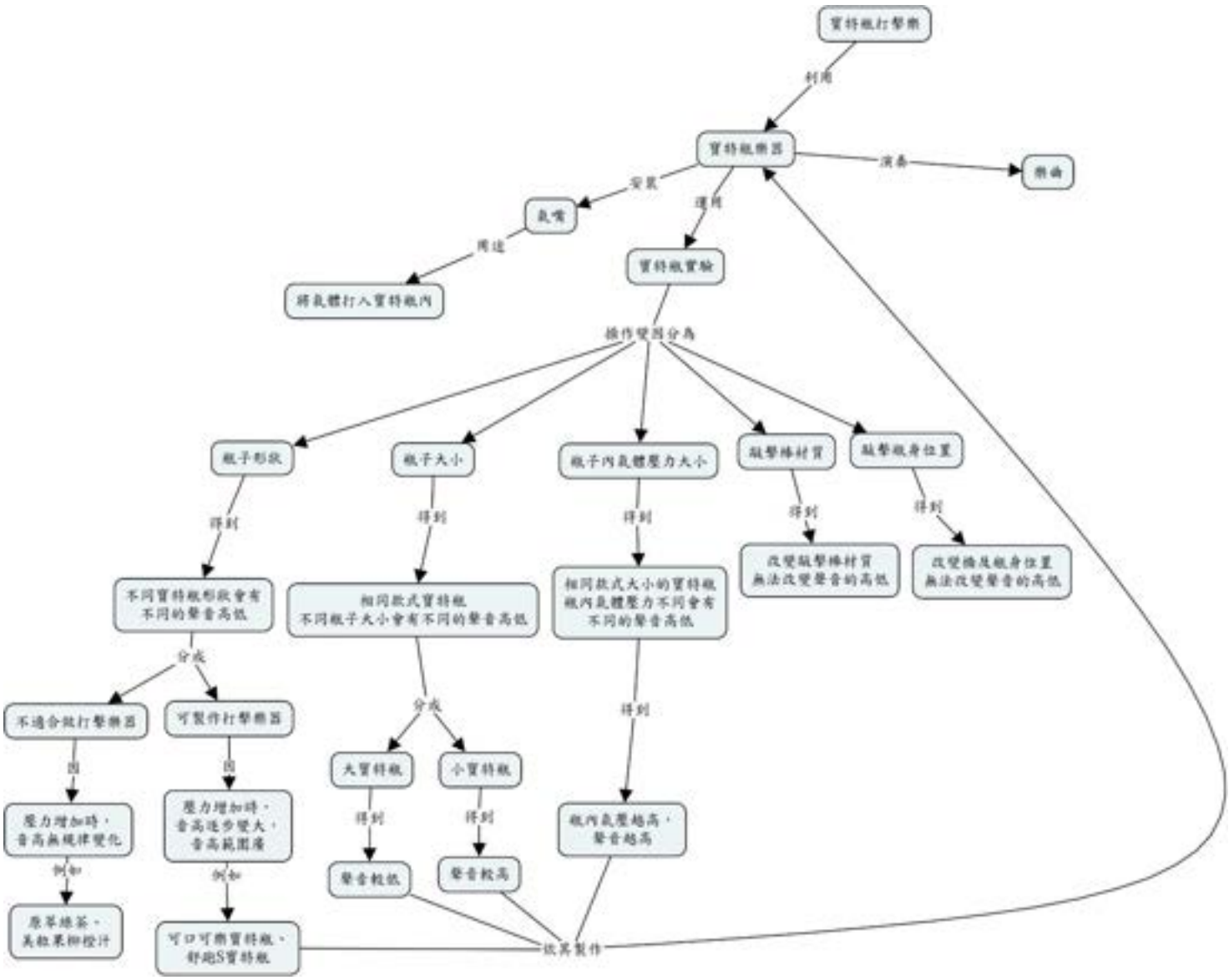
廖庭農

吳守仁

林家君

學科知識概念圖

寶特瓶樂器知識概念圖


寶特瓶打擊樂
利用
寶特瓶樂器
演奏
樂曲
安裝
氣嘴
用途
將氣體打入寶特瓶內
運用
寶特瓶實驗
操作變因分為
瓶子形狀
瓶子大小
瓶子內氣體壓力大小
敲擊棒材質
敲擊瓶身位置
得到
不同寶特瓶形狀會有
不同的聲音高低
相同款式寶特瓶
不同瓶子大小會有不同的聲音高低
相同款式大小的寶特瓶
瓶內氣體壓力不同會有
不同的聲音高低
改變敲擊棒材質
無法改變聲音的高低
改變擺放瓶身位置
無法改變聲音的高低
分成
不適合做打擊樂器
可製作打擊樂器
因
壓力增加時，
音高無規律變化
壓力增加時，
音高逐步變大，
音高範圍廣
例如
原萃綠茶、
美粒果柳橙汁
可口可樂寶特瓶、
舒跑S寶特瓶
大寶特瓶
小寶特瓶
聲音較低
聲音較高
瓶內氣壓越高，
聲音越高
成品製作

科教專案計畫

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-以回收保特瓶自製打擊樂器為例

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)，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

圖 1:STEM 素養金字塔

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）。

打擊樂器是最古老的樂器(筒井快哉，1976)，用手腳拍打身體構成最原始的節奏，後來發展出用器物敲打的打擊樂器，成為用來表達情感的工具。而從中國古代起，打擊樂器就佔有非常重要的地位。再以鼓、磬等出土樂器的考古來看，足以證明打擊樂器使用之早(許毅，2008)。有些學者認為，打擊樂器具節奏性，最宜突出節奏，可稱為節奏第一的樂器。而節奏可說是在擊樂教學中，最重要的出發點。節奏樂器最容易敲奏，能製造出清晰的節奏，各種不同樂器的音色可豐富音樂內容，所以節奏教學也是音樂教育中不可缺少的一環。因為打擊樂器最容易發出聲響，且沒有音準的困擾，能滿足孩子製造音響的慾望(秦禎，民 87)。打擊樂器可以說是最容易學習的樂器。它以敲擊、拍打、摩擦即可發出聲音。和其他樂器相比，打擊樂器在教學中讓學生按音樂本能做即興演奏，避開演奏技術的負擔、指法的困難因素(李德琳，1989)。而在奧福教學法中亦將節奏是為學習音樂的要件之一，且用各式打擊樂器作為教學方法之一。因此，擊樂教學在音樂教育上具有相當的重要性。

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。

「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

聲音教學是屬於十二年國教領綱中課題：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。經由本計畫之規劃，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)

本計畫從兩個面向著手，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 保特瓶製作流程所示，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，找出保特瓶打擊樂器之變因。第二面向則為將藝術融入 STEM，使學生運用保特瓶打擊樂器變因，設計、製作保特瓶打擊樂器的依據，透過科學探索課程及創意思考引導，讓學生自造出保特瓶打擊樂器。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。

保特瓶打擊樂使用環保回收的資源(廢材)，所需成本 0 元，且「可重新利用」等優點；能讓學生瞭解當不同氣壓、不同瓶身大小、不同飲料瓶身、打擊棒材質、敲擊位置改變時，找出可以打擊出不同音階的保特瓶樂。透過控制以上因子，發現保特瓶樂器製作方法，是一種值得推廣的教具。製作方法如下：

表 1：保特瓶打擊樂器製作流程

1.用打氣機打氣檢查氣嘴功能是否正常	2.用剪刀剪除橡皮。	3.剪成無底座氣嘴
4.在瓶蓋用原子筆標示中心點	5.用尺量測直徑，直徑為 0.7 公分。	6.用圓孔刀挖出 0.7 公分的孔。
7.用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋	8.在保特瓶中打氣	9.保特瓶止漏確認

本計畫有四個目的：

（一）探討「保特瓶打擊樂器」的科學內涵。

（二）以 STEAM 模式設計「保特瓶打擊樂器」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。

三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營課表：

	第一天、第二天	第三天、第四天
地點	龍海、快官國民小學	龍泉國民小學
時間	活動內容	活動內容
09:00~16:00	聲音探究-保特瓶打擊樂器 李義評 講師 陳念儀 助理講師	聲音探究-保特瓶打擊樂器 郭世育講師 王雅玲助理講師

三、研究方法、步驟及預定進度：

(一)研究方法：

龍海國小，學生數 373，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 30%。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 3 所示。

龍泉國小，學生數 750，為龍井區中型學校，弱勢生大約 30%，龍泉國小學生身分別如圖 4 所示。

快官國小，學生數 73，位於彰化市郊，學區包含快官里、竹巷里、福田里的老舊社區 6 班迷小學校，學生家庭背景，接受補助、單親、外籍配偶子女比率高達 56%。家長多務農或屬工業區勞動工作階層。快官國小學生身分別如圖 5 所示。

圖 3:龍海國小學生身分別

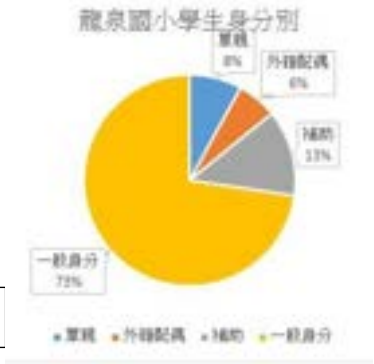


圖 4:龍泉國小學生身分別

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，研究流程如圖 6 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，先針對龍海及快官國小 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 5:快官國小學生身分別

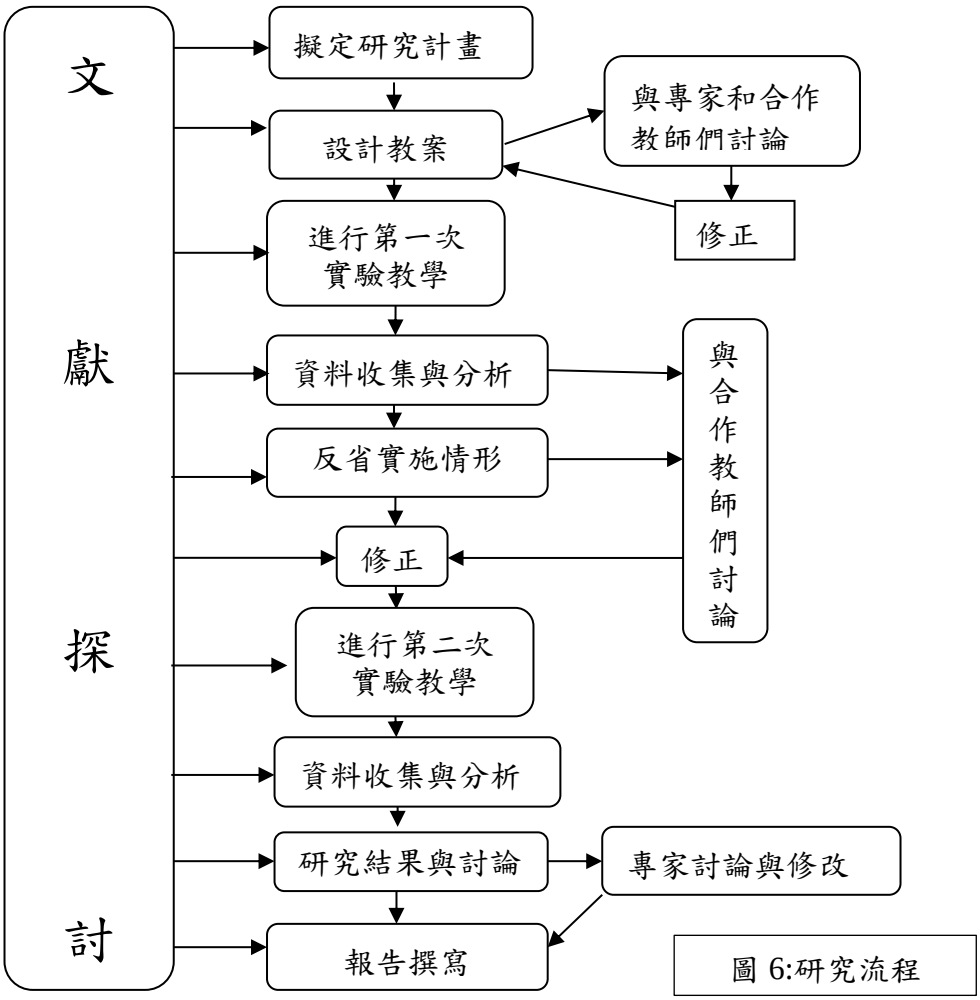


圖 6:研究流程

(二)研究步驟：

以下針對保特瓶打擊樂器與 STEAM 概念互相結合，說明如下：

科學(S)	發出聲音的原理
	聲音的高低
	空氣的重量
科技(T)	材料的選擇
	學習科技工具-自動打氣機的使用
	加工方式
工程(E)	問題解決
	探討氣嘴的功能
	設計瓶蓋打洞方法
	研發寶特瓶止漏的方法
	寶特瓶架設計、組裝
	測試、調整、修正
藝術(A)	造型設計(形象、形狀、形體)
	創意思考
	文具利用
數學(M)	圓孔直徑測量
	容量
	小數加減法

STEAM 教學流程表：

課程內容	STEAM 教學	教學流程
一、認識氣嘴	S：說明科學的知識 T：了解氣嘴的構造與功能	1.收集氣嘴相關資料。 2.了解氣嘴的構造與功能 美式氣嘴 VS 法式氣嘴
二、設計瓶蓋打洞方法	T：鑽孔器具的使用方式及注意事項	1. 剪刀打洞的運用探究 2. 電鑽打洞的運用探究 3. 圓孔刀打洞的運用探究
三、研發保特瓶止漏的方法	S：空氣的重量 T：電動打氣機的使用 E：研發寶特瓶止漏的方法 M：圓孔直徑測量 M：小數的加減法	1.在瓶蓋中心鑽一個直徑 0.7 公分的圓孔。 2.運用密封及止水材料測試瓶內是否呈密閉狀態無空氣洩漏情形。

四、探討打擊棒材質變化對音高的影響	S：敲擊瓶身振動產生聲音 E：1.用不同材質打擊棒敲擊瓶身 2.使用手機 APP 測量音高	1.利用不同材質的打擊棒敲擊瓶身，並用手機 APP 測量音高。
五、驗證敲擊位置變化對音高的影響	E：1.敲擊瓶身不同位置 2.使用手機 APP 測量音高	1.敲擊瓶身不同位置並使用手機 APP 測量音高。
六、寶特瓶耐壓實驗	S：認識氣壓的單位 T：自動打氣機操作方式 E：測試寶特瓶耐壓程度	1.在瓶內打入不同氣壓測試寶特瓶耐壓程度。
七、分析氣壓大小變化對音高的影響	S：認識氣壓的單位 T：自動打氣機設定不同氣壓 E：用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高	1.自動打氣機設定不同氣壓 2.用敲擊棒打保特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
八、探究不同瓶身大小對音高的影響	E：在不同容量的寶特瓶中 打入不同的氣壓 M：容量大小與單位	1.在不同容量的寶特瓶中 打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
九、探討不同飲料瓶身對音高的影響	E：在不同飲料瓶中打氣並用手機 APP 測量音高 M：容量大小與單位	1.在不同飲料瓶中打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
十、寶特瓶樂器支架設計與外觀彩繪、裝飾	E：設計寶特瓶樂器支架固定 A：彩繪、裝飾瓶身	1. 將寶特瓶固定在插花鐵絲上。 2. 彩繪、裝飾瓶身

活動時間：保特瓶打擊樂器探究活動 1

1.預測：預測改變不同瓶身會如何？

□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：保特瓶打擊樂器探究活動 2

2.觀察：實際進行活動，選用不同大小瓶身

□觀察發生了什麼事？

●我看見...
●我還看見...

活動時間：保特瓶打擊樂器探究活動 3

3.解釋：

□運用剛才收集到的資料，如何解釋音高改變的現象？

●我學到…
●我想問...

活動時間：保特瓶打擊樂器探究活動探究活動 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，了解目前保特瓶打擊樂器的方法及理論，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.保特瓶打擊樂器	2-1 使用單變因實驗來瞭解保特瓶打擊樂器。 2-2 透過操作的學習統整自然課程中聲音高低概念。
3.設計保特瓶打擊樂器的教案	3-1 設計保特瓶打擊樂器的教案。 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.建立保特瓶打擊樂器的網頁	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 辦理三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。 6-2 三校合作成立科學實作社群，共同備課、觀課、議課。 6-3 以學生操弄實驗變因進行科學闖關。

(三)預定進度

年月	109 08	109 09	109 10	109 11	109 12	110 01	110 02	110 03	110 04	110 05	110 06	110 07
文獻資料蒐集												
自製保特瓶打擊樂器												
教案撰寫												
保特瓶打擊樂網頁												
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.製作保特瓶打擊樂器，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.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。

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.舉辦三校(臺中龍海、龍泉、彰化快官)寒假科學營，優先錄取弱勢生，提昇學生之學習成就。

5.設計網頁將成果上傳，提供教師教學參考。

6.分享與協助區域其他教師發展 STEAM 課程的教學專業。

（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.推廣保特瓶打擊樂器的方法，幫助教師教學。

3.開發、設計、執行能發展學生科學探究能力學習教材設計。

4.辦理校內外教師研習，建立能改變現場教學，持續發展 STEAM 課程的教師社群。

5.將成果整理彙整後， http://www.lhes.tc.edu.tw/

6.預計培訓 1196 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。

7.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。

科教專案教學設計

一、臺中市樂業國民小學

（一） 教案設計

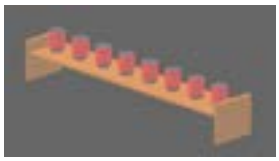
<table>
<tr><td colspan="4">活動一、影響敲擊保特瓶音高因素探討</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學
時間</td><td>40 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能了解壓力影響音高。
2. 能了解不同材質的寶特瓶會影響音高。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">請一位學生敲擊每一支保特瓶
一、發現不同音高的寶特瓶
1. 當敲擊保特瓶時會發現什麼事？(猜測)
2. 敲擊之後，發生了什麼事? (分享)
3. 你聽到了什麼?(分析)
4. 聽到不同聲音，你覺得為什麼會出現這些情形?(歸納)
5. 接著可以怎麼做才能找出原因？(應用)</td><td>10 分</td><td>保特瓶打擊樂器</td></tr>
<tr><td colspan="2">二、觀察、討論、解析保特瓶打擊樂器<u>(自己想要怎麼做)</u>
1.用圓孔刀挖孔。
2.用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋
3.在保特瓶中打氣</td><td>5 分</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
<tr><td colspan="2">三、找出不同音高的變因<u>(提問題，改變孩子思考模式)</u>
1.你注意到了什麼?(觀察)
2.如果你改變什麼的話，你覺得會發生甚麼變化?
3.小組討論後將答案寫下來?(提出假說)
4.請各組上台報告你的實驗變因為何?(解釋說明)
5.將各組找出變因進行歸納?
(打擊棒材質、敲擊位置、不同壓力、不同瓶身大小、不同飲料瓶身)</td><td>10 分</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
<tr><td colspan="2">四、規劃一個影響音高的實驗(KWL 模式)
1.你要將同一因素做不同改變，如何改變?(Know)</td><td>5 分</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
</table>

2.需要準備哪些材料?(保特瓶、氣嘴、打氣機、) 3.各組請進行討論，並將結論寫下來。(Want) 4.你們是怎麼知道的，請具體說明所規劃的實驗?(Learn)		

活動二、不同壓力對音高的影響			
對象	高年級學生	教學時間	40 分鐘
教學目標	認知層面：1.能壓力越大音高越高。 情意層面：1.能培養生活美感。 技能層面：1.能利用壓力越大音高越高製作樂器。		
先備知識	1.壓力會影響音高。		

活動內容	時間	所需教材
引起動機: 一、教師提問: 1.要怎麼調整寶特瓶的音高?	3 分鐘	
發展活動: 一、 測量壓力與音高的關係。 1. 給予每組每個音高所對應的頻率 2. 根據音高頻率表，紀錄寶特瓶的氣壓。 3. 小組發表實驗結果，壓力越大音高越高。	**20 分鐘**	1. 寶特瓶數個 2. 氣壓器 3. 木棒 4. 樂譜
二、 演奏曲目 1. 每組各自代表一個音高。 2. 教師發現曲目，當演奏到該組代表的音高時，該組負責打擊。 3.練習後，全班一起呈現結果。	**10 分鐘**	
綜合活動 一、欣賞與討論 1.複習此兩節要點，寶特瓶壓力越大音高越高。 2.教師提問，若要在家自製寶特瓶打擊樂，還有什麼要注意的地方?	**7 分鐘**	

（二） 學習單



保特瓶打擊樂學習單

姓名:_____

一、保特瓶打擊樂器探究活動

1.預測：預測敲擊保特瓶時會發現什麼事？

□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...

2.觀察：敲擊之後，你聽到了什麼?

□觀察發生了什麼事？

●我看見或我聽見...

●我還看見或我還聽見...

二、如何製作出保特瓶打擊樂器，請討論後寫下來。

我們小組的討論想法

三、當你改變什麼，會發生聲音的變化?

我們小組的討論想法

四、規劃一個影響音高的實驗

我們小組的討論想法

壓力與音高學習單

班級		座號		姓名	

- 調整氣壓後，測量聲音的頻率並記錄下來!

氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
音色				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				
音色				

唱名	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
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
音名	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6
頻率 Hz	1046.5	1174.5	1318.5	1396.9	1568.0	1760.0	1975.5

二、科學冬令營

（一） 教案設計

<table>
<tr><td colspan="4">活動一~活動四</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學
時間</td><td>160 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1.空氣的特性　2.氣嘴的功能與差異
3.寶特瓶止漏　4.敲擊位置對音高的影響
情意層面：科學在我們生活中隨處可見，培養實驗探究精神。
技能層面：能運用測量工具與 APP 的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">1. 空氣的特性
2. 聲音</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動一、【空氣的特性】
一、　從寶特瓶敲擊樂中，認識空氣具有什麼特性？
二、　如何觀察到空氣的存在。
〈實驗〉將塞有紙團的杯子倒過來垂直壓入水中，觀察杯內的紙團會不會濕掉？
三、　空氣可以被擠壓嗎？
〈實驗〉擠壓堵住出口的注射筒活塞，從活塞的移動情形，可以知道空氣在形狀不易改變的注射筒中，是不是仍然可以被擠壓？我們在進行試驗時，通常會設計一組「對照組」，以對照、比較試驗的結果。在這個試驗中，將裝水的注射筒作為對照組，來比較空氣和水，是不是都可以被壓縮。
四、　請將空氣的特性紀錄在學習單。</td><td>40
分鐘</td><td>白板、白板筆
杯子、衛生紙、水盆
保麗龍球、線香、打火機
針筒、橡皮擦</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動二、【認識氣嘴】
一、 氣嘴功能介紹。
二、 閱讀氣嘴小科普
1.比較美式氣嘴和法式氣嘴應用的例子和優缺點並記錄在學習單</td><td>40
分鐘</td><td>美式氣嘴、法式氣嘴</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動三、【寶特瓶止漏的研發】
一、回想生活中有沒有騎乘腳踏車輪胎漏氣的經驗？如何檢查輪胎有沒有漏氣？
二、用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋，並在瓶內打氣，檢查保特瓶有沒有漏氣現象？若有漏氣要如何改進？
三、用電子秤進行秤重，計時一分鐘，觀察有無漏氣現象</td><td>40
分鐘</td><td>內胎、水盆
寶特瓶(鑽孔)、美式氣嘴、打氣</td></tr>
</table>

活動四、【敲擊位置對音高的影響】 製作過程： 1.從瓶蓋頂端進行測量，在 5 公分、10 公分及 15 公分貼上紅色圓形標籤作為識別。 2.再用打氣機打 9psi 的空氣進入保特瓶內。 3.先用敲擊棒敲保特瓶 5 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。 4.再用敲擊棒敲保特瓶 10 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。 5.最後用敲擊棒敲保特瓶 15 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。 6.每次實驗敲擊三次，並將結果記錄下來。	40 分鐘	機、熱熔膠、熱熔膠槍、電子秤 圓標籤紙、打氣機、平板、敲擊棒

<table>
<tr><td colspan="4">活動五、六:不同氣壓與不同瓶身大小對音高影響</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學時間</td><td>40 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能了解壓力影響音高。
2. 能了解不同材質的寶特瓶會影響音高。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
</table>

活動內容	時間	所需教材
一、認識大氣壓力與氣壓 6. https://www.youtube.com/watch?v=5C5AUrahPoI 酷酷兄弟 7. https://www.youtube.com/watch?v=Cs_G88dv1kY 科學補給站~違反地心引力? 水杯倒著放 水不流出來 20150505 8. https://www.youtube.com/watch?v=e4CRD-78wQ8 【生活裡的科學】20160107 - 大氣壓力看得見?! 4. https://www.youtube.com/watch?v=syIgXbc0QhE 【TRY 科學】20200729 - 大氣壓力有夠力	40 分	保特瓶打擊樂器 水杯、塑膠片、寶特瓶、氣球、吸管、塑膠杯、飲料、影片
二、觀察、討論、解析保特瓶打擊樂器，氣壓影響音頻的結果 (按照步驟做，找出音名) 1.介紹氣壓單位 atm 公制單位和 psi 英制單位的換算。 2. 放入紙箱內，並將打氣機壓力設定在分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi，等打氣機停止後，轉動打氣機氣嘴將保特瓶取下。 3.用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高。 4.找出音名遊戲	60 分	保特瓶打擊樂器、白板 測音頻 app 打氣機
三、不同瓶身大小的保特瓶 1.每組拿不同大小保特瓶瓶身。 2.由 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30psi 測量並記錄。 3.製作成折線圖並比較音高頻率。 4.各組發表折線圖與數值。	40 分	保特瓶打擊樂器、白板 測音頻 app 打氣機
四、結論與欣賞寶特瓶打擊樂 1.把今天的實驗做歸納問答。 2.https://www.youtube.com/watch?v=T0C5PnCID10 寶特瓶打擊樂	20 分	保特瓶打擊樂器、白板

<table>
<tr><td colspan="4">活動七、不同瓶身的寶特瓶</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學時間</td><td>160 分</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1.能了解不同寶特瓶的特性。
情意層面：1.能培養生活美感。
技能層面：1.能以操作器材完成測驗。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">1.點、線、面概念理解。</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">引起動機:
一、教師提問:
1. 每一種寶特瓶都適合被拿來做成樂器嗎?
2. 請觀察並紀錄每一種寶特瓶的不同之處。例如：容量、瓶身硬度以及凹凸紋路
(紀錄在學習單上)
3. 猜測哪一種飲料瓶子做成樂器效果最佳。</td><td>10 分</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">發展活動:
一、測氣壓
1. 將瓶子充氣
2. 敲擊瓶身，使瓶身發出聲音
3. 用 APP 檢測敲擊聲音的音頻
4. 紀錄在學習單上</td><td>60 分</td><td>1. 寶特瓶一人一個
2. 寶特瓶蓋一人一個
3. 打氣嘴一人一個
4. 水盆 6 個
5. 平板 5 台
6. 熱熔膠槍 6 支
7. 敲擊棒一人一支
8. 打氣機 5 個</td></tr>
<tr><td colspan="2">二、發表結果，討論出最適合用來製作樂器的寶特瓶
(並說出推測原因)</td><td>40 分</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">三、DIY 樂器時間
1. 將打氣嘴用熱熔膠黏在瓶蓋上
2. 測試是否會漏氣
3. 試著加壓寶特瓶
4. 展現自己的樂器。</td><td>40 分</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">綜合活動
一、 欣賞影片 https://www.youtube.com/watch?v=T0C5PnCID10
二、 練習與發表
1.請各組利用樂器彈奏曲目。
2.請學生發表練習曲目
3.教師總結。</td><td>10 分</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">活動八、彩繪寶特瓶打擊樂器</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學
時間</td><td>160 分</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1.能了解創作媒材的特性。
情意層面：1.能培養生活美感。
技能層面：1.能以點、線、面為設計方向創作。
2.能彩繪出具有獨特風格的寶特瓶樂器作品。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">1.點、線、面概念理解。</td></tr>
</table>

活動內容	時間	所需教材
引起動機: 一、教師提問: 1. 你知道生活中有哪些利用環保素材完成的樂器嗎? 2. 如果我們要將寶特瓶打擊樂器變成一件獨一無二的藝術作品，可以怎麼設計呢?	**5 分**	
發展活動: **一、**寶特瓶打擊樂器圖案設計 5. 教師提問:何謂點、線、面? 6. 教師請學生在草圖上以點、線、面為設計方向設計抽象圖案，並可分不同的面去設計。 7. 將繪製好的草圖上色。 **二、**請學生將裝置木器以砂紙將表面粗糙處磨平，以利上色。 三、教師引導學生進行創作。 四、學生以壓克力顏料完成寶特瓶打擊樂器彩繪創作。	**20 分** **5 分** **110 分**	9. 砂紙 10. 壓克力顏料 11. 水彩筆 12. 裝置木器數個 13. 寶特瓶數個 14. 彩色筆
綜合活動 一、欣賞與討論 1.請各組發表創作想法及心得。 2.引導學生互相欣賞作品後，自由發表「最喜歡的」、「最特別的、「最困難的」、「最豐富的」、「繪製最精美的」等作品。 3.教師總結。	**20 分**	

（二） 學習單

認識氣嘴學習單

1.空氣具有什麼樣的特性？

(1)_____。

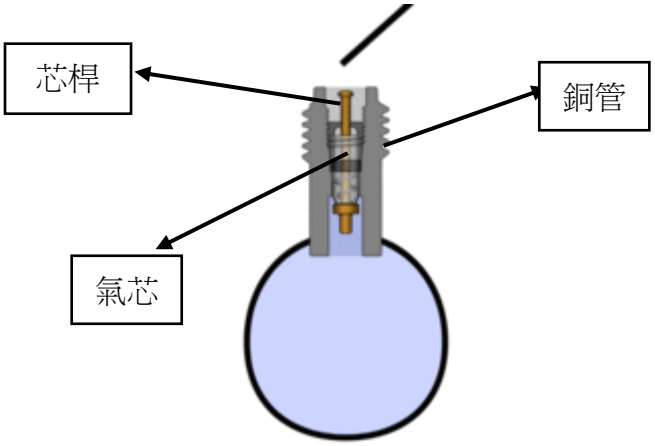
(2)_____。

(3)_____。

2.氣嘴介紹

氣門嘴是一種獨立的閥體裝置，打開時讓氣體進入無內胎輪胎（tubeless tire）或內胎的空間，然後自動關閉並密封保存氣體而產生氣壓，以防止氣體逸出輪胎或內胎。除了實心輪胎外，其他必須充氣的輪胎或內胎皆需要使用此裝置充氣。

以美式氣門嘴為例：打開氣門嘴蓋後，美式嘴會露出一根具有外螺紋的銅管，內為叫作芯腔的空氣通道，稱作氣門嘴本體。本體中間的芯腔鎖著一個氣芯，裡面有一根由螺旋彈簧支撐的芯桿，按下芯桿即可充或洩氣；而氣芯可用特殊工具旋轉取出。



「新手上路」常見自行車輪胎氣嘴小科普

在最常看到的自行車輪胎氣嘴有三種形式：

英式氣嘴（dunlop valve）：英式氣嘴現在在運動自行車領域基本比較少使用了。

美式氣嘴（Schrader valve）：常見用於胎壓較低的輪胎上，如山地車、小折、童車、城市通勤車等。美嘴主要靠內壓頂力鎖死，耐高壓，漏氣線性較陡，也就是說，氣壓不夠時漏氣更快，氣嘴基礎大，氣嘴的直徑也大，不過充氣流量大，所以廣泛地應用在氣容積較大的內胎，打氣因而很方便。

法式氣嘴（Presta Valve）：相對美式氣嘴體積則較為細長，常用於追求效率、高胎壓的公路車或競速用輪胎（一些山地車也是法式氣嘴）。法式氣嘴的好處是微調氣壓較方便，但是它需有專用的打氣設備或通過氣嘴轉接頭才可使用常用的打氣裝置。

表 1:法式氣嘴及美式氣嘴相關資料

	法式氣嘴	美式氣嘴
圖例		
應用的例子		
優點		
缺點		

寶特瓶止漏的研發學習單

Q1：同學們有沒有騎乘腳踏車輪胎漏氣的經驗？如何檢查輪胎有沒有漏氣？

方法一：_____

方法二：_____

Q2：請用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋，並在瓶內打氣，檢查保特瓶有沒有漏氣現象？若有漏氣要如何改進？

Q3：用電子秤進行秤重，計時一分鐘。

進行實驗，將結果呈現如下：

無底座氣嘴	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
減少的重量(g)							

敲擊位置對音高的影響學習單

甲：材料：標籤、尺、敲擊棒

乙：製作過程：

1.從瓶蓋頂端進行測量，在 5 公分、10 公分及 15 公分貼上紅色圓形標籤作為識別。

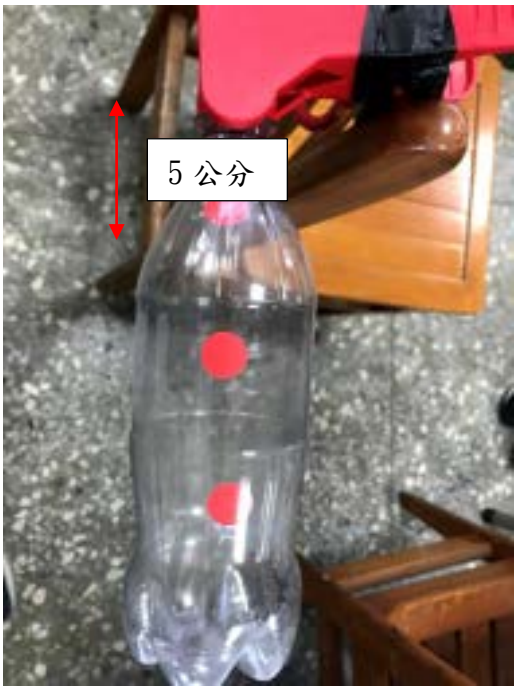
2.再用打氣機打 9psi 的空氣進入保特瓶內。

3.先用敲擊棒敲保特瓶 5 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。

4.再用敲擊棒敲保特瓶 10 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。

5.最後用敲擊棒敲保特瓶 15 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。

6.每次實驗敲擊三次，並將結果記錄下來。



丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	前端(5 公分)	中間(10 公分)	後端(15 公分)
第一次(頻率)			
第二次(頻率)			
第三次(頻率)			
平均			

結論：

不同氣壓對音高的影響學習單

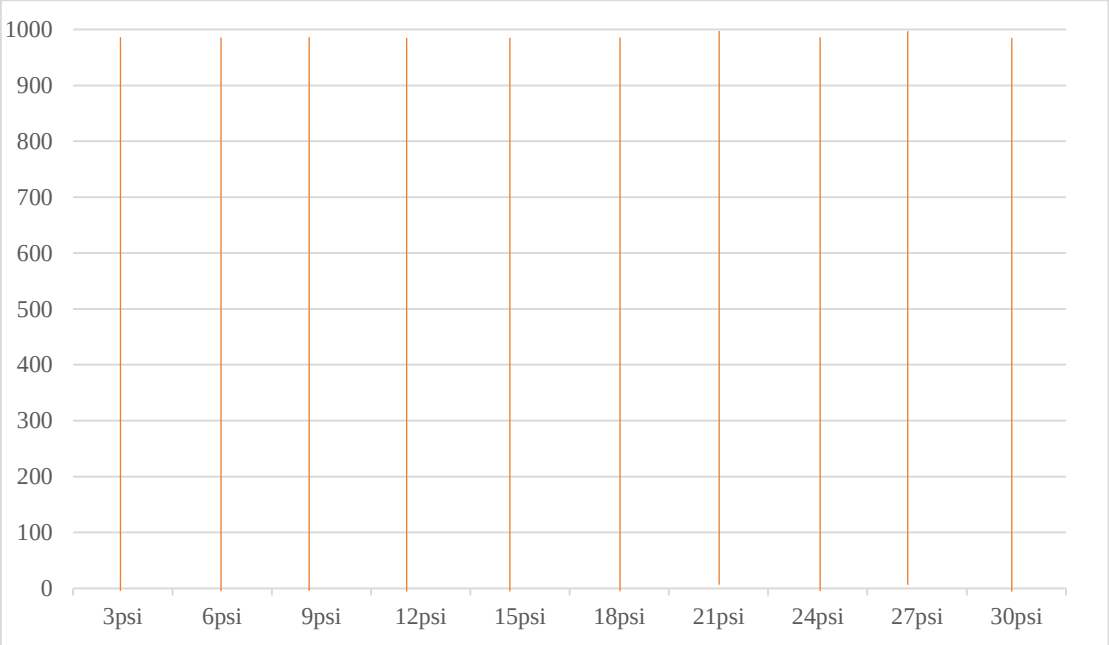
1.操作變因：_____大小

2.控制變因：可口可樂保特瓶(600ml)、打氣機、手機 app。

psi	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
第一次實驗頻率(Hz)										
第二次實驗頻率(Hz)										
平均頻率(Hz)										

3.研究結果：　　表 1 不同氣壓對音高的影響關係表

圖 1 不同氣壓對音高折線圖



4.結論: 同一種尺寸保特瓶在灌入不同氣壓空氣情況之下，灌入的氣壓越小，敲擊保特瓶時所發出的聲音頻率越_____，灌入的氣壓越大，敲擊保特瓶時所發出的聲音頻率越_____。

音名						
頻率約(Hz)	587.3	659.3	698.5	784	880	987.8
答對打勾						

※請利用打氣機找出下列頻率所對應的音名(完成給老師批改)

不同瓶身大小對音高的影響學習單

1.操作變因：_____大小

2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

psi	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
第一次實驗頻率(Hz)										
第二次實驗頻率(Hz)										
平均頻率(Hz)										

表 1　350ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

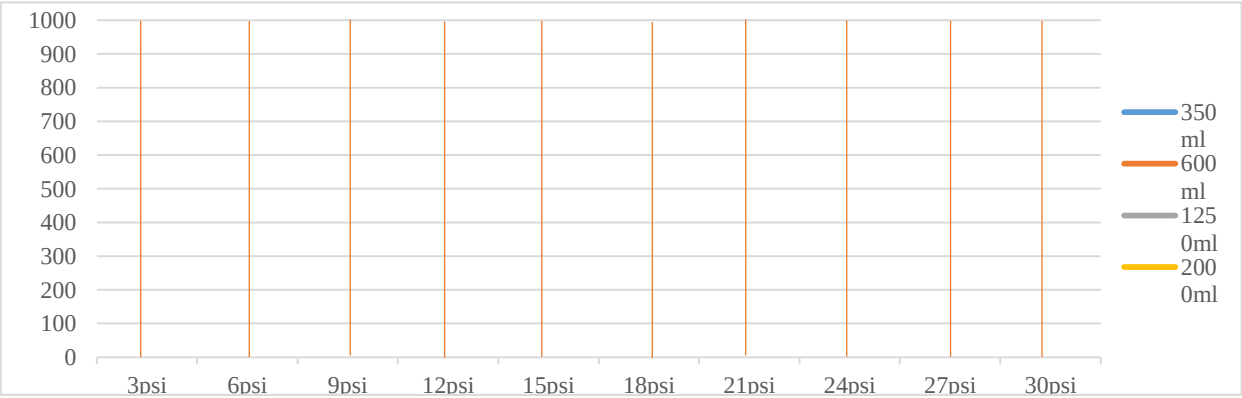
psi	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
第一次實驗頻率(Hz)										
第二次實驗頻率(Hz)										
平均頻率(Hz)										

表 2　1250ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
第一次實驗頻率(Hz)										
第二次實驗頻率(Hz)										
平均頻率(Hz)										

表 3　2000ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

圖 1 不同氣壓對音高折線圖



4.結論: 我們發現不同尺寸保特瓶在實驗之後，_____ml 的寶特瓶所發出的聲音音域最廣，適合拿來製做樂器。

不同瓶身對於音高影響學習單

班級		座號		姓名	

一、觀察並排序不同寶特瓶的排序!

瓶身硬度：_____>_____>_____>_____>_____

瓶身凹凸紋路：_____>_____>_____>_____>_____

容量大小：_____>_____>_____>_____>_____

二、調整氣壓後，測量不同寶特瓶聲音的頻率並記錄下來!

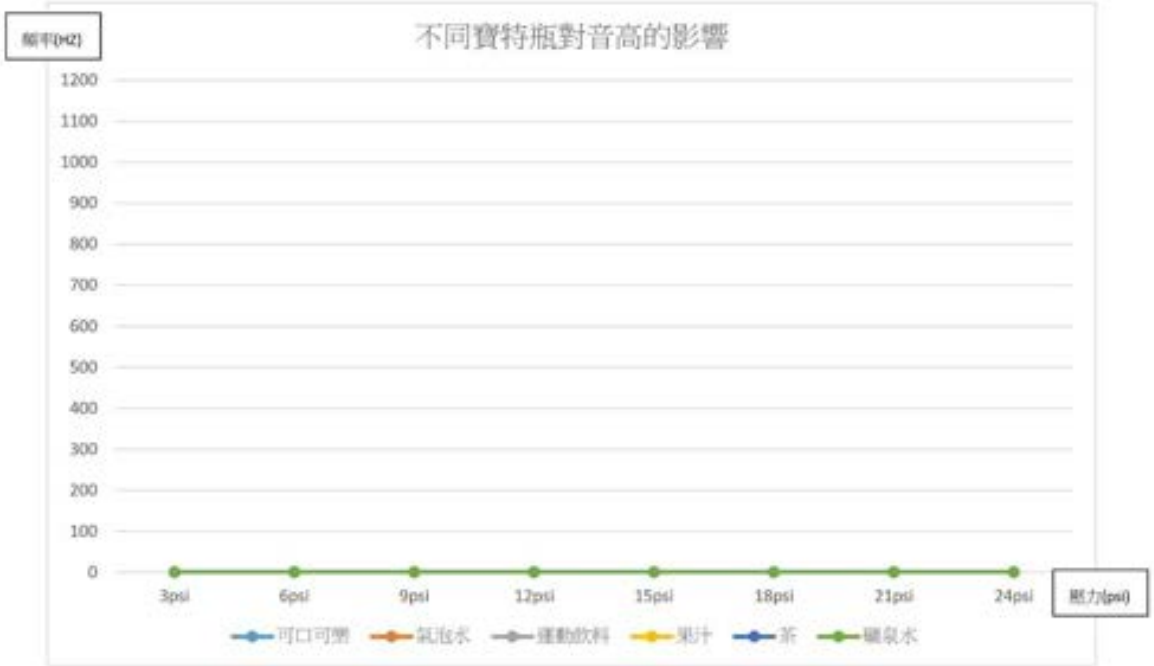
飲料瓶：			容量：	
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：			容量：	
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				
飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				
哪一種寶特瓶所發出的聲音頻率最穩定？				

三、利用上面數據，完成下面折線圖



小蜜蜂

| 533- | 422- | 1234 | 555-|

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　大家一起　勤作工

| 533- | 422- | 1355 | 3--- |

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　做工趣味　濃

| 2222 | 234- | 3333 | 345 –|

天暖花好　不做工　將來哪裡　好過冬

| 533- | 422- | 1355 | 1--- |

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　別學懶情　蟲

三、暨南大學科學教育營

（一） 教案設計

<table>
<tr><td colspan="4">影響敲擊保特瓶音高因素探討(第一節課)</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學時間</td><td>40 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能歸納出影響音高的因素。
2. 能規劃影響音高的實驗。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">三上生活中有趣的力</td></tr>
<tr><td>學習模組</td><td colspan="3">觀察體驗->分享討論->分析歸納->發表說明->遷移創作</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">請一位學生敲擊每一支保特瓶
一、發現不同音高的寶特瓶
1. 當敲擊保特瓶時會發現什麼事？
2. 敲擊之後，發生了什麼事?
3. 你聽到了什麼?
4. 聽到不同聲音，你覺得為什麼會出現這些情形?
5. 接著可以怎麼做才能找出原因？

二、觀察、討論、解析保特瓶打擊樂器
1.用圓孔刀挖孔。
2.用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋
3.在保特瓶中打氣

三、找出不同音高的變因
1.你注意到了什麼?
2.如果你改變什麼的話，你覺得會發生甚麼變化?
3.小組討論後將答案寫下來?
4.請各組上台報告你的實驗變因為何?
5.將各組找出變因進行歸納?
(打擊棒材質、敲擊位置、不同壓力、不同瓶身大小、不同飲料瓶身)

四、規劃一個影響音高的實驗
1.你要將同一因素做不同改變，如何改變?</td><td>40</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
</table>

2.需要準備哪些材料? 3.各組請進行討論，並將結論寫下來。 4.你們是怎麼知道的，請具體說明所規劃的實驗?		

<table>
<tr><td colspan="4">自製保特瓶打擊樂(第二節課)</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學時間</td><td>40 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能自製保特瓶打擊樂。
2. 能研發出止漏方法。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">三上生活中有趣的力</td></tr>
<tr><td>學習模組</td><td colspan="3">觀察體驗->分享討論->分析歸納->發表說明->遷移創作</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">歷程一、氣嘴、打氣機組合
教師拿出一個氣嘴，讓學生先觀察
1.將打氣機分到各組
2.小組討論、分析、歸納打氣機使用步驟，並加以記錄
3.各組派員到台上及說明如何操作。

歷程二:探索如何止漏
教師每組分氣嘴、打洞瓶蓋、保特瓶
1.首先觀察如何組合
2.小組討論組合方法
3.有哪些部分需改善
4.如何改善，請小組討論、歸納並加以記錄
5.各組派員上台說明。

歷程三:止漏實作驗證
1.小組討論、分析及歸納出使用熱熔膠黏瓶蓋哪一部分，
黏上方、黏下方、兩邊黏、黏外側、加白膠
2.小組拿熱熔膠
3.試著黏氣嘴在瓶蓋上
4.用打氣機打氣(須設在 30psi 以下)。
5.將打氣好的保特瓶放入水中，試試看會止漏嗎?
5.統計成功率，若有改善，請小組分享。
6.各組分享止漏方法。</td><td>40</td><td>保特瓶打擊樂器、白板、氣嘴、熱熔膠</td></tr>
</table>

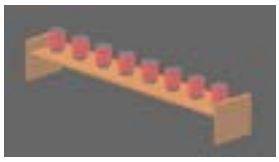
<table>
<tr><td colspan="4">不同氣壓大小對音高的影響(第三四節課)</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學
時間</td><td>80 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能了解壓力影響音高。
2. 能將實驗數據製圖分析。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">三上生活中有趣的力</td></tr>
<tr><td>學習模組</td><td colspan="3">觀察體驗->分享討論->分析歸納->發表說明->遷移創作</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">歷程一：保特瓶耐壓實驗
1.保特瓶裡面裝什麼?
2.裡面空氣跟外面空氣有甚麼不同?
3.如何證明？
4.小組直接壓、分析、討論後紀錄下來？
5.上台分享。
6.保特瓶內有加壓空氣，須注意什麼?為什麼?
7.放入紙箱內，並將打氣機壓力設定在分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi，等打氣機停止後，轉動打氣機氣嘴將保特瓶取下。
歷程二：保特瓶不同氣壓大小實驗規劃
1.各組討論氣壓大小規劃，並將壓力設定記下來。並記錄為什麼?
2.各組將實驗規劃分享，選出最適規劃(等間隔、實驗次數)

歷程三：不同氣壓大小實驗
1.每組拿 600ml 保特瓶。
2.由 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30psi 測量並記錄。
3.製作成折線圖並比較音高頻率。
4.各組發表折線圖與數值。

歷程四：結論與欣賞寶特瓶打擊樂
1.把今天的實驗做歸納問答。</td><td>80</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">不同瓶身大小、不同瓶身對音高的影響(第五六七八節課)</td></tr>
<tr><td>對象</td><td>高年級學生</td><td>教學
時間</td><td>160 分鐘</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">認知層面：1. 能了解不同瓶身大小影響音高。
2. 能了解不同瓶身影響音高。
情意層面：能對科學實驗有興趣。
技能層面：1.能有探究思考的能力。</td></tr>
<tr><td>先備知識</td><td colspan="3">三上生活中有趣的力</td></tr>
<tr><td>學習模組</td><td colspan="3">觀察體驗->分享討論->分析歸納->發表說明->遷移創作</td></tr>
<tr><td colspan="2">活動內容</td><td>時間</td><td>所需教材</td></tr>
<tr><td colspan="2">歷程一：保特瓶不同瓶身大小實驗規劃
1.保特瓶要怎樣變化，會影響敲出音高的變化。
2.各組討論一下，將結果記錄下來。
3.各組上台發表，歸納可執行因素。
歷程二：不同氣壓大小實驗
1.每組分別取 350ml、600ml、920ml、1250ml、2000ml 保特瓶。
2.由 3、6、9、12、15、18、21、24、27、30psi 測量並記錄。
3.製作成折線圖並比較音高頻率。
4.各組發表折線圖與數值。
歷程三：不同瓶身實驗
1.每組分別取不同瓶身保特瓶(瓶身硬度、瓶身凹凸紋路、容量大小)。
2.由 3、6、9、12、15、18、21、24psi 測量　並記錄。
3.製作成折線圖並比較音高頻率。
4.各組發表折線圖與數值。
綜合活動
三、　欣賞影片 https://www.youtube.com/watch?v=T0C5PnCID10
四、　練習與發表
1.請各組利用樂器彈奏曲目。
2.請學生發表練習曲目</td><td>160</td><td>保特瓶打擊樂器、白板</td></tr>
</table>

（二） 學習單



保特瓶打擊樂學習單

組別:_____

一、保特瓶打擊樂器探究活動

1.預測：預測敲擊保特瓶時會發現什麼事？

□請詳細描述您的預測（先思考，先不要進行活動喔）

2.觀察：敲擊之後，你聽到了什麼?

□觀察發生了什麼事？

●我看見或我聽見...

我們小組的討論想法

二、如何製作出保特瓶打擊樂器，請討論後寫下來。

我們小組的討論想法

三、當你改變什麼，會發生聲音的變化?

我們小組的討論想法

四、規劃一個影響音高的實驗

保特瓶止漏的研發　　組別：

Q1：同學們有沒有騎乘腳踏車發生輪胎漏氣的經驗？如何檢查輪胎有沒有漏氣？

方法一：_____

方法二：_____

Q2：請用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋，並在瓶內打氣，檢查保特瓶有沒有漏氣現象？若有漏氣要如何改進？

答一：_____

答二：_____

_____

Q3：進行實驗，將結果呈現如下：

(　　)	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
(　　)							

不同氣壓對音高的影響　　組別:

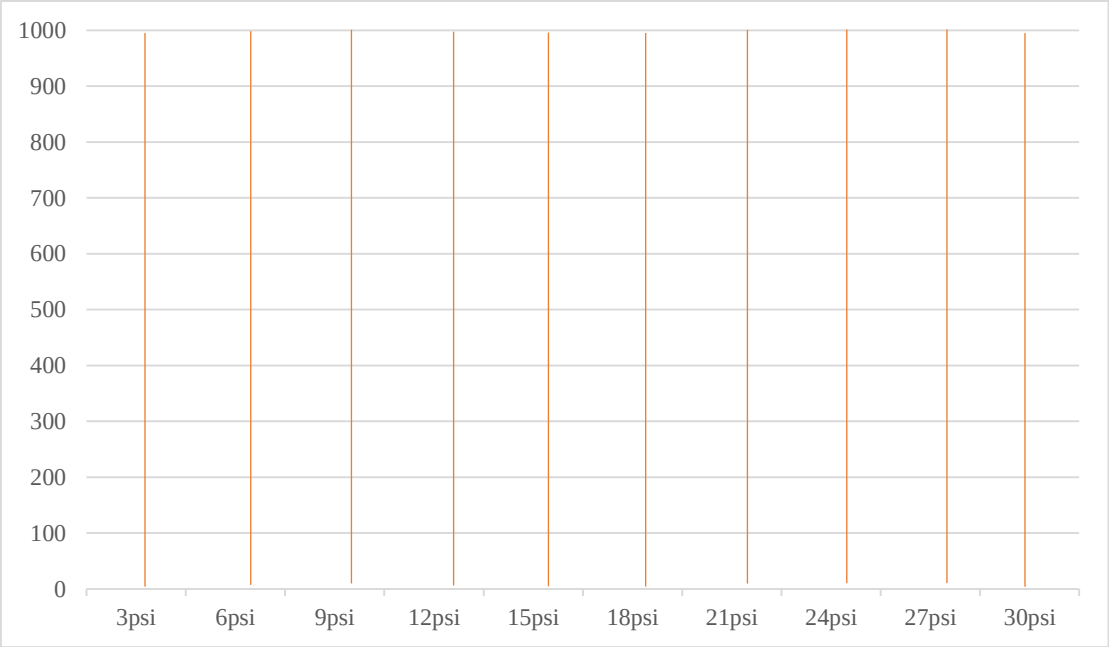
1.操作變因：_____大小

2.控制變因：可口可樂保特瓶(600ml)、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

psi	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
第一次實驗頻率(Hz)										
第二次實驗頻率(Hz)										
平均頻率(Hz)										

圖 1 不同氣壓對音高折線圖



※請實驗找出下列頻率所對應的氣壓值

氣壓(psi)						
頻率約(Hz)	587.3	659.3	698.5	784	880	987.8

不同瓶身大小對音高的影響(350ml)　　組別:

1.操作變因：_____大小

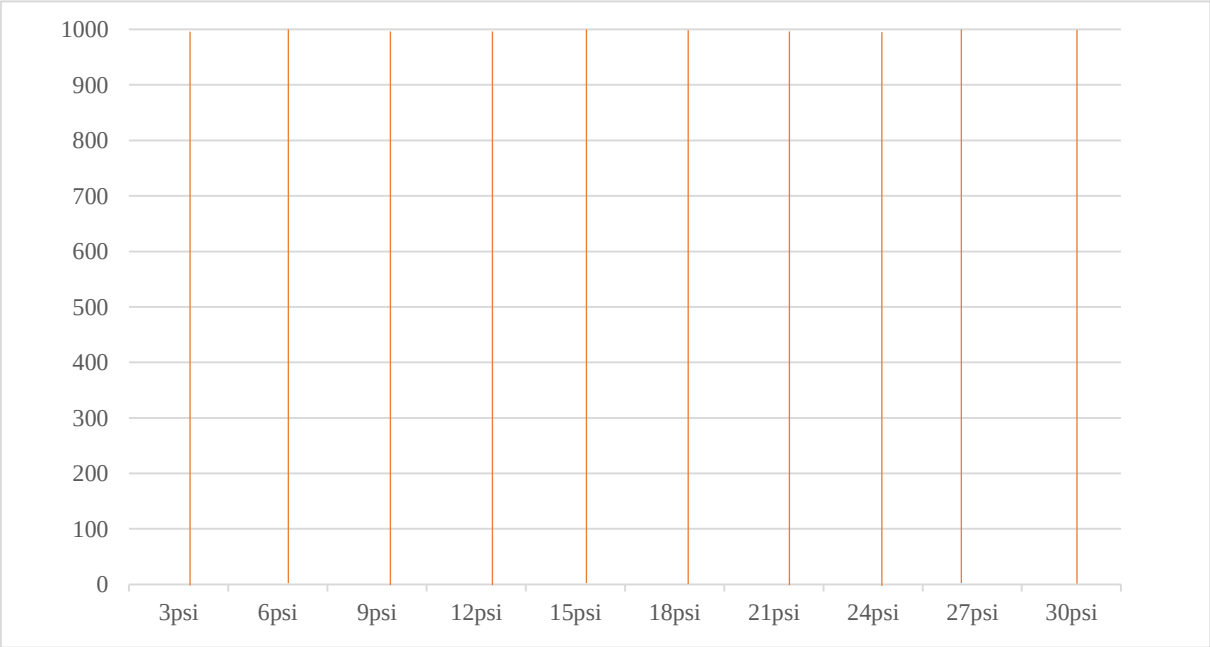
2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

表 1　350ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					
psi	18	21	24	27	30
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					

圖 1 350ml 保特瓶在音高折線圖



不同瓶身大小對音高的影響(600ml)　組別:

1.操作變因：_____大小

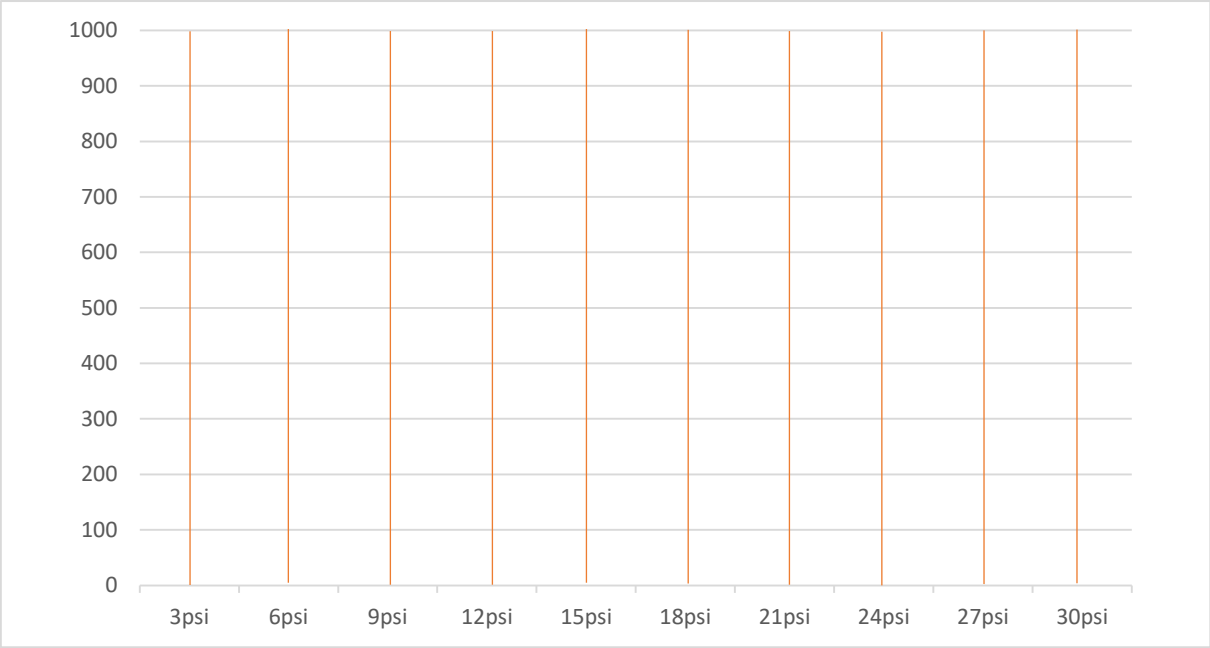
2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

表 1 600ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					
psi	18	21	24	27	30
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					

圖 1 600ml 保特瓶在音高折線圖



不同瓶身大小對音高的影響(920ml) 組別:

1.操作變因：_____大小

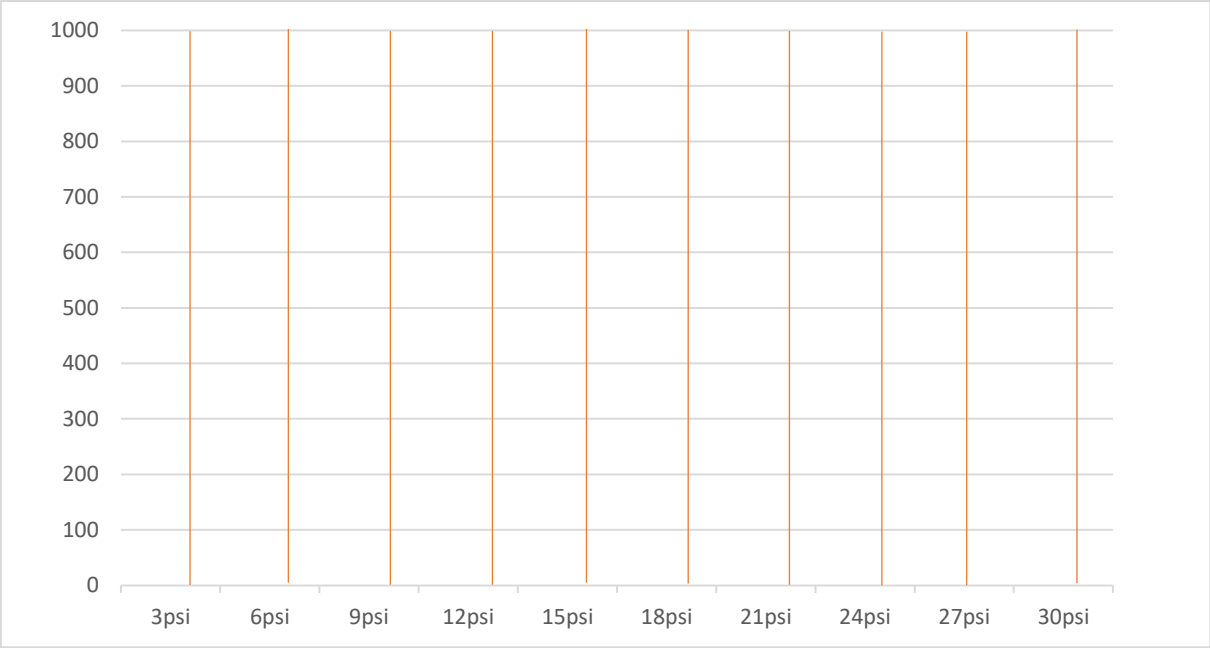
2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

表 1　920ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					
psi	18	21	24	27	30
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					

圖 1 920ml 保特瓶在音高折線圖



不同瓶身大小對音高的影響(1250ml) 組別:

1.操作變因：_____大小

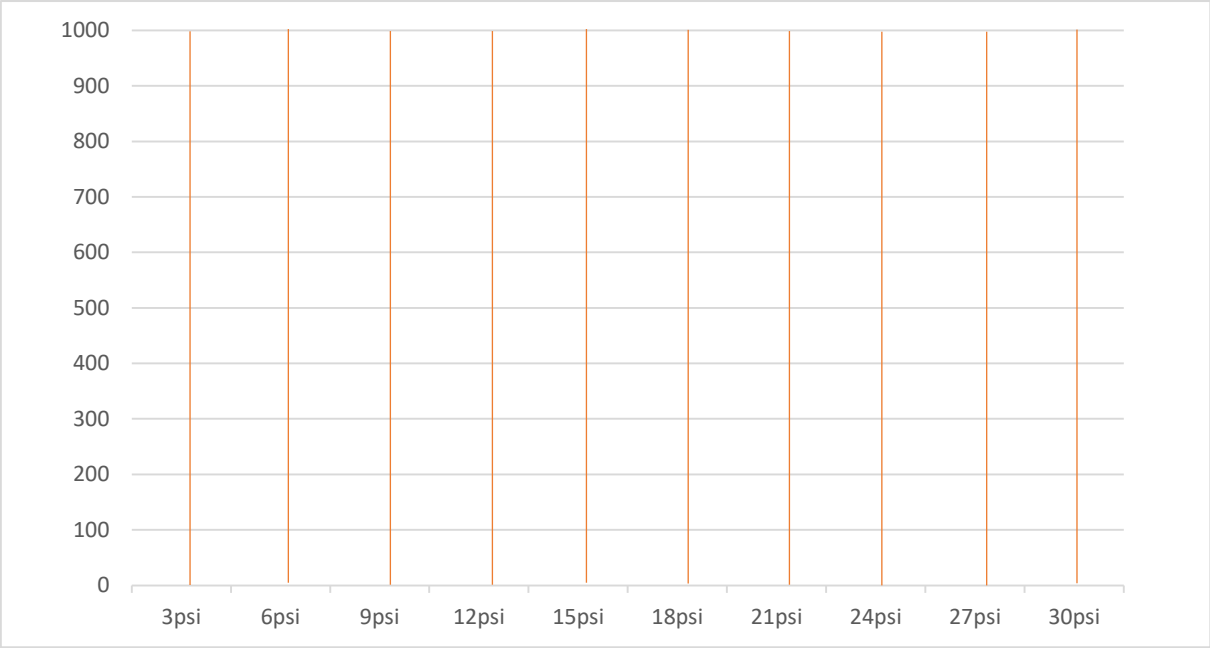
2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

表 1　1250ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					
psi	18	21	24	27	30
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					

圖 1 1250ml 保特瓶在音高折線圖



不同瓶身大小對音高的影響(2000ml) 組別:

1.操作變因：_____大小

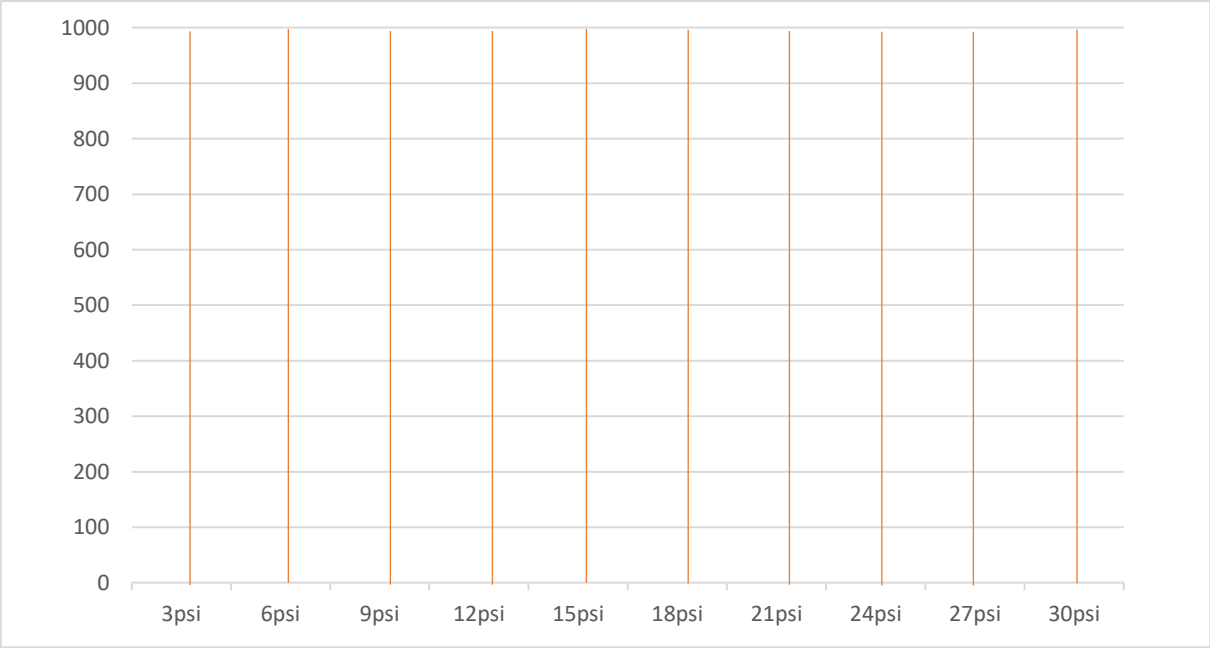
2.控制變因：打入相同氣壓、打氣機、手機 app。

3.研究結果：

表 1　2000ml 保特瓶在不同氣壓對音高的影響關係表

psi	3	6	9	12	15
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					
psi	18	21	24	27	30
第一次頻率(Hz)					
第二次頻率(Hz)					
平均頻率(Hz)					

圖 1 2000ml 保特瓶在音高折線圖



不同瓶身大小對音高的影響(350-2000ml) 組別:

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

	最高頻率	最高音名	最低頻率	最低音名	音程
350ml					
600ml					
920ml					
1250ml					
2000ml					

我們發現不同尺寸保特瓶在實驗之後，_____ml 的寶特瓶所發出的聲音音域最廣，適合拿來製做樂器。

不同瓶身對於音高影響學習單

班級		座號		姓名	

一、觀察並排序不同寶特瓶的排序!

瓶身硬度：_____>_____>_____>_____>_____

瓶身凹凸紋路：_____>_____>_____>_____>_____

容量大小：_____>_____>_____>_____>_____

二、調整氣壓後，測量不同寶特瓶聲音的頻率並記錄下來!

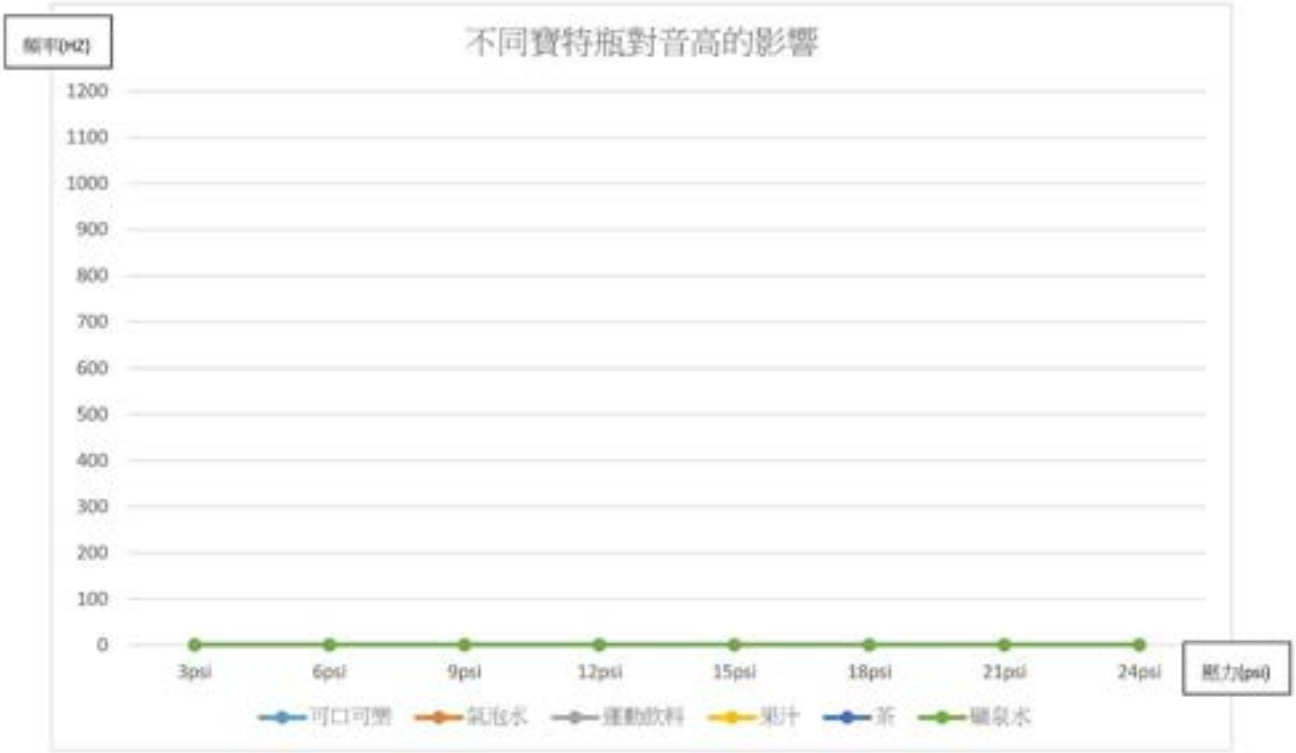
飲料瓶：			容量：	
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：			容量：	
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				

飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				
飲料瓶：		容量：		
氣壓	3psi	6psi	9 psi	12 psi
頻率				
氣壓	15psi	18psi	21 psi	24 psi
頻率				
哪一種寶特瓶所發出的聲音頻率最穩定？				

三、利用上面數據，完成下面折線圖



小蜜蜂

| 533- | 422- | 1234 | 555-|

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　大家一起　勤作工

| 533- | 422- | 1355 | 3--- |

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　做工趣味　濃

| 2222 | 234- | 3333 | 345 –|

天暖花好　不做工　將來哪裡　好過冬

| 533- | 422- | 1355 | 1--- |

嘟嘟嘟　嘟嘟嘟　別學懶情　蟲

科教專案成效分析

一、學生課程回饋

（一） 課程回饋單

109 年教育部國民及學前教育署中小學科學教育計畫
發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力-
以回收保特瓶自製打擊樂器為例

各位親愛的小朋友好：

感謝你參與本次的科學活動，主辦單位特別設計了這份問卷，希望藉由你的寶貴意見，讓爾後辦理相關冬令營活動更能滿足小朋友的需求。請填答完畢後交予現場工作人員，感謝你的支持與鼓勵。

一、我是

□___年級學生

□四年級學生

□五年級學生

□六年級學生

二、我參加本次科學冬令營的動機是？(可複選)

□對於活動主題與課程內容有興趣

□想要親自動手操作實驗

□受到學校老師的鼓勵

□受到爸爸媽媽的鼓勵

□不須繳交費用

□其他_____

三、本次營隊課程內容，確實對於我的科學學習有幫助？

□非常同意　□同意　□不同意　□非常不同意

四、學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現？

□非常棒　□還不錯　□不太好　□要再加油

五、學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現？

□非常棒　□還不錯　□不太好　□要再加油

六、學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課 的表現？

□非常棒　□還不錯　□不太好　□要再加油

七、學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現？

□非常棒　　□還不錯　　□不太好　　□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)

(　　) **認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**

(　　) **不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**

(　　) 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器

(　　) 彩繪寶特瓶打擊樂器

九、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)

□科學實驗　□程式設計　□智能車　□機器人　□科學遊戲

□其他 _____

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：

_____

_____

十一、參加冬令營的心得是：

_____

_____

（二） 課程回饋單分析

「109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—以回收保特瓶自製打擊樂器為例」問卷分析如表1至表3：

題　　目	（樣本數 N=26 ）	
一.我是幾年級的學生	①三年級	9(34%)
	②四年級	7(27%)
	③五年級	2(8%)
	④六年級	8(31%)
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	16(62%)
	②想要親自動手操作實驗	19(73%)
	③受到學校老師鼓勵	4(15%)
	④受到爸爸媽媽的鼓勵	9(35%)
	⑤不須繳交費用	12(46%)
	⑥其他：免費午餐	3(12%)
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	14(54%)
	②同意	12(46%)
	③不同意	0(0%)
	④非常不同意	0(0%)
四.學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	16(62%)
	②還不錯	10(38%)
	③不太好	0(0%)
	④要再加油	0(0%)
五.學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	15(58%)
	②還不錯	11(42%)
	③不太好	0(0%)
	④要再加油	0(0%)

六.學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	15(58%)
	②還不錯	11(42%)
	③不太好	0(%)
	④要再加油	0(%)
七.學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	20(77%)
	②還不錯	5(19%)
	③不太好	1(4%)
	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 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	5(19%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	6(23%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	3(12%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	2(7%)

	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	1(3%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	1(3%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	4(15%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對	1(3%)

	音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	2(7%)
九.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	13(50%)
	②程式設計	5(19%)
	③智能車	7(27%)
	④機器人	10(38%)
	⑤科學遊戲	13(50%)
	⑥其他：活動課程	2(8%)
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：	氣嘴及寶特瓶止漏的方法	10(38%)
	學到了很多科學及自然知識	9(35%)
	大氣實驗	2(8%)
	增加彩繪能力	1(4%)
	無回饋	4(15%)
十一.參加冬令營的心得是：	認識大氣壓力，很開心	13(50%)
	學到多種能力	4(15%)
	喜歡參加科學冬令營	4(15%)
	未來想繼續參加	2(8%)
	午餐好吃	1(4%)
	彩繪活動有趣	1(4%)
	其他(建議送大獎 APPLE 手機)	1(4%)

表 1 學童在回收保特瓶自製打擊樂器教學後的問卷回饋-龍泉班

由上表 1 分析發現，學童在接受回收保特瓶自製打擊樂器後的問卷回饋分析(龍泉班)。

1. 參與學生**中年級較多**，次之為高年級，三年級佔 34%、六年級 31%，四年級 27%，五年級 8%。
2. 參加本次科學冬令營的動機以**想要親自動手操作實驗**為最多，佔 73%；**對於活動主題與課程內容有興趣**其次，佔 62%；不須繳交費用，佔 46%；受到爸爸媽媽的鼓勵，佔 35%；及受到學校老師鼓勵，佔 15%，最後是其他；有免費午餐，佔 12%。
3. 本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助：非常同意佔 54%，同意佔 46%。表示受測學生覺得**本課程對對於科學學習有幫助**。
4. 學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 62%，還不錯 38%。
5. 學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 58%，還不錯 42%。
6. 學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 58%，還不錯 42%。
7. 學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 77%，還不錯 19%，也有 4%表示不太好。
8. 請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有與趣開始排列，請以 1.2 排序)：最多的是 **1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器**佔 23%；其次是 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器，佔 19%；和 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4

彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響，佔 15%；接著是 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響，佔 12%；其餘皆未達 10%。表示課程各有所好，**約四成的人偏好** 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響。

9. 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**和**科學實驗**各佔 50%；其次是**機器人**佔 38%；接著是**智能車**佔 27%，**程式設計**佔 19%；最後是其他：活動課程，佔 8%。

10. 對本次冬令營活動的感想，覺得自己學習到的內容： 最多的是**氣嘴及寶特瓶止漏的方法**，佔 38%；其次是**學到了很多科學知識**佔 35%；接著**無回饋**，佔 15%；最後是**大氣實驗**，佔 8%及**增加彩繪能力**一次只能一個，佔 4%。

11. 參加冬令營的心得是：最多的是**認識大氣壓力，很開心**，佔 50%；其次是**學到多種能力**及**喜歡參加科學冬令營**，各佔 15%；接著是**未來想繼續參加**，佔 8%；**最後是午餐好吃**及**彩繪活動有趣**，各佔 4%。

題　　目	（樣本數 N=27 ）	
一.我是幾年級的學生	①三年級	2(7%)
	②四年級	8(30%)
	③五年級	6(22%)
	④六年級	11(41%)
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	14(52%)
	②想要親自動手操作實驗	23(85%)
	③受到學校老師鼓勵	7(26%)
	④受到爸爸媽媽的鼓勵	7(26%)
	⑤不須繳交費用	9(33%)
	⑥其他：同學邀請	2(7%)
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	11(41%)
	②同意	14(52%)
	③不同意	2(7%)
	④非常不同意	0(0%)
四.學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	8(30%)
	②還不錯	17(63%)
	③不太好	2(7%)
	④要再加油	0(0%)
五.學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	9(33%)
	②還不錯	18(67%)
	③不太好	0(0%)
	④要再加油	0(0%)
六.學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	12(44%)
	②還不錯	14(52%)
	③不太好	1(4%)
	④要再加油	0(0%)
七.學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自	①非常棒	17(63%)
	②還不錯	9(33%)

己上課的表現？	③不太好	1(4%)
	④要再加油	0(%)
八.請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有與趣開始排列，請以1.2排序)	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	9(33%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(3%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	2(7%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	2(7%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	1(3%)

	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	1(3%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	2(7%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	1(3%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對	4(15%)

	音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	1(3%)
九.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	15(56%)
	②程式設計	11(41%)
	③智能車	13(48%)
	④機器人	16(67%)
	⑤科學遊戲	18(59%)
	⑥其他：	0(0%)
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：	學到氣嘴及止漏、大氣壓力、空氣特性	21(78%)
	學到如何製作寶特瓶樂器	2(7%)
	彩繪很有趣	1(4%)
	很有趣未來暑假到再次參加	2(7%)
	無回饋	1(4%)
十一.參加冬令營的心得是：	很開心學到很多科學知識及製作技巧	19(71%)
	能夠親自動手做實驗及彩繪	3(11%)
	生活中不曾了解及動手的實驗	2(7%)
	喜歡第一天的活動	1(4%)
	無聊	2(7%)

表 2 學童在回收保特瓶自製打擊樂器教學後的問卷回饋-龍海班

由上表 2 分析發現，學童在接受回收保特瓶自製打擊樂器後的問卷回饋分析(龍海班)。

1. 參與學生**高年級較多**，次之為中年級，六年級佔 41%、五年級 22%，四年級 30%，三年級 7%。

2. 參加本次科學冬令營的動機以**想要親自動手操作實驗**為最多，佔 85%；**對於活動主題與課程內容有興趣**其次，佔 52%；不須繳交費用，佔 33%；受到爸爸媽媽的鼓勵及受到學校老師鼓勵，各佔 265%，最後是其他；同學邀請，佔 7%。
3. 本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助：非常同意佔 41%，同意佔 52%，不同意佔 7%。表示受測學生覺得**本課程對對於科學學習有幫助**。
4. 學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 30%，還不錯 63%，不太好 7%。
5. 學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 33%，還不錯 67%。
6. 學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 44%，還不錯 52%，不太好 4%。
7. 學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 63%，還不錯 33%，也有 4%表示不太好。
8. 請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有與趣開始排列，請以 1.2 排序)：最多的是 **1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器**佔 33%；其次是 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響，佔 15%；其餘皆未達 10%。表示課程**各有所好**。
9. 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 67%；其次是**科學遊戲**佔 59%；接著是**科學實驗**佔 56%，**智能車**佔 48%；最後是**程式設計**佔 41%。
10. 對本次冬令營活動的感想，覺得自己學習到的內容：最多的是**學到氣嘴及止漏、大氣壓力、空氣特性**，佔 78%；其次是**學到如何製作寶特瓶樂器**及**很有趣未來暑假到再次參加**各佔 7%；最後是**彩繪很有趣**及**無回饋**各佔 4%。
11. 參加冬令營的心得是：最多的是**很開心學到很多科學知識及製作技巧**，佔 71%；其次是**能夠親自動手做實驗及彩繪**，各佔 11%；接著是**生活中不曾了解及動手的實驗**及**無聊**各佔 7%；最後是**喜歡第一天的活動**，佔 4%。

題　　目	（樣本數 N=53 ）	
一.我是幾年級的學生	①三年級	11(21%)
	②四年級	15(28%)
	③五年級	8(15%)
	④六年級	19(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	30(57%)
	②想要親自動手操作實驗	42(79%)
	③受到學校老師鼓勵	11(21%)
	④受到爸爸媽媽的鼓勵	16(30%)
	⑤不須繳交費用	21(40%)
	⑥其他：同學邀請、免費午餐	5(9%)
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	25(47%)
	②同意	26(49%)
	③不同意	2(4%)
	④非常不同意	0(0%)
四.學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	24(44%)
	②還不錯	17(32%)
	③不太好	2(4%)
	④要再加油	0(0%)
五.學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	24(44%)
	②還不錯	29(56%)
	③不太好	0(0%)
	④要再加油	0(0%)
六.學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	27(51%)
	②還不錯	25(47%)
	③不太好	1(2%)
	④要再加油	0(0%)

七.學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現？	①非常棒	37(70%)
	②還不錯	14(26%)
	③不太好	2(4%)
	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 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	14(26%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	6(11%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(2%)
	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	2(4%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	5(9%)

	1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	3(6%)
	2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	1(2%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	2(4%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器	2(4%)
	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	1(2%)

	3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	4(7%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	1(2%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器	2(4%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	5(9%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響	1(3%)
	4 彩繪寶特瓶打擊樂器 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、	3(6%)

	演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響	
九.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	28(53%)
	②程式設計	16(30%)
	③智能車	20(38%)
	④機器人	26(49%)
	⑤科學遊戲	31(58%)
	⑥其他：活動課程	2(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：	氣嘴及寶特瓶止漏的方法	10(19%)
	學到了很多科學及自然知識	9(17%)
	大氣實驗	2(4%)
	增加彩繪能力	2(4%)
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：	學到氣嘴及止漏、大氣壓力、空氣特性	21(39%)
	學到如何製作寶特瓶樂器	2(4%)
	很有趣未來暑假到再次參加	2(4%)
	無回饋	5(9%)
十一.參加冬令營的心得是：	認識大氣壓力，很開心	13(24%)
	學到多種能力	4(8%)
	喜歡參加科學冬令營	4(8%)
	未來想繼續參加	2(4%)
	午餐好吃	1(2%)
	彩繪活動有趣	1(2%)
	其他(建議送大獎 APPLE 手機)	1(2%)
	很開心學到很多科學知識及製作技巧	19(34%)
	能夠親自動手做實驗及彩繪	3(6%)
	生活中不曾了解及動手的實驗	2(4%)
	喜歡第一天的活動	1(2%)
	無聊	2(4%)

表 3 學童在回收保特瓶自製打擊樂器教學後的問卷回饋-龍泉及龍海兩班

由上表 3 分析發現，學童在接受回收保特瓶自製打擊樂器後的問卷回饋分析(龍泉和龍海二班合計)。

1. 參與學生**六年級較多**，佔 36%、其次是四年級 28%，三年級 21%，五年級 15%。
2. 參加本次科學冬令營的動機以**想要親自動手操作實驗**為最多，佔 79%；**對於活動主題與課程內容有興趣**其次，佔 57%；不須繳交費用，佔 40%；受到爸爸媽媽的鼓勵，佔 30%；及受到學校老師鼓勵，佔 21%，最後是其他；有免費午餐、同學邀請，佔 9%。
3. 本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助：非常同意佔 47%，同意佔 49%，不同意佔 4%。表示受測學生覺得**本課程對對於科學學習有幫助**。
4. 學習**認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 44%，還不錯 32%，不太好 4%。
5. 學習**不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 44%，還不錯 56%。
6. 學習**不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 51%，還不錯 47%，不太好 2%。
7. 學習**彩繪寶特瓶打擊樂器**課程，覺得自己上課的表現：非常棒 70%，還不錯 26%，也有 4%表示不太好。
8. 請問你對哪個方面覺得有趣，以後還想繼續研究？(從最有與趣開始排列，請以 1.2 排序)：最多的是 **1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 4 彩繪寶特瓶打擊樂器**佔 26%；其次是 **1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響 3 不同寶特瓶對音高的影響、自製寶特瓶樂器、演奏寶特瓶樂器 2 不同氣壓大小對音高影響、不同瓶身大小對音高影響 4 彩繪寶特瓶打擊樂器**，佔 11%；其餘皆未達 10%。表示課程各有所好。43%最喜歡 **1 認識氣嘴、寶特瓶止漏的研發、敲擊位置對音高的影響。**
9. 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 58%；其次是**科學實驗**佔 53%；接著是**機器人**佔 49%，**智能車**佔 38%；**程式設計**佔 30%，最後是**其他：活動課程**，佔 3%。
10. 對本次冬令營活動的感想，覺得自己學習到的內容： 最多的是**學到氣嘴及止漏、大**

氣壓力、空氣特性，佔39%；其次是**氣嘴及寶特瓶止漏的方法**佔19%；接著**學到了很多科學知識無回饋**，佔17%；無回饋是9%，最後是**大氣實驗**，**增加彩繪能力**、學到如何製作寶特瓶樂器及很有趣未來暑假到再次參加，各佔4%。

11.參加冬令營的心得是：最多的是**很開心學到很多科學知識及製作技巧**，佔 34%；其次是**認識大氣壓力，很開心**，各佔 24%；接著是**學到多種能力**及**喜歡參加科學冬令營**，各佔 8%；再來是**能夠親自動手做實驗及彩繪**，佔 6%；其他皆低於 5%。

二、教師課程反思

（一） 龍泉科學營

1. 郭世育老師

本次的寒假科學營，招生的年紀介於 4～6 年級，橫跨中高年級。於是教案的準備較偏重於混齡教學，採觀察、體會以及探究的課程。在空氣特性的單元，因三年級上學期剛學過，所以能表達出空氣具有無色無味、佔有空間以及可壓縮的性質；高年級則能回答出具有可燃性、有許多不同氣體所組成、生物生存皆需要空氣等。在混齡的教學中就是可以創造出已學過的，溫故知新；對於還沒學過的學生，可以從小組發表中，得知更多的知識，實現學習共同體的精神。

另外，本場次為親子科學營，透過親子合作與溝通，思考與創作，培養感情交流，增進親子關係。

2. 陳柔萍老師

謝龍泉及龍海老師的協助，讓這次的寒假科學營可以順利完成！

這次的科學營隊我利用上次暑假營隊的經驗，學習到可以利用分組及小組任務的方式，讓課程進行的更順利，在時間掌握的部分也比以往更順暢。另外先前議課及操作都能讓課程的內容更順暢，也能加入生活中常見的議題進行討論，加入 steam 的元素豐富課程設計！可以改善的地方是設計更多讓學生可以思考討論答案的問題，增加探索科學原理的空間。

3. 陳念儀老師

課程實踐的第一天，有許多地方需要調整。謝謝家長的陪伴，除了協助課程的進行，也穩定了孩子的心情。部分課程在操作上比較繁瑣，學生較容易變得沒有耐心，教師在對於較不穩定的變因時應該給予對策，穩定學生，或調整課程活動來維持課程順利進行。

4. 王雅玲老師

首先感謝龍泉國小和龍海國小的老師在這次寒假科學營的幫助，讓教學順利完成，在教學材料準備和課程規劃都費了一番心力才能有這樣的成果。這次的教學選擇使用壓克力顏料彩繪，先在木架上一層白色底漆待乾後彩繪壓克力顏料，由於需要考量底漆乾燥時間，所以等待的這段時間先畫設計圖再彩繪，發現木架還是有少部分未乾，推斷可能是:1.時間不充足 2.天氣 3.底漆塗太厚等原因造成，因此少部分需使用吹風機吹乾。

學生在創作上都能發揮創意以點、線、面主題去延伸設計，呈現出自己獨特的風格作品，其中比較可惜的地方是作品未乾無法當天帶回家。

5. 龍泉陳勇男校長

感謝龍海國小克韋校長帶領團隊攜手龍泉國小前行，第一天孩子學習科學探究及控制變因的方法，第二天孩子將所習應用於生活中，融入科學與藝文創客的作品是帶得走的素養。除了感謝龍海國小的團隊外，還要特別感謝鎮聰組長漢良組長與雅玲的付出。

（二） 龍海科學營

1. 郭世育老師

龍海國小場次的寒假科學營，除了龍海國小的學生外，還有快官國小的中高年級學生。本場次為寒假科學營的第二場次，講師對於實驗操作以及課程進度掌控顯得更為熟悉，讓學生有更多的時間進行體會與反思，透過小組合作、溝通、發表，讓學習更深入，和小組成員有更多的互動。本場次有老師共同參與，在寶特瓶密封實驗中，課後老師建議可以在上熱融膠前先塗一層白膠，這個良好的建議也會納入我們下次實驗的參考。

2. 陳柔萍老師

感謝龍海及快官老師的協助，讓這次的寒假科學營在小意外發生下可以順利完成！這次的教學活動讓我學習到，第一教學電腦音響設備要事先檢查或準備好備用的音響才不會在播放影片時出現問題。第二時間掌握的部分也比以往更順暢。第三先前議課及實驗操作可以改善原先會出現錯誤的地方能讓課程的內容更順暢。第四加入生活中常見的議題進行討論，提出數學計算問題和學生互動。第五可以改善的地方是多多注意學生安全，提醒生活常規。

3. 陳念儀老師

謝謝所有老師的協助，課程進行的較為順利，對於不穩定的變因在今天也有給予學生對策，學生也更明白實驗結果代表的意義。對於漏氣的問題，彰化的老師給予許多的建議，之後也會繼續討論，讓學生在自製樂器上更順利。

4. 王雅玲老師

首先感謝龍海國小和快官國小的老師在這次寒假科學營的協助，讓教學能夠順利完成!這次的教學調整課程進度，採上午先塗底漆下午再彩繪，底漆則請學生塗薄薄一層，讓乾燥時間更充分。調整後發現效果良好，學生都能發揮自己的想像力完成作品,也能順利地在當天把作品拿回家!這都是多虧了許多老師的幫忙和

天氣的配合才能在時間內有效率又順暢地完成作品。

5. 陳于倩老師

科學營緊扣 STEAM 學習目標，以假期主題式夏令營上課模式加深加廣，動手做讓參與的學童收穫滿載，成效良好。自編課程很適合在地推廣。以下就各點優點分述，建議為 A->A+，參考即可。謝謝龍海國小團隊認真辦理，辛苦了。

→建議：雖然是跨年級教學，若能將低中高年段學童差異化學習表現給點明，授課教師會更駕輕就熟。

進行前後測，可知學生學習成效，並進行學生難點掌控，以做來年方案改進依據。建議可以可增加問卷，了解學生情意面向反饋。用隨手可得的保特瓶教導大氣壓力，並以不同的 psi 不同的聲音表現，甚至自製樂器，在過程中以科學實驗，圖表紀錄，並上台表達。每個階段，課程環環相扣，可以讓學生透過小小科學家的親身歷程，將科學的精神確實落實。充氣嘴漏氣的問題，可能是學童在操作熱熔膠不熟練導致，若能改善操作方式或製程，或許能降低難度，讓學童專注在實驗上，而非排誤。上台表達時，建議可以書寫在大海報上，下課時亦能學習，投影的表達 sop 若能再教導，或許會更棒。最後的作品呈現以彩繪做 ending，若能在回到簡易樂曲演奏，會讓學童更清楚，STEAM 的目標會扣的更緊。每一組都安排一位老師協助確實能快速導回主題，希望明年也繼續。計分獎勵的方式與平日太過雷同，少了營隊歡愉的氛圍，建議可以設計在課程裡頭，比如把聲音或壓力的元素納入轉化，會更有趣。

再次感謝龍海團隊，很棒的課程，很期待再上光的課程。另外，針對偏鄉小校也建議設計學科的科學營讓好玩的實驗陪學童渡過假期。

6. 臧家馨老師

自然科學對於國小孩子來說應該是什麼？應該不是遙不可及的知識傳播，而是能應用在生活中的能力，在課程中，老師使用生活中會遇到的現象來實驗科學，看到每個孩子眼中閃著光芒，在期待想知道這是什麼原理的疑問中，開始動手自己做實驗，如此有著動機的學習，成功的帶領孩子進入探索，若能將這樣的課程放入平常的課堂學習，來取代不斷的背誦與測驗，我想，每個孩子將能伸出觸角參與學習，不再有教室的客人出現。

（三）暨南大學科學教育營

1. 李義評老師

重過程不重結果，從此次科學營發現，教學時教學目標是你的終點，如何到達目的地，必須經由教學現場去進行調整，調整的依據是以學生反應為本，因此次每組都有助教在場，每節下課時，與助教的溝通機會，課程的備課經由老師及助教問答間，逐漸出現雛型。因有助教的協助，所以老師能在旁觀察學生反映及課程調整。如果是操作、觀察、討論、分析及歸納的科學探究過程，學生的年齡不在是障礙，感謝提供此次學習機會的暨南大學，教學是有無限可能，不再是硬邦邦的程序，因材施教，老師會教、學生能學。

科教專案活動照片

一、科教專案活動照片-專家指導

（一）林泰聰教授

（二）秦爾聰教授「數學面面觀」

（三）林泰生教授「如何規劃科學實驗」

（四）林淑楞教授「如何規劃引發興趣與好奇的科學閱讀」

（五）林泰生教授「科學報告規劃與實踐」

二、科教專案活動照片-教學活動

（一）臺中市樂業國民小學

（二）龍泉國小科學冬令營

（三）龍海國小科學冬令營

（四）彰化師範大學工作坊

（五）暨南大學科學教育營

科教專案期中報告

教育部109年度中小學科學教育計畫專案

期中報告大綱

計畫編號：4-5

計畫名稱：發展 STEAM 課程提升國小生科學探究 能力-以回收寶特
瓶自製打擊樂器為例

主 持 人：陳克韋、郭世育、李義評

執行單位：臺中市龍海國小

壹、 計畫目的及內容：

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。

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)，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。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)。

圖 1:STEM 素養金字塔

「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

保特瓶打擊樂使用環保回收的資源(廢材)，所需成本 0 元，且「可重新利用」等優點；能讓學生瞭解當不同氣壓、不同瓶身大小、不同飲料瓶身、打擊棒材質、敲擊位置改變時，找出可以打擊出不同音階的保特瓶樂。透過控制以上因子，發現保特瓶樂器製作方法，是一種值得推廣的教具。製作方法如下：

表 1：保特瓶打擊樂器製作流程

1.用打氣機打氣檢查氣嘴功能是否正常	2.用剪刀剪除橡皮。	3.在瓶蓋用原子筆標示中心點
4.用圓孔刀挖出 0.7 公分的孔。	5.用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋	6.在保特瓶中打氣及彩繪

本計畫有四個目的：

（一）探討「保特瓶打擊樂器」的科學內涵。

（二）以 STEAM 模式設計「保特瓶打擊樂器」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。

三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營課表：

	第一天、第二天	第三天、第四天
地點	龍海、快官國民小學	龍泉國民小學
時間	活動內容	活動內容
09:00~16:00	聲音探究-保特瓶打擊樂器 李義評 講師 陳念儀 助理講師	聲音探究-保特瓶打擊樂器 郭世育講師 王雅玲助理講師

貳、 研究方法及步驟：

(一)研究方法：

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，研究流程如圖 6 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，先針對龍海及快官國小 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。

(二)研究步驟：

STEAM 教學流程表：

課程內容	STEAM 教學	教學流程
一、認識氣嘴	S：說明科學的知識 T：了解氣嘴的構造與功能	1.收集氣嘴相關資料。 2.了解氣嘴的構造與功能 美式氣嘴 VS 法式氣嘴
二、設計瓶蓋打洞方法	T：鑽孔器具的使用方式及注意事項	1. 剪刀打洞的運用探究 2. 電鑽打洞的運用探究 3. 圓孔刀打洞的運用探究
三、研發保特瓶止漏的方法	S：空氣的重量 T：電動打氣機的使用 E：研發寶特瓶止漏的方法 M：圓孔直徑測量 M：小數的加減法	1.在瓶蓋中心鑽一個直徑 0.7 公分的圓孔。 2.運用密封及止水材料測試瓶內是否呈密閉狀態無空氣洩漏情形。
四、探討打擊棒材質變化對音高的影響	S：敲擊瓶身振動產生聲音 E：1.用不同材質打擊棒敲擊瓶身 2.使用手機 APP 測量音高	1.利用不同材質的打擊棒敲擊瓶身，並用手機 APP 測量音高。
五、驗證敲擊位置變化對音高的影響	E：1.敲擊瓶身不同位置 2.使用手機 APP 測量音高	1.敲擊瓶身不同位置並使用手機 APP 測量音高。
六、寶特瓶耐壓實驗	S：認識氣壓的單位 T：自動打氣機操作方式 E：測試寶特瓶耐壓程度	1.在瓶內打入不同氣壓測試寶特瓶耐壓程度。
七、分析氣壓大	S：認識氣壓的單位	1.自動打氣機設定不同氣壓

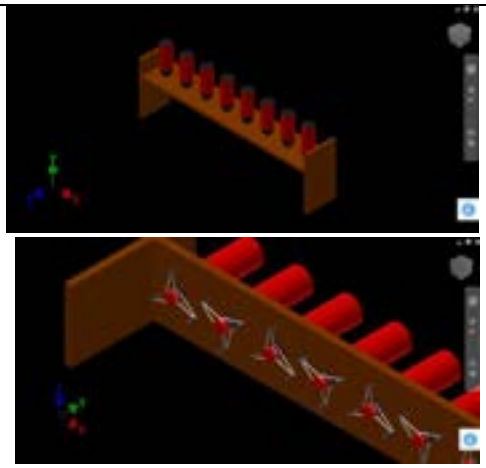
小變化對音高的影響	T：自動打氣機設定不同氣壓 E：用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高	2.用敲擊棒打保特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
八、探究不同瓶身大小對音高的影響	E：在不同容量的寶特瓶中打入不同的氣壓 M：容量大小與單位	1.在不同容量的寶特瓶中打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
九、探討不同飲料瓶身對音高的影響	E：在不同飲料瓶中打氣並用手機 APP 測量音高 M：容量大小與單位	1.在不同飲料瓶中打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
十、寶特瓶樂器支架設計與外觀彩繪、裝飾	E：設計寶特瓶樂器支架固定 A：彩繪、裝飾瓶身	1. 將寶特瓶固定在插花鐵絲上。 2. 彩繪、裝飾瓶身

本研究在訂出研究範圍後，即開始文獻資料蒐集，了解目前保特瓶打擊樂器的方法及理論，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.保特瓶打擊樂器	2-1 使用單變因實驗來瞭解保特瓶打擊樂器。 2-2 透過操作的學習統整自然課程中聲音高低概念。
3.設計保特瓶打擊樂器的教案	3-1 設計保特瓶打擊樂器的教案。 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.建立保特瓶打擊樂器的網頁	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 辦理三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。 6-2 三校合作成立科學實作社群，共同備課、觀課、議課。 6-3 以學生操弄實驗變因進行科學闖關。

參、 目前研究成果：

1. 已籌組科教專案小組，成員包括校長、主任、組長、導師、及退休主任及校外國中教師、國小教師共 19 名，並商請彰師大、清華大學、逢甲大學及勤益科大教授諮詢。
2. 已使用單變因實驗來確認保特瓶打擊發聲的影響因子。影響聲音變化的主要因子有不同氣壓、不同瓶身大小、不同飲料瓶身，敲擊保特瓶可產生音程 13 度音。不同瓶身大小，6 種瓶身共可發出 14 度音。經由實驗，發現回收保特瓶加上廢棄氣嘴可以製作成樂器，無需任何費用，自製出**「0」元樂器-保特瓶打擊樂器。**
3. 召開 14 次專業對談，共 53 人次參加，參加人員包括行政、課任、級任，及校外 5 位教師。
4. 以「物理科「0」元樂器-寶特瓶打擊樂」，參與 108 學年度臺中市科展，榮獲物理科第二名。
5. 團隊獲邀參與「2020 台灣科學節」擺攤活動，經由團隊成員會議規劃活動、畢業校友畫 3D 設計圖、家長會長製作 2 組保特瓶架子、師生共同準備、校內預演、及師生 11/7、11/8 科博館擺攤，獲得兩天 1000 人以上參與闖關，學生 6 名，親師 16 名。

	
畢業校友繪製 3D 設計圖	2020 臺灣科學節校內預演
學生擔任關主向兒童說明闖關方法	保特瓶打擊樂生動有趣吸引人潮聚集

6. 邀請彰師大 秦爾聰教授到校分享，題目：「數學面面觀」，參加教師 16 名，日期：11 月 11 日。
7. 參與天下雜誌「2020 未來教育國際論壇」得知史丹佛大學 D.School K12 Lab 協作學習負責人 Ariel Raz 聯絡方式，聯繫後，寄科教成果冊進行分享。
8. 成員參加天下雜誌「2020 微笑臺灣創意教案比賽」，入圍全國 12 強，團隊並於 12/13 在臺大領獎。
9. 與 West Ewell Primary School UK 經由 email 聯繫，將校內目前發展 Steam 教學進行交流。

肆、 目前完成進度

年月	109 08	109 09	109 10	109 11	109 12	110 01
文獻資料蒐集						
自製保特瓶打擊樂器						
教案撰寫						
保特瓶打擊樂網頁						
報告撰寫						
科學教育進廣						
跨校聯盟						

伍、 預定完成進度

年月	109 08	109 09	109 10	109 11	109 12	110 01
文獻資料蒐集						
自製保特瓶打擊樂器						
教案撰寫						
保特瓶打擊樂網頁						
報告撰寫						
科學教育進廣						
跨校聯盟						

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

課程進程
1 文獻資料蒐集，前置訓練
2 保特瓶打擊樂器製作
3 保特瓶打擊樂器
4 設計保特瓶打擊樂器
5 辦理觀摩研習，

文獻資料蒐集，
前置訓練

善組科教團隊

教師研習
2020年11月16日
參與教師 29 人

科教團隊專業對談

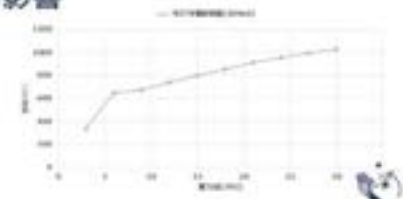
保特瓶打擊樂器
製作流程
1.
用打氣機打氣
檢查氣嘴功能
是否正常
2.
用剪刀剪除橡
皮
3.
在瓶蓋用原子
筆標示中心點
4.
用圓孔刀挖出
0.7公分的孔
5.
用熱熔膠將氣
嘴和瓶蓋
6.
在保特瓶中打
氣及彩繪
保特瓶打擊樂器
變因探討
保特瓶打擊樂器變因探討

提出問題
假設
分析結果
1
2
3
4
5
6
7
觀察
參考文獻
設計實驗
結論
認識氣嘴
瓶蓋打洞的
研發
保特瓶止漏
的研發
打擊棒材質
對音高的影響
敲擊位置
對音高的影響

保特瓶耐壓
實驗

保特瓶
可以承受30psi壓力

不同氣壓
對音高的影響



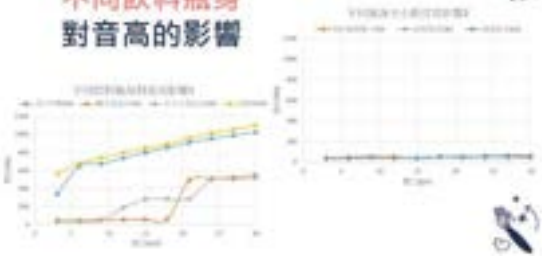
不同瓶身大小
對音高的影響

不同瓶身大小對音高的影響

	最低頻率(音名)	最高頻率(音名)	音程
350ml	586(D5)	967(B5)	6音程
435ml	612(D5)	1089(C6)	7音程
600ml	336(E4)	1028(C6)	13音程
920ml	427(A4)	885(A5)	8音程
1250ml	300(D4)	865(A5)	12音程
2000ml	300(D4)	770(G5)	11音程

不同飲料瓶身對音高的影響

不同飲料瓶身
對音高的影響



設計保特瓶打擊樂的教學教案
4
保特瓶打擊樂
抽象概念具體化
檢核課堂裡STEAM的課程設計
STEAM教育素養的教學活動設計
課程內容是否涵蓋了STEAM教育的內容
STEAM教育多個學科合在一起，本期目實作了解各基本概念
老師怎麼參與活動內容
課程內容是否涵蓋了STEAM教育的內容
科學教育
說明科學的知識
技術教育
了解常用的構造與功能
認識器具的使用方式及注意事項
工程教育
測試實作過程需要時間
用敲擊棒打保特瓶，同時用手機錄製音高
數學教育
容量大小與單位
藝術教育
彩繪，裝飾瓶身
老師怎麼參與活動內容
歷程一，探索，不同音高的實特瓶
敲擊保特瓶時會發現什麼事？
小組討論敲擊之後，發生了什麼事?
發生這些事的最可能原因?
生活中的類似現象？
並確認產生現象的原因
實驗教學1-1
以學員模組
試教老師
李義評 老師
地點
樂業國小 自然教室
以學生對音樂保特瓶音高因素的探究，問答過程中，歸納出原因，進而了解壓力影響音高

教學省思

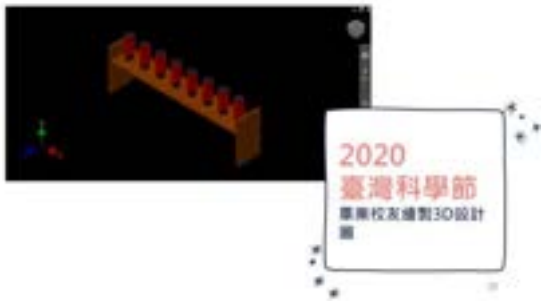
實驗教學1-2
試教老師
陳志偉 老師
地點

教學省思

推廣教育成效
5

科展
以「物理科「0」元無敵-放特級打擊樂」，參與108學年度臺中市科展，榮獲物理科第二名。

教案比賽
成員參加天下雜誌
「2020微笑臺灣創意
教案比賽」，入圍全
國12強，團隊加計
12/13在臺大領獎。


2020
臺灣科學節
團隊校友繪製3D設計
圖

2020
臺灣科學節
2020臺灣科學節校內
預演

2020
臺灣科學節
學生擔任關注向兒童
說明開關方法

2020
臺灣科學節
保特瓶打擊樂生動有
趣吸引人潮聚集

Ariel Raz
史丹佛大學
D.School K12 Lab

跨校聯盟
West Ewell Primary School UK

Thanks
有任何問題歡迎提問

科教專案期末報告

教育部109年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號：4-5

計畫名稱：發展 STEAM 課程提升國小生科學探究能力-以回收寶特瓶自製打擊樂器為例

主 持 人：陳克韋、郭世育、李義評

執行單位：臺中市龍海國小

壹、 計畫目的及內容：

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。

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)，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。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)。

圖 1:STEM 素養金字塔

「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

保特瓶打擊樂使用環保回收的資源(廢材)，所需成本 0 元，且「可重新利用」等優點；能讓學生瞭解當不同氣壓、不同瓶身大小、不同飲料瓶身、打擊棒材質、敲擊位置改變時，找出可以打擊出不同音階的保特瓶樂。透過控制以上因子，發現保特瓶樂器製作方法，是一種值得推廣的教具。製作方法如下：

表 1：保特瓶打擊樂器製作流程

1.用打氣機打氣檢查氣嘴功能是否正常	2.用剪刀剪除橡皮。	3.在瓶蓋用原子筆標示中心點
4.用圓孔刀挖出 0.7 公分的孔。	5.用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋	6.在保特瓶中打氣及彩繪

本計畫有四個目的：

（一）探討「保特瓶打擊樂器」的科學內涵。

（二）以 STEAM 模式設計「保特瓶打擊樂器」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。

三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營課表：

	第一天、第二天	第三天、第四天
地點	龍海、快官國民小學	龍泉國民小學
時間	活動內容	活動內容
09:00~16:00	聲音探究-保特瓶打擊樂器 李義評 講師 陳念儀 助理講師	聲音探究-保特瓶打擊樂器 郭世育講師 王雅玲助理講師

貳、 研究方法及步驟：

(一)研究方法：

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，研究流程如圖 6 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，先針對龍海及快官國小 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。

(二)研究步驟：

STEAM 教學流程表：

課程內容	STEAM 教學	教學流程
一、認識氣嘴	S：說明科學的知識 T：了解氣嘴的構造與功能	1.收集氣嘴相關資料。 2.了解氣嘴的構造與功能 美式氣嘴 VS 法式氣嘴
二、設計瓶蓋打洞方法	T：鑽孔器具的使用方式及注意事項	1. 剪刀打洞的運用探究 2. 電鑽打洞的運用探究 3. 圓孔刀打洞的運用探究
三、研發保特瓶止漏的方法	S：空氣的重量 T：電動打氣機的使用 E：研發寶特瓶止漏的方法 M：圓孔直徑測量 M：小數的加減法	1.在瓶蓋中心鑽一個直徑 0.7 公分的圓孔。 2.運用密封及止水材料測試瓶內是否呈密閉狀態無空氣洩漏情形。
四、探討打擊棒材質變化對音高的影響	S：敲擊瓶身振動產生聲音 E：1.用不同材質打擊棒敲擊瓶身 2.使用手機 APP 測量音高	1.利用不同材質的打擊棒敲擊瓶身，並用手機 APP 測量音高。
五、驗證敲擊位置變化對音高的影響	E：1.敲擊瓶身不同位置 2.使用手機 APP 測量音高	1.敲擊瓶身不同位置並使用手機 APP 測量音高。
六、寶特瓶耐壓實驗	S：認識氣壓的單位 T：自動打氣機操作方式 E：測試寶特瓶耐壓程度	1.在瓶內打入不同氣壓測試寶特瓶耐壓程度。
七、分析氣壓大	S：認識氣壓的單位	1.自動打氣機設定不同氣壓

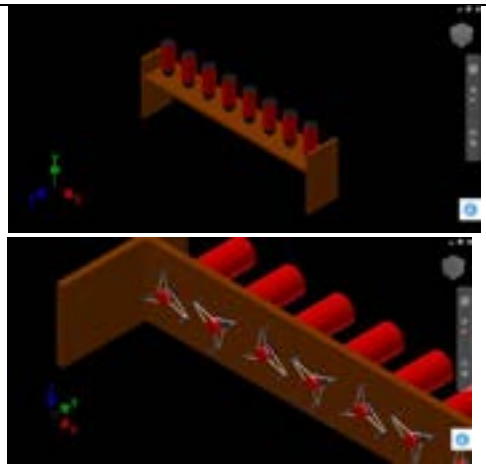
小變化對音高的影響	T：自動打氣機設定不同氣壓 E：用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高	2.用敲擊棒打保特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
八、探究不同瓶身大小對音高的影響	E：在不同容量的寶特瓶中打入不同的氣壓 M：容量大小與單位	1.在不同容量的寶特瓶中打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
九、探討不同飲料瓶身對音高的影響	E：在不同飲料瓶中打氣並用手機 APP 測量音高 M：容量大小與單位	1.在不同飲料瓶中打入不同的氣壓。 2.用敲擊棒敲打寶特瓶，同時用手機 APP 量測音高。
十、寶特瓶樂器支架設計與外觀彩繪、裝飾	E：設計寶特瓶樂器支架固定 A：彩繪、裝飾瓶身	1. 將寶特瓶固定在插花鐵絲上。 2. 彩繪、裝飾瓶身

本研究在訂出研究範圍後，即開始文獻資料蒐集，了解目前保特瓶打擊樂器的方法及理論，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.保特瓶打擊樂器	2-1 使用單變因實驗來瞭解保特瓶打擊樂器。 2-2 透過操作的學習統整自然課程中聲音高低概念。
3.設計保特瓶打擊樂器的教案	3-1 設計保特瓶打擊樂器的教案。 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.建立保特瓶打擊樂器的網頁	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 辦理三校(龍海、龍泉、快官)寒假科學營，兼顧科學素養的培養及扶弱目標。 6-2 三校合作成立科學實作社群，共同備課、觀課、議課。 6-3 以學生操弄實驗變因進行科學闖關。

參、 目前研究成果：

1. 已籌組科教專案小組，成員包括校長、主任、組長、導師、及退休主任及校外國中教師、國小教師共 19 名，並商請彰師大、清華大學、逢甲大學及勤益科大教授諮詢。
2. 已使用單變因實驗來確認保特瓶打擊發聲的影響因子。影響聲音變化的主要因子有不同氣壓、不同瓶身大小、不同飲料瓶身，敲擊保特瓶可產生音程 13 度音。不同瓶身大小，6 種瓶身共可發出 14 度音。經由實驗，發現回收保特瓶加上廢棄氣嘴可以製作成樂器，無需任何費用，自製出**「0」元樂器-保特瓶打擊樂器。**
3. 召開 29 次專業對談，共 101 人次參加，參加人員包括行政、課任、級任，及校外 5 位教師。
4. 以「物理科「0」元樂器-寶特瓶打擊樂」，參與 108 學年度臺中市科展，榮獲物理科第二名。
5. 團隊獲邀參與「2020 台灣科學節」擺攤活動，經由團隊成員會議規劃活動、畢業校友畫 3D 設計圖、家長會長製作 2 組保特瓶架子、師生共同準備、校內預演、及師生 11/7、11/8 科博館擺攤，獲得兩天 1000 人以上參與闖關，學生 6 名，親師 16 名。

	
畢業校友繪製 3D 設計圖	2020 臺灣科學節校內預演
學生擔任關主向兒童說明闖關方法	保特瓶打擊樂生動有趣吸引人潮聚集

6. 邀請彰師大 秦爾聰教授到校分享，題目：「數學面面觀」，參加教師 16 名，日期：11 月 11 日。

7. 參與天下雜誌「2020 未來教育國際論壇」得知史丹佛大學 D.School K12 Lab 協作學習負責人 Ariel Raz 聯絡方式，聯繫後，寄科教成果冊進行分享。

8. 邀請逢甲 林泰生教授到校分享，題目：「如何規劃科學實驗」，參加教師 6 名，日期：1 月 7 日。

9. 成員參加天下雜誌「2020 微笑臺灣創意教案比賽」，在全國 160 件參賽作品中，入圍全國 12 強，榮獲「中油綠色能源教育獎」。

10. 與 West Ewell Primary School UK 經由 email 聯繫，將目前發展 Steam 教學進行交流。

11. 110 年 3 月份【天下雜誌-教育月報】龍海國小從偏鄉道世界自然教案獲得刊登。

12.執行 13 件科教專案成果獲肯定，參與中市首創教師帶職帶薪全時進修計畫獲錄取。相關新聞報導 20 則以上。

13.於 3/13 獲邀到彰師大「科教專案計畫撰寫工作坊暨生物多樣性教師研習活動」，擔任科教專案計畫撰寫專題演講講師。

14. 邀請逢甲 林泰生教授到校分享，題目：「科學報告規劃與實踐」，參加師生 16 名，日期：4 月 23 日。

15. 獲邀 4/17 到台南金城國中擔任教育部「110 年度教學基地各領域教師寒假共同備課研習」分組講師

16. 假龍泉國小於 1/21 及 1/22 開親子科學營，共 28 名學生、4 名家長、8 名教師參加。另於 1/22 及 1/23 於龍海國小開五校科學營，34 學生、12 名教師參加。

17. 邀請彰師大 林淑楞教授到校分享，題目：「如何規劃引發興趣與好奇的科學閱讀」，參加教師 19 名，日期：4 月 7 日。

18. 獲邀 5/10 擔任暨南大學教育學院大學社會責任實踐（USR）計畫辦理福興小學堂科學教育營活動講師。當天參與小一到國三 21 位學生，及大學生 11 助教協助

肆、 目前完成進度

年月	109 08	109 09	109 10	109 11	109 12	110 01	110 02	110 03	110 04	110 05	110 06
文獻資料蒐集											
自製保特瓶打擊樂器											
教案撰寫											
保特瓶打擊樂網頁											
報告撰寫											
科學教育進廣											
跨校聯盟											

伍、 預定完成進度

年月	109 08	109 09	109 10	109 11	109 12	110 01	110 02	110 03	110 04	110 05	110 06
文獻資料蒐集											
自製保特瓶打擊樂器											
教案撰寫											
保特瓶打擊樂網頁											
報告撰寫											
科學教育進廣											
跨校聯盟											

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
臺中市龍井區龍海國民小學

課程進程
1 文獻資料蒐集，前置訓練
2 保特瓶打擊樂器製作
3 保特瓶打擊樂器
4 保特瓶打擊樂器的教案
5 辦理觀摩研習，
教育成效

文獻資料蒐集，
前置訓練

籌組科教團隊
已籌組科教專業小組，
成員包括校長、主任、組長、
導師、及退休主任及校外國中
教師、國小教師共19名

科教團隊專業對談
共29次專業對談，共101人次

教師研習
2019年11月16日
參與教師 29 人

教師研習
2020年1月17日
逢甲大學 林泰生教授
參與教師6人
《如何複製科學實驗》

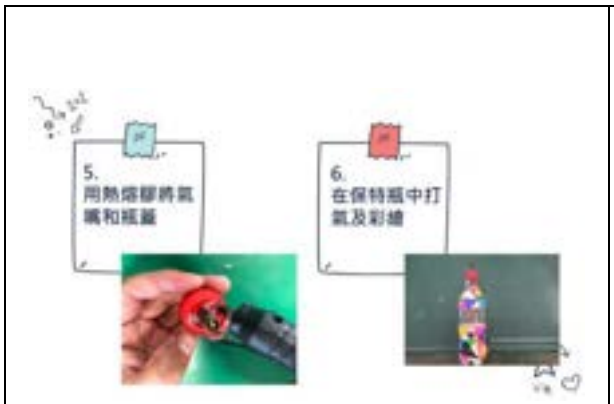
教師研習
2020年4月7日
彰師大 林湘榕教授

教師研習
2020年4月23日
逢甲大學 林泰生教授
參與教師16人
《科學報告複製與實踐》

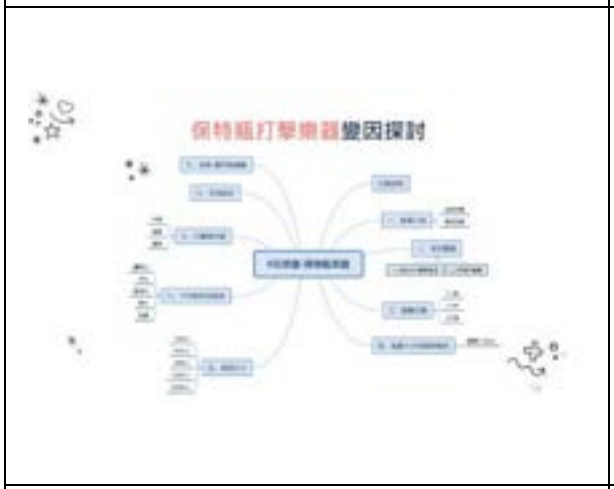
保特瓶打擊樂器
製作流程
2

1.
用打氣機打氣檢查氣嘴功能是否正常
2.
用剪刀剪除樓皮

3.
在瓶蓋用原子筆標示中心點
4.
用圓孔刀挖出0.7公分的孔


5.
用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋
6.
在保特瓶中打氣及彩繪

3
保特瓶打擊樂器
變因探討


保特瓶打擊樂器變因探討

提出問題
假設
分析結果
1
2
3
4
5
6
7
觀察
參考文獻
設計實驗
結論

認識氣嘴

瓶蓋打洞的
研發

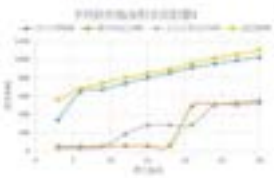
保特瓶止漏
的研發
打擊棒材質
對音高的影響
敲擊位置
對音高的影響
保特瓶耐壓
實驗
不同氣壓
對音高的影響
不同瓶身大小
對音高的影響

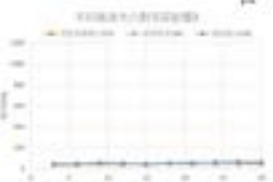
不同瓶身大小對音高的影響

	最低頻率(音名)	最高頻率(音名)	音程
350ml	586(D5)	967(B5)	6個音
435ml	612(D5)	1088(C6)	7個音
600ml	336(E4)	1026(C6)	13個音
920ml	427(A4)	885(A5)	8個音
1250ml	300(D4)	865(A5)	12個音
2000ml	300(D4)	770(G5)	11個音

不同飲料瓶身對音高的影響

不同飲料瓶身對音高的影響





設計保特瓶打擊樂的教學教案

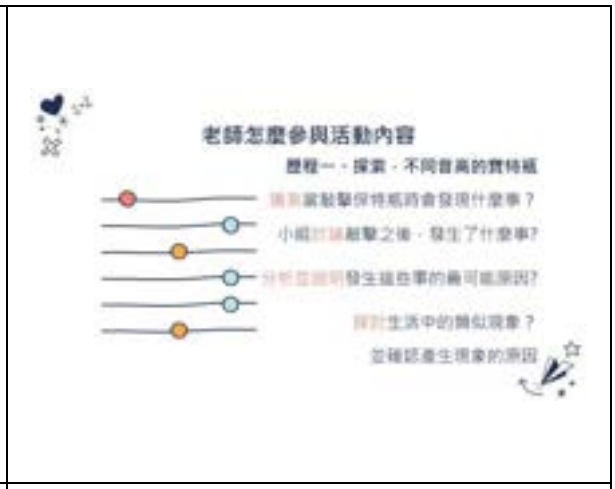
4

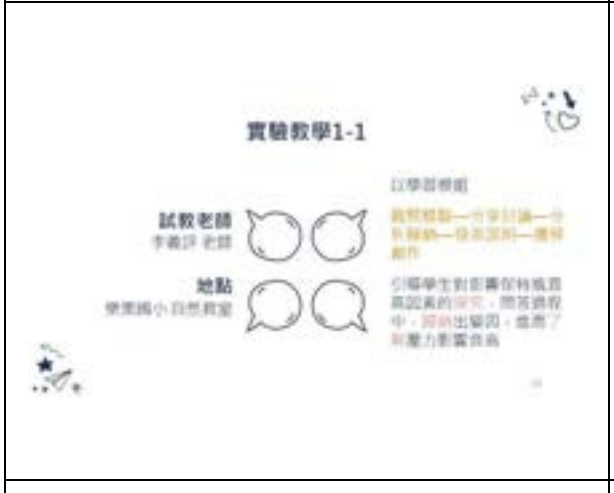
保特瓶打擊樂
抽象概念具體化

檢核課堂裡STEAM的課程設計

- STEAM教育素養的教學活動設計
- 課程內容是否涵蓋了STEAM教育的內容
- STEAM教育多個學科合在一起，本項目實踐了哪些基本概念
- 老師怎麼參與活動內容

課程內容是否涵蓋了STEAM教育的內容
科學教育
技術教育
工程教育
數學教育
藝術教育


老師怎麼參與活動內容
歷程一、探索，不同音高的實特瓶
小組討論敲擊之後，發生了什麼事?
生活中的類似現象？
並確認產生現象的原因


實驗教學1-1
試教老師
李義評 老師
地點
學思國小 自然教室

教學省思

實驗教學1-2
試教老師
陳金鎮 老師
地點
學思國小 自然教室

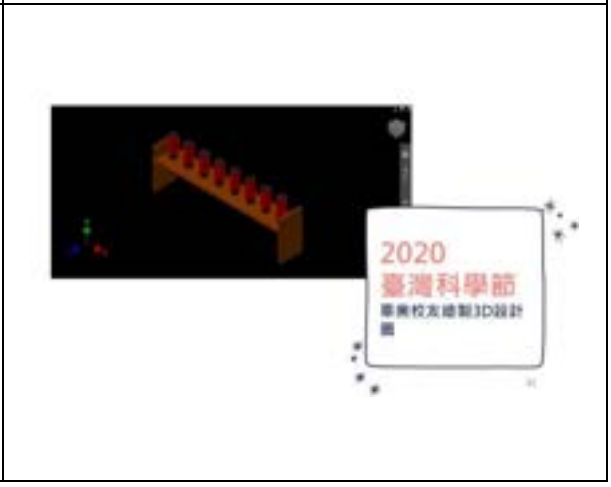
教學省思

推廣教育成效
5

科展
以「物理科「0」元素器-雲梯組打擊器」，參與108學年度臺中市科展，榮獲物理科第二名。

教案比賽
成員參加天下雜誌「2020微笑臺灣創意教案比賽」，入圍全國12強，榮獲「中油綠色能源教育獎」。

天下雜誌-教育月報
110年3月份臺海國小【從藝術看世界】自然教案獲得刊登


2020
臺灣科學節
學長校友繪製3D設計圖

2020
臺灣科學節
2020臺灣科學節校內
展演

2020
臺灣科學節
學生擔任關注向兒童
說明開關方法

2020
臺灣科學節
保持經打擊樂生動有
趣吸引人潮聚集

教師帶職帶
薪全時進修
20所以上

科教專案計畫
撰寫工作坊
3/13到
「科教專
案計畫撰寫工作坊」，
擔任
講師

教育部
共同備課研習
4/17到台南擔任
「110年度教學基地
共同備課研習」
分組講師

史丹佛大學
D.School K12 Lab
Ariel Raz

跨校聯盟
West Ewell Primary School UK

寒假科學營
龍泉親子科學營
1/21、1/22

龍泉國小
陳勇男校長回饋

教學省思-陳志維講師
1. 在操作上比較困難，學生較容易會沒有耐心，相關在對於較不熟悉的學
因時會讓他手對家，穩定學生。

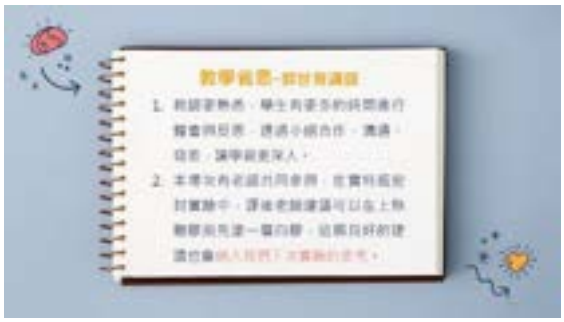
教學省思-王雅玲講師
1. 在教學材料準備和課程規劃都需了一
番心力才能有這樣的成果。
2. 學生在創作上都能發揮創意以點，經
過立體金屬作品設計，呈現出自己獨特
的海報作品，其中比較可惜的地方是
作品不能無法當天帶回家。

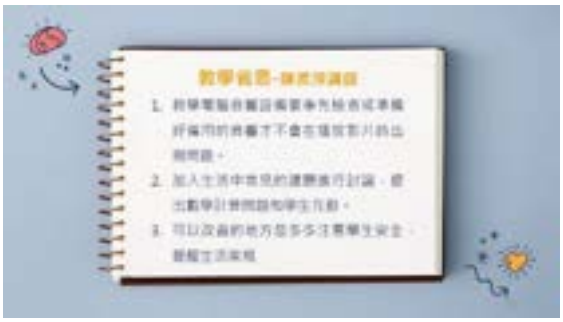
學生 問卷回饋
參加本次科學冬令營的動機
以想要親自動手操作實驗為最多，佔73%；
對於活動主題與課程內容有興趣其次，佔62%
本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助；
非常同意佔54%，同意佔46%。
表示受測學生覺得
本課程對於科學學習有幫助。

寒假科學營
龍海五校科學營
1/22、1/23
34名學生，12名教師

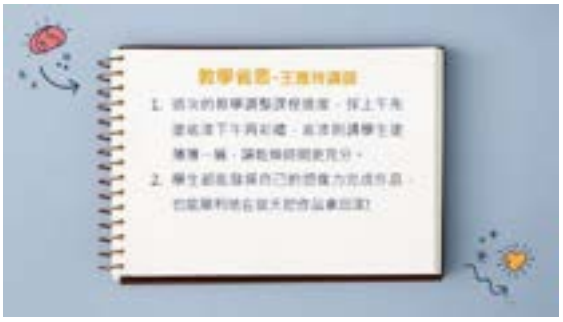
回顧-彰化縣溪湖小陳子傑主任
1. 科學營結合STEAM學習目標，以假期
主題式夏令營上課模式加深加廣，教
學相關參與的學員有極高興趣，成效良
好。
2. 自編課程教材在地推廣。

回顧-彰化縣溪湖小賴家馨老師
1. 老師使用生活中會遇到的現象來實驗
科學，重到孩子對中間產生疑，在解
決問題和解決這些問題的過程中，需
要動手自己做實驗。
2. 教師將這樣的課程放入平常的學習，
發現每個孩子都能夠主動參與學習，
子再有新的想法出現。


教學省思-


教學省思-

教學省思-


教學省思-

學生 問卷回饋
參加本次科學生令營的動機
以想要
為最多，佔85%；
其次，佔52%
本次營隊課程內容，確實對於科學學習有幫助；
非常同意佔41%，同意佔52%。
表示受測學生覺得
本課程對於科學學習有幫助。

科學教育營
暨南大學福興小學堂
5/10
小一到國二21位學生，大學生11位助教

教學省思-學生評課後

教學省思-學生評課後

學校官網
推廣教育成效

Thanks
有任何問題歡迎提問

科

展

報

告

108 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：「0」元樂器-寶特瓶打擊樂

關 鍵 詞：保特瓶、頻率、氣壓

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……2

肆、研究設備及器材……3

伍、研究架構……4

陸、研究過程……5

柒、研究結果……6

研究一：認識氣嘴……6

研究二：瓶蓋打洞的研發……9

研究三：寶特瓶止漏的研發……10

研究四：打擊棒材質對音高的影響……14

研究五：敲擊位置對音高的影響……15

研究六：保特瓶耐壓實驗.……16

研究七：不同氣壓對音高的影響.....17

研究八：不同瓶身大小對音高的影響……18

研究九：不同飲料瓶身對音高的影響.....21

捌、自製保特瓶打擊樂器……24

玖、結論……25

拾、參考資料……26

「0」元樂器-寶特瓶打擊樂

摘要

廢棄保特瓶對生態造成重大浩劫，將回收保特瓶回收成全新產品。從取用廢棄輪胎剪下美式氣嘴。從瓶蓋打洞的研發，發現圓孔刀打洞的且圓形外圍沒有變形，且尺寸可以微調。因保特瓶高壓有洩漏情形，發現無底座氣嘴幾乎沒有洩漏情形發生。打擊棒材質及位置並不會對音高造成影響。當壓力在 30psi 以下實驗是安全。由敲擊保特瓶可產生音程 13 度音。不同瓶身大小，6 種瓶身共可發出 14 度音。經由實驗，發現回收保特瓶加上廢棄氣嘴可以製作成樂器，無需任何費用，自製出**「0」元樂器-保特瓶打擊樂器。**

壹、研究動機

依據英國衛報報導，全球每分鐘購買 100 萬個保特瓶，部分人士認為，寶特瓶氾濫所造成的環境災難，嚴重性已不亞於氣候變遷。

觀賞「三個寶特瓶的奇幻旅程」影片，當三個瓶子遭丟棄後，各自踏上不同的旅程。第一個寶特瓶和其他垃圾被拋棄在垃圾掩埋場。會和雨水形成所謂「垃圾滲出水」，並更進一步滲透土壤，進入地下水和河流，導致生態系統遭毒物污染。第二個寶特瓶被丟進水溝或河中，隨著河流匯入大海，它將會被一道充滿塑膠垃圾的大漩渦捕捉，部分海洋生物誤以為這些塑膠垃圾是食物，但吃下去卻因不能消化而死，然而塑膠並沒有動物死亡而消失，順著大魚吃小魚的食物鏈，塑膠最終再度被打撈上岸，進入人類的肚子裡。第三個瓶子的目的地完全不同，它直接被丟入回收桶內，然後載到回收廠進行回收作業：壓縮、聚合成塊、切割、加熱融化.....最後又形成「可重新利用」的塑膠原料。雖然本來是寶特瓶，但經過回收後卻像是變了魔法，成了全新產品。

搜尋 youtube 影片，發現保特瓶可以製作成樂器，想運用所學的聲音的概念，將廢棄寶特瓶重新利用成「打擊樂器」，變成立研究小組進行研發。

貳、資料收集與文獻閱讀

一、壓力轉換表：

將打氣機、參考文獻中找到的壓力單位進行換算，如下表所示。

	bar	公斤/平方公分	psi
bar	1	1.02	14.50
公斤/平方公分	0.98	1	14.22
psi	0.07	0.07	1

二、頻率音名唱名對照表：

唱名	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
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
音名	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6
頻率 Hz	1046.5	1174.5	1318.5	1396.9	1568.0	1760.0	1975.5

參、研究目的

1. 探討氣嘴的功能。
2. 設計瓶蓋打洞方法。
3. 研發保特瓶止漏的方法。
4. 探討打擊棒材質變化對音高的影響。
5. 研證敲擊位置變化對音高的影響。
6. 保特瓶耐壓實驗。
7. 分析氣壓大小變化對音高的影響。
8. 探究不同瓶身大小對音高的影響。
9. 探討不同飲料瓶身對音高的影響。

肆、研究設備及器材

一、工具：

1.釘子	2.剪刀	3.尺	4.熱熔膠槍
5.手機	6.App	7.鑽頭	8. 手機懶人支架
9.圓孔刀	10.美工刀	11.電鑽	12.電子秤(精度 0.01 公克)
13.止水膠帶	14.保鮮膜		

13.米家電動打氣機

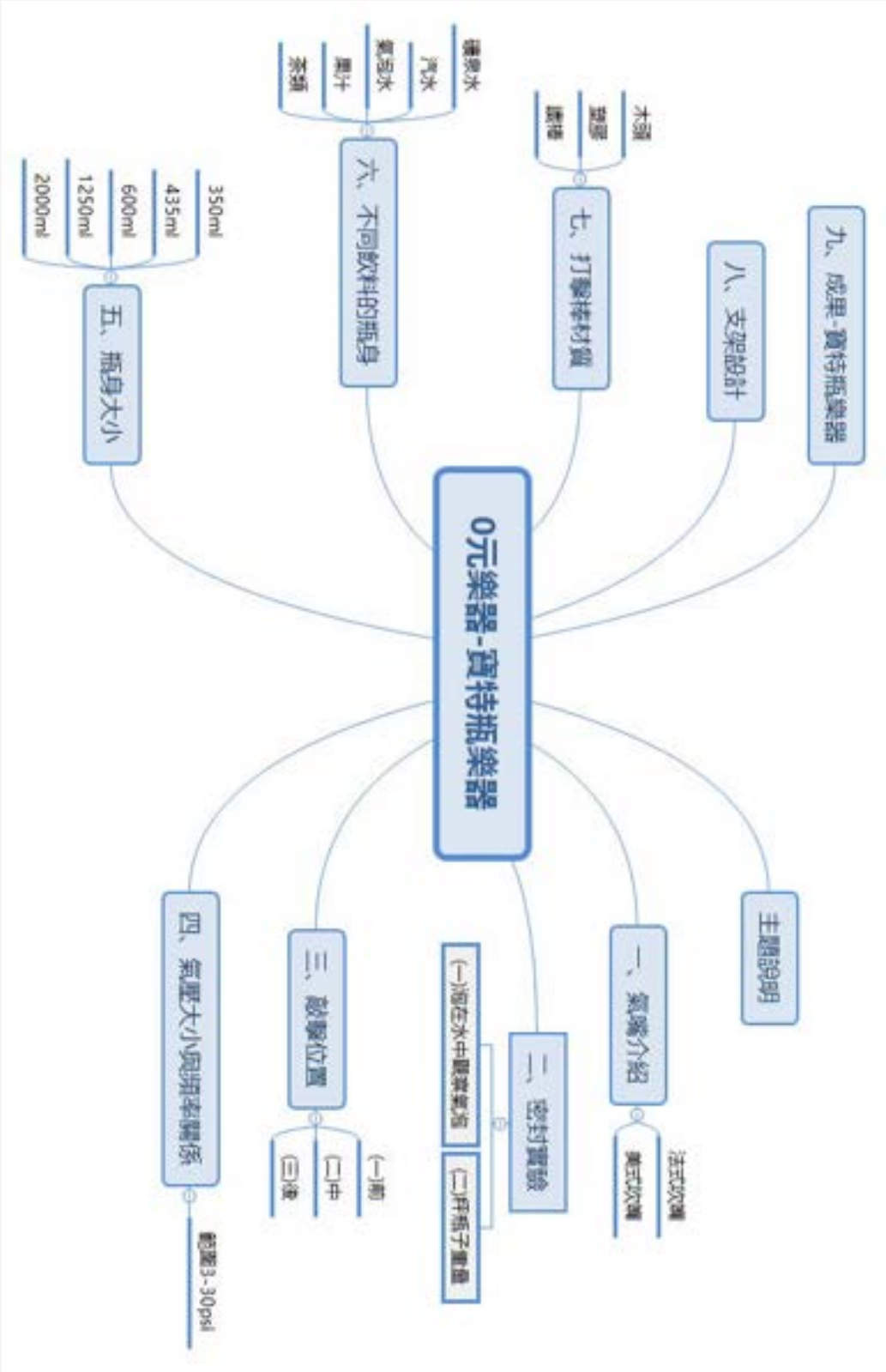
項目	規範
產品名稱	米電動打氣機
產品型號	MJCQB01QJ
感應器精度	2psi
產品尺寸	124x71x45.3mm
充氣壓力範圍	0.2-10.3bar 3-150psi
產品說明	數字胎壓檢測
	預設壓力充到即停
	兼融多種氣嘴

二、材料：

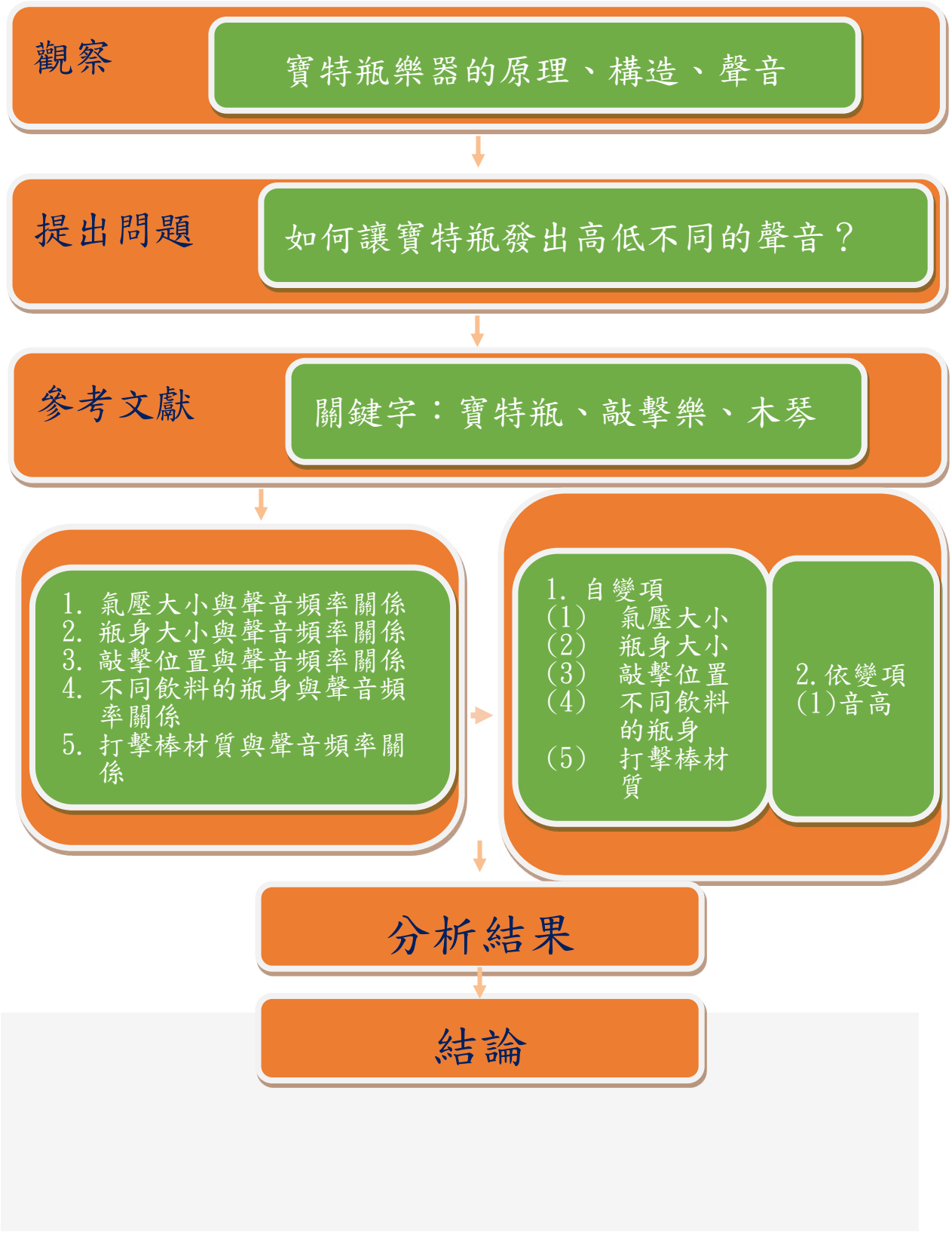
1.保鮮膜	2.法式氣嘴	3.轉換氣嘴
4.熱熔膠	5.美式氣嘴(腳踏車)	6.美式氣嘴(電動機車)

6.保特瓶

伍、研究架構


0元樂器-寶特瓶樂器
主題說明
一、氣囊介紹
法式吹嘴
美式吹嘴
二、密封實驗
(一)瓶在水中觀察氣泡
(二)用瓶子實驗
三、敲擊位置
(一)前
(二)中
(三)後
四、氣壓大小與頻率關係
壓縮3-30psi
九、成果-寶特瓶樂器
八、支架設計
七、打擊棒材質
木頭
塑膠
橡膠
六、不同飲料的瓶身
礦泉水
汽水
果汁
茶類
五、瓶身大小
350ml
435ml
600ml
1250ml
2000ml

陸、研究過程


觀察
寶特瓶樂器的原理、構造、聲音
提出問題
如何讓寶特瓶發出高低不同的聲音？
參考文獻
關鍵字：寶特瓶、敲擊樂、木琴
1. 氣壓大小與聲音頻率關係
2. 瓶身大小與聲音頻率關係
3. 敲擊位置與聲音頻率關係
4. 不同飲料的瓶身與聲音頻率關係
5. 打擊棒材質與聲音頻率關係
1. 自變項
(1) 氣壓大小
(2) 瓶身大小
(3) 敲擊位置
(4) 不同飲料的瓶身
(5) 打擊棒材質
2. 依變項
(1)音高
分析結果
結論

柒、研究結果

研究一：認識氣嘴

甲、方法：

1. 收集氣嘴相關資料。
2. 請教專家，蒐集氣嘴比較分析。

乙、結果：

1. 閱讀「自行車氣嘴分類」、「氣嘴的 10 項小知識」、「法式氣嘴和美式氣嘴有什麼差別」文章，得出目前市面上氣嘴分為法式氣嘴、及美式氣嘴，整理出相關資料如下表所示：

表 1:法式氣嘴及美式氣嘴相關資料

	法式氣嘴	美式氣嘴
圖例		
應用例	較進階或高級的單車都會使用	最大眾化的氣嘴，常見於摩托車、汽車、登山車、童車、通勤車等.
優點	放氣的時候可以微調放氣的速度，還可以精準的調整氣壓的大小，也容易把氣完全放掉	一般車行或加油站都可以灌氣
缺點	如沒攜帶轉換氣嘴不易至一般車行或加油站打氣	放氣時比較不方便，須以尖物按壓氣嘴，也不容易完全放氣

2. 到沙鹿英美車行請教腳踏車行老闆，收集氣嘴型式如下圖：

丙、<u>分析</u>：

表 2 氣嘴分析表

		資料提供
	1. 名稱:法式氣嘴 2. 用途:高級自行車，使用時需加轉換氣嘴 3. 價格:每支 125 元	
	1. 名稱:美式氣嘴 2. 用途:一般自行車 3. 價格:從廢棄輪胎剪下，不需任何花費	
	1. 名稱:美式氣嘴 2. 用途:電動自行車，再底端加入兩個螺帽及墊片固定 3. 價格: 每支 90 元	

從車行剪下氣嘴，因為取自廢棄內胎，「**廢物再利用**」，所需經費「0」元。

1. 腳踏車行報廢內胎

2. 用剪刀將氣嘴剪下

3. 剪下的氣嘴

研究二：瓶蓋打洞的研發

實驗一、剪刀打洞的運用探究

甲、材料：瓶蓋、剪刀、美工刀

乙、製作過程：

1. 先用美工刀在中間部位扎出一個小洞。
2. 再運用美工刀進行旋轉擴孔。
3. 孔洞挖的差不多時，運用氣嘴確認尺寸是否正確。

丙、結果討論：

將瓶蓋影像放大，發現洞的邊緣凹凹凸凸，非常不平整。

實驗二、電鑽打洞的運用探究

甲、材料：瓶蓋、鑽頭、電鑽

乙、製作過程：

1. 先測量氣嘴直徑，作為選擇鑽頭的依據。
2. 一人壓住瓶蓋，另外一人用電鑽打孔

丙、結果討論：

將瓶蓋影像放大，發現洞的邊緣較整齊，但圓形外圍有變形。

實驗三、圓孔刀打洞的運用探究

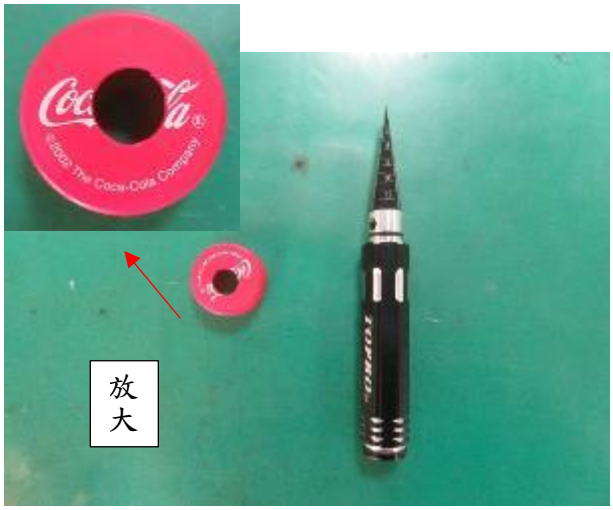
甲、材料：瓶蓋、圓孔刀

乙、製作過程：

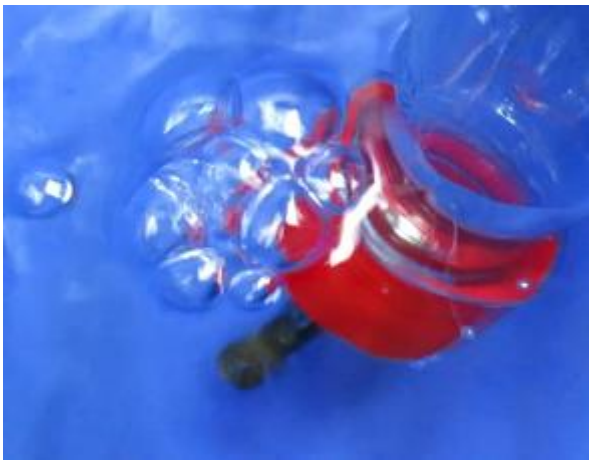
1. 直接用圓孔刀尖端進行打孔。
2. 圓孔刀旋轉逐步擴孔。

丙、結果討論：

將瓶蓋影像放大，發現洞的邊緣整齊，但圓形外圍沒有變形。



研究三：寶特瓶止漏的研發



當寶特瓶內充氣到 10psi 時，一分鐘後，發現寶特瓶瓶身回復未充氣情形，有空氣外洩的情況。

實驗一、觀察有底座氣嘴空氣洩漏情形

甲、材料：寶特瓶、熱熔膠、美式氣嘴

乙、製作過程：

1. 先用圓孔刀在中間部位挖出一個與氣嘴尺寸差不多孔洞。
2. 從廢棄輪胎用剪刀取出有底座氣嘴。
3. 用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋。
4. 用電子秤進行秤重，並運用手機計時一分鐘。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
有底座氣嘴	0.00	-0.06	-0.10	-0.15	-0.19	-0.22	-0.24

實驗二、觀察有止水膠帶空氣洩漏情形

甲、材料：寶特瓶、熱熔膠、美式氣嘴、止水膠帶

乙、製作過程：

1. 先用圓孔刀在中間部位挖出一個與氣嘴尺寸差不多孔洞。
2. 從廢棄輪胎用剪刀取出有底座氣嘴。
3. 用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋。
4. 用止水膠帶纏繞寶特瓶嘴。
5. 用電子秤進行秤重，並運用手機計時一分鐘。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
止水膠帶	0.00	-0.17	-0.26	-0.33	-0.34	-0.35	-0.35

實驗三、觀察有保鮮膜空氣洩漏情形

甲、材料：寶特瓶、熱熔膠、美式氣嘴、止水膠帶、保鮮膜

乙、製作過程：

1. 先用圓孔刀在中間部位挖出一個與氣嘴尺寸差不多孔洞。
2. 從廢棄輪胎用剪刀取出有底座氣嘴。
3. 用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋。
4. 用止水膠帶纏繞寶特瓶嘴。
5. 用保鮮膜在瓶蓋外側繞圈。
6. 用電子秤進行秤重，並運用手機計時一分鐘。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
保鮮膜	0.00	-0.17	-0.30	-0.37	-0.40	-0.40	-0.40

實驗四、觀察無底座氣嘴空氣洩漏情形

甲、材料：寶特瓶、熱熔膠、美式氣嘴

乙、製作過程：

1. 先用圓孔刀在中間部位挖出一個與氣嘴尺寸差不多孔洞。
2. 從廢棄輪胎用剪刀取出無底座氣嘴。
3. 用熱熔膠將氣嘴黏在瓶蓋。
4. 用電子秤進行秤重，並運用手機計時一分鐘。

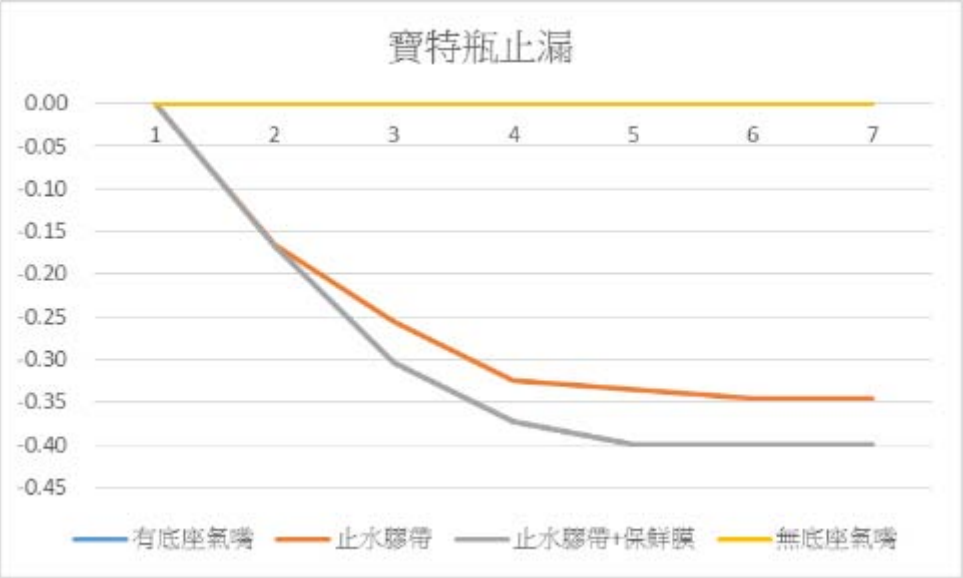
丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	0 秒	10 秒	20 秒	30 秒	40 秒	50 秒	60 秒
保鮮膜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

實驗一-四結論：

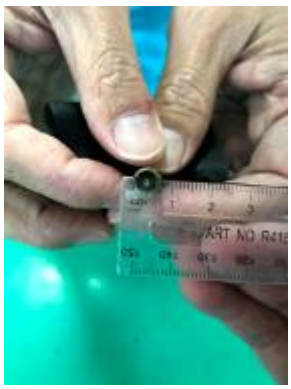
將有底座氣嘴、止水膠帶、止水膠帶+保鮮膜、無底座氣嘴實驗結果製成下圖所示。



從圖中得知，採用無底座氣嘴，寶特瓶止漏效果最佳，經歷 60 秒時間，重量不變，後續實驗將採用無底座氣嘴進行研究。

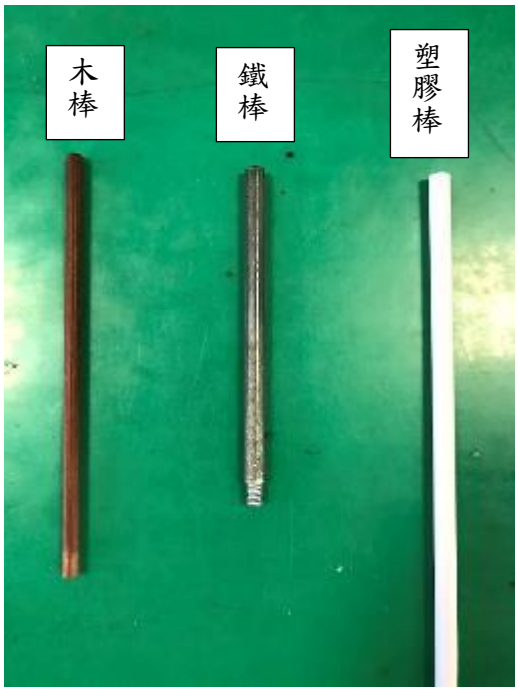
彙整認識氣嘴、瓶蓋打洞的研發、及寶特瓶止漏的成果，將製作保特瓶打擊樂器過程標準化，步驟說明如下：

保特瓶打擊樂器製作流程

1. 用打氣機打氣檢查氣嘴功能是否正常	2. 用剪刀剪除橡皮。	3. 剪成無底座氣嘴
		
4. 在瓶蓋用原子筆標示中心點	5. 用尺量測直徑，直徑為 0.7 公分。	6. 用圓孔刀挖出 0.7 公分的孔。
7. 用熱熔膠將氣嘴和瓶蓋	8. 在保特瓶中打氣	9. 保特瓶止漏確認

研究四：打擊棒材質對音高的影響

甲、材料：木棒、鐵棒、塑膠棒



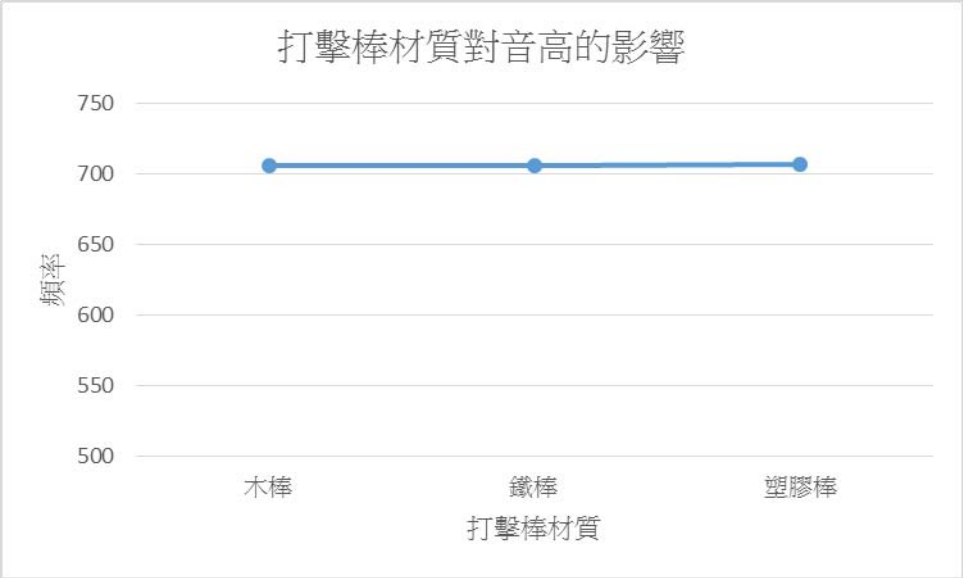
乙、製作過程：

1. 先用打氣機打 9psi 的空氣進入保特瓶內。
2. 先用木棒敲擊保特瓶，並同時用手機 App 量測頻率。
3. 再用鐵棒敲擊保特瓶，並同時用手機 App 量測頻率。
4. 最後用塑膠棒敲擊保特瓶，並同時用手機 App 量測頻率。
5. 每次實驗敲擊三次，並將結果記錄下來。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	木棒	鐵棒	塑膠棒
頻率	706.00	706.00	707.00



由圖中得知，打擊棒材質並不會對音高造成影響，以後實驗採用木棒進行實驗。

研究五：敲擊位置對音高的影響

甲、材料：標籤、尺

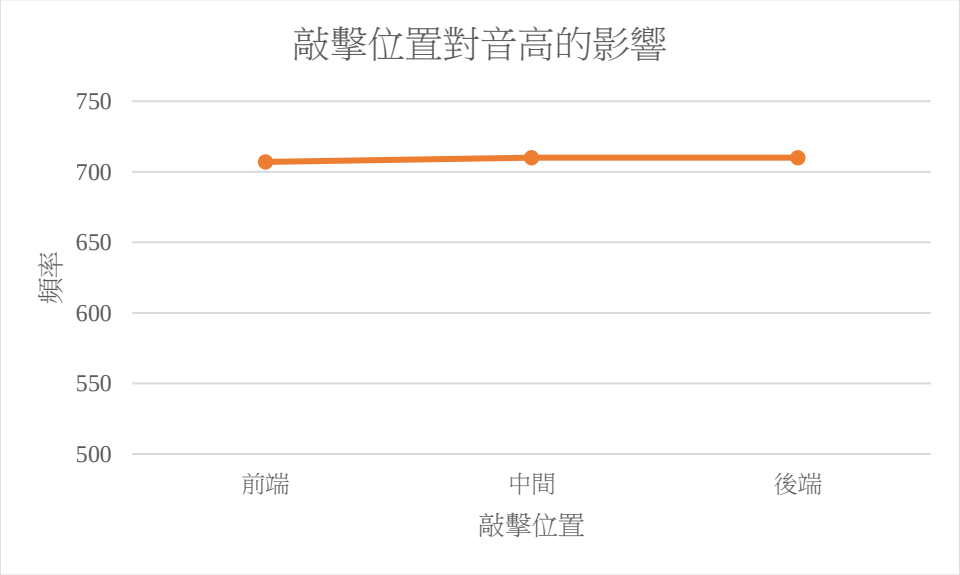
乙、製作過程：

1. 從瓶蓋頂端進行測量，在 5 公分、10 公分及 15 公分貼上紅色圓形標籤作為識別。
2. 再用打氣機打 9psi 的空氣進入保特瓶內。
3. 先用敲擊棒敲保特瓶 5 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。
4. 再用敲擊棒敲保特瓶 10 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。
5. 最後用敲擊棒敲保特瓶 15 公分處，並同時用手機 App 量測頻率。
6. 每次實驗敲擊三次，並將結果記錄下來。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	前端	中間	後端
頻率	707.00	710.00	710.00



由圖中得知，敲擊位置並不會對音高造成顯著影響，以後實驗採用敲擊後端進行實驗。

研究六：保特瓶耐壓實驗

因會將高壓空氣灌入保特瓶內，保特瓶有爆破的可能性，為了安全起見，我們先搜尋網上資料，找到 47 屆全國科展「動力新觀念-腳踏氣車」中所提的塑膠瓶所能承受 4 公斤/平方公分的壓力。從參考文獻中得知，14 公斤/平方公分大約為 14.22psi。

4 公斤/平方公分×14.2

可轉換成 57psi。為了安全起見，先以紙箱做隔離，進行耐壓實驗。

甲、材料：保特瓶、打氣機、紙箱

乙、製作過程：

1. 將保特瓶氣嘴接到打氣機氣管。
2. 放入紙箱內，並將打氣機壓力設定在 30psi。
3. 按打氣機開始鈕，等打氣機停止後，就近觀察。

丙、結果討論：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	10psi	20psi	30psi
實驗結果	未爆破	未爆破	未爆破

從結果得知，保特瓶可以承受 30psi 壓力，後續實驗將進行瓶內壓力分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi，採用手機 App 量測音高的變化。

研究七：不同氣壓對音高的影響

甲、材料：可口可樂保特瓶(600ml)、打氣機、手機

乙、製作過程：

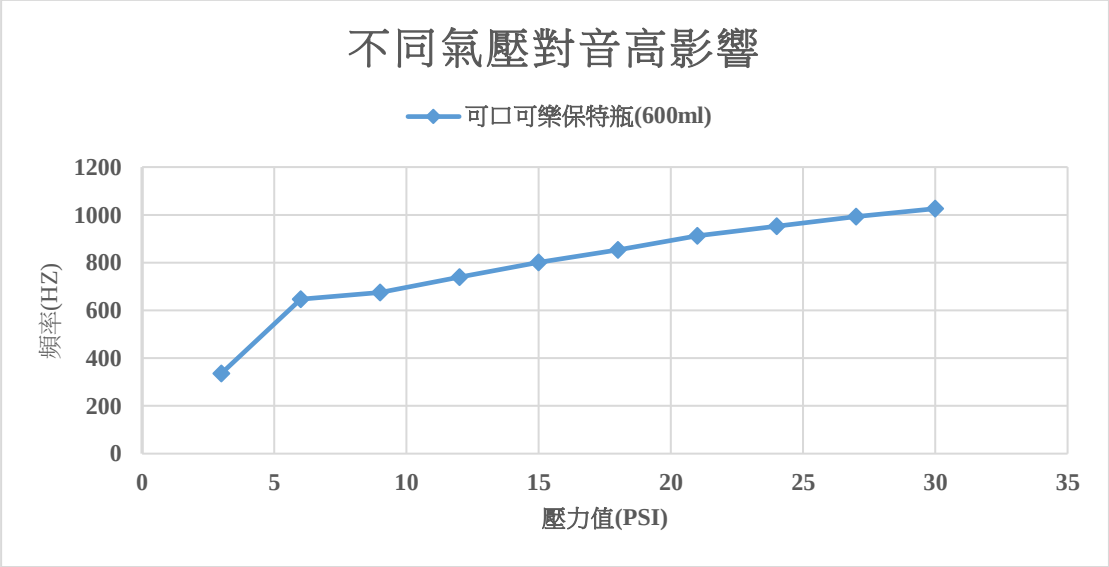
1. 將保特瓶氣嘴接到打氣機氣管。
2. 放入紙箱內，並將打氣機壓力設定在分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi
3. 按打氣機開始鈕，等打氣機停止後，轉動打氣機氣嘴將保特瓶取下。
4. 用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高。

丙、結果：

進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	336	647	675	739	801
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	853	912	953	993	1026

丙、結論：



由敲擊保特瓶產生頻率範圍由 336-1026Hz 中得知經由查表，可得音名為 E4-C6 超過一個八度音，可用多瓶同一種尺寸保特瓶演奏出一首歌。為將音高範圍擴大，將以兩個面向進行探討。分別為(1)同一種飲料不同容量瓶子(2)不同飲料瓶身進行後續實驗。

研究八：不同瓶身大小對音高的影響

到市面上共找到六款可口可樂保特瓶進行實驗，容量分別為 2000ml、1250ml、920ml、600ml、435m)、及 350ml

甲、材料：可口可樂保特瓶(2000ml)、可口可樂保特瓶(1250ml)、可口可樂保特瓶(920ml)、可口可樂保特瓶(600ml)、可口可樂保特瓶(435ml)、可口可樂保特瓶(350ml)、打氣機、手機

乙、製作過程：

1. 將保特瓶氣嘴接到打氣機氣管。
2. 放入紙箱內，並將打氣機壓力設定在分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi
3. 按打氣機開始鈕，等打氣機停止後，轉動打氣機氣嘴將保特瓶取下。
4. 用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高。

丙、結果：

以可口可樂保特瓶(350ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	586	660	672	780	823
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	831	886	954	967	1012

以可口可樂保特瓶(435ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	612	722	734	751	884
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	924	961	1010	1064	1088

以可口可樂保特瓶(600ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	336	647	675	739	801
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	853	912	953	993	1026

以可口可樂保特瓶(920ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	427	544	616	648	688
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	743	772	809	846	885

以可口可樂保特瓶(1250ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

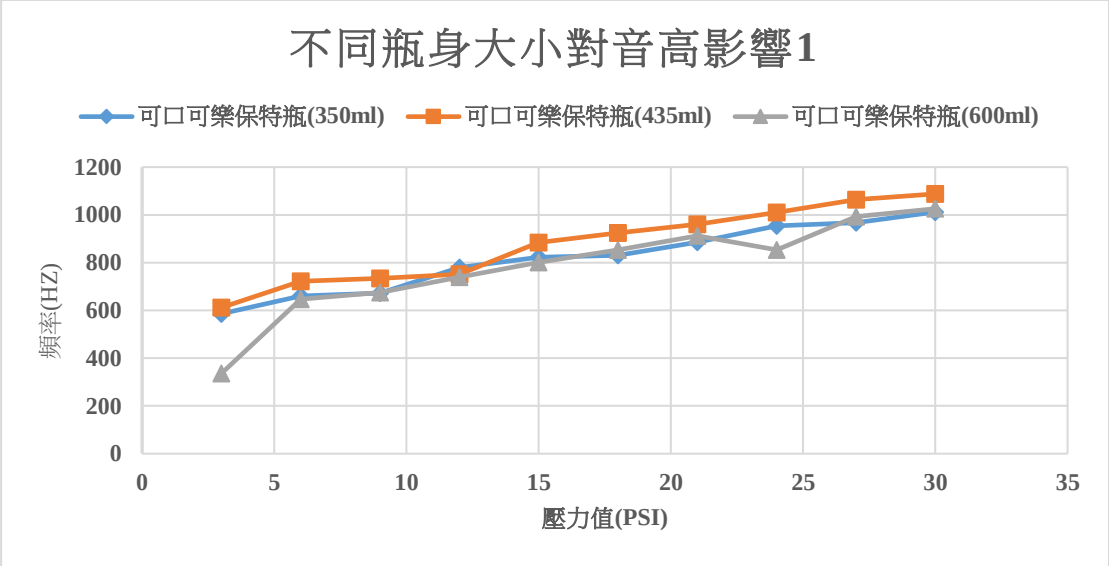
	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	300	460	540	602	661
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	705	748	790	830	865

以可口可樂保特瓶(2000ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

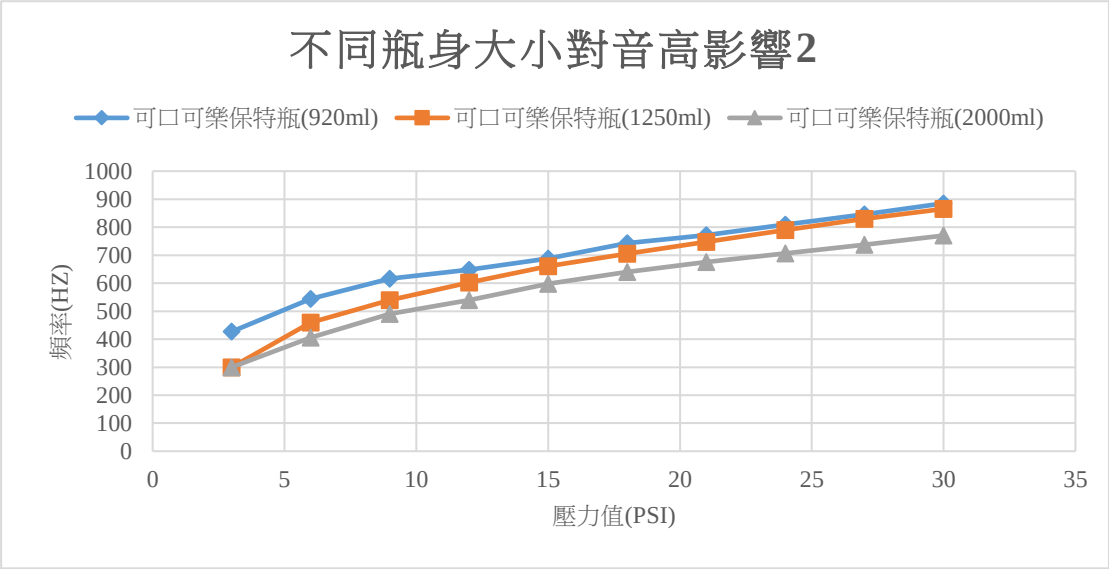
	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	300	406	490	540	598
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	640	676	706	737	770

丁、結論：

以可口可樂保特瓶(600ml)、可口可樂保特瓶(435ml)、可口可樂保特瓶(350ml)製圖分析，從圖中可知三者趨勢相近



以可口可樂保特瓶(925ml)、可口可樂保特瓶(1250ml)、可口可樂保特瓶(2000ml)製圖分析，從圖中可知三者趨勢相近



瓶身大小	最低頻率(音名)	最高頻率(音名)	音程
350ml	586(D5)	967(B5)	6 度音
435ml	612(D5)	1088(C6)	7 度音
600ml	336(E4)	1026(C6)	13 度音
920ml	427(A4)	885(A5)	8 度音
1250ml	300(D4)	865(A5)	12 度音
2000ml	300(D4)	770(G5)	11 度音

將 6 種瓶身大小資料彙總加以分析，共可發出 14 度音，可以敲擊出一首歌。

研究九：不同飲料瓶身對音高的影響

到市面上共找到七款瓶身容量相近飲料進行實驗，。

甲：材料：

序號	名稱	容量	序號	名稱	容量
1	可口可樂	600ml	2	礦沛氣泡水	585ml
3	小分子氣泡水	500ml	4	舒跑 S	590ml
5	美粒果柳橙汁	450ml	6	原萃綠茶	580ml
7	埔里純水	600ml			

乙、製作過程：

1. 將保特瓶氣嘴接到打氣機氣管。
2. 將打氣機壓力設定在分別為 3、6、9、12、15、18、21、24、27 及 30psi
3. 按打氣機開始鈕，等打氣機停止後，轉動打氣機氣嘴將保特瓶取下。
4. 用敲擊棒打保特瓶，同時用手機量測音高。

丙：結果：

1. 可口可樂保特瓶(600ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	336	647	675	739	801
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	853	912	953	993	1026

2. 礦沛氣泡水(585ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	47	46	51	55	57
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	61	490	512	525	549

3. 小分子氣泡水(500ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	32	33	46	187	279
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	284	287	498	502	521

4. 舒跑 S (590ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	561	680	740	800	848
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	895	959	1017	1055	1101

5. 美粒果柳橙汁(450ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	33	36	41	39	46
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	52	52	64	68	64

6. 原萃綠茶(580ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

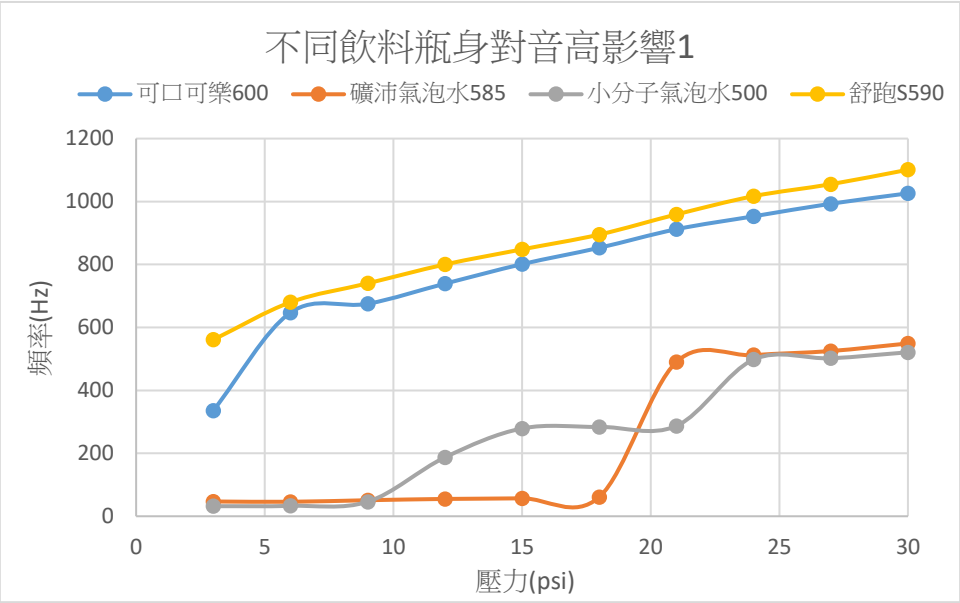
	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	36	45	50	52	34
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	46	41	41	43	44

7. 埔里純水(600ml)進行三次實驗，將結果平均呈現如下：

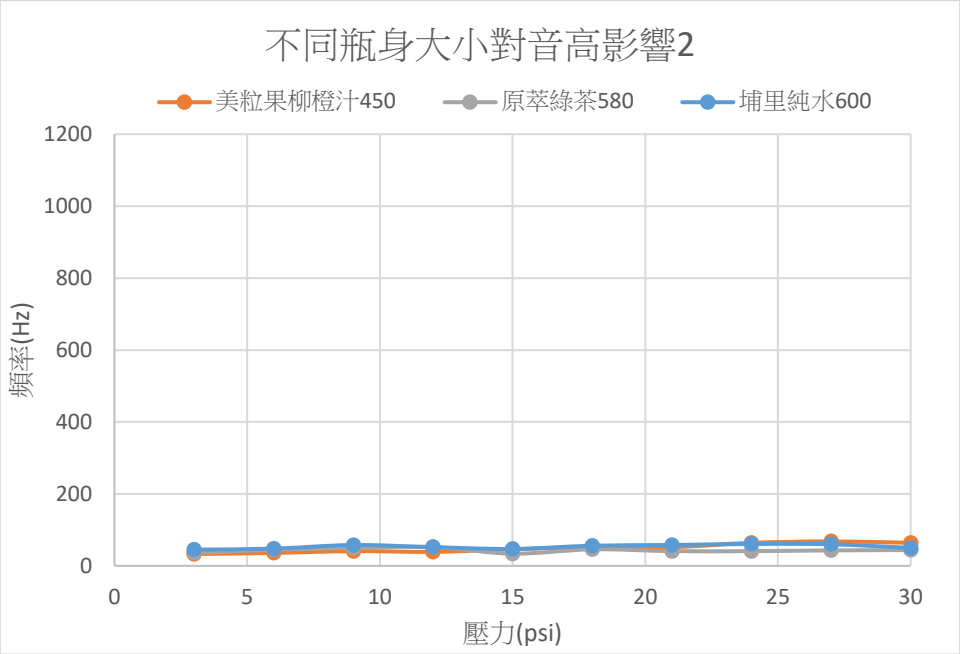
	3psi	6psi	9psi	12psi	15psi
頻率(Hz)	45	48	58	52	47
	18psi	21psi	24psi	27psi	30psi
頻率(Hz)	56	58	61	60	50

丁、結論：

以可口可樂保特瓶(600ml)、礦沛氣泡水(585ml)、小分子氣泡水(500ml)、舒跑 S (590ml)製圖分析。



以美粒果柳橙汁(450ml)、原萃綠茶(580ml)、埔里純水(600ml)製圖分析。



從圖中得知不同飲料瓶身實驗結果趨勢可分為三大類：

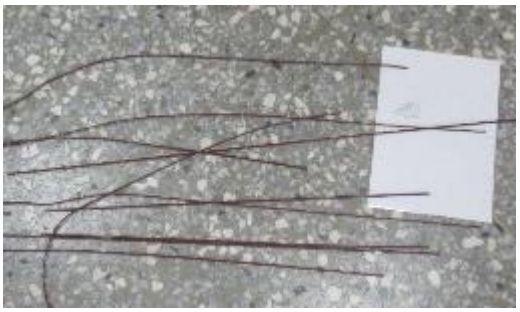
1. 可口可樂保特瓶(600ml)、舒跑 S (590ml)趨勢相近，壓力增加時，音高逐步變大，音高範圍廣，適合製作成打擊樂器。

2. 礦沛氣泡水(585ml)、小分子氣泡水(500ml)，從圖中發現當壓力增加時，音高變化趨勢高高低低，音域範圍也較窄，不適合製作成樂器。

3. 美粒果柳橙汁(450ml)、原萃綠茶(580ml)、埔里純水(600ml)，從圖中發現當壓力增加時，音高幾乎沒變化，不適合製作成樂器。

捌、自製保特瓶打擊樂器

自製保特瓶打擊樂器步驟如下：

	
1. 將花盆中將固定名牌的插花鐵絲取下	2. 先把瓶子放進兩根插花鐵絲中間。
3. 用橡皮筋套進瓶子再進行固定	4. 最後作品。

在固定過程中，瓶子會進行上下放置的原因如下：

1. 節省空間。

2. 上下放才不會太擠。

3. 按照音階(鐵琴的排法)。

4. 上排音高、下排音低。

完成廢物利用、0 元價格、美觀實用的「**保特瓶打擊樂器**」。

玖、結論

1. 使用從廢棄輪胎剪下美式氣嘴，不需任何花費，而且能廢物再利用。
2. 從瓶蓋打洞的研發，使用剪刀、電鑽及圓孔刀，發現圓孔刀打洞的邊緣整齊，且圓形外圍沒有變形，並且原型尺寸可以微調。
3. 因保特瓶高壓有洩漏情形，經由兩面向確認(1)放入水中產生泡泡(2)將高壓保特瓶放置電子秤上觀看重量變化。經由有底座氣嘴、止水膠帶、保鮮膜、及無底座氣嘴發現四步驟逐步修正，發現無底座氣嘴經由熱熔膠固定後，幾乎沒有洩漏情形發生。
4. 從實驗得知，打擊棒材質並不會對音高造成影響。
5. 敲擊位置前、中、後端對音高不會有影響。
6. 當壓力增加到 30psi 時，保特瓶無爆破情形，在 30psi 以下實驗是安全。
7. 由敲擊保特瓶(600ml)產生頻率範圍由 336(E4)-1026Hz(C6)可產生音程 13 度音，可以用來演奏出一首歌。
8. 不同瓶身大小，容量大小從 300ml 到 2000ml，實驗中發現容量大的保特瓶發出聲音較低，音程範圍較大。600ml 發出音程最廣，6 種瓶身共可發出 14 度音。
9. 不同飲料的瓶身，共進行七種飲料瓶的實驗，發現可口可樂保特瓶(600ml)、舒跑 S(590ml)趨勢相近，壓力增加，音高逐步變大，適合製作成打擊樂器。

經由實驗，發現回收保特瓶加上廢棄氣嘴可以製作成樂器，無需任何費用，自製出**「0」元樂器-保特瓶打擊樂器。**

拾、參考文獻

1.法式氣嘴和美式氣嘴有什麼差別
https://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=315&t=597201
2.自行車氣嘴分類
https://volando.pixnet.net/blog/post/33160777
3.氣嘴的 10 項小知識
http://cyclingtime.com/tw/documents/6652.html
4.王彥鈞等(民 107)。走進「複式槓桿的巧妙世界」創新「0」元施力工具。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會國小組物理科。
5.許家蓉(民 96)。動力新觀念-腳踏「氣」車。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會高中組生活與應用科學科。
6.【影片】三個寶特瓶的奇幻旅程：影響地球存亡的關鍵
https://www.thenewslens.com/article/28527
7.《衛報》獨家：暴增！ 全球每分鐘用掉 100 萬個寶特瓶
https://e-info.org.tw/node/206117
8.什麼！這優美的迪士尼組曲 竟然是用寶特瓶演奏的
https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2849751
9.音高
https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9F%B3%E9%AB%98

109 年度龍海國小自然與生活科技領域科教專案計畫成果專輯
發行人：陳克韋
指導教授：秦爾聰、施 惠、林建隆、溫媺純、林泰生、林淑楞、林文虎、
馮丰儀、吳友烈
外聘專家學者：廖廷農、邱昇興、吳守仁、林家君
總編輯：王梅華、紀慶隆、李義評
編輯委員：吳偉碩、吳函穎、趙純萍
課程計畫：紀慶隆、郭世育、王雅玲、陳柔萍、陳念儀、李義評
出版者：臺中市龍井區龍海國民小學
地址：臺中市龍井區忠和里中央路三段 206 號
電話：04-26393334
傳真：04-26393344
網址：http://www.lhes.tc.edu.tw/
出版日：中華民國 110 年 7 月 27 日
印刷：牽手印刷研發企劃商行 04-26302917