

國立台東大學教育學系所  
課程與教學碩士在職專班碩士論文

指導教授：熊同鑫 先生



「玩樂器，學聲音」—5E學習環教學研究

研究生：邱郁雯 撰

中華民國九十八年十二月

國立台東大學

學位論文考試委員審定書

系所別：教育研究所課程與教學碩士班

本班 邱郁雯 君

所提之論文 「玩樂器，學聲音」－5E學習環教學研究

業經本委員會通過合於  碩士學位論文 條件  
 博士學位論文

論文學位考試委員會：王美玲  
(學位考試委員會主席)

熊召弟

熊同鑫

(指導教授)

論文學位考試日期：98年10月23日

國立台東大學

附註：1. 本表一式二份經學位考試委員會簽後，送交系所辦公室及註冊組或進修部存查。

2. 本表為日夜學制通用，請依個人學制分送教務處或進修部辦理。

# 博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學 教育 系(所)  
課程與教學 組 98 學年度第 1 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：「玩樂器，學聲音」－5E學習環教學研究

本人具有著作財產權之論文全文資料，授權予下列單位：

| 同意                                  | 不同意                      | 單位                     |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 國家圖書館                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 本人畢業學校圖書館              |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 與本人畢業學校圖書館簽訂合作協議之資料庫業者 |

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

同意 不同意 本人畢業學校圖書館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：\_\_\_\_\_，請將全文資料延後半年再公開。

## 公開時程

| 立即公開                                | 一年後公開                    | 二年後公開                    | 三年後公開                    |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：熊同鑫 (親筆簽名)

研究生簽名：邱郁雯 (親筆正楷)

學號：1793044 (務必填寫)

日期：中華民國 98 年 11 月 11 日

1.本授權書(得自 <http://www.lib.ntu.edu.tw/theses/> 下載)請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

2.依據 91 學年度第一學期一次教務會議決議:研究生畢業論文「至少需授權學校圖書館數位化，並至遲於三年後上載網路供各界使用及校內瀏覽。」

## 謝誌

2009 年的秋天，碩士論文終於完成，雖然晚了幾年，但在修業的這些年中，也體驗了幾個生命中重要的歷程，完成了人生幾個重要的大事，當然，這篇論文也是之一。

首先，感謝熊同鑫老師耐心的指導，王美芬老師及熊召弟老師給予的建議與肯定，讓我對自己的論文多了一份信心。

感謝學校夥伴們在工作上的包容與協助，精神上的加油與打氣，才能讓我心無旁騖地堅持下去。

還有我摯愛的家人們，老爸的殷切叮嚀、老媽的關懷鼓勵、小妹的經驗分享，都是推著我不斷往前的動力。更要感謝長時間協助照顧孩子的公婆，讓我能無後顧之憂順利完成學業。

最後，我要感謝一直陪在我身邊，不斷給我勇氣的重要支柱，謝謝你，我的老公。

謹以本文獻給每個關心郁雯的人，以及熱愛科學教育的夥伴們。

# 「玩樂器，學聲音」—5E 學習環教學研究

作者：邱郁雯

國立台東大學 教育系所

## 摘要

本研究旨在探討運用樂器玩具的製作及操作，進行聲音概念教學的可行性，研究者應用 5E 學習環教學方法，以敲擊樂器、撥彈樂器、吹管樂器等三大類型樂器為教學主軸，針對國小五年級學生，分別設計與進行聲音的來源、聲音的大小、聲音的高低、音色等聲音概念教學，以「聲音概念二階層診斷工具」診斷學生聲音概念，教學後對每位學生進行個別訪談，以了解學生聲音概念情形。

研究結果顯示，「樂器玩具」易於觀察，有助於學生學習「聲音概念」，其中敲擊樂器製作簡單，概念容易建立，撥彈樂器製作雖然比較困難，振動現象卻最明顯，只有吹管樂器不容易觀察，概念也不容易建立。另外，研究者也發現真實樂器複雜的結構容易讓學生產生迷思概念。從「聲音概念二階層診斷試題」及深入訪談中，研究者發現，學生呈現的聲音概念，在教學後有明顯的改變，在聲音的來源與大小概念方面，學生從著重操作性因素轉為注意振動的現象，在聲音高低的概念方面，教學後學能夠理解真實樂器控制聲音高低的方法，在音色方面，學生能釐清聲音的不同是因為音色的不同。

研究結論為：彈性運用 5E 學習環策略可達到概念改變教學的目的。善用圖形與流程圖有助於聚焦學生的觀察。而且將每種樂器重複進行「聲音的來源、大小、高低」等概念的探討，可以讓學生加深各概念的印象，也能讓學生統整各概念。

**關鍵詞：**聲音概念、5E 學習環

# **“Learn about sound by playing instruments” – A study on the 5E Learning Cycle Instruction**

Author: Chiu Yu-Wen  
National Taitung University, Department of Education

## **Abstract**

The purpose of this research is to discuss the feasibility of implementing the instruction of sound concepts through the manufacturing and use of toy instruments. By adopting the 5E Learning Cycle Instruction method, the researcher has chosen three major types of instruments (percussion, string and wind) as the focus of the instruction by designing lessons that explore conceptual topics such as the source of sound, the amplitude of sound, the frequency of sound, the tonality of sound and so forth for Grade Five elementary students. The “Sound Concept Two-Tiered Diagnostic Tool” was chosen to diagnose students’ perception of sound. After the lessons, individual interviews with the students were conducted to determine their awareness of sound concepts.

Results of the research indicated that “toy instruments” made the task of observation easy and turned out to be instrumental in assisting students to acquire a “concept of sound”. Out of the three types of instruments chosen for the study, percussion toys were relatively easy to make and students had no difficulty with the establishment of relevant concepts. Although string instrument toys were more complicated to make, the toys demonstrated the phenomenon of vibration in the most apparent manner. In contrast, the observation of wind instrument toys and the establishment of concepts for them ended up being rather difficult. In addition, the researcher also found that the sophisticated structure of real instruments could easily lead to misconceptions for students. From the “Sound Concept Two-Tiered Diagnostic Test” and in-depth interviews, the researcher found that the demonstration on the students’ perception of sound changed significantly after the lessons were taught. With regards to the source and amplitude of sound, the students progressed from emphasizing on operational factors to paying attention to the phenomenon of vibration. As for the frequency of sound, students were able to understand how musicians could control the frequency on real instruments. As far as tonality is concerned, the students were able to differentiate the difference in sound due to varying characteristics in tonality.

The research concludes that a versatile deployment of the 5E Learning Cycle strategy could achieve the instruction objective of changing existing concepts. Appropriate use of

illustrations and flow charts can help students to focus their observations. Furthermore, the results suggest that repeated instruction of “the source/amplitude/frequency of sound” using different instruments will help students to reinforce their impression of various concepts and organize them in a meaningful way.

**Key words: sound concepts, 5E Learning Cycle**



# 目 次

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 緒論.....              | 1   |
| 第一節 研究背景與動機.....         | 1   |
| 第二節 研究目的與問題.....         | 5   |
| 第三節 名詞解釋.....            | 6   |
| 第四節 研究範圍與限制.....         | 9   |
| 第二章 文獻探討.....            | 10  |
| 第一節 國小「聲音概念」之相關研究.....   | 10  |
| 第二節 國小教科書「聲音」之相關單元.....  | 28  |
| 第三節 科學玩具在教學上之應用.....     | 40  |
| 第四節 學習環教學模式探究.....       | 43  |
| 第三章 研究方法.....            | 55  |
| 第一節 研究設計理念.....          | 55  |
| 第二節 研究程序.....            | 57  |
| 第三節 研究對象.....            | 60  |
| 第四節 研究工具.....            | 60  |
| 第五節 教學設計.....            | 65  |
| 第六節 資料蒐集與分析.....         | 72  |
| 第四章 結果與討論.....           | 74  |
| 第一節 樂器玩具應用於聲音概念教學歷程..... | 74  |
| 第二節 學生聲音概念探討.....        | 113 |
| 第三節 實施聲音概念教學調整與檢討.....   | 139 |
| 第五章 結論與建議.....           | 149 |
| 第一節 結論.....              | 149 |
| 第二節 建議.....              | 155 |
| 參考文獻.....                | 158 |
| 附錄一 聲音概念二階層診斷試題.....     | 164 |
| 附錄二 敲擊樂器教學記錄.....        | 182 |
| 附錄三 撥彈樂器教學記錄.....        | 190 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 附錄四 吹管樂器教學記錄.....  | 199 |
| 附錄五 敲擊樂器教學學習單..... | 208 |
| 附錄六 撥彈樂器教學學習單..... | 210 |
| 附錄七 吹管樂器教學學習單..... | 212 |



## 表 次

|  |     |
|--|-----|
| 表 1-1 研究者查詢目前有關聲音概念研究的相關論文.....                          | 5   |
| 表 2-1 有關「國小」階段聲音概念研究之相關論文分類表.....                        | 10  |
| 表 2-2 國小二年級學童對聲音的另有概念.....                               | 14  |
| 表 2-3 國小五年級聲音迷思概念.....                                   | 17  |
| 表 2-4 國小學生聲音概念研究學生的迷思概念與想法.....                          | 19  |
| 表 2-5 國小高年級學童聲音概念研究結果.....                               | 23  |
| 表 2-6 波以耳實驗圖形說明.....                                     | 24  |
| 表 2-7 概念構圖之動態評量策略研究中有關國小六年級學童聲音概念想法... 26                |     |
| 表 2-8 以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究. 27                 |     |
| 表 2-9 南一版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元.....                        | 28  |
| 表 2-10 南一版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元.....                       | 31  |
| 表 2-11 翰林版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元.....                       | 33  |
| 表 2-12 牛頓版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元.....                       | 35  |
| 表 2-13 各版本教科書介紹聲音概念所使用的教學素材.....                         | 40  |
| 表 2-14 Osborne and Freyberg 四階段概念改變教學流程.....             | 46  |
| 表 2-15 Driver & Oldham 四階段概念改變教學流程.....                  | 47  |
| 表 2-16 5E 建構式學習環教學模式說明（陳裕方&李文德，2005，引自林曉雯，<br>2001）..... | 51  |
| 表 2-17 5E 學習環與概念改變教學模式的共通性.....                          | 54  |
| 表 3-1 本研究採用之二階層問卷在難度、鑑別度與顯著性分析.....                      | 63  |
| 表 3-2 聲音概念命題陳述.....                                      | 64  |
| 表 3-3 研究者在本研究中指導學生製作各類別樂器玩具之名稱.....                      | 65  |
| 表 3-4 「敲擊樂器-玩具鼓」教學設計規劃.....                              | 69  |
| 表 4-1 研究者安排 5E 學習環各教學階段之聲音概念教學活動.....                    | 74  |
| 表 4-2 「聲音概念二階段試題」第 1 題前後測答題情形.....                       | 114 |
| 表 4-3 「聲音概念二階段試題」第 2 題前後測答題情形.....                       | 115 |
| 表 4-4 「聲音概念二階段試題」第 3 題前後測答題情形.....                       | 117 |
| 表 4-5 「聲音概念二階段試題」第 4 題前後測答題情形.....                       | 118 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 表 4-6 「聲音概念二階段試題」第 5 題前後測答題情形.....   | 119 |
| 表 4-7 「聲音概念二階段試題」第 6 題前後測答題情形.....   | 121 |
| 表 4-8 「聲音概念二階段試題」第 7 題前後測答題情形.....   | 123 |
| 表 4-9 「聲音概念二階段試題」第 8 題前後測答題情形.....   | 124 |
| 表 4-10 「聲音概念二階段試題」第 9 題前後測答題情形.....  | 125 |
| 表 4-11 「聲音概念二階段試題」第 10 題前後測答題情形..... | 126 |
| 表 4-12 「聲音概念二階段試題」第 11 題前後測答題情形..... | 127 |
| 表 4-13 「聲音概念二階段試題」第 12 題前後測答題情形..... | 130 |
| 表 4-14 「聲音概念二階段試題」第 13 題前後測答題情形..... | 132 |
| 表 4-15 「聲音概念二階段試題」第 14 題前後測答題情形..... | 133 |
| 表 4-16 「聲音概念二階段試題」第 15 題前後測答題情形..... | 134 |
| 表 4-17 「聲音概念二階段試題」第 16 題前後測答題情形..... | 136 |
| 表 4-18 「聲音概念二階段試題」第 17 題前後測答題情形..... | 137 |



## 圖 次

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 圖 2-1  | 列出兒童可接受的聲概念詮釋架構圖(程智慧,1994).....                 | 11  |
| 圖 2-2  | 兒童使用的概念語詞架構實例(引自程智慧,1994).....                  | 12  |
| 圖 2-3  | two-tier 二階層式評量診斷工具試題型態(引自陳世峰,2002).....        | 16  |
| 圖 2-4  | 國小學生聲音概念研究二階層式問卷題型(引自吳能州,2003).....             | 19  |
| 圖 2-5  | 國小高年級學童聲音概念研究二階層式診斷測驗試題題型(引自黃佩<br>萱,2005).....  | 22  |
| 圖 2-6  | 國小高年級學童聲音概念二階層式診斷測驗-聲音反射題型(引自黃佩<br>萱,2004)..... | 25  |
| 圖 2-7  | 國小學生聲音概念之探究-回音題型(引自吳能州,2003).....               | 25  |
| 圖 2-8  | 三階段概念改變教學模式.....                                | 45  |
| 圖 2-9  | 學習環的三階段教學模式圖(引自陳惠芬,2000).....                   | 49  |
| 圖 2-10 | Hackett 的四階段學習環(引自陳惠芬,2000).....                | 50  |
| 圖 2-11 | 五階段學習環模式(游淑媚,1995,引自古士宏,2005).....              | 53  |
| 圖 3-1  | 研究流程圖.....                                      | 58  |
| 圖 3-2  | 敲擊樂器之教學流程設計.....                                | 68  |
| 圖 3-3  | 教學研究之整體教學流程設計圖.....                             | 71  |
| 圖 4-1  | 研究者對於單一樂器之五 E 學習環教學流程圖.....                     | 75  |
| 圖 4-2  | 玩具鼓製作完成圖.....                                   | 76  |
| 圖 4-3  | 吸管木琴製作完成圖.....                                  | 82  |
| 圖 4-4  | 單弦琴的製作完成圖.....                                  | 86  |
| 圖 4-5  | 學生移動單弦樂器橡皮擦,容易產生迷思概念闡示圖.....                    | 90  |
| 圖 4-6  | 教學對話示意圖.....                                    | 91  |
| 圖 4-7  | 玩具古箏製作完成圖.....                                  | 92  |
| 圖 4-8  | 「玩具古箏」調整弦的鬆緊方式.....                             | 94  |
| 圖 4-9  | 「玩具古箏」模擬音柱操作說明.....                             | 95  |
| 圖 4-10 | 「玩具古箏」按壓音柱,可同時測試兩邊發聲的操作說明.....                  | 96  |
| 圖 4-11 | 「玩具古箏」比較「弦的粗細與聲音高低」時的擺放方式說明.....                | 97  |
| 圖 4-12 | 吸管伸縮笛製作完成圖暨結構圖.....                             | 101 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 圖 4-13 吸管排笛製作完成圖.....                 | 105 |
| 圖 4-14 研究者進行「玻璃杯裝水」提問時，在黑板繪製圖形.....   | 109 |
| 圖 4-15 二階層試題選項代碼說明.....               | 113 |
| 圖 4-16 研究者視 5E 學習環為不斷評鑑歷程的教學流程.....   | 140 |
| 圖 4-17 研究者應用圖示輔助教學說明圖.....            | 145 |
| 圖 4-18 研究者應用流程圖表達聲音產生的過程.....         | 146 |
| 圖 4-19 研究者應用流程圖填空方式讓學生思考聲音大小與振動幅度關係.. | 146 |
| 圖 4-20 研究者應用流程圖填空方式讓學生思考吸管長短與聲音高低的關係  | 146 |
| 圖 5-1 研究者視 5E 學習環為不斷評鑑歷程的教學流程.....    | 149 |



# 第壹章 緒論

本章主要闡述本研究背景、動機、目的與研究範圍之限制，以及相關名詞之界定與解釋。全章共分四節，第一節：研究背景與動機。第二節：研究目的與研究問題。第三節研究範圍與限制。第四節：名詞解釋。

## 第一節 研究背景與動機

「聽覺」是人類在胎兒時期就發展的感覺，初生嬰兒最早也是透過「聲音」來認識這個周遭環境，大自然中充滿著各式各樣不同的聲音，不斷地透露出各種訊息，讓我們能夠藉著聲音探索及了解這個世界。然而「聲音」是如何產生的呢？我們又是如何聽到聲音？關於聲音的研究，涵蓋了許多領域範圍，科學家研究聲音及聲音對人類的影響，音樂家透過聲音傳達藝術的美學，語言學家感興趣的是如何運用聲音來溝通與表達，聲音在各領域都有其發展的重要性。國小的自然與生活科技領域課程裡，安排了「聲音」的相關單元，就是希望學生們能透過課程的學習，對聲音的物理現象能有基本的概念。

研究者在國小教授「自然與生活科技領域」大約有五年的時間，每年都有機會教導學生學習「聲音」的單元，對於學生們在學習「聲音」單元時所表現出來的興致印象十分深刻。學生們在「聲音」單元的歷程中，由於可以觀察、操弄各種不同的樂器，讓樂器會發出各種不同的音調，因此學習樂趣高昂。不過當研究者在教學的歷程中想對聲音的產生、傳遞、特性等做進一步的學習及探討時，發現學生在理解上「聲音」的概念時，仍存在著許多的迷思概念。

在目前牛頓、南一、康軒、翰林版本的教科書中，有關聲音的單元除了低年級生活課程運用「傳聲筒」做為教具進行教學外，在高年級的聲音學習單元，多以「樂器」做為素材，引出聲音的概念的學習，研究者曾使用上述教科書的其中三種版本進行聲音單元的教學，在研究者的教學歷程中，發現了一些有趣的現象，茲舉例說明如下：

1. 研究者使用學校的「鐘琴」做為教學的素材，讓學生觀察聲音高低與鐘琴長短的相關性時，學生在觀察的歷程中因發現每個鐘琴片背後有不同凹陷記號（這些記號可能是在製作樂器的歷程中標記音階使用的記號），以致認為是這些記號造成鐘琴的聲音高低不同。這好像在提醒研究者，使用樂器的挑選，似乎要以簡單為原則。或許研究者挑選一個比較簡單的鐵琴（例如：小朋友們在玩具店可買到的

簡易鐵琴) 是否可以減少學生這些錯誤的思考。

2. 研究者運用「鼓」做為教學的素材，讓學生觀察鼓的振動現象時，學生會同時發現敲擊鼓的中間與旁邊的聲音不同，因此學生會認為同一個鼓有聲音的高低。但運用「鼓」做為教材，所要傳遞的聲音概念是「同一個鼓當你敲擊同一個地方時，聲音是不會有高低的」。由於學生在操作的歷程中發現鼓敲不同的地方會有聲音的高低，於是學生會認為「同一個鼓有不同聲音的高低」，對於我們要傳遞的概念，反而難以理解。因此，如果在教學的歷程裡，可以指導學生在觀察樂器聲音高低時需要掌控的「變因」概念，學生在有效的變因控制與觀察下，才能發現「同一個鼓敲擊相同的位置時，不會有聲音高低」的概念。

此外，研究者也發現，如果我們拿現成的「鼓」進行教學時，受限於「鼓」無法拆解，學生無法透過操弄鼓面的鬆緊程度，了解「鼓面鬆，聲音低；鼓面緊，聲音高」的概念，這也造成學生們很難理解為什麼同一個鼓敲中間與敲旁邊的聲音會有所不同。「鼓」屬於節奏樂器，不像鐵琴有長短不同的鐵片，讓學生容易發覺聲音高低與鐵片長短之間的關係，因此學生不容易觀察「影響鼓聲音高低的因素」。

以目前大多數指導聲音概念的教材來說，大部份教師會運用「鼓」來引導振動概念，但在引導了振動概念後，指導其他單元時，「鼓」這項樂器就不被討論了。但站在學生本位的立場，學生在操弄樂器的歷程中產生了疑問及探究興趣，教師更應該把握機會建立相關概念，對於學生的學習將更有幫助。

綜上所述，讓研究者思索，若「鼓」能拆解，學生能自由控制鼓面鬆緊，是否能讓學生察覺「鼓面」的中間與旁邊鬆緊的差異，了解「不同鼓面鬆緊會影響鼓敲擊的聲音高低」概念，如此，便可以引導學生了解敲擊鼓的中間與旁邊聲音不同，是因為鼓的中央鼓面較鬆，鼓的旁邊鼓面較緊的緣故。

3. 由於樂器昂貴，數量有限，大多數學校的樂器多提供學校的樂隊使用居多，自然科任教師不一定能順利取得這些樂器進行教學（如木琴等），即使這些樂器可以借用，在使用時老師還必須小心呵護，避免損壞，因此也不一定能在教學場域中讓每個孩子都能夠有充分的操弄經驗。
4. 樂器在聲音的單元教學中屬於操弄的教具素材，但在使用樂器進行聲音單元的教

學時，教師如果沒有將相關概念進行類化，很容易讓原本以「聲音概念」的教學重心，變成以「了解樂器的發聲」原理為教學的重點，例如：學生撥彈吉他，看吉他的震動產生聲音，學生會說「因為吉他的弦有震動，所以會有聲音」但如果沒有運用其他的活動讓學生強化學生的概念（如：運用吹紙片的方式，讓學生思考，為何紙片會發聲；運用觀察鼓面的震動，讓學生思考鼓為何會發聲等）那麼學生似乎很難從單一的操弄事件中理解「物體振動產生聲音」的概念。

現有課程內容除了研究者在以往的教學中發現上述的現象外，由於研究者所任教的學校原住民學生居多，研究者發現，教科書中使用有關聲音教學的樂器題材，或教材中所陳述的樂器，對於研究者執教學校的學生來說並非是個容易取得或有機會操弄的題材。因此研究者希望「在教學的歷程，能運用最接近學生生活的樂器做為教學素材，以貼近學生的生活經驗」。

在一個偶然的機會下，研究者發現原住民電視台「科學小原子」的節目，在節目中新竹高中的謝迺岳老師探訪了全台灣各原住民的部落，由他們的生活中去尋找素材，運用科學原理來說明這些素材背後所隱含的科學概念。讓研究者驚艷的是：節目中運用貼近原住民生活可得的簡單材料，就可以設計出淺顯易懂又好玩的科學玩具，讓學生從製作玩具、操弄玩具的過程中，去學習先人的智慧及隱含的科學原理概念。這樣的發現，似乎支持研究者「運用貼近學生生活素材進行聲音概念教學」的想法，也讓研究者思考：如果學生在學習聲音概念的歷程中，我們運用貼近生活的簡單的素材來製作樂器，讓學生從製作樂器的歷程中學習到聲音的概念，這樣似乎會讓教學很有趣，且增進學生的概念學習。

目前各版本教科書中有關聲音概念的教學，在教材設計上，多採用「學習的歷程中以樂器做為素材進行各項聲音概念的學習，結尾請學生運用所學的樂器發聲原理來製作樂器」。這樣的課程安排是希望學生學習了聲音的概念後，能運用「製作樂器」的統整活動整合學生學習的概念，是一個很好的思考與教材安排方式。但研究者在教學的場域中卻發現，學生能自製的樂器似乎有限，能說主動說出樂器設計原理的學生就更少了<sup>1</sup>。這讓研究者思考：有沒有可能在進行各項聲音概念的教學時，直接讓學生透過製作簡易樂器的歷程來理解聲音的物理特性呢？雖然這樣的思維似乎與目前教科書在課程的安排順

---

<sup>1</sup>研究者曾經和其他學校的老師們請教他們學生在「製作樂器單元」的學習情形，發現多數老師與研究者有相同的經驗與看法。

序上幾乎是完全相反的安排方式，但卻吸引者研究者探尋的興趣。教育部「九年一貫課程自然與生活科技學習領域綱要」能力指標 2-3-5-2 也提到：「藉製作樂器瞭解影響聲音高低的因素、音量大小、音色好壞等，知道樂音和噪音之不同」，因此，藉由製作樂器來探索聲音的物理特性似乎更貼近所要達到的能力指標。

目前各版本教科書除了在聲音概念的安排順序與研究者的思維有所不同外，目前多數的教科書多以「選擇特定樂器，做特定物理現象的觀察」方式進行教學。例如：為了方便觀察震動概念，就拿「三角鐵」或「鼓」來觀察震動的現象。但指導聲音高低的概念時，就更換如「試管裝水吹氣」或「鐵琴」、「吉他」作為素材，但三角鐵和鼓是否有聲音的高低，似乎就被遺忘了。因此，研究者在思考：如果我們在指導聲音的每一個概念時，都把每個樂器進行討論，這樣是否能讓學生對於吹管樂器、打擊樂器、撥彈樂器的發生原理有各完整的了解。

兒童對於玩具的喜好是天性（楊忠樵，2000），玩具對於兒童來說具有重大的意義，因為兒童會從玩具的操弄中獲得第一手訊息，藉此開始累積生活的經驗與人生的智慧（溫明麗，1988）。在科學教育中能簡易製作科學玩具，可以做為學習教材和當作遊玩的器具（成映鴻，1997），教師若能使用科學玩具進行教學活動，可以幫助學生建構概念（Setin，1997），也能促進學童在學習過程中快樂的學習（Angier，1981）。上述的研究觀點讓研究者思考：「把樂器變成一個樂器玩具」，運用「樂器玩具的製作進行聲音概念教學」的想法。既然現有的樂器獲得不易，不能拆解，何不指導學生自己製作樂器玩具呢？

以上陳述研究者的思維和目前的課程內容與安排順序似乎有些不同，但研究者認為這樣的方式似乎更貼近課程綱要的指標，也深深吸引著研究者探詢的興趣。雖然這可能不一定是個很棒的思考方式，也不一定真能改善學生聲音概念的學習，但如果不去嘗試看看，我們又怎能知道結果是如何呢？基於研究者的動機與興趣，研究著抱著細心嘗試探究的心態，希望這樣的思維與研究可以提供相關的經驗做為後續有關聲音概念的教學研究參考。

研究者查詢目前有關聲音概念的論文，獲知有關「國小學生聲音概念研究」的論文約有 14 篇<sup>1</sup>（如表 1-1），由表 1-1 可看出，自民國 90 年開始，有為數不少的研究者對這個主題產生興趣。目前的研究論文與研究者所想要嘗試的研究面向雖有所不同，但這些

---

<sup>1</sup> 研究者所查詢聲音研究相關論文篇數，其查詢結果僅提供研究者了解目前有關聲音概念的研究概況。不推斷所有有關聲音的論文僅有此數量之篇數。

研究文獻讓研究者可以了解多數學生在學習聲音單元時可能保有的迷思概念，提供了研究者良好的研究背景基礎，進行本研究的探查。研究者希望在這樣良好的研究背景基礎下，能提供一個不同面向的「國小聲音概念教學」嘗試，提供現職教師另一種不同的教學思考。

表一：研究者查詢目前有關聲音概念研究的相關論文（截至 2008.09.01）

| 序號 | 研究生 | 論文中中文名稱                          | 指導教授 | 學年度 |
|----|-----|----------------------------------|------|-----|
| 1  | 李美宜 | 我國學生聲音傳播概念之研究                    | 黃湘武  | 83  |
| 2  | 陳世峰 | 發展國小學童聲音概念之 Two-tier 評量診斷工具      | 張靜儀  | 90  |
| 3  | 蘇幼良 | 以建構主義教學策略探究國小二年級學童對「聲音」的概念學習     | 耿筱曾  | 90  |
| 4  | 余世裕 | 國小五年級學童聲音概念之研究                   | 張靜儀  | 91  |
| 5  | 林世宗 | 以迷思概念為基礎之電腦輔助教材開發—以國中聲音課程為例      | 錢正之  | 92  |
| 6  | 吳能州 | 國小學生「聲音概念」之探究                    | 熊同鑫  | 92  |
| 7  | 邱雪媚 | 以人本建構主義教學策略探究國小一年級學童「聲音」的概念學習    | 耿筱曾  | 93  |
| 8  | 黃佩萱 | 國小高年級學童聲音迷思概念之研究                 | 程智慧  | 93  |
| 9  | 邱冠天 | 概念構圖應用於國小六年級學童在「聲音」單元教學成效之研究     | 賴慶三  | 94  |
| 10 | 李俊璋 | 以概念構圖之動態評量策略探究國小六年級學童「聲音」概念的概念學習 | 耿筱曾  | 94  |
| 11 | 盧珍瑩 | 運用鷹架理論於國小二年級科學概念學習之研究—以「聲音」教學為例  | 王靜如  | 95  |
| 12 | 劉敏書 | 以 PODA 研究策略探究國小一年級學童「聲音」概念之概念學習  | 耿筱曾  | 95  |
| 13 | 江惟銓 | 以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究   | 黃萬居  | 95  |
| 14 | 張維本 | 教學網站資源融入國小聲音單元教學之研究              | 甘漢銑  | 95  |

## 第二節 研究目的與問題

### 一、研究目的：

基於以上的研究動機，研究目的歸納如下：

- (一) 以 5E 學習環為教學策略，透過樂器玩具的製作，發展聲音概念的教學。
- (二) 以 5E 學習環為教學策略，透過簡易聲音樂器玩具的操作，提升學生聲音概念學習的成效。

### 二、研究問題：

基於以上的研究目的，本研究的研究問題分述如下：

- (一) 如何將簡易的樂器玩具製作，結合 5E 學習環教學策略，融入聲音概念教學，提升教學效能？

(二) 運用製作樂器玩具的教學歷程，指導學生的聲音概念學習，是否能增進學生聲音概念的學習？

### 第三節 名詞釋義

#### 一、聲音：

本研究所指的聲音，以人類能夠產生感應以內的波動，頻率在 20Hz~20000Hz 之間的波動範圍為主，高於人類可感應範圍外的聲音，不在本研究的探索範圍之內。

#### 二、聲音概念：

本研究所指的聲音概念，以九年一貫課程 92 課綱、97 課綱中，國小階段（1-3 階段）所涵蓋之課程綱要內容為限。92 課綱與 97 課綱中，有關國小「自然與生活科技」學習領域之能力指標及教材內容細目提及有關「聲音概念」如下：

#### 【分段能力指標】

2-3-5-2 藉製作樂器瞭解影響聲音高低的因素、音量大小、音色好壞等，知道樂音和噪音之不同。

2-4-5-6 認識聲音、光的性質，探討波動現象及人對訊息的感受。

#### 【教材內容細目】

(一) 自然界的作用／改變與平衡／次主題 216／聲音、光與波動

##### 1. 聲音的傳播

(1)1a<sup>1</sup> 察覺物體發聲時，有在振動(例如說話、打鼓)。

(2)1b 察覺聲音藉物質傳播(例如拉緊的線、水管等)。

(3)1c 察覺能由聲音裡獲得許多訊息。

##### 2. 樂器發音

<sup>1</sup> 各次主題下之細目編碼採九年一貫課程綱要之細目編碼：1 代表國小一至二年級、2 代表國小三至四年級、3 代表國小五至六年級、4 代表國中一至三年級。a、b……為流水號。

(1)3b 探討樂器的調節與其發音的改變。

## (二) 生活與環境／生活中的科技／次主題 422／訊息與傳播

### 1. 訊息

(1)1a. 察覺聲音、光等可用來傳播訊息，由聲音可以透露很多訊息(例如察覺物體的材質、藉聲音傳消息)。

(2)1b. 察覺適中的音量，令人感覺舒適。

(3)3b. 知道動物可用聲音傳遞各種訊息。

### 2. 訊息傳播

(1)1c. 製作通話筒，傳送聲音。

由上述內容可知，國小階段有關「聲音概念」之教學大致包含「1. 物體振動產生聲音」、「2. 聲音需要介質傳遞」、「3. 聲音的大小」、「4. 聲音的高低」、「5. 聲音的感覺」、「6. 聲音可以傳遞訊息」六個主要概念，由於研究者於教學中所探究的聲音概念以「聲音的物理特性」為主，第五項「聲音的感覺」及第六項「聲音可以傳遞訊息」分別屬於聲音情意感官層面及應用層面概念，不在本研究探討的範圍，本研究指針對其他四個主要概念作為主題進行教學設計探討。

## 三、樂器玩具：

玩具具有科學教育意義，或其利用於活動時，可具有科學教育意義，則稱為科學玩具(成映鴻，1997)。科學玩具是以兒童身邊容易取得的素材，利用聲、光、電磁、彈性、慣性等科學原理，製作成的玩具(紀肇聲，1987)。楊忠樵(2000)將科學玩具定義為「以兒童身邊容易取得的素材，利用科學原理製成的玩具，並利用其進行學習、遊戲活動的器具稱之」。本研究基於以上學者專家之定義，研究中所提及的「樂器玩具」定義如下：「應用兒童身邊容易取得的素材或玩具，於聲音概念教學中提供學生操弄、遊戲，讓兒童能由組合素材或操弄玩具的過程中，學習聲音概念者稱之」。

## 四、真實樂器：

本研究中，所提及的真實樂器，指的就是一般我們所稱的「樂器」。本研就在文稿的撰文上，運用「真實樂器」名詞，其目的是要由別於學生自行製作的「樂器玩具」。

##### 五、概念改變教學：

許榮富（1991）依照概念的本質將概念分為「自然概念」與「人為概念」。所謂「自然概念」，是無法明確定義，由個體自生活經驗及學習而獲得的。所謂「人為概念」則是可明確定義者，如一般科學家或教科書中的科學及數學概念。許多文獻顯示學童常以「個人的解釋想法」解釋他們日常生活及自然界所遭遇的經驗，在學生的諸多想法中，常會出現與正統科學概念不同類型及特意詮釋理由（熊召弟，1995）。本研究所描述之概念改變主要以探討教學前學生對於「聲音」的「自然概念」，與教學後，學生對於「聲音」的「人為概念」發展情形之比較；亦即學童於教學前的「個人解釋想法」與教學後的「正統科學概念」的想法改變情形。

學生在學習科學時必須要經過一段很困難的概念改變過程，學生必須要發掘其理論與科學性解釋有不一致處，重新整理他們的思考方式，經由放棄或修正他們每日用以判斷的準則，使他們的想法能與科學概念做一適當的連結。（邱美虹，1993）本研究運用 5E 學習環「投入（Engagement）→探索（Exploration）→解釋（Explanation）→精緻化（Elaboration）→評鑑（Evaluation）」的教學模式，於教學中安排遊戲與情境，讓學生藉由教學達到概念改變的目的。

熊召弟（1995）提到「特定概念的鑑定是科學教學者要了解學童的起錨研究」，本研究為使教學者能於教學前、後了解學生的概念學習情形，採用吳能州（2003）「國小學生聲音概念之探究」論文中所發展的二階層診斷試題為工具，協助研究者了解學生在教學前後的概念改變情形。

綜上所述，茲將本研究所提及的「概念改變教學」歸納定義如下：研究者運用 5E 學習環的教學模式設計教材進行聲音概念的教學，並運用「聲音概念二階層診斷工具」，探查學生在學習聲音概念前、後的概念改變情形。

#### 第四節 研究的範圍與限制

- 一、研究者基於研究場域所能獲得了解的範疇有限，以及在教學場域所受到的授課時間限制，研究者在樂器玩具的素材選擇上，僅能以研究者所可探知、了解的部份，挑選部分樂器玩具作為教學素材，形成教材設計研究的範圍。基於研究範圍有限，也形成本研究之限制：僅探查研究者所使用的樂器玩具素材，對於學生聲音概念改變學習情形。研究者對於相同類型的樂器玩具作為教學素材是否能予以類推，不在研究者研究探查之範圍。
- 二、研究者之教學場域為全校僅有六個班（每年級僅有一班）之原住民學校，學校學生多數為原住民。研究者基於教學場域之限制與個人在教材設計上的能力有限，本研究知研究結果，僅為研究者在設計教案進行教學探知的結果呈現。基於研究時間、場域等因素，研究者無法測試同一份教案、樂器玩具，對於其他原住民學校的學生或都市型學校學生是否也有相同的結果。因此本研究之研究結果，僅止於研究者在本研究場域的結果呈現，對於其他學校運用本研究所設計的教學課程與素材進行教學，是否與研究者的研究結果有類似或相同，有待後續研究另行討論，不在本研究之探查範疇。
- 三、同一份教材、教案、樂器玩具皆有可能在教學者不同的教學特質下，有不同的教學成效，因此研究者於本篇中所呈現的研究結果，仍可能由於教學者的不同導致部分差異性存在，此為本研究結果類推之限制。

## 第貳章 文獻探討

文獻探討共分成五部分，第一節探討目前有關國小「聲音概念」之相關研究；第二節探討目前國小聲音概念之課程；第三節探討科學玩具在教學上之應用；第四節探討 5E 學習環教學法。

### 第一節 國小「聲音概念」之相關研究

研究者探查目前有關學生聲音概念研究之相關論文如第壹章第一節表 1-1 所述有 14 篇，其中研究對象為國小學生者約有 13 篇，在這些研究論文中，發展國小聲音概念之評量診斷工具者約有 5 篇；教學策略探究國小學生聲音概念學習之研究有 7 篇；運用電腦輔助教學工具運用於國小聲音概念教學之研究有 1 篇（如表 2-1）。由以上資料可以看出，目前有多數的聲音概念相關研究傾向於運用「建構主義的教學策略」探究國小學生在聲音概念上的學習。

表 2-1：有關「國小」階段聲音概念研究之相關論文分類表

| 研究類別                  | 研究生 | 論文中中文名稱                          | 指導教授 | 學年度 |
|-----------------------|-----|----------------------------------|------|-----|
| 運用診斷工具探究國小聲音概念        | 李美宜 | 我國學生聲音傳播概念之研究                    | 黃湘武  | 83  |
|                       | 陳世峰 | 發展國小學童聲音概念之 two-tier 評量診斷工具      | 張靜儀  | 90  |
|                       | 余世裕 | 國小五年級學童聲音概念之研究                   | 張靜儀  | 91  |
|                       | 吳能州 | 國小學生「聲音概念」之探究                    | 熊同鑫  | 91  |
|                       | 黃佩萱 | 國小高年級學童聲音迷思概念之研究                 | 程智慧  | 93  |
| 運用教學策略探究國小學生對於聲音概念的學習 | 蘇幼良 | 以建構主義教學策略探究國小二年級學童對「聲音」的概念學習     | 耿筱曾  | 90  |
|                       | 邱雪媚 | 以人本建構主義教學策略探究國小一年級學童「聲音」的概念學習    | 耿筱曾  | 93  |
|                       | 盧珍瑩 | 運用鷹架理論於國小二年級科學概念學習之研究-以「聲音」教學為例  | 王靜如  | 95  |
|                       | 邱冠天 | 概念構圖應用於國小六年級學童在「聲音」單元教學成效之研究     | 賴慶三  | 94  |
|                       | 李俊璋 | 以概念構圖之動態評量策略探究國小六年級學童「聲音」概念的概念學習 | 耿筱曾  | 94  |
|                       | 劉敏書 | 以 PODA 研究策略探究國小一年級學童「聲音」概念之概念學習  | 耿筱曾  | 95  |
|                       | 江惟銓 | 以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究   | 黃萬居  | 95  |
| 運用網路資源融入聲音概念學習        | 張維本 | 教學網站資源融入國小聲音單元教學之研究              | 甘漢鈺  | 95  |

上述有關國小聲音概念研究，提供研究者良好的研究基礎，讓研究者能藉由這些研究了解目前國小學生在學習「聲音概念」時的想法，以及學習時容易產生的迷思概念(misconception)，以提供研究者進行教材設計時，能儘量針對各項學生容易產生的迷思概念進行教學設計，提升學生聲音概念的學習成效。茲將目前有關國小聲音概念相關研究，依照研究提出順序，將目前有關「國小聲音概念」的研究結果分述如下。

### 一、程智慧(1994)國小兒童「聲音概念」發展模型之研究

程智慧藉由學童製作實體模型的方式詮釋學童對於聲音概念的架構圖，其研究傾向於運用聲音的物理特性(波動說、粒子說)的概念，探究國小學生對於聲音的微觀概念。程智慧(1994)列出兒童可接受的生概念詮釋架構圖如下圖所示(圖 2-1)：

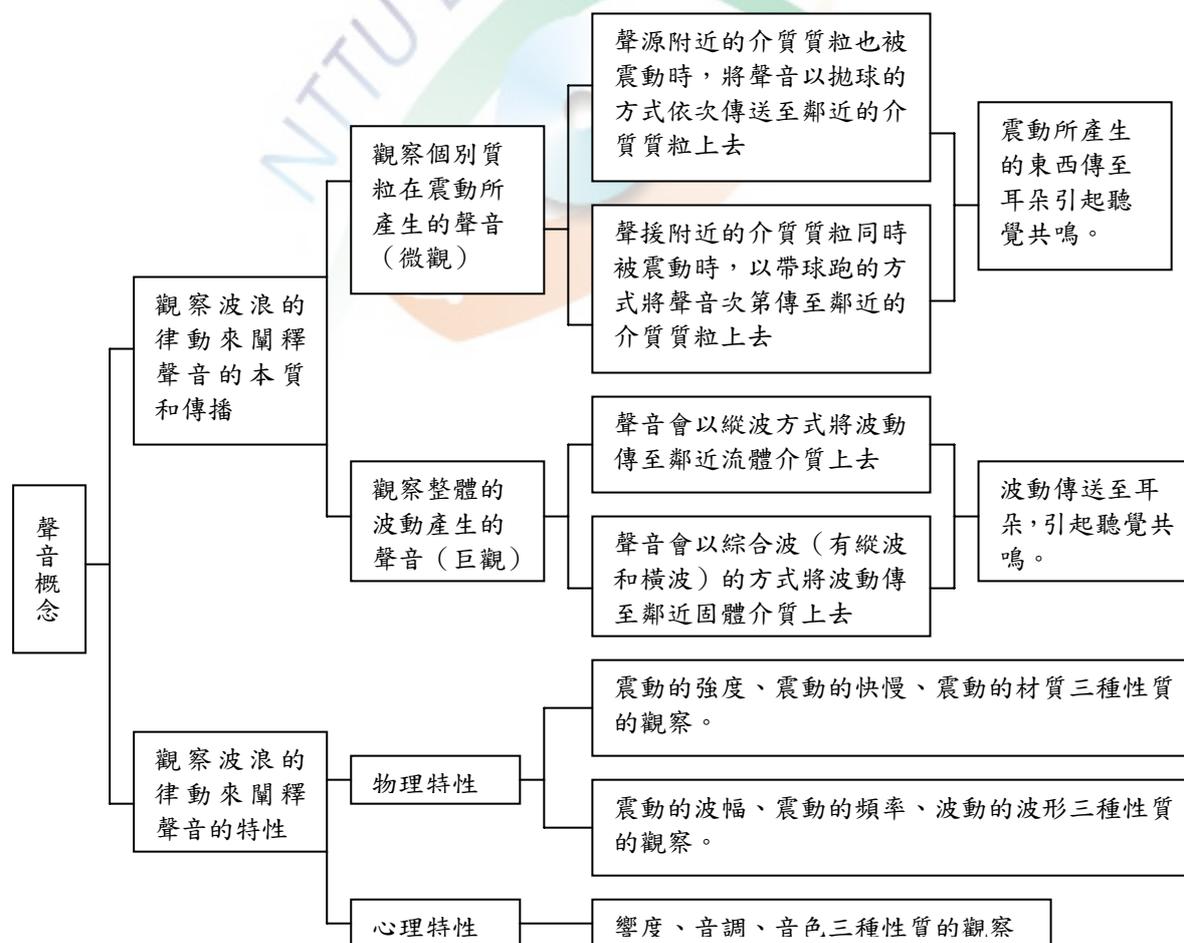


圖 2-1 列出兒童可接受的聲概念詮釋架構圖(程智慧, 1994)

由圖 2-1 之兒童聲概念之發展模型，程智慧(1994)歸納出以下幾點：

- (一) 訪談結果發現學童普遍缺乏波動概念，因而造成一些迷思概念，例如「聲音的傳播」，學童普遍認為聲音只能在空氣中傳播，在其他介質的傳播現象雖然學過，但因無法體會，因而未能融入學童的聲音概念架構中。
- (二) 一般教師認為聲波多在流體中傳播，故視聲波為縱波；其忽略聲波也可以在固體中傳播的綜合波動現象，造成師生互動時各有偏失的結果。
- (三) 檢視當時（民國八十二年版本）國小自然科教材，發現第一冊到第十二冊完全沒有提及波動的現象，即使常見的水波、繩波等現象都沒有列入單元教材中，實有誤導學習者選擇「質粒說」，而捨去「波動說」的傾向，應及早重新調整單元教材的必要。
- (四) 分析現行國小自然科教材中有關聲音的概念語詞，發現過於強調聲音的心理特性而忽略了物理特性及兩者之間的關連，造成學習聲概念的模糊。因此有必要檢討自然科的教學是否仍只停留在「兒童科學」的階段，而與現行正確科學觀念脫節的現象。
- (五) 兒童使用的概念語詞架構如以下的實例

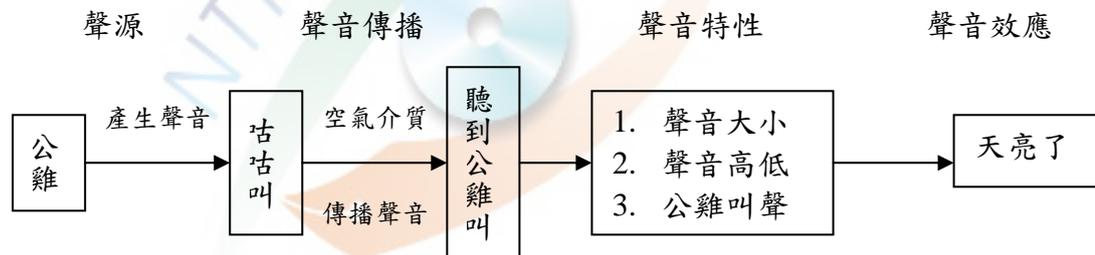


圖 2-2 兒童使用的概念語詞架構實例(引自程智慧，1994)

- (六) 此研究發展出來的五十個國小階段學童聲概念模型，可看出國小學童在聲概念的認知架構上相當分歧。此現象普遍的原因與學童的先前經驗或學習背景相關，值得注意。本研究這些模型可用來發展學童「質」的教材的參考指標。

由程智慧（1994）的研究結果，我們可以發現，當我們用物理微觀的角度（粒子說、波動說）來看國小聲音概念的學習時，顯然因為國小學生其認知概念發展與學習背景因素，學生在詮釋聲音的微觀現象時，容易運用自我生活經驗的素樸想法(naive concepts)(李維譯，1998)來進行說明與推斷，造成意見的分歧。

由以上的研究結論我們也可以探知，不論是 82 年版課程或現行九年一貫課程，皆未將聲音的微觀概念列入國小的教材中，顯見多數學者認為微觀的概念對於國小學生來說，若考量其認知學習發展的歷程，在學習上是有困難的。不過，由上述研究結果我們可以發現，學生在尚未學習聲音的微觀概念時，學生會選擇運用粒子說的粒子傳遞概念來解釋聲音的傳遞現象。這樣的結果似乎顯示：聲音的微觀概念（粒子說、波動說）對國小學生來說學習尚屬不易，但如果要運用微觀的概念向學生說明聲音的傳遞概念時，宜使用「粒子傳遞」的角度來和國小學童說明，學生比較容易接受。

## 二、李美宜(1995)的「我國學生聲音傳播概念研究」

李美宜採紙筆式群測法與皮亞傑(Piaget)個別面談診斷法，研究中小學生對聲音傳播之概念，其研究亦朝向聲音傳遞的微觀概念方式進行研究，茲將其研究結論摘述如下：

- (一) 學生對聲音傳播概念之解釋有五種模式：感官及超距作用的概念模式、聲場概念模式、影像概念模式、粒子概念模式、微小例子震動的傳播概念模式。
- (二) 國中小學生之聲音傳播概念階層與年齡成正相關，具「粒子概念模式與微小粒子振動模式」概念的人數比例隨年齡的增加而遞增。
- (三) 達形式操作期的學生，其中有 90.5% 的聲音傳播概念屬於「粒子概念模式與微小粒子振動模式」，證實學生的認知發展是影響聲音傳播概念發展的重要因素。

由以上研究可以證實，國小學童因其認知概念發展情形尚未到達形式操作期（或僅有部分學生到達形式操作期），有關聲音傳遞的微觀概念學生較不易理解，這似乎也驗證了目前國小有關聲音概念的教材，皆不在國小階段談論微觀的聲音傳播概念。

## 三、蘇幼良(2002)的「以建構主義教學策略探究國小二年級學童對聲音的概念學習」

蘇幼良(2002)以牛頓版教科書的教學活動內容，運用建構教學的動態評量

及後設認知過程(PODM)，在教學前讓學生預測及說明理由，經由學生實際操作實驗後，對先前的預測做修正。其研究運用動態評量、學生晤談與教師札記，整理出國小二年級學童的聲音概念。研究者將其發現國小學生的聲音概念整理如表 2-2。

表 2-2 國小二年級學童對聲音的另有概念

| 聲音概念/教學主題活動 | 學生的另有概念   |
|-------------|---|
| 物體振動產生聲音    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「聲音是物體振動產生的」此一概念有時有有時無。</li> <li>2. 「聲音是物體振動產生的」這個概念必須在「發聲體振動能清楚被看見才存在」。</li> </ol>   |
| 聲音需要透過介質傳遞  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聲音不需要透過「介質」傳遞。如果學生認為聲音需要透過介質來傳遞，僅能說得出「聲音需可由空氣傳遞」的概念。學童認為空氣傳遞聲音的方式是「空氣用流通的方式傳遞聲音」或「空氣幫聲音飄出去」或「聲音透過風吹出去」的方式。</li> <li>2. 學童認為水不能傳遞聲音，除非水中有空氣。</li> <li>3. 學童認為木頭、鋼管不能傳遞聲音；如果學生認為木頭可以傳遞聲音，是因為木頭裡面有空氣造成的。</li> <li>4. 學童認為空氣的傳聲效果優於木頭。</li> <li>5. 因為金屬鋼管裡面有空氣，可以傳遞聲音。</li> </ol> |
| 「傳聲筒」教學活動   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以線拉直與否來判斷小話筒是否能聽得見，若歪歪斜斜的則會聽不清楚。</li> <li>2. 站的姿勢會影響聲音聽見與否，小朋友若彎腰駝背則聽不清楚小話筒的傳話。</li> <li>3. 有東西擋住線，就聽不清楚小話筒的傳話。</li> <li>4. 小話筒的線轉彎就不能聽見，因為聲音只能直直的走，不能轉彎。</li> </ol>  |

(整理自蘇幼良，2002)

在這份研究由於作者進行教學時，受限於牛頓版教科書所提供的教材與教學設計內容，以致於作者在進行教學的過程中發現教材的挑選可能會影響學生概念的學習，甚至引發學生的迷思概念。作者在結論中提及「使用教具前要先測試，如不能配合課程的目標進行設計，甚至可能造成學生迷思概念者則儘量不要使

用，以免造成概念學習的反效果」。這說明了研究者在進行此研究時，應該審慎選擇聲音概念的玩具，才能使研究者的教學避免因為題材的選擇不當，因而無法在教學活動中澄清學生的迷思概念。

此外，由此份研究我們也可以看出，國小二年級學生，對於「物體振動產生聲音」、「聲音需要介質傳遞」的概念仍有許多的另有概念待澄清，因此在後續有關聲音的教材與課程中，必須將此概念再度運用課程活動讓學生能夠觀察與澄清。畢竟我們日常生活的學習歷程，會促我們個人在生活經驗的概念上不斷增長，在後續的課程裡重複運用活動澄清概念，才可以將學生的錯誤概念降低。

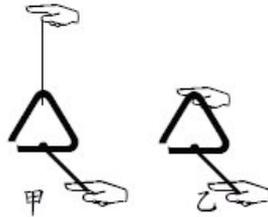
#### 四、陳世峰(2002)的「發展國小學童聲音概念之 two-tier 評量診斷工具」

陳世峰（2002）在發展國小學童聲音概念 two-tier 評量診斷工具的歷程中，運用評量診斷工具與訪談的方式，針對國小學童的聲音的大小、音調的高低、聲音的傳播、樂器發聲的特性等聲音概念所呈現的許多不同類型概念有著詳細的說明，此份論文屬於近來第一篇以發展二階段評量診斷工具為目的，在研究的內容上著重於評量診斷工具信度與效度的檢核。此份二階層是問卷的設計，採第一階層單選，第二階層單選或多選的型態進行概念配對，因此在使用這份問卷進行聲音概念的診斷評量時，除了論文中提及的二階層診斷配對可能蘊含的學生概念外，學生在填答時如出現其他配對，可能需要使用進一部訪談的方式了解學生對於聲音概念的想法。此份二階層問卷工具的型態如圖 2-3 所述。

研究者仔細思考這份工具的使用方式，認為此份問卷工具有良好的信度與效度，且對於學生的填答因第二階層提供學生可以單選或複選，可以開放學生填答，讓學生的想法可以充分展現，不過或許這也造成了學生如果在填答時配對不合邏輯時，需要運用訪談的方式才能確切了解學生的想法。

評量診斷試題二：甲、乙兩人分別用同樣的力氣去敲擊三角鐵：甲用細線吊著三角鐵；乙則直接用手握住三角鐵。

- ( ) 1. 你認為哪一個三角鐵，發出的聲音比較大？  
①甲。 ②乙。 ③一樣大。



- ( ) 2. 你認為下面哪幾個說法較正確？

**【答案可能一個也可能兩個以上，請仔細慢慢看，沒有時間限制】**

- ①乙是用手拿著，聲音由手傳出去，當然聲音就比較小。
- ②乙是用手拿著，限制了三角鐵的振動，三角鐵的振動強度小，所以聲音也就比較小。
- ③甲是用繩子綁著三角鐵，所以三角鐵振動強度較大，所以聲音比較大。
- ④甲是用繩子綁著三角鐵，所以三角鐵振動較大，所以聲音比較小。
- ⑤我認為用繩子和用手都不會影響聲音的大小。

圖 2-3 two-tier 二階層式評量診斷工具試題型態 (引自陳世峰, 2002)

由於此份研究對於重點放在「二階層評量診斷工具的發展」的信效度檢核，每個測驗題項所蘊含的概念陳述篇幅較多，且此份研究因不同的二階層概念配對可能產生的概念詮釋種類較多，研究者不適宜自行類歸，無法以條列方式列出其觀察學生迷思概念的情形。但由此份研究中，研究者可以看到一些學生的概念想法，如：學生認為聲音是可以靠風力推動來傳播，在解釋聲音的傳播時，會出現粒子碰撞傳遞的概念。對於聲音並不具有「能量」的概念；學生了解震動強度越大，聲音越大的概念；學生對於聲音是否需要物質來傳播，概念分歧；學生對於聲音可以穿牆而過是因為牆裡面有空氣的緣故……等。

#### 五、余世裕(2003)的「國小五年級學童聲音概念之研究」

余世裕(2003)運用陳世峰(2002)所發展之聲音概念二階段紙筆測驗試題進行小幅度修正，對國小五年級學生進行前測性與晤談與紙比測驗，接著藉由正式紙筆測驗試題的測試，挑選 12 名具有迷思概念想法與表達能力較佳的五年級

學童進行晤談，將紙筆測驗之結果與訪談內容進行分析，歸納出五年級學生的聲音迷思概念，茲將其研究結果列表如表 2-3。

表 2-3 國小五年級聲音迷思概念

| 聲音概念        | 學生的另有概念  |
|-------------|--|
| 聲音的產生與傳播    | <p>大多數的學生都知道聲音是由振動產生的，但是對於聲音振動的本質，卻有不同的解釋。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空氣傳送聲音時，空氣微粒也會隨著聲音流動。</li> <li>2. 聲音是一種物質，能和空氣結合而傳播到整個空間。</li> <li>3. 即使月球上或外太空沒有空氣，但只要距離夠近，仍然可以聽到聲音。</li> <li>4. 學童較難以接受固體介質能振動傳遞聲音的現象，尤其是體積或重量較大的物體。雖然在日常生活經驗中知道隔著薄木板仍然可以聽到聲音，但因不認為固體能振動，因此想出聲音用細縫或穿透的方式來傳播。</li> <li>5. 學童普遍認為聲音可以在空氣中傳播，無法體聲音在水中傳遞的現象。多數學生認為水可以傳遞聲音，是因為水中有空氣的緣故。部分學生甚至認為，在水中傳遞的聲音無法再傳遞回空氣中。</li> <li>6. 聲音會在小話筒的線上跑。</li> </ol> |
| 聲音的特性與樂器的聲音 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 音調高或音量大就是振動快，也振動大。</li> <li>2. 部分學生認為「物體振動快的，必振動小；振動慢的，必振動大。」部分學生認為「物體振動快的、必振動大；振動慢的，必振動小。」</li> <li>3. 用力敲打物體，使物體振動快，也振動大。</li> <li>4. 用相同的力量撥、打物體，細、短的物體振動快而大，音調高。</li> <li>5. 對裝水的是管管口吹氣，水越少音掉越高。</li> <li>6. 敲裝水的玻璃瓶口，水越多，音調越高。</li> <li>7. 吸管越長，吹出來的聲音樂高。</li> </ol>  |

(整理自余世裕，2003)

張靜儀、余世裕 (2002) 在屏東師院學報中，也發表一篇「國小學童對聲音概念之探究」，此篇研究中歸納出國小學童對聲音的迷思概念如下：

(一)對聲音本質的迷思概念

1. 聲音類似氣體的性質，可以穿透物體的細縫。
2. 聲音本身並不是一種波動，而是一種能被空氣攜帶的物質。

(二)對聲音傳播的迷思概念

1. 固體不會傳播聲音，聲音是某一種能沿著固體表面跑的物質。
2. 聲音在空氣中傳播，若遇到阻礙，有部份會穿透過去。
3. 聲音在水中傳播，主要是靠水中所含的氣體來傳送聲音的。

### (三)對聲音特性的迷思概念

1. 聲音高就是振動較快，而且振動也較大
2. 聲音小就是振動較小，而且振動也較慢
3. 空氣柱長時，聲音高；空氣柱短時，聲音低

余世裕(2003)在其研究結論與建議章節中層提到「目前的教材中，學生在學習聲音的概念時有許多的迷思概念與想法，因此學生對於樂器的聲音特性也存在著極大的問題」。研究者在教學現場中也發現相似的現象，由於上述迷思概念，皆為教師根據目前教科書內容教學所檢測出來的結果，因此研究者在本研究中嘗試自行設計教學順序、內容與方式，藉由樂器玩具來指導學生觀察、學習聲音的概念與特性，讓學生在學習每一個聲音概念時，都能藉由樂器的操弄了解樂器發聲的特性，目的就是希望透過不一樣的嘗試，觀察學生的概念改變情形。

## 六、吳能州(2003) 國小學生「聲音概念」之探究

吳能州(2003)運用團體訪談的方式編製二階層開放式問卷，透過二階層開放式問卷的檢核與修正，發展國小聲音概念二階層式評量診斷工具，此份二階層式評量診斷工具與陳世峰(2002)、余世裕(2003)不同的地方在於其二階層式工具的每個選項，都蘊含著學生的迷思概念，可以很容易地由學生的答題情形，了解學生的迷思概念為何，研究者將其二階層式工具的題形呈現如圖 2-4，其研究結果如表 2-4 所列示。

2. 下圖是一個鐵琴，鐵琴的中間是空心的。你如果拿起琴棍敲擊它，鐵琴就會發出聲音。你覺得為什麼你敲鐵琴的時候，鐵琴就會有聲音呢？



我覺得是因為碰撞產生的  
我的理由是

敲鐵琴的時候，琴棍和鐵琴發生碰撞或摩擦，所以有聲音。  
 敲鐵琴的時候，會使鐵琴裡面的空氣撞在一起，所以有聲音。

我覺得是因為空氣振動產生的  
我的理由是

敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。  
 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，空氣互相撞擊，就會有聲音。

我覺得是因為物體振動產生的  
我的理由是

敲鐵琴的時候，鐵琴會振動，所以會有聲音。  
 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。

圖 2-4 國小學生聲音概念研究二階層式問卷題型(引自吳能州，2003)

表 2-4 國小學生聲音概念研究學生的迷思概念與想法

| 聲音概念  | 學生迷思概念與想法   |
|-------|---|
| 聲音的來源 | 1. 學生對於「聲音是振動產生的」雖有概念，但是對於「是誰在振動」並不十分清楚。<br>2. 三、四年級學生比較傾向於「物體振動產生聲音」的想法，但是五、六年級學生，比較傾向於「物體振動，影響空氣振動，空氣振動就會產生聲音」的想法。  |
| 聲音的能量 | 1. 國小學童，對於控制樂器聲音的大小，都了解其方法，但僅有 37% 左右的小朋友，可以運用「振動」的概念來詮釋「聲音的能量與振動有關」，而且高年級學生具有此概念的比例較中年級學生高約 63% 的小朋友認為「聲音的能量，與敲擊物體時，所使用的力氣有關」，而且年級越低，具有此概念的學生比例越高。<br>2. 國小學生有 94% 左右的學生具有「聲音會隨著距離越遠而越來越小」的概念，45% 左右的學生認為「距離近，聲音大」是因為空氣比較快傳到我們耳朵的緣故。有 8% 左右的學生，能夠對此現象做正確的陳述。 |
| 聲音的音調 | 1. 樂器是屬於無法改變聲音高低的樂器，如鼓、三角鐵、哨子，學生容易將聲音的大小與聲音的高低做相關的連結，認為聲音的大小與高低有關係。<br>2. 空氣流動的速度，會影響聲音的高低。例如：笛子、哨子、中空的鐵琴。<br>3. 聲音就像是一個會移動的物質，跑得快，聲音高；跑得慢，聲音低。   |

| 聲音概念  | 學生迷思概念與想法   |
|-------|---|
|       | 4. 物體振動的幅度，會影響聲音的高低。<br>5. 力氣的大小會影響聲音的大小，而聲音的大小與聲音的高低有關係。   |
| 聲音的音色 | 1. 有 53% 的學生能使用「每種樂器，都會有屬於自己，十分獨特，和其他樂器不一樣的聲音」的想法來陳述自己對於音色的概念。約有 33% 的學生，認為他可以區分不同的聲源，主要是由於「以前聽過這些樂器聲音，把它記下來」的緣故  |
| 聲音的感覺 | 2. 國小學生對於區分「噪音」與「樂音」都具有相當的概念，只是學生較不熟悉「樂音」的名詞。43% 以上的五、六年級學生，可以利用「噪音是聽起來很不舒服的聲音」的概念來陳述自己對於噪音的想法；學生的年紀越小，使用「噪音是很吵鬧、很大聲的聲音」來說明噪音的人數比例越高。                     |
| 聲音的傳播 | 3. 國小學生，對於聲音的傳播介質，80%的學生認為聲音需要透過其他物質來傳播，20% 的學生認為聲音不需要透過介質來傳播。<br>4. 在聲音的傳播介質上，學生大多只能認同「空氣可以幫忙傳遞聲音」的概念，對於固體、液體傳遞聲音較不具有概念。不過，學生對於「固體傳遞聲音」的概念較「液體傳遞聲音」的概念佳。 |
| 樂器的聲音 | 5. 學生在解釋樂器發聲的原理時，常常會因樂器的外部構造不同，而有不同的想法。目前課本中有關「樂器的聲音」的課程內容，應加樂器發聲原理的教學課程，以使學生可以將課程中所學習的「聲音概念」運用到「樂器發聲」原理中，使學生所學習的理論，可以與日常生活的經驗相互結合。                       |

(整理自吳能州，2003)

吳能州(2003)研究中我們可以發現，有關「樂器的聲音」單元，其建議應將「樂器發聲原理」加入教學課程中，讓學生學習的理論與日常生活結合。研究者於本研究中思考從「製作樂器玩具」著手，讓學生在製作的歷程中探討各項樂器的發聲原理，讓學生由探索樂器玩具的歷程中學習聲音的概念，此一構思與其相符。

七、邱雪媚（2005）的「以人本建構主義教學策略探究國小一年級學童「聲音」的概念學習」

邱雪媚（2005）參考牛頓版自然科教學指引第二冊(民 85)、國立編譯館自然

科教學指引(民 88)編訂國小一年級學童的教學目標，透過自行編定的教材運用人本建構主義的教學策略，探討一年級學童對於聲音概念的學習，歸納學童的聲音概念有五點想法：

- (一) 以聲音的大小便別聲音的差異性：學童可以辨別不同的聲音，但勢將身音高與聲音大、聲音低與聲音小的特質進行連結，在進行教學後，前後測驗結果差異不大。
- (二) 不能察覺物體發出聲音與振動有關：學童可以運用觸覺體會振動的感受，但無法將「發出聲音」與「振動」連結，學童分開看待聲音與振動這兩件事。
- (三) 大部分學童不具備聲音傳遞需要經由介質的概念：學童運用小話筒實驗時，僅有發話者發出聲音，收話者接受聲音的概念，沒有聲音經由介質傳遞的概念，符合程智慧（1994）的研究結果：低年級學童對於傳聲介質概念有很大的分歧，有些學童沒有傳聲介質的想法，直覺認為是耳朵聽到聲音，屬於聽覺效應。
- (四) 學童認為「距離遠近」與「音量大小」是傳遞聲音的條件：學童認為，耳朵貼近桌面聲音較耳朵不貼近桌面聲音大，是因為耳朵比較靠近桌面的緣故；小話筒沒有線，只要講話的聲音夠大，對方一樣可以聽到聲音。
- (五) 學童接受棉線可以傳遞聲音、桌子不可以：學生因為進行小話筒的實驗後，接受棉線可以傳遞聲音的概念，認為空氣也可以傳遞聲音，但是認為桌子不可以傳遞聲音。

由以上研究可以發現，一年級學生因受限於其認知發展因素，僅有對於實際觀察所得的聲音現象可以接受，如：「接受棉線可以傳遞聲音，但桌子不可以。」對於聲音的細部概念或抽象概念很難由教學活動中學習。蘇祐良（2002）對於二年級學生聲音概念的學習其研究結果有多數十分接近，顯示物體振動產生聲音、聲音需要靠介質傳遞的概念無法具體由目前國小一年級生活課程的教學單元中

讓學生了解，在五年級的學習課程中，有再重述的必要。

#### 八、黃佩萱（2005）的「國小高年級學童聲音迷思概念研究」

黃佩萱（2005）發展二階層式評量診斷測驗試題，探討國小高年級學童的聲音概念，其二階層評量診斷試題題型如圖 2-5 所示。其研究結果如表 2-5。

2、右圖是小話筒裝置，把線放鬆，小英從小話筒的一端說話，小明會聽到怎樣的聲音？



| 我的理由是：                        |  |
|-------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 清楚的  | <input type="checkbox"/> 藉由線的振動讓對方可以清楚的聽見對方的聲音       |
|                               | <input type="checkbox"/> 藉著空氣振動讓對方可以清楚的聽見對方的聲音       |
|                               | <input type="checkbox"/> 其他 _____                    |
| <input type="checkbox"/> 模糊不清 | <input type="checkbox"/> 因為線彎曲傳播的不好所以聲音會模糊不清         |
|                               | <input type="checkbox"/> 線越鬆就不易振動，所以聲音會模糊不清          |
|                               | <input type="checkbox"/> 其他 _____                    |
| <input type="checkbox"/> 聽不到  | <input type="checkbox"/> 聲音是直線前進的，線放鬆了，就聽不到聲音        |
|                               | <input type="checkbox"/> 聲音是用振動傳播的方式，線鬆了無法振動，所以聽不到聲音 |
|                               | <input type="checkbox"/> 其他 _____                    |

圖 2-5 國小高年級學童聲音概念研究二階層式診斷測驗試題題型（引自黃佩萱，2005）

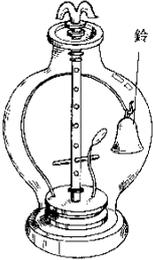
表 2-5 國小高年級學童聲音概念研究結果

| 聲音概念  | 學生迷思概念與想法  |
|-------|--|
| 聲源的振動 | 1.63.2%的學童認為「聲源的振動會使周圍的分子也振動」。<br>2.學童認為聲音會在線上跑，線彎曲或鬆了會讓聲音傳播得不好模糊不清。<br>學童雖然於低年級進行了小話筒的活動，但概念仍不清楚。   |
| 傳聲的介質 | 1.學童認為「空氣抽出來會形成風，風會幫助聲音傳送，讓聲音變大聲」。<br>2.空氣會阻擋聲音傳送，將空氣抽出，少了空氣阻擋，聲音就會變大聲。<br>3.學童對空氣有迷思，認為空氣是聲音的介質，也認為空氣會影響聲音的傳遞。<br>4.學童認為「水會影響聲音傳遞，沒有空氣聲音就不能傳播」。<br>5.學童會以「收音機和耳朵所在位置來判斷水是否會隔絕聲音的傳遞」來判斷是否能聽到聲音。<br>6.學童不認為水也是聲音傳遞的介質。<br>7.聲音要穿過牆或木板的細縫才可以聽到，牆或木板沒有細縫聲音無法聽到。<br>8.聲音會被牆吸收或完全反彈。<br>9.學童認為「聲音以波動的形式穿越物質過來，才能讓我們聽到」。 |
| 波的反射  | 學生對聲波的反射概念並不熟悉，認為聲音是直線前進，受到阻擋、改變方向就聽不到。  |
| 響度與音調 | 1.敲擊力量大小影響音調高低，音調高低影響音量大小。<br>2.對裝水試管吹氣的試驗中認為空氣多，空氣振動得快，聲音較高。水少，水振動得快，聲音較高。<br>3.認為救護車遠離，警報器得聲音讓空氣振動變快，讓聲音變高。<br>4.學童會以「聲音傳送速度的快慢來判斷音調高低」。<br>5.學童會以「聲音傳播得速度來判斷音量大小」。  |
| 波動與粒子 | 1.學童認為聲音要像空氣一樣是一粒一粒的粒子，才能振動，才能傳達到我們耳朵中。<br>2.有些學童有聲音為波動的概念，但對於日常生活終場聽之 CD 歌曲其錄製方式並不熟悉。   |
| 音速    | 1.學童認為木板會影響聲音的行進讓聲音速度變慢。<br>2.五年級學生 6.2%，六年級學生 5.8%具有固體傳播聲音速度較快的概念。<br>3.學童認為「聲音在空氣中傳播得比較快」，所以會先聽到爆炸聲，再看到煙火。部分學生認為煙火要先爆炸，才有煙火，所以先聽到爆炸聲。  |

(整理自黃佩萱, 2005)

由黃佩萱(2005)研究結果可以看出，其二階層式評量診斷試題的呈現方式與吳能州(2003)十分接近，但兩份問卷的題目內容卻是有所差異。研究者發現在黃佩萱(2005)的研究中，部分題型如「救護車遠離，聲音變高」牽涉的到都普勒效應(Doppler effect)、「波以耳實驗圖形(如表 2-6 說明圖)」涉及學生對於「真空」定義的了解。這類題型因其困難度較高，學生受限於其學習經驗，因此在此類問題所呈現的迷思概念也會較多。

表 2-6 波以耳實驗圖形說明

|  |  |
|--|--|
|  | <p>十八世紀波以耳對於聲音是否需要靠其他的物質來傳播作了一個有趣的實驗。他在密閉的玻璃瓶中，放入一個鈴鐺，在玻璃瓶的下方，它放入一個可以抽掉空氣的管子，好讓它可以將瓶子裡的空氣抽得一乾二淨。當玻璃瓶子中有空氣的時候，搖搖鈴鐺時，可以聽到鈴鐺發出聲音來。可是，當他利用抽氣的裝置，將玻璃瓶裡的空氣抽出來後，由於瓶子裡的空氣越來越少，所以他聽到鈴鐺的聲音越辯越小，當玻璃瓶的空氣被抽完之後，他居然完全聽不到鈴鐺的聲音。可見，當鈴鐺發出聲音的時候，鈴鐺的聲音需要靠空氣來傳遞聲音。波以耳這個實驗，主要是證明了聲音需要靠一些物質來幫助他傳遞，而這些協助傳遞空氣的物質，我們稱為「介質」。</p> |
|--|--|

此外，研究者比較黃佩萱(2005)與吳能州(2003)二階層式問卷時也發現，問題呈現方式會影響施測的結果。例如有關「聲音的反射」概念，黃佩萱(2005)的問題呈現如下圖 2-6 所示，其研究結果為「學生對聲波的反射概念並不熟悉，認為聲音是直線前進，受到阻擋、改變方向就聽不到。」但吳能州(2003)使用「回音」的主題和學生進行訪談與施測(如下圖 2-7)，其研究結果為「87.3%的小朋友可以了解回音是由於聲音反射所造成的」，雖兩項研究所施測的學生對象有所不同，但問題的型態亦是影響學生答題的重要因素。如果問題的型態本身含有的概念較多、較複雜，學生在答題時所呈現的迷思概念自然也會較多。許榮富(1992)指出科學概念的學習會受到學生日常生活和在學校所習得的概念影響。因此，學生遇到未曾學習過的複雜概念問題時，為了詮釋它，必然要運用自己的經驗做為詮釋，如此自然呈現學生的迷思概念自然也就較多。

13、將碼錶放置在 20 公分高的量筒內，我們拿著 80 公分的紙筒如右圖所示，這樣能不能聽到碼錶的聲音？

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
|                                 | 我的理由是：   |
| <input type="checkbox"/> 能聽到聲音  | <input type="checkbox"/> 因為聲音遇到墊板會被反射，所以可以聽到聲音 |
|                                 | <input type="checkbox"/> 因為在碼錶附近，所以可以聽到聲音      |
|                                 | <input type="checkbox"/> 其他 _____              |
| <input type="checkbox"/> 不能聽到聲音 | <input type="checkbox"/> 因為聲音被墊板吸收了，所以聽不到聲音    |
|                                 | <input type="checkbox"/> 因為聲音是直線前進，彎曲了就聽不到     |
|                                 | <input type="checkbox"/> 其他 _____              |

圖 2-6 國小高年級學童聲音概念二階層式診斷測驗-聲音反射題型 (引自黃佩萱, 2004)

21. 小朋友，你覺得下面有關【回音】的敘述，哪說明最接近你的想法？

聲音碰到物體以後，會反彈回來，我們就會聽到剛才的聲音，這就是回音。

我們說話或大聲喊叫的時候，風會把聲音吹回來，所以我們可以聽到剛才的聲音，這就是回音。

圖 2-7 國小學生聲音概念之探究-回音題型 (引自吳能州, 2003)

研究者進行本研究之聲音概念教學，為檢測學生的學習概念，亟需要從目前的研究文獻中尋找適切的二階層檢測試題做為研究者檢核教學成效之工具。由於國小學生其學習之認知經驗有限，對於科學概念的學習尚未完整，因此對於許多聲音的現象較難運用完整、正確的概念進行詮釋，若不同的題目型態、提問方式會對學生的回答產生不同的效應，則研究者在挑選目前學者所發展出的二階層試問卷問題時，必須以接近研究者教學歷程或接近學生學習經驗的題型為主，才能檢測出研究者於此研究中之教學設計成效，若學生的迷思概念無法在教學中進行澄清，其迷思概念仍舊存在，不論教學如何設計，也難以從檢測工具中看到成效。

由目前有關「聲音概念二階層式問題」的相關研究來看，研究者較傾向由吳能州 (2003) 所發展的二階層式問卷中，挑選部分試題<sup>1</sup>做為本研究教學前後測

<sup>1</sup> 研究者「挑選部分試題」，以挑選研究者在教學設計中有探討的「聲音概念」試題為主，其他試題因超出研究者教學設計之範疇，因此即使檢測，也難以得知教學成效，故不採用。

之檢測工具。

### 九、李俊璋(2006)的「以概念構圖之動態評量策略探究國小六年級學童「聲音」概念的學習」

李俊璋(2006)以南一版教材為依據，運用概念構圖與動態評量的教學策略探究國小六年級學童對於聲音概念的學習，此項研究以『結合「概念構圖」與「動態評量」二項策略之教學應用』為主，「聲音」僅為其教學題材，研究者自行歸納其研究中所提及有關學生的聲音概念如表 2-7。

表 2-7 概念構圖之動態評量策略研究中有關國小六年級學童聲音概念想法

| 聲音概念  | 學生迷思概念與想法   |
|-------|---|
| 聲音本質  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 聲音本身是一種類似空氣的物質，是因為碰撞和擦撞所產生的。</li><li>2. 「試管內加入不同的水量，吹的聲音會有高低是因為水柱高低的不同」這樣的想法著要是因為當學童看到試管內高低不同的水柱時，容易把注意力放在水位的高低變化上，單純的就認為是水柱在影響聲音的高低，忽略了吹試管時，並不是水在震動。</li><li>3. 運用口徑一樣但是長度不同的試管，裡面裝一樣高度的水，學童發現，吹出來的聲音長試管比短試管低，學童理解到不是水柱高度影響聲音的高低，而是水柱上方的空氣影響到聲音的高低。</li></ol> |
| 聲音的傳播 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 學童以為聲音是一種可以流動的物質，它們會像水和空氣一樣可以從細縫中穿越過去，因此學生認為只有會流動的空氣和水才能傳聲。</li><li>2. 「聽診器能夠將心跳傳升到耳朵，認為是橡皮管在傳遞聲音，而不是橡皮管內的空氣。</li><li>3. 「輕敲桌子，耳朵貼在桌面上跟耳朵離開桌面，聽到的聲音有何不同？」問題中，學生認為耳朵貼住桌面聲音較大是因為耳朵距離桌面遠近的關係。</li></ol>   |
| 聲音的變化 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 物體碰撞產生聲音，物體較大聲音較高；物體較小，聲音較低。</li><li>2. 撞擊時力量大；發出的聲音高；撞擊時的力量小，發出的聲音就比較低。</li></ol>   |

(整理自李俊璋，2006)

十、江惟銓(2007)的「以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究」

江惟銓(2007)以南一版教科書為基礎，以「聲音」概念為教學題材，設計「認知架構為基礎的教學模式」(5E學習環、POE教學策略、探究教學、問題解決教學模式、STS教學策略)。其研究中改編黃佩萱(2005)、余世裕(2003)試題編製成二階段診斷試題做為教學評量診斷工具，茲將其研究中提及有關國小六年級學童的聲音迷思概念列表如表 2-8。

表 2-8 以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究

| 聲音概念  | 學生迷思概念與想法  |
|-------|--|
| 聲音的產生 | 符合陳世峰(2002)聲音是靠著某些推動力的物質，尤其是空氣的流動或是風的推動；Linder(1992)聲音是一種藉由流動的空氣而做有限度移動的物質。  |
| 聲音的傳播 | 符合程智慧(1994)指出學同普遍認為聲音只能在空氣中傳播，其他介質現象無法體會；余世裕(2003)水不能傳播聲音，隔著木板、薄牆壁及密封罐無法聽到聲音。                                      |
| 音調    | 1. Beaty(2000)研究所指，響度和音調彼此混淆，用力敲打一個物體可以改變音調。<br>2. 符合余世裕(2003)對裝水的試管吹氣，水越少，音調越高。Beaty(2000)學生認為是管樂器震動而不是內部空氣震動的概念。 |

(整理自江惟銓，2007)

由上述各項有關聲音的文獻可以得知，近幾年來有關聲音概念的研究受到許多學者的重視，但目前許多與聲音教學有關的研究，其教學設計多沿用目前教科書所安排的教材內容與順序為主，研究者於此研究中，所希望探究的是「藉由聲音玩具製作學習聲音概念」，在教學的內容與歷程上，與現有教材的課程內容與安排順序有所不同，研究者所希望的是透過不一樣的教學嘗試，了解這樣的嘗試對於學生學習聲音概念的影響，希望藉由本研究的研究結果，提供未來研究者或者教師在進行教學設計時的參考。

## 第二節 國小教科書「聲音」之相關單元

研究者參考 97 學年度「南一」、「康軒」、「翰林」、「牛頓」四個版本自然與生活科技領域教科書，將此四版本教科書中「聲音」相關單元教材分析如下：

### 一、南一版 五年級下學期 第四單元 聲音的探討

表 2-9 南一版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元

| 活動名稱     |             | 教學重點  | 聲音概念       | 教學活動   |
|----------|-------------|---|------------|--|
| 聲音的產生與傳播 | 1. 聲音是怎麼產生的 | 1. 觀察樂器的發音方法，察覺不同的樂器各有不同的音色，可以發出大小、高低的變化，發音時伴有振動現象。 | 聲音是物體振動產生的 | 1. 運用兒童樂隊樂器引出聲音有音色、高低、大小等不同特性。<br>2. 利用音叉來設計實驗證明物體的發音和振動有關。  |
|          | 2. 聲音的傳播    | 探究聲音發生時，物體的振動可以藉固體、氣體、液體傳播。                         | 聲音必須靠介質傳播  | 1. 製作小話筒，證明聲音會可由固體傳播。<br>2. 用密封罐及鬧鐘來證明聲音可以藉由空氣傳播。<br>3. 由生活實例說明水也可以傳播。例：水裡的人可以聽見池邊人的說話聲音、潛水人員可以聽見傳的引擎聲，在魚缸邊拍手，魚會有反應。 |
| 聲音的變化    | 1. 大大小小的聲音  | 探究物體振動的強弱，控制聲音的大小。                                  | 聲音的大小      | 1. 利用音叉、鼓面灑豆子、三角鐵振動等討論物體振動與聲音大小的關係。<br>2. 讓學生自由選擇素材設計實驗利用振動強弱控制聲音的大小。  |

| 活動名稱       | 教學重點   | 聲音概念        | 教學活動   |
|------------|--|-------------|--|
| 2. 高高低低的聲音 | 分別探究空氣柱振動量（長短）、板面物振動量（長短、大小）、弦振動量（長短、粗細、鬆緊）如何影響聲音的高低。  | 聲音的高低       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 觀察直笛的構造，察覺空氣柱的長短，振動後產生的聲音有高低不同。</li> <li>2. 觀察鐵琴或木琴，探究打擊樂器的發音高低與振動。</li> <li>3. 觀察吉他的結構及演奏時的手部動作查覺弦的粗細、長短和鬆緊，都會影響振度發出的聲音高低。</li> </ol> |
| 3. 音色      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不同的物體發音不同。</li> <li>2. 同一首曲子由不同的人、不同樂器演唱或演奏，發出的聲音會有不同來認識音色。</li> </ol> | 音色          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用不同的人聲及不同的樂器聲，讓學生體驗聲音不同的特色。</li> </ol>   |
| 4. 製作簡單的樂器 | 依據對聲音的認知，製作簡單樂器並演示。  | 聲音的高低、大小和音色 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用簡單的器材製作簡易樂器。</li> </ol>  |
| 令人難受的聲音—噪音 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由生活實例察覺音量過大或雜亂會使人身心受損。</li> <li>2. 執行噪音調查並研究改善的方法。</li> </ol>          | 噪音          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由生活環境實例探討噪音，如廟會、路面施工、合唱團演出、音樂會表演。</li> <li>2. 以音量大小（分貝器）來說明噪音。</li> <li>3. 討論減少噪音的方法及重要性。</li> </ol>                                   |

| 活動名稱  | 教學重點 | 聲音<br>概念 | 教學活動 |
|---|------|----------|------|
| <p>內容分析：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用音叉來觀察物體發聲與振動的關係。</li> <li>2. 運用不同的例子說明聲音可以藉由固體、液體、氣體來傳播。</li> <li>3. 讓學生自由設計實驗觀察聲音的大小與振動的關係，深入引導「聲音的大小」是與物體振動大小有關，此為南一版教材與其他版本教材較不同的地方。</li> <li>4. 運用樂器(直笛、木琴或鐵琴、吉他)來觀察聲音的高低變化。</li> <li>5. 南一版本的教材，在教學策略的應用上，希望學生能透過自行設計實驗來觀察、驗證。</li> </ol> |      |          |      |



二、康軒版 五年級下學期 第四單元 聲音與樂器

表 2-10 南一版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元

| 活動名稱     |            | 教學重點   | 聲音概念       | 教學活動  |
|----------|------------|--|------------|---|
| 生活中常見的聲音 | 1. 聲音的產生   | 1. 察覺到用力可以使物體發出聲音<br>2. 認識「當物體發出聲音時，產生聲音的部位會有振動現象」 | 聲音是物體振動產生的 | 1. 運用生活周遭環境所產生的聲音。如：老師敲打黑板、書本掉到地上、馬路車陣、學生拍球、風吹樹搖等。<br>2. 用人聲、音響、敲擊樂器來說明振動現象。                |
|          | 2. 認識噪音    | 1. 認識噪音，之道音量大小是判斷噪音的依據。<br>2. 認識音量單位，討論減少噪音的方式。    | 噪音         | 1. 判斷生活周遭的各種聲音是悅耳的還是令人不舒服的。如：工地發出的聲音、車水馬龍的聲音、海浪拍打岩岸的聲音。<br>2. 介紹分貝計。<br>3. 討論日常生活中的噪音該如何減少。 |
| 樂音       | 1. 各種樂器的聲音 | 1. 分辨不同的音色   | 音色         | 1. 學校樂隊的樂器，如直笛、小鼓，另外再加上吉他。  |
|          | 2. 樂器聲音的高低 | 1. 觀察直笛的構造，使直笛發出不同的聲音。<br>2. 觀察木琴的構造，使木琴發出高低不同的聲音。 | 聲音的高低      | 1. 操作直笛了解控制聲音高低的方法。<br>2. 操作木琴了解聲音高低與木片長短的關係。<br>3. 操作吉他察覺弦的粗細、長短、鬆緊與聲音高低的關係。               |

| 活動名稱   |            | 教學重點  | 聲音概念           | 教學活動  |
|--|------------|---|----------------|---|
|  |            | 3. 觀察吉他構造，使吉他發出高低不同的聲音。   |                |   |
|  | 3. 樂器聲音的大小 | 1. 以吉他為例，觀察使吉他聲音變大；變小的方式，推論其他樂器如何發出大小不同的聲音。<br>2. 知道吉他音箱有擴大聲音的功用。 | 聲音的大小<br>聲音的共鳴 | 1. 以吉他為教學素材，彈奏的力量越大，聲音越大。<br>2. 延伸推論其他樂器如何產生大小不同的聲音。<br>3. 利用紙杯及釣魚線製作音箱，了解音箱的功用在於將聲音擴大。 |
| 簡易樂器   | 設計製作簡易樂器   | 1. 利用樂器發出高低、大小不同聲音的原理，設計製作簡易樂器。                                   | 聲音的高低、大小、音色    | 1. 利用樂器的原理設計簡易的樂器。  |
| 內容分析：  |            |   |                |   |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用人聲、音響、敲擊樂器來說明振動現象。</li> <li>2. 在「物體振動產生聲音概念」之前，先提到必須施「力」於物體上，才會產生振動。</li> <li>3. 沒有提到「聲音需要介質傳遞」的概念。</li> <li>4. 「聲音大小」讓學生發現「使用較大力量演奏樂器，樂器的聲音會比較大」，沒有引出「振動大小」與聲音大小的關係。</li> <li>5. 運用樂器(直笛、木琴或鐵琴、吉他)來觀察聲音的高低變化。</li> <li>6. 將「音箱」具有擴大聲音的效果的想法加入課程內。</li> </ol> |            |   |                |   |

三、翰林版 六上 第四單元 聲音與樂器

表 2-11 翰林版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元

| 活動名稱     | 教學重點   | 聲音概念   | 教學活動  |
|----------|--|--|---|
| 聲音的產生與傳播 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解聲音產生的方法有哪些</li> <li>2. 了解物體的振動式聲音產生的原因。</li> <li>3. 了解聲音須藉由物體來傳遞。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聲音是物體振動所產生</li> <li>2. 聲音需要介質傳播</li> <li>3. 聲音的反射</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由日常生活中觀察發出聲音的情形。如：拍手、雨水滴落地面、敲鑼、吹哨子、踏步等。</li> <li>2. 以生活中聲音產生為例，觀察物體振動的現象。如吹動對折的紙片、撥動橡皮筋、鼓面灑豆子、敲擊裝水的杯子、音叉等。</li> <li>3. 利用敲擊桌腳、鬧鐘裝入塑膠袋放入水中等活動引導聲音可藉由固體、液體、氣體來傳播。</li> <li>4. 閱讀小百科介紹「聲納系統」，回聲定位等。</li> </ol> |
| 製作簡易樂器   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 觀察各種樂器所發出來的聲音有什麼不同</li> <li>2. 透過實際操作，察覺影響聲音高低、音量大小的因素。</li> </ol>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 音色</li> <li>2. 聲音的高低</li> <li>3. 聲音的大小</li> </ol>            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 彈奏常見的樂器辨別聲音的不同。如：鐘琴、直笛、小喇叭、口琴、鼓、月琴、吉他。</li> </ol>   |

| 活動名稱   | 教學重點   | 聲音概念 | 教學活動  |
|--|--|------|---|
|  | 3. 蒐集材料，自製簡易樂器。<br>4. 利用自製的簡易樂器，探討發出聲音大小，高低的原因。<br>5. 利用自製的簡易樂器演奏樂曲。 |      | 2. 操作直笛、吉他、鼓，探索這幾種樂器調整聲音高低的方式，及改變聲音大小的方法。<br>3. 蒐集不同材料設計並製作簡易樂器，了解樂器發出聲音的原理。                                      |
| 樂音與噪音  | 1. 分辨樂音與噪音<br>2. 了解表示音量大小的單位，及噪音對人體的傷害。<br>3. 了解防制噪音的方法與重要性。         | 噪音   | 1. 以日常生活為例討論樂音及噪音。如：汽車行駛及喇叭的聲音、工地施工的聲音、下課奔跑及嬉鬧的聲音、唱歌時音響的音量過大等。<br>2. 介紹聲音的大小的單位—分貝，以判斷是否為噪音。<br>3. 討論減低噪音的方法及重要性。 |
| <p>內容分析：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>運用不同的例子說明聲音可以藉由固體、液體、氣體來傳播。</li> <li>提及「聲納系統」說明聲音可藉由水傳遞、聲音反射的概念。</li> <li>運用不同的例子說明聲音可以藉由固體、液體、氣體來傳播。</li> <li>運用樂器(直笛、吉他、鼓)來觀察聲音的高低變化。在「聲音的高低」教學中，提及鼓面鬆緊可以調整聲音高低。</li> <li>「聲音的大小」只談及越用力越大聲的概念，未提及物體振動大小的概念。</li> </ol> |  |      |   |

| 活動名稱               | 教學重點 | 聲音概念 | 教學活動 |
|--------------------|------|------|------|
| 5. 提及弦樂器的「共鳴箱」的概念。 |      |      |      |
| 6. 介紹及定義「樂音」一詞。    |      |      |      |

#### 四、牛頓版 六上 第一單元 聲音

表 2-12 牛頓版教科書五年級下學期「聲音概念」教學單元

| 活動名稱    | 教學重點   | 聲音概念   | 教學活動  |
|---------|--|--|---|
| 生活周遭的聲音 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 透過觀察，察覺生活周遭有許多聲音，且能估量音量大小。</li> <li>2. 能操作分貝計比較聲音的大小。</li> <li>3. 能之道讓人感覺不舒服的聲音就是噪音；讓人感覺舒服的聲音就是樂音。</li> <li>4. 能察覺噪音對人體的影響，以及減少噪音的方法。</li> </ol> | 聲音的大<br>小<br>噪音  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以日常生活為例，引入各種不同聲音。如：汽車引擎聲、演奏鋼琴聲、飛機引擎聲、用水洗手聲、溪水流動聲、下課嬉戲聲、蛙鳴聲、風吹樹葉搖動聲。</li> <li>2. 介紹分貝計。</li> <li>3. 討論不同聲音給予不同的感受。</li> <li>4. 討論減少噪音的方法及重要性。</li> </ol> |
| 使樂器發出聲音 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 透過欣賞樂團表演，認識各種樂器，並能將樂器分成弦樂、吹奏及敲及三大類。</li> <li>2. 透過觀察和討論，之道各類樂器各有相似的構造。</li> <li>3. 透過觀察樂器的發出聲音的現象，之道</li> </ol>                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 音色</li> <li>2. 聲音是由物體振動產生</li> <li>3. 聲音的共鳴</li> <li>4. 聲音的大小</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表常見的樂器種類，並將樂器分成弦樂、吹奏及敲擊三大類。</li> <li>2. 探討各類樂器各有什麼相似的構造。</li> <li>3. 介紹共鳴箱及共鳴管。</li> <li>4. 探討樂器發出聲音的方法。</li> <li>5. 操作樂器，使其發出大小不同的聲音，並歸納</li> </ol>   |

| 活動名稱          | 教學重點   | 聲音概念                       | 教學活動   |
|---------------|--|----------------------------|--|
|               | <p>不同樂器有不同的發出聲音的方法。</p> <p>4. 透過實驗操作，察覺各類樂器音量大小的因素。</p>  |                            | <p>發出大小聲的原則。</p>   |
|               | <p>1. 能察覺敲擊類、吹奏類樂器發出的聲音有高低的不同。</p> <p>2. 透過操作，能讓敲擊類、吹奏類樂器發出高低不同的聲音。</p> <p>3. 透過操作和觀察，能知道影響敲擊類、吹奏類樂器聲音高低的因素。</p> | <p>聲音的高<br/>低</p>          | <p>1. 操作敲擊類樂器，使其發出高低不同的聲音。<br/>例：高低木魚、木琴、長短不同的管子。</p> <p>2. 探討影響敲擊類樂器聲音高低不同的因素。</p> <p>3. 操作吹奏類樂器，使其發出高低不同的聲音。<br/>例：直笛、吸管、排笛。</p> <p>4. 探討影響吹奏類樂器聲音高低不同的因素。</p> |
|               | <p>1. 能察覺弦樂類樂器發出的聲音有高低的不同。</p> <p>2. 透過操作，能讓弦樂類樂器發出高低不同的聲音。</p> <p>3. 透過操作和觀察，能知道影響弦樂類樂器聲音高低的因素。</p>             | <p>聲音的高<br/>低</p>          | <p>1. 操作弦樂類樂器，使其發出高低不同的聲音。<br/>如：小提琴、古箏、自製簡易弦樂器。</p> <p>2. 探討影響弦樂類樂器聲音高低不同的因素。</p>   |
| <p>製作簡易樂器</p> | <p>1. 能收集適當的材料自製簡易樂器。</p> <p>2. 能應用樂器發出聲</p>   | <p>聲音的高<br/>低<br/>聲音的大</p> | <p>1. 收集自製樂器材料。</p> <p>2. 設計自製樂器。</p>  |

| 活動名稱   | 教學重點   | 聲音概念           | 教學活動   |
|--|--|----------------|--|
|  | 音的基本原理及造型設計簡易樂器。   | 小              |  |
|  | 1. 能依據設計圖，自製樂器。<br>2. 能使自製樂器發出大小、高低不同的聲音。<br>3. 能演奏自製樂器。 | 聲音的高低<br>聲音的大小 | 1. 依據設計計畫書自製樂器。<br>2. 嘗試使自製樂器發出大小、高低不同的聲音。<br>3. 演奏自製樂器。 |
| 內容分析：  |  |                |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>在教材內針對「樂音」一詞加以定義。</li> <li>請學生操作「分貝計」測量校園音量大小。</li> <li>針對「共鳴箱」及「共鳴管」的作用有特別說明。</li> <li>分別觀察「弦樂器」、「打擊樂器」、「吹奏樂器」的「振動」現象與「聲音高低」。</li> <li>「聲音的大小」只談及越用力越大聲的概念，未提及物體振動大小的概念。</li> <li>在「聲音的高低」教學中，建議教師可以用「簡易樂器」作為操作的教具。</li> <li>在製作樂器單元內，提及「鼓面鬆緊可以調節鼓的聲音高低」概念。</li> </ol> |  |                |  |

研究者歸納上列四個版本之教科書，茲將其共通點與研究者的思考分述如下：

1. 以樂器為教學素材：

「聲音概念」的教學中，指導「聲音的高低」概念時，所有版本教科書，皆以「操作樂器」的方式引導學生學習，但指導「物體振動產生聲音」的概念時，卻沒有讓學生去觀察這些樂器的「振動」情形。

研究者認為，探討聲音的高低時既然已經使用了部分的樂器，應該也要將這些樂器究竟是「誰振動產生聲音」納入教學中，一方面可以檢核學生對於「物體振動產生聲音」的概念學習情形，另一方面也讓學生對於樂器的發聲原理有更清楚的認識。研究者在本研究中嘗試的聲音概念教學

是：對於吹奏、撥彈、敲擊樂器等不同類型的樂器，完整地探討「物體振動產生聲音」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「音色」等概念，讓學生對樂器的發聲原理有更完整概念。

2. 將「製作樂器」編排在最後一個活動：

「製作樂器」是引導學生創作力，及評鑑學生整體「聲音」概念的好方法，因此各版本都將「製作樂器」編排最後一個活動，期待學生能夠運用所學的「聲音概念」創作簡易樂器。

研究者在以往的教學經驗中發現，由於教科書在指導每個聲音概念時，運用了許多不同的素材進行教學，因此學生不容易將他所學到的「聲音概念」整合於同一樂器中闡述，也不容易從日常生活中的素材與真實樂器做連結。研究者因此思考：如果教師在進行聲音概念的教學時，以樂器玩具做為素材範例，讓學生直接思考樂器玩具與真實樂器之間的關係，並運用它進行聲音概念的引導，將聲音概念整合於同一個樂器中闡述，讓學生比較容易整合、類化所學習的聲音概念。

3. 「聲音的高低」概念未提及振動頻率：

在部分版本教師指引中會提到「聲音的高低」取決於物體振動的頻率，然而，在教學活動中，卻只能呈現各種樂器調整聲音高低的方法，未能引導至物體振動的頻率概念，這也說明了，物體的振動頻率在各種教學素材是不容易觀察的。

4. 不以樂器做為「聲音的傳遞」教學素材

有關「聲音的傳遞」教學，以上四個版本，除了康軒版及牛頓版沒有將該概念列入之外，其他兩個版本，在進行這個概念教學時，都採用了非樂器的素材，南一版及翰林版都用「鬧鐘」的實驗進行教學，因為鬧鐘是生活素材中能夠自行不斷發聲的物體，再將這發聲體置於水中或放置在密

封罐(接近真空的空間),來觀察聲音必須藉由介質傳遞的情形。由此可知,在進行「聲音的傳遞」概念教學,重點在於傳遞的「介質」,而非發出聲音的本體。由於樂器無法自動發聲,因此在聲音傳遞的教學中不被採用。

5. 「共鳴箱」及「聲納系統」只觀察現象不提及原理。

由於以真實樂器做為教學素材,真實樂器都有將聲音擴大之共鳴箱,因此部分教材將共鳴箱列入教學的素材,但是都只提及共鳴箱具有擴大音量的效果,未提及其原理(聲音反射及共振)。「聲納系統」出現在「聲音的傳遞」概念中,因為聲納系統是聲音藉由水傳播的實例,但是,聲納系統同時也包含聲波反射的概念。由此可知,聲音的反射與共振概念在國小階段不進行這個部分的教學。

6. 「音色」概念以比較不同樂器或不同聲音的方式進行教學

「音色」概念的教學,以辨認不同的聲音為教學活動,讓學生體會不同的聲音會有不同的特色,因此,上述版本之教科書,皆以多種樂器及聲音來進行教學。要闡述單一的樂器的音色,只能以形容詞加以描述,會牽涉到個人的感覺,也無法達到聲音概念中「音色」所要傳達的物理特性。

綜合以上所述,目前教科書中,有關聲音概念的教學可分為六個大項:「聲音的產生(振動)」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「音色」、「聲音的傳播」、「噪音與樂音」。其中適合以樂器教學的項目為「聲音的產生」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「音色」等四大項。本研究目的以製作樂器玩具的方式進行聲音概念教學,所以研究者將針對「聲音的產生」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「聲音的音色」等聲音概念進行教學設計,但因為「聲音的音色」概念教學必須同時運用多種樂器,因此本研究在單一樂器的討論中,將先進行「聲音的產生」、「聲音的大小」、「聲音的高低」三個聲音概念的教學,最後再應用先前所介紹過的樂器進行「音色」概念的教學。

表 2-13 各版本教科書介紹聲音概念所使用的教學素材

| 聲音概念<br>教科書版本 | 聲音的產生(振動)                            | 聲音的大小    | 聲音的高低       |
|---------------|--------------------------------------|----------|-------------|
| 南一版           | 音叉、鼓面灑豆子、三角鐵                         | 音叉、鼓、三角鐵 | 直笛、鐵琴、木琴、吉他 |
| 康軒版           | 人聲、音響、敲擊樂器                           | 吉他、音箱製作  | 直笛、木琴、吉他    |
| 翰林版           | 吹紙片、鼓面灑豆子、音叉                         | 直笛、吉他、鼓  | 直笛、吉他、鼓     |
| 牛頓版           | 高低木魚、木琴、長短管子、直笛、吸管、排笛、小提琴、古箏、自製簡易弦樂器 |          |             |

此外，在聲音教學素材的取材上，表 2-13 整理出各版本教科書介紹「聲音的產生」、「聲音的大小」、「聲音的高低」三個聲音概念時所使用的教學素材，由表中我們可以看出，各版本教科書在指導聲音的各項概念時，是「分別在不同的概念中，取用不同素材的方式」，這樣的安排方是主要是考量每種素材的觀察特性，例如：音叉振動明顯，因此就拿音叉來談振動。樂器因為具有容易調整「聲音高低」的特性，因此運用直笛、鐵琴、木琴、吉他等樂器來談論聲音的高低是比較容易操弄的素材。

不過，由於目前教科書在指導聲音的概念時，並未針對同一種樂器完整說明其「聲音的產生(振動)」、「聲音的大小」、「聲音的高低」概念、因此學生在學習歷程中，對於樂器的各項聲音特性，難以進行連結。舉例來說：或許學生可以知道音叉振動產生聲音，但是就可能不知道木琴是木頭振動產生聲音、鐵琴是鐵片振動產生聲音等概念；學生知道音叉振動可以產生聲音，但或許不知道音叉無法改變聲音的高低；學生知道敲擊鼓面鼓面振動產生聲音，但卻無法說明鼓是否可以改變聲音的高低……等。因此，研究者於本研究設計「聲音概念」的教學單元時，擬將同一種樂器，皆使用在每一個「聲音概念」的教學上，看看是否對學生學習「聲音概念」能更有幫助，也讓學生對於樂器的發聲原理有更多的了解。

### 第三節 科學玩具在教學上之應用

#### 一、科學玩具的定義

以兒童來說，廣義的玩具是遊戲時所使用的物體，狹義指的是市面上所販售的遊戲商品(賀慧玲, 1990)，玩具沒有特定的形式，只要能讓孩子嬉戲都是玩具(王美蘭, 1994)。玩具從嬰幼兒時期，便是協助人類發展的重要工具，因為玩具是讓嬰幼兒認是外在世界的媒介物，能讓嬰幼兒表達心靈與情感(葉紹國，

1978)。到了孩童時期，還能啟發智力、訓練各個感官的發展，是一個學習的工具（溫明麗，1988），「孩童必須藉著玩具等刺激長大」，這概念已經成為幼教專家學者的認知（楊忠樵，2000）。

「科學玩具」本身具有科學的意義，或是利用其來進行科學的相關教學活動（成映鴻，1997）；紀肇聲（1887）認為玩具就是以兒童身邊容易取得的素材利用聲、光、電磁、彈性、慣性等科學原理製成的玩具；楊忠樵（2000）也定義科學玩具為以兒童身邊容易取得的素材，利用科學原理製成的玩具，但他加上「以其進行學習、遊戲活動的器具」稱為科學玩具；余岳川則認為，科學玩具就是科學家為了傳達科學原理而發明的；O'Brien（1993）認為科學玩具是具有科學理論的玩具，可以讓學生和生活上的科學理論相互印證，使深奧的科學觀念更具體。許順欽（2002）認為利用科學原理來製造或是操作的玩具，使兒童透過觀察現象，以及簡易的操作，培養對大自然的情感、學習細心的觀察，進而啟發學童認知推理、思考等能力。王錦銘（2005）則認為科學玩具是利用科學原理製成，讓兒童經由觀察現象以及簡易的操作，啟發其認知、推理、思考等能力的器具。另外江雅惠（2002）提到「應用美術、勞作的材料（包括工業產物、自然資源、生活廢棄物）與技術，依據科學原理—如浮力、流力、電力、彈力、磁性、慣性、重力、摩擦力、振動…等或機械裝置—如曲柄、滑輪、馬達、傳動桿…等所設計、製作出來，能產生運動、轉動、發光、發聲…等功能，可以提供給兒童學習、遊玩的玩具，即稱為科學童玩。

綜合以上所述，我們可以得知科學玩具具有以下二個特點：

1. 科學玩具是利用科學原理製成或操作的玩具，而且具有教育功能。
2. 科學玩具可以協助兒童學習科學及培養科學相關能力。

## 二、科學玩具的功能

玩具的價值為快樂、陪伴及自主（賀慧玲，1992），「科學玩具」屬於玩具，含有玩具的特性，必須兼具遊戲與學習的功能。傳統的教學方法常造成學生不喜歡科學（王澄霞，1996），Angier（1981）卻指出科學玩具可促進學生快樂的學習。江雅惠（2002）也提到，可藉由製作與玩玩具的經驗，引發兒童的潛能、好奇心與興趣，透過製作過程及遊戲學習一些簡單的科學知能，能增廣認知領域，並啟發創造力、探索、批判及解決問題的能力。Stein與Miller（1997）的研究

指出，利用科學玩具來進行科學教學可以得到以下效果：玩具可以建構概念 (model concepts)、可以作為實物示範 (demonstrations)、有助於記憶 (memoric)、可以說明科學和技學的整合 (illustrating science and technology integration)。楊忠樵 (2000) 提到：「兒童對於玩具的喜好是天性，有鑑於玩具在學習活動中扮演著重要的角色，因此希望在教學活動中，輔導兒童製作科學玩具，結合兒童對玩具的喜好、興趣，讓兒童自行建構出該相關概念，並促使兒童對科學態度改變，減少對於學習科學的恐懼，並做為自然科學活動的實施方式。」

教育部九年一貫課程「自然與生活科技學習領域」課程目標第一條即指出：「培養探索科學的興趣與熱忱，並養成主動學習的習慣」。而對於國小的學生來說，要讓學生在探索科學的歷程中保持興趣與熱忱，在教學歷程中，適度的使用科學玩具似乎是一個不錯的方法。因為科學玩具具有遊戲的特性，能夠引起學生的注意及好奇心，進而提起學習的興趣。自然科的教學如果可以運用科學玩具的製作的方式，讓學生在遊戲中學習科學的原理、建構科學的概念，不但能保持學生的學習興致，又能增進教學成效，因此近來在「自然與生活科技領域」的教學中，使用科學玩具進行教學，已獲得許多人的喜愛。

### 三、科學玩具在教學上的應用

在教育現場，科學玩具的角色可當作教師操弄的教具，或是學生操作的素材，科學玩具與教具最大的不同，在於科學玩具能夠「簡易製作」並可以做為學習的教材和當作遊玩的器具 (楊忠樵, 2000)。科學玩具應用在自然與生活科技學習領域教學時，除了具有教具的功能，更包含了「製作與設計」的概念，而「製作與設計」是九年一貫課程自然與生活科技領域中所要求的八大素養之一，在自然科的教學歷程中，如果能適度地配合教材，指導學生進行科學玩具的製作，讓學生從製作與改良科學玩具的過程中，學習相關的科學知識及培養主動學習的科學態度。

綜上所述，科學玩具能引起學生注意、提高學生學習興趣、啟發其認知、推理、思考等能力。研究者於本研究之教學活動中引入「樂器玩具」，讓學生能透過樂器玩具的製作學習聲音概念，即是希望學生在製作聲音玩具的歷程中，逐步建構出「聲音概念」；藉由製作樂器玩具的歷程，激發學生主動學習的意願；讓學生能透過樂器玩具的製作與操弄，學習到科學的原理(聲音概念)。

為使科學玩具於教學的應用能有效提升學生的學習成效，研究者運用「樂器玩具」於本教學研究時，將於下列四種情境中進行運用：

1. 以樂器玩具引起學生學習動機，做為引入相關聲音概念的活動。
2. 教師引導學生製作樂器玩具，由操作中學習相關科學概念(聲音概念)。
3. 教師以樂器玩具演示解說相關科學概念。
4. 教師以樂器玩具類推至真實樂器，引導學生建立真實樂器的聲音概念。

## 第四節 學習環教學模式探究

### 一、概念改變教學策略

「教學是一種藝術，沒有一種方式是全盤皆解的學習(教學)策略。但在學習時數有限的情形下，學生應學習核心基要的科學概念。」(熊召弟、王美芬，2005)。概念的學習主要的因素在於概念改變的過程(Michell, & Baird, 1986)。學生在正式入學前，從活動經驗中包括遊戲、電視卡通、表演、傳說故事…等，自己解釋複雜但熟悉的自然現象，建構自己的個人理論和模式。由於科學理論模式常和學生個人的理論模式衝突矛盾，且後者常是迷思概念(熊召弟等譯1996)，Treagust(1988)也指出迷思概念的原因來自於感覺經驗、語言經驗、文化背景、同儕團體、大眾媒體和科學教學，學生會帶著各種關於自然界事物之迷思概念進入正式的教學情境中(曾燕玲，2005)。學生進入教室並非一張白紙，而是帶著既有的想法來學習，因此，建構主義論者視學習為一種概念改變，學生將原有的迷思概念改變為科學概念(王美芬、熊召弟，2005)。

在科學教育中，常見的概念改變模式(conceptual change model)是由Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog(1982)所提出的。這樣的概念改變模式是根據Kuhn(1962)和Lakatos(1970)認識論的論證所發展(邱美虹，2000)，他們認為學習是一個理性的活動，所謂的理性是與個人願意改變其心意的條件有關。他們把需要大規模概念上的改變稱為調適(accommodation)，不需重大改變的學習稱為同化(assimilation)。Posner等人(1982)指出下列四種產生調適的重要條件：

1. Dissatisfaction：對於現有整體概念感到不滿意，非有重大更改不可。
2. Intelligible：至少對於新的整體概念有粗淺的認識，以便探討其適用

的可能性。

3. Plausible：此一新的整體概念，初看之下應頗為合理，似乎能解決眼前所碰到的問題，並能和其他知識和經驗調和。

4. Fruitful：新的整體概念應有可能成為有用、有收穫的研究架構，能被推廣和擴充，能開發新的探究領域。（引自郭重吉，1992）

Roth（1991）認為學生必須明瞭他們個人的理論與實驗證據是不適當的（inadequate），不完整的（incomplete）或不一致的（inconsistent），而科學性的解釋更有說服力且更合理，可以取代個人理論，概念改變才有可能發生。（邱美虹，1993）。

Thagard（1992）認為概念是由種類（kind）與階層（hierarchy）而形成，一個概念系統被新的概念系統所取代，就稱為概念革命，概念革命需要機制，以引導人們拋棄舊有概念系統，進而接納新的概念系統（江惟銓，2006）。

Chi, Slotta, 和 deLeeuw（1994）提出了以本體類別的觀點來分析概念的架構，並提出類別內與類別間概念改變的看法。Chi 等人（1994）將世界實體分為三種本體類別分別為：物質、過程及心智模式；每一個本體之下又分出次階層的類別。Chi（1992）認為一個概念本身的意義是由其所屬的類別決定的，當發生類別錯置（category mistaken）時，就會產生迷思概念；原本所屬的類別發生改變時，就是所謂的概念改變，且在類別內的概念改變，與類別間的概念改變需要不同的改變過程。（江惟銓，2006；張英琦，2007）

Tyson, Venville, Harrison 與 Treagust 等人（1996）將概念改變分為增加（addition）和修正（revision），前者為單純的知識增加，後者為概念重組或信念修正，又分為若修正與強修正。Tyson 等人提出包含認識論、社會情意、本體論等三個向度的多面向架構來考量概念改變，這些面向將阻止或促進概念改變（張英琦，2007）。

然而學生原有的想法是不容易取代的（郭重吉，1992；邱美虹 2000 等），要讓學生產生概念改變，必須發展出各種不同的概念改變教學策略。

整理郭重吉(1992)所提到的概念改變教學策略及參考其他文獻整理出概念改變模式教學策略如下：

(一) 三階段概念改變教學模式

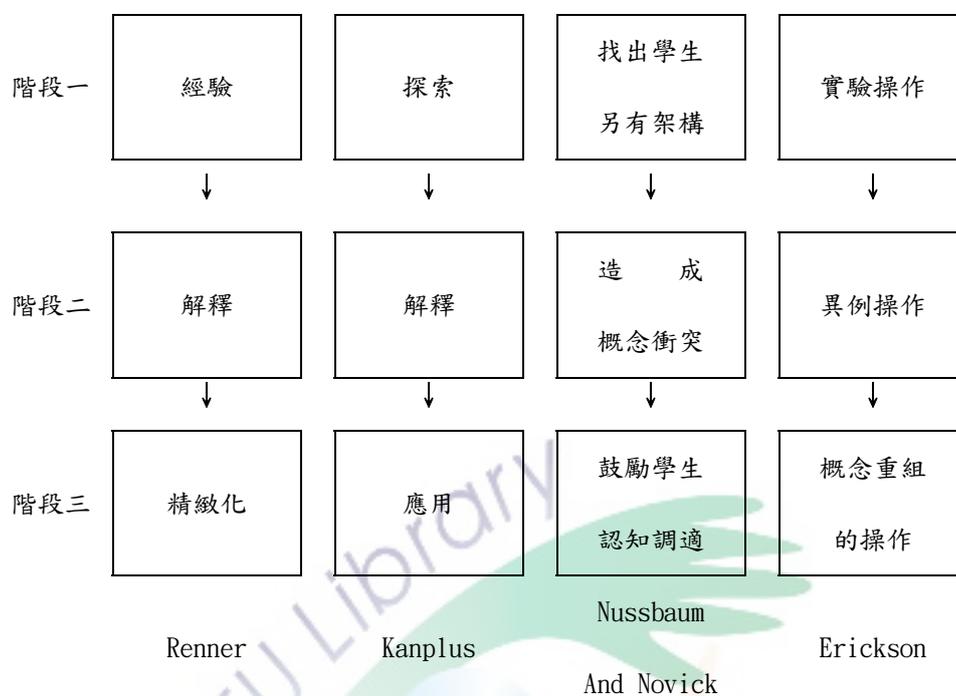


圖 2-8 三階段概念改變教學模式

(二) Osborne & Freyberg (1985) 四階段概念改變教學流程

表 2-14 Osborne and Freyberg 四階段概念改變教學流程

| 階 段  | 教 師 活 動   |
|------|---|
| 一、準備 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確定學生的觀點，將其加以分類。</li> <li>2. 找出科學上的觀點。</li> <li>3. 找出科學史上的觀點。</li> <li>4. 考慮可導致放棄舊觀念的證據。</li> </ol>  |
| 二、聚焦 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立情境，提供又發動機的經驗。</li> <li>2. 介入，提出針對學生個人的開放式問題。</li> <li>3. 解釋學生的回答。</li> <li>4. 闡述學生的觀點。</li> </ol>   |
| 三、挑戰 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 協助觀點的交換。</li> <li>2. 確定所有的觀點都被考慮到。</li> <li>3. 讓討論開放地進行。</li> <li>4. 必要的話提供示範步驟。</li> <li>5. 提供科學家的觀點證據。</li> <li>6. 接受學生對新觀點暫時性的接受。</li> </ol>                         |
| 四、應用 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 想出利用科學家的觀點最能簡易漂亮的解決問題。</li> <li>2. 協助學生澄清新的觀點，要求利用它來解答所有的問題。</li> <li>3. 確定學生可用口頭方式描述問題的回答。</li> <li>4. 介入，激發，並參與對解題的討論。</li> <li>5. 協助解答較難的問題，告訴學生何處可以找到幫助。</li> </ol> |

(引自郭重吉，1992)

### (三) Driver & Oldham (1986) 提出五階段概念改變教學模式

表 2-15 Driver & Oldham 四階段概念改變教學流程

| 階 段   | 目 的  |
|---|--|
| 一、確定探討的方向   | 激發學生的情緒，並準備就緒。                                   |
| 二、引出學生的想法   | 讓老師和學生注意到一些原先就有的想法                               |
| 三、學生想法的重組   | 使學生觀察到自己和原先概念不同的科學上的觀點，而能以此種科學的觀點來修正、擴充或取代原先的想法。 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 澄清和交換 → 體認有其他想法的存在，再仔細解討自己的想法。</li> <li>2. 置於衝突情境 → 考驗現有想法的正確性。</li> <li>3. 建構新的想法 → 修正、擴充或抽換現有的想法。</li> <li>4. 評鑑 → 考驗新建構出來的想法的正確性。</li> </ul> |  |
| 四、應用新的想法  | 利用熟悉以及新奇的情境來增強學生新建構的想法。                          |
| 五、回顧想法的改變   | 注意到想法的改變並熟悉學習歷程，使學生能省察其想法改變的程度。                  |

(引自郭重吉，1992)

### (四) 預測、觀察、解釋 (POE)

提供學生一個實物實驗狀況，要求學生預測會產生何種改變，並說明改變的原因，要求學生仔細觀察其中的改變，最後要求學生思考預測與觀察間的不同，想出可能造成不同的原因，得到結論。(黃台珠等譯，2002)

### (五) 概念圖

概念圖又可稱為概念構圖 (concept mapping) 或概念地圖 (concept maps)。前者注重概念圖製作的具體過程，後者注重概念圖製作的最後結果。現在一般把概念構圖和概念地圖統稱為概念圖而不加於嚴格的區別。概念圖主要在呈現知識結構及對知識間相互關係的理解。茲將概念圖的特性、功能分別說明如下：

#### 1. 概念圖特性 (李秀娟、張永達、黃達山，1998)：

- (1) 概念圖是組織和表現的工具，包含概念、連接線及連接詞，概念及連接詞形成一命題 (propositions)。
- (2) 概念的呈現有階層性，最廣的概念 (上位概念) 在圖的上方，專一狹窄包含較少概念 (下位概念) 的在下方。
- (3) 概念圖包含衡的連結 (cross-links)，可讓學習者知道不同概念間的

關係，包含例子 (examples) 可讓學習者澄清概念的意義。

2. 概念圖的功能 (熊召弟、王美芬, 2005) :

- (1) 探索學生已有的認知結構。
- (2) 根據概念圖的結構，可以規劃一個學習的路徑圖。
- (3) 閱讀課文時，增進對課文意義的了解。
- (4) 使研究計畫的意義與內涵更清楚。
- (5) 幫助閱讀報紙雜誌期刊。
- (6) 運用於論文計畫或文章結構規劃。
- (7) 診斷評量學生的評量工具。
- (8) 統整科學單元的主要概念。

概念改變教學策略雖有各種不同的理論與進行方式，但主要的教學原則在於「讓學生說出其對於科學概念的想法」，教師在了解學生的想法之後，運用教學活動製造與學生概念相衝突情境，或提供學生更多面相的探索機會，讓學生能在學學的歷程中檢視自我概念的合理性，透過舊概念的重組形成新概念，讓學生的概念能更接近專家概念。

## 二、學習環的發展

「學習環」是一種以探究為基礎的教學模式，這模式起源於 Piaget 的認知發展論，從認知心理學的角度來看，Piaget 的認知發展理論強調教師在學校中對兒童施教時，應考慮兒童年齡的發展以及考慮兒童學習的心理歷程。教師在教導兒童對問題經認知思維學習知識時，必須具有設身處地從兒童觀點來看問題的推理能力 (張春興, 1994)。學習環最早為 Karplus & Thier (1967) 所提出「探索—形成—發現 (Exploration—Invention—Discovery)」之三階段學習環，後來部分學者修正為「探索—概念介紹—概念應用 (Exploration—Concept Introduction—Concept Application)」，以及「探索—概念形成—概念擴展 (Exploration—Conceptual Invention—Conceptual Expansion)」，直到 Lawson (1988) 將三階段稱為「探索—名詞介紹—概念應用」(Exploration—Term Introduction—Concept Application) (鍾聖校, 1995; 劉人和, 2001; 羅廷瑛, 2004)。

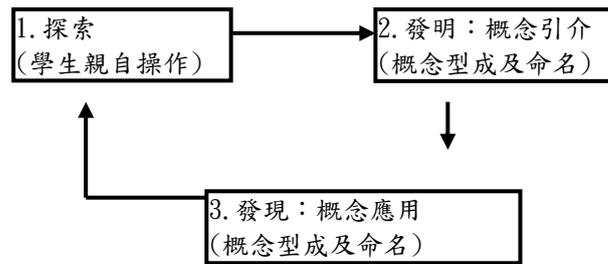


圖 2-9 學習環的三階段教學模式圖 (引自陳惠芬, 2000)

Lawson, Abraham 與 Renner (1989) 將學習環延伸出三種型態

### 1. 描述型學習環 (Descriptive Learning Cycle)

描述型的學習環，重點在於師生描述其所觀察到的現象，但不加以解釋原因，由於學生幾乎沒有或者只有些微的錯誤先備概念，因此很少產生不平衡現象。

### 2. 經驗誘導型學習環 (Empirical-Abductive Learning Cycle)

此學習環包含了描述型學習環的學習過程，但必須更進一步探討背後的原因，在此教學模式中，學生必須用一些先備經驗轉換至新的概念。

### 3. 假設演繹型學習環 (Hypothetical-Deductive Learning Cycle)

這是從提出一個因果性問題做為開始，學生必須產生假說，並藉由演繹預測的結果做實驗驗證。這個學習環也要求學生對某些現象提出解釋，因此也可以彰顯出學生的迷思概念。(王美芬、熊召弟, 1995; 劉人和, 2001)

Bybee (1988) 提到，美國 BSCS 小學科學課程發展出含有建構主義特性的 5E 學習環，這五個階段分別為投入 (Engagement)、探索 (Exploration)、解釋 (Explanation)、精緻化 (Elaboration)、評鑑 (Evaluation) (王美芬、熊召弟, 1995)。引述林曉雯 (2000) 對於 5E 學習環五個階段目的說明如下：

1. 投入 (Engagement)：引導學生心智上投入課程的主要概念。激發興趣與好奇心，探知學生先備知識的了解情形與能力。
2. 探討 (Exploration)：學生調查、探討某一觀念，建立一般的經驗基礎，分享先備知識，然後學生基於先備知識與新的經驗，澄清並且提出解釋。
3. 解釋 (Explanation)：鼓勵學生基於先備知識對探討經驗做合理的解釋，協助學生組織，並且澄清說明，使其接近科學家的觀點。
4. 精緻化 (Elaboration) 學生將他們所悟到的概念應用或轉移到不同情境

中，重點放在學生能將學到的概念應用於日常生活與事件上，或可以將類似的過程和概念與其他科目互相連結。

5. 評量 (Evaluation) 鼓勵學生評量他們學到的概念或能力，並提供教師評鑑學生進步的情形的機會，使學生重複學習環的不同階段，以促進其概念與技能的成長與進步。

Hackett (1991) 提出四階段學習環模式，其階段為導入、探索、發展、應用，四階段學習環定位可以是大型的，也可以是小型的，可以提供延伸學習的發展性結構，構築一種引導發現式探究的課程 (許順欽, 2002)。也就是在大的循環內，會有一種自然的學習循環，學生在導入探究中所發現的新問題將形成下一次學習循環的契機 (陳惠芬, 2000)

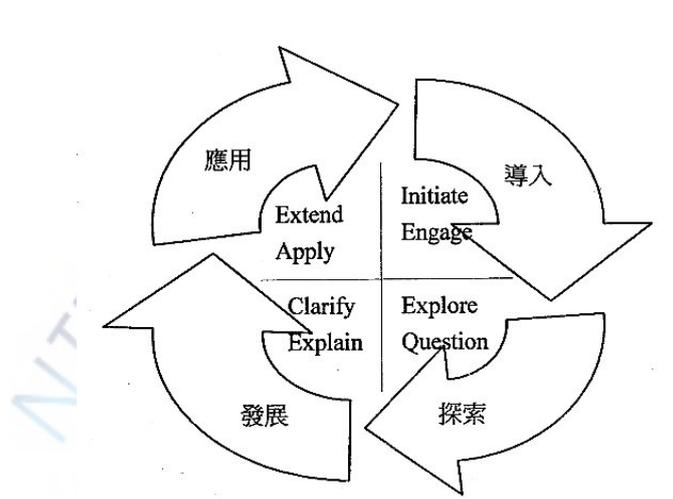


圖 2-10 Hackett 的四階段學習環 (引自陳惠芬, 2000)

學習環發展至今，雖然名稱、階段不斷修正，但是都圍繞著以學生為學習主體，以探究取向的教學為主要策略，學習環都有概念改變的內涵，必須探知學生的先備知識，而後引導學生自我澄清及建構。Francis, Hill, 與 Redden 等人 (1991) 也提到，學生主動學習的經驗很少，這是國小課程中常見的困難，而採取學習環教學的策略，以整合的方式教內容與方法，可以克服這個困難 (古士宏, 2005)，這證實了學習環能夠帶動學生學習的主動性。隨著時代的演進，學習環從重視概念的學習，逐漸放入應用、評鑑、發展等成分，使學習環的彈性更大，內涵更充實。

### 三、5E 學習環模式教學策略

5E 學習環模式包含了投入、探索、解釋、精緻化、評鑑等階段，林曉雯(2001)整理五個階段的學習策略如表 2-16：

表 2-16 5E 建構式學習環教學模式說明 (陳裕方&李文德，2005，引自林曉雯，2001)

| 階段                       | 教師活動   | 學生活動  |
|--------------------------|--|---|
| 投入(E1)<br>(Engagement)   | 引起學生好奇心、興趣。<br>引發學生反應，了解學生對概念了解與想法   | 將自己知道的概念寫出，說出來  |
| 探索(E2)<br>(Exploration)  | 鼓勵學生操作，不直接說明答案。<br>扮演聆聽、觀察的角色。<br>必要時，給予更深入的問題，重新引導學生。                     | 以自我為主體，以自我的能力探索、思考、解決問題。  |
| 解釋(E3)<br>(Explanation)  | 鼓勵學生以自己的話說出自己的實驗結果。<br>要求學生根據事實做變正與澄清。<br>以學生先前經驗為基礎解釋概念。<br>正式提出定義解釋和新字彙。 | 將自己實驗所得到的結果提出來，接受同儕或老師的提問，做辯護與澄清的工作。<br>皆受並且修正自我的觀念。<br>學習新的定義、解釋和字彙。 |
| 精緻化(E4)<br>(Elaboration) | 提供學生使用先前所提出的定義、解釋和新字彙的機會<br>鼓勵學生應用新概念於新情境中                                 | 對於老師所提供的新問題能夠運用所學到的新知識解釋。   |
| 評量(E5)<br>(Evaluation)   | 觀察學生如何應用新的概念和技能來解決日常生活中所遭遇的問題。<br>提出開放性的問題來評量學生                            | 將所學習得到的新知識運用於生活之中，自己來解問題。   |

林義修(2005)，於「趣味科學活動對學童學習成就與科學態度之影響研究」(頁 47—頁 48)運用 5E 學習環模式，所設計的策略如下：

#### (一)、投入 (Engagement)：

在投入階段，首先教師在教導科學知識之前應努力瞭解學生的先備知識 (prior knowledge) 背景。藉由提出問題，發現學生對學習內容已知的概念及想法，例如：你對此主題知道些什麼？發現了什麼？還有什麼也和它的情形相似呢？等問題。以使學生能將學習與舊經驗產生連結。

#### (二)、主動探討 (Exploration)：

在探索階段，要使學生主動直接去接觸某種現象、事物或器材，讓

他置身於活動之中，而以某個現象或狀況來發展他的基礎經驗。學生們可採團隊分工合作分享彼此經驗，教師則擔任輔助者，協助情境佈置與提供適當材料，引導學習焦點，主導本階段教學活動處理學生好奇的詢問。

### （三）、解釋說明（Explanation）：

解釋說明階段是學生開始將其所學習的抽象經驗，轉換為可與人溝通的模式（形式），此時學生藉由語言的溝通，在同儕間、與教師或本人進行，溝通的內容包括：概念、經驗、主題或感興趣的話題，其方式包括群體的對話、師生間的交談、網際網路及信件的表達與檔案傳送。而此階段最主要的目的是利用可用的資源或方法，對於所選定主體進行定義與解釋。學生也應以檔案紀錄作一明確的表達。

### （四）、精緻化（Elaboration）：

在精緻化階段，學生擴展他所學的概念以連接到相關的其他概念上，並應用他們所學新的科學名詞、定義、說明與技巧到他們週遭相似的環境中。學生使用以前的資訊提出問題，建議可能的解答方案，做決定或決策，設計實驗，從實驗證據推導合理的結論，記錄觀察與說明，與同儕檢驗瞭解。教師則在一旁鼓勵學生應用或擴展概念及技巧至新的狀況。以現存的證據和數字提示學生已學到什麼？或者有什麼看法呢？

### （五）評量（Evaluation）：

評量是診斷學習成效的程序，讓教師可判斷學生對於概念或知識是否獲得瞭解。5E的評量強調非線性的評量，所謂非線性的評量是指評量非按照課程進度依序評量，而是盡可能在連續的教導過程中的所有點上進行評量。而評量的實施採多樣化與多重的評量，評量中常用的工具有：1、考題。2、設計結構化的檢查清單。3、與學生面談。4、特定目的的學習歷程檔（Portfolio）。5、問題導向學習工具。6、學生日誌等。

研究者參考相關文獻，發現5E學習環模式具有以下幾個特點：



(三) 結合概念改變理論的應用

研究者將 5E 學習環與概念改變教學模式之個階段的共通性，整例如表 2-17

表 2-17 5E 學習環與概念改變教學模式的共通性

| 5E 學習環 | 概念改變教學模式 |     |         |
|--------|----------|-----|---------|
|        | 三階段      | 四階段 | 五階段     |
| 投入     | 經驗       | 準備  | 確定探討方向  |
| 探討     |          | 聚焦  | 引出學生想法  |
| 解釋     | 解釋       |     | 學生想法的重組 |
| 精緻化    | 精緻化      | 挑戰  | 應用新的想法  |
| 評量     |          | 應用  | 回顧想法的改變 |

由表 2-17 我們可以看出，運用 5E 學習環教學法進行科學概念的教學，與概念改變的教學模式相符合。研究者基於平時在自然科學場域教學習慣使用 Driver & Oldham 五階段概念改變教學模式，因此本研究運用 5E 學習環教學法指導學生學習聲音概念時，研究者可以在 5E 學習環的每個教學歷程中，運用概念改變教學策略，進行本研究的教學活動設計。茲說明如下：

1. 「投入」階段：可引出學生的想法，探討學生的先備概念，並確定探討的方向。
2. 「探索」階段：提供學生自我探究的機會(引出學生的想法)，教師可藉此製造衝突情境，讓學生的想法可以重組，或發展成新的想法。
3. 「解釋」階段：學生解釋他的想法與新的發現，這時教師可進行概念澄清。
4. 「精緻化」階段：學生應用學得的新概念於其他情境(應用新的想法)，鞏固新的概念。
5. 「評量」：教師應用單元學習問題或評量工具，評量學生的學習成效。評量歷程包含檢核學生是否應能正確地運用新的想法。在教學的最後階段，學生可藉由回顧學習歷程，自我評鑑概念的改變。

## 第參章 研究方法

### 第一節 研究設計理念

本研究旨在探討「透過製作聲音玩具實施聲音概念」之的教學方式，並透過二階層評量診斷工具之應用，探討學生接受教學後聲音概念改變情形，並檢核研究者本教學之成效。在教學的歷程中，研究者以「製作樂器玩具」為教學活動，以「樂器玩具」做為學生學習素材，並運用「5E學習環」教學法設計教學課程實施教學。茲將研究者於本研究之設計理念說明如下：

#### 一、運用「聲音概念二階段診斷試題」做為教學前測與教學後測之工具

本研究旨在進行聲音玩具的教學嘗試，研究者為了檢核此項教學試驗的成效，運用「聲音概念二階段診斷試題」，做為教學檢核之工具。在本研究的研究歷程中，教學前，研究者運用「聲音概念二階段診斷試題」做為研究工具，檢測學生學習前之聲音概念。學生在進行前測後，研究者不向學生進行講解與說明本項測驗的試題。教學後，研究者運用同一份「聲音概念二階段診斷試題」對學生進行教學後測。透過前、後測驗結果之比較，做為檢核的工具。

#### 二、藉由「樂器玩具製作」設計教學活動

本研究運用「樂器玩具製作」設計教學活動，其主要的目的是希望藉由學生在製作樂器玩具的歷程中，可以自行操作、拆解、拼湊的特性，讓學生在操作與製作的歷程中學習「聲音的概念」。這種自行操作、拆解、拼湊的特性，是有別於研究者於第一章中提及真實樂器學生可以操弄的範疇。這樣的嘗試主要期待學生在操作、拆解、拼湊樂器玩具的歷程中，可以發現更多聲音的物理現象，激發出學生更多對於聲音概念的認知與想法，希望它能有助於聲音概念的學習。

在樂器玩具的製作設計上，研究者將目前有關聲音教學的樂器素材分為「敲擊樂器」、「撥彈樂器」、「吹管樂器」等三種不同類型，在教學的歷程中，對於每一種類型的樂器，先指導學生自行製作簡易的「樂器玩具」，讓學生在操作聲音玩具的歷程中，探索每一種樂器類型其「聲音的產生」、「聲音的高低」、「聲音的大小」等聲音等物理特性。當學生在探索完其樂器玩具的物理特性後，研究者運用「真實樂器」讓學生們進行概念的連結，讓學生能將所學習的聲音概念，說明真實樂器的發聲原理。最後再結合所有樂器，進行辨別音色的活動，讓學生體會

每種樂器具有不同的聲音，都有其特色，也就是「音色」的初步概念。

### 三、對於每一種樂器皆進行聲音各項物理特性的探索

目前教科書多以一種樂器進行一項聲音概念的探索，並未運用同一種樂器探索聲音的各項物理特性。研究者於本研究的嘗試，主要希望學生在製作每一種樂器時，皆能探索各項的物理特性，主要的考量是在於「敲擊樂器」、「撥彈樂器」、「吹管樂器」在發聲的原理上，其振動體是不同的，若每一種類型的樂器，我們可以和學生探索各項聲音的物理特性，或許學生對於聲音的概念與樂器的發聲原理可以做更有效的連結。舉例來說：在「敲擊樂器」中，研究者透過製作樂器玩具-鼓，讓學生自行操弄鼓面鬆緊、大小的特性，探討有關鼓的「聲音的產生」、「聲音的高低」、「聲音的大小」物理特性；在「撥彈樂器」中，運用樂器玩具-單弦琴，讓學生自行操弄弦的長短、鬆緊、粗細等特性，探討單弦琴的「聲音的產生」、「聲音的高低」、「聲音的大小」物理特性；在「吹管樂器」中，運用樂器玩具-吸管笛，同樣讓學生探討吸管笛的「聲音的產生」、「聲音的高低」、「聲音的大小」物理特性。

有關聲音的「音色」概念，如研究者在第二章所提及，為考量實際教學運用時，教師須準備多種樂器的困難，因此研究者運用以前學生所有學習、操作過的樂器，來和學生探討音色的概念。

這樣的教學設計方式雖與現有的課程設計不同，但主要的目的是希望了解運用此種教學設計，是否對學生的聲音概念學習有所助益。此外，研究者也可以藉由實際的教學得知，如此的設計方式，在實際的教學現場中，是否會造成教師教學的時間壓力，以致於目前的教科書課程編排沒有運用此一方式進行課程的教學。

### 四、以錄影方式邀請觀察者觀察教學的概況，並運用學生訪談做為質性記錄資料

為確實了解、觀察學生在學習研究者此教學設計學生之學習概況，研究者於教學的歷程中，每一節課皆使用攝影機攝影，於攝影後將教學歷程影片邀請觀察者運用觀看影片的方式，提供觀察的意見，也透過教學影片的方式，研究者可以再度觀察各組學生的學習操作情形，補足研究者在教學現場中忽略的學生學習情境。此外，研究者運用錄製教學影片的方式邀請觀察者觀看影片，主要目的是解決觀察者無法在特定時間到教室觀察的問題。透過研究者的教學省思與觀察者觀察意見的討論，可以對本研究之教學提供更多的意見，以對教案與教學設計做修

正。

在本教學課程結束，進行學生「聲音概念二階段診斷試題」後測之後，為更了解學生之學習概況，研究者擬對每一位學生進行「個別訪談」，做為質性的記錄資料，研究者運用「個別訪談」的方式，主要的目的是希望了解每一個學生的概念學習情形，讓每一位學生自己說出自己的想法而不受他人影響。透過教學後測之後的訪談紀錄，可以讓研究者可以更深入了解研究者此項教學設計對學生聲音概念學習的影響。

## 第二節 研究程序

本研究中，研究者透過文獻探討，藉由目前有關聲音概念之相關研究了解目前學生對於「聲音」的迷思概念；參考牛頓版、南一版、康軒版、翰林版教科書分析目前教科書的「聲音」教學單元內容，並結合九年一貫課程綱要了解目前國小聲音概念的教學目標與活動，做為研究者教學活動設計的參考。在教學活動的設計上，運用「5E學習環」教學法設計教學課程實施教學。在教學前，運用「聲音概念二階段診斷試題」做為前測工具；在教學歷程中，運用攝影紀錄、觀察者觀察紀錄、學生紙筆紀錄，做為質性紀錄的工具；在教學後，運用「聲音概念二階段診斷試題」進行後測，配合學生「個別訪談」，做為教學檢核、評量之工具，研究流程如圖 3-1 所示。茲將研究流程圖詳細說明如下：

### 一、研究背景知識建立：

1. 蒐集及閱讀目前聲音概念相關文獻，確認國小學生「聲音概念」不論及微觀的聲音概念(波動說、粒子說)，並整理出學生在學習聲音概念時可能產生的迷思概念及教學時會出現的問題狀況，以做為研究者教學設計的參考。
2. 蒐集分析目前各版本之教科書之聲音相關單元，以了解各版本之教學素材、教學流程及教學方法，配合 92 年、97 年版九年一貫課程綱要有關聲音概念之「教材內容綱要」與「教材內容細目」有助於研究者釐清國小階段兒童聲音概念教學的範圍。

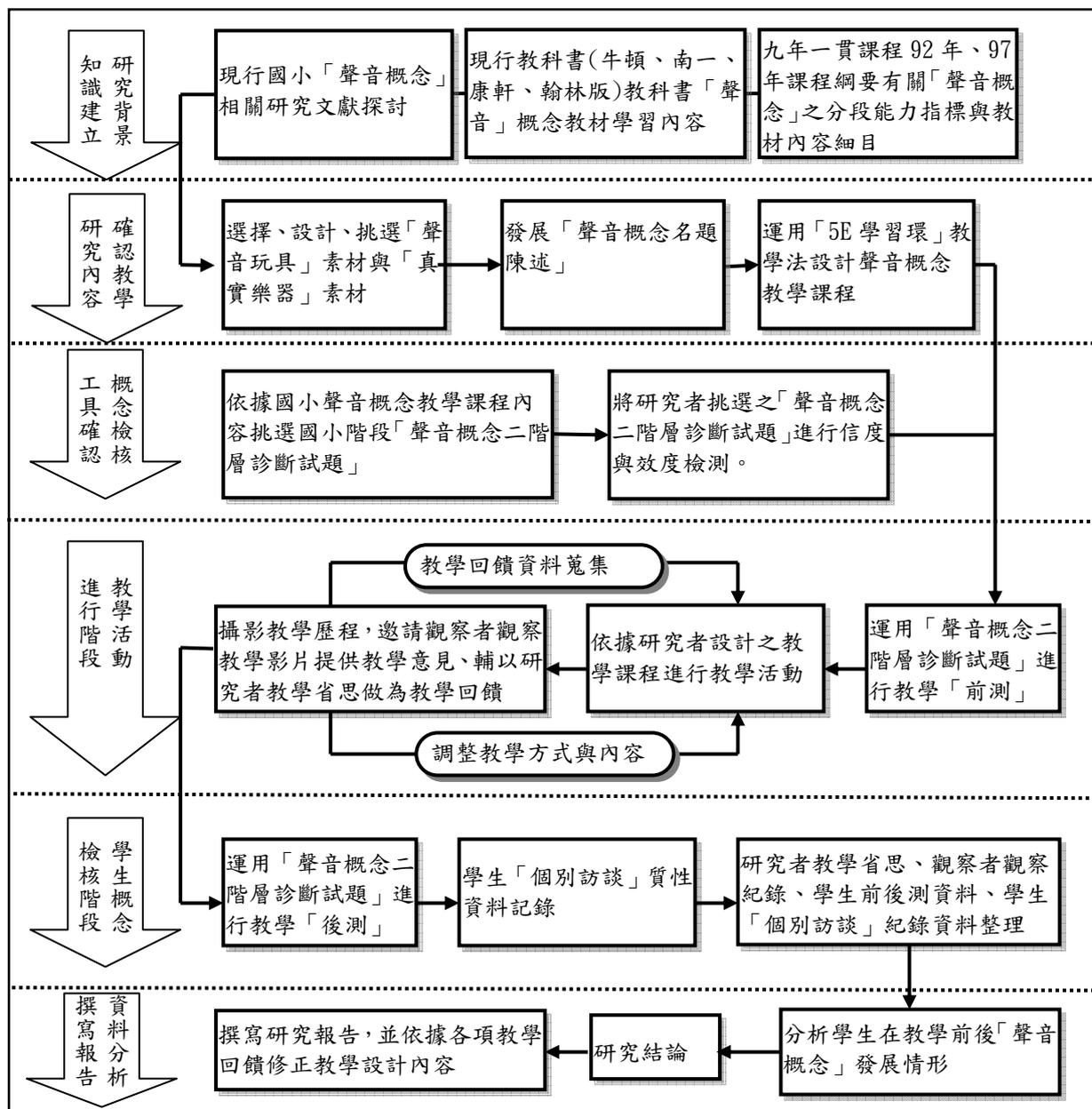


圖 3-1 研究流程圖

## 二、確認教學研究內容：

1. 參考目前各版本教科書聲音單元中所使用的樂器素材，做為研究者「真實樂器」的素材參考資料。
2. 參考坊間之科學教育叢書、「科學小原子」影片，思考適合教學之聲音玩具素材，以便在教學歷程中指導學生製作「樂器玩具」做為學習操作之教具。
3. 發展「聲音概念命題陳述」，做為教學內容設計之核心概念，做為教學設計之效度檢查工具。

4. 運用「5E學習環」教學法，完成聲音概念教學設計。

### 三、概念檢核工具確認：

1. 藉由文獻探討，由目前研究文獻有關「國小聲音概念二階層診斷試題」中，選擇吳能州(2003)「國小學生聲音概念」之探究「聲音概念二階層診斷試題」內容，挑選適合之題目，做為研究者教學前測與教學後測之檢核工具。
2. 因研究者依據教學之需求，僅由目前之研究文獻中挑選部分題目做為「聲音概念二階層診斷試題」，為確認研究工具之測驗信度與效度，研究者將進行試題的信度與效度檢測，以確認研究工具的適用性。

### 四、教學活動進行：

1. 在教學前，針對研究者教學場域的學生進行前測，了解學生在學習前聲音概念的發展情形。
2. 依照研究者之教學設計，以聲音玩具為教材，5E學習環教學法進行教學，並將教學之歷程攝影提供教學者與觀察者重複觀看。
3. 教學後，教學者每週安排時段與觀察者進行對談，參考觀察者之意見，調整教學方式與內容，並作為教學之回饋意見，做為教學後資料整理之依據。

### 五、學生概念檢核：

1. 在研究者完成整個聲音概念的教學單元後，運用「聲音概念二階段診斷試題」對學生進行教學之後測，以做為與前測比較之依據。
2. 為確實了解學生聲音概念的發展情形，研究者在完成整個聲音概念的教學單元後，安排每一位學生進行「個別訪談」，藉由訪談資料的整理以確認學生填答試題的一致性與概念改變情形。
3. 將個別訪談資料進行文字建檔做為後續資料整理之依據。

### 六、資料分析與報告撰寫：

1. 將學生前測、後測、與訪談資料建檔，建檔時同一位學生在前測、後測、訪談時皆使用同一編號資料記錄。
2. 蒐集學生學習歷程之學習單、研究者教學省思、觀察者觀察意見，做為修正研究者教學教案的參考。
3. 分析學生概念改變情形，以確認研究者本項教學嘗試在學生「聲音概念」教學上之可行性，並將研究者之教學嘗試經驗撰寫報告，做為教學經驗分享。

### 第三節 研究對象

由九年一貫課程綱要及教科書的分析中可知，聲音概念除了在生活課程透過「小話筒」活動進行簡單介紹外，目前各版本教科書的聲音單元，皆安排於高年級授課，因此本研究以五年級學生為教學研究對象。

研究者教學場域之學校，為全校僅有六個班級的小學校，全校學生僅有 140 位。研究者教學之五年級學生有 28 位，其中男生 9 位，皆為原住民學生；女生 19 位，有 17 位為原住民學生，其中 2 名學習障礙兒童。該班學生由於家庭功能不彰，以往該班有許多學生曾經發生行為偏差問題，在本學期之新任導師調整之下，已漸漸扭轉步上軌道。

在學科的學習上，本校學生在全縣學科能力基本測驗表現不佳，學力低落。學校為了提升學生學力，參與教育部「教育優先區學習輔導」及「永齡教育慈善基金會－希望小學計畫」，目前全校有二位永齡教育慈善基金會之專任教師針對學習能力低落之學生進行補救教學，該班也有六位學生接受補救教學。

雖然研究者所任教之學生之學科能力表現普遍低落，但研究者發現，該班學生喜歡活動、動手操作，如果透過邊玩邊學的教學方式進行教學，學生的學習接受度較高。本實驗的教學設計，是讓學生先動手做樂器玩具，讓學生在樂器玩具的操作歷程中學習聲音概念，對研究者任教班級的學生來說，能感受到學習的興趣。

### 第四節 研究工具

一、「聲音概念二階層診斷試題」工具的選擇：

由於本研究目的在於嘗試「透過簡易聲音樂器玩具的操作，提升學生聲音概念學習的成效」，不在於發展聲音概念診斷工具，因此研究者將直接採用目前已發展之「two-tier 二階層聲音概念診斷試題」，作為教學前測與後測之教學檢核工具。

採用 two-tier 診斷工具之目的，主要是受測者除了回答題目之外，還要提出作答的原因，是一個能夠觀察學生概念關聯性之檢測工具（吳能州，2003）。學生在第一階層的作答中，除了能確認學生的基本概念外，透過第二階段的試題，能讓研究者了解學生的想法。

研究者由文獻探討中發現，吳能州發展之「聲音概念二階層診斷工具」，題

型大多圍繞樂器發展，符合本研究以樂器玩具做為教學素材之教學方式。尤其本研究希望學生能夠藉由自行製作之樂器，學習聲音概念，進而將概念推論於真實樂器中，因此採用以正式樂器命題之檢測工具，是最適當的。

此外，此項診斷工具的第一、二階層提問，皆採用單選題方式，不是開放性問題，除了能減少測驗時間外，對於初次思考聲音概念的學生來說，也能降低勾選答案的困難度，因為根據其研究之發展歷程可得之，此項診斷的工具之選擇題項，已經涵蓋大多數學生的聲音迷思概念。

由於吳能州(2003)之聲音概念研究中，其二階層診斷試題包含了完整聲音概念的內涵，其中如「物體振動頻率越高，音調越高；振動頻率低，音調越低」、「聲音的傳播反射、繞射、穿透」現象，在國小聲音概念課程的教學中目前並沒有提及；「聲音的介質」部分，因不適合用「樂器玩具」進行教學，因此不包含於研究者此項教學設計中，研究者將此類題型捨棄，僅由其試題中挑選 17 題做為教學檢測工具之試題(詳見附件一—「聲音概念二階層診斷試題」)。

研究者在挑選使用吳能州(2003)「聲音概念二階層診斷試題」時，考量其研究試題的問題陳述與內容陳述方式，皆依據其訪談學生時學生回答的陳述所編製，對學生來說，其文字內容之呈現方式應可被學生接受，因此研究者僅將要使用的題目挑出，修改題號編製成檢測試題，並不修改其試題的文字內容與編排方式，以使研究工具的使用方式與原研究作者相同，降低試題檢測的不確定性。

二、「聲音概念二階層診斷試題」的信效度檢核：

吳能州(2003)在其研究論文中，已針對其「聲音概念二階層試題」進行試題信效度之檢核，但由於研究者並非完全採用此份問卷，故對於研究者所挑選之問卷試題，仍將重新進行信效度檢核。由於研究者任教之學校五年級僅有一個班級，因此有關研究工具的信效度檢測，研究者將以台東市一所學校的六年級學生(約 123 人左右)做為預視的對象，針對研究工具進行信效度的檢測。

研究者使用 SPSS 10.0 統計軟體，進行試卷的分析與統計。分析資料時，主要以試卷的第一階段填答結果來做項目的分析。當學生在第一階段的答題概念，屬於較正確的概念，則給於 1 分，如果答題概念錯誤，則給予 0 分；在進行試卷的建檔時，將答題數低於 80% 之試卷視為廢卷，以免影響信度之檢核成效。學生的答題資料經轉換後，以內部一致性係數「庫李信度」 $Kr20$ ，T 檢定之 t 值檢核問卷試題。

表3-1之數據結果，是將預視試題樣本數之27%作為高分組與低分組的分組依據，計算出每個問題的難度，整份試卷的平均難度，為0.52。同時利用t考驗檢驗高分組與低分組的分數是否達到  $p < .05$ 的顯著差異，由表3-1我們可以了解，這份二階層問卷的試題，除第12、13題外皆達到顯著差異。

由表3-1第12題與第13題之難度與鑑別度表現可以發現，此兩題之所以難以達到顯著差異的原因，可能由於第12題的第一階層提問，多數的學生都能回答此一概念，因此顯示出的難度偏易，第13題由於多數學生第一階層的填答錯誤，因此數據顯示本題偏難。此二題雖然在鑑別度與點二系列相關係數中表現不佳，但研究者考量此試卷本在研究的應用中，主要用於測試研究者應用「樂器玩具」進行「聲音概念」的教學後學生的概念發展情形，因此研究者認為此二試題於本研究仍有使用之需求，因此仍放置於試卷中，提供研究者做為教學前後學生概念改變比較之參考。

在試題的信度部分，採用庫李方法，計算試題的信度，試卷的庫李信度Kr20值為0.575，若剔除第12、13題，則試卷信度提升至0.601。

表3-1本研究採用之二階層問卷在難度、鑑別度與顯著性分析

| 題號   | 高分組<br>答對率 | 低分組答<br>對率 | 難度    | 鑑別度   | 點二系<br>列相關 |
|------|------------|------------|-------|-------|------------|
| 第1題  | 48.8       | 25.7       | 0.373 | 0.231 | .259**     |
| 第2題  | 65.9       | 22.9       | 0.444 | 0.430 | .424**     |
| 第3題  | 70.7       | 31.4       | 0.511 | 0.393 | .407**     |
| 第4題  | 34.1       | 11.4       | 0.228 | 0.227 | .247**     |
| 第5題  | 78         | 40         | 0.590 | 0.380 | .374**     |
| 第6題  | 95.1       | 62.9       | 0.790 | 0.323 | .403**     |
| 第7題  | 56.1       | 20         | 0.381 | 0.361 | .383**     |
| 第8題  | 70.7       | 14.3       | 0.425 | 0.564 | .491**     |
| 第9題  | 61         | 17.1       | 0.391 | 0.438 | .440**     |
| 第10題 | 80.5       | 17.1       | 0.488 | 0.633 | .484**     |
| 第11題 | 80.5       | 28.6       | 0.546 | 0.519 | .442**     |
| 第12題 | 95.1       | 80         | 0.876 | 0.151 | .176       |
| 第13題 | 31.7       | 20         | 0.259 | 0.117 | .073       |
| 第14題 | 97.6       | 77.1       | 0.874 | 0.204 | .296**     |
| 第15題 | 41.5       | 14.3       | 0.279 | 0.272 | .283**     |
| 第16題 | 100        | 62.9       | 0.815 | 0.371 | .456**     |
| 第17題 | 80.5       | 34.3       | 0.574 | 0.462 | .377**     |

### 三、發展「聲音概念命題陳述」：

為使研究者在設計以樂器玩具進行聲音概念之教學設計內容符合教學目標，研究者在設計教學課程前，事先擬定聲音概念命題陳述，做為教學設計檢核使用，以做為教學設計效度的檢查工具。

在聲音概念命題陳述的發展上，研究者參考陳世峰(2002)、吳能州(2003)、黃佩萱(2005)「聲音概念命題陳述」，發展本研究教學內容相關之「聲音概念命題陳述」(如表 3-2)。

表 3-2 聲音概念命題陳述

| 主概念      | 次概念             | 概念命題陳述   | 診斷試題<br>題號 |
|----------|-----------------|--|------------|
| 1. 聲音的來源 | 振動              | 1. 聲音是由於物體振動所產生的。<br>2. 振動的發聲物體稱為聲源。<br>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。  | 1-7        |
| 2. 聲音的能量 | 物體振動幅度與<br>能量有關 | 1. 物體能量越多，振動的幅度越大。<br>2. 敲擊同一個樂器，敲擊力量的大小影響聲音的<br>大小。<br>3. 撥彈同一個樂器，撥彈力量的大小影響聲音的<br>大小。<br>4. 吹奏同一個樂器，吹奏力量的大小影響聲音的<br>大小。 | 8-11       |
|          | 振動幅度與音量<br>有關   | 1. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。<br>2. 物體振動的強度越大，所產生的聲音越大。  | 8-11       |
| 3. 聲音的音調 | 聲音的高低           | 聲音的高低稱為音調。   | 12-16      |
| 4. 聲音的音色 | 物體聲音的特色         | 1. 不同物體所發出的聲音各有獨自的特色，音色<br>可以用來區分聲源。<br>2. 不同物體產生的聲音，聲音的特色不同。<br>3. 聽覺具有聽到聲音和辨別聲音的特性。                                    | 17         |
| 5. 樂器的聲音 | 敲擊樂器            | 打擊面的長短、打擊面的鬆緊、打擊面的大小會<br>影響發出聲音的高低。  | 12、13、15   |
|          | 撥彈樂器            | 弦的鬆緊、粗細和長短會影響發出聲音的高低   | 16         |
|          | 吹管樂器            | 空氣柱的長短會影響發出聲音的高低。  | 14         |

研究者之「聲音概念命題陳述」經四位自然科教師與指導教授之修訂後，可做為教學設計的依據，做為教學設計的效度檢核。

## 第五節 教學設計

本研究之教學以製作樂器為素材，依照聲音概念命題陳述、聲音概念圖設計教學活動。教學活動設計，採用 BSCS(Biological Science Curriculum Study) 美國生物科學課程所發展的 5E 學習環：1. 投入 (Engagement)、2. 探索 (Exploration)、3. 解釋 (Explanation)、4. 精緻化 (Elaboration)、5. 評量 (Evaluation) 為教學法，設計教學活動。在教學設計中，「樂器玩具製作」分別依照「敲擊樂器」、「撥彈樂器」、「吹管樂器」三大類別，各指導學生製作兩種不同形式的樂器玩具，各種類別的樂器製作，如表 3-3 所示。

表 3-3 研究者在本研究中指導學生製作各類別樂器玩具之名稱

| 樂器類別 | 樂器玩具名稱 | 樂器玩具設計說明   |
|------|--------|--|
| 敲擊樂器 | 玩具鼓    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：氣球、牛奶罐、橡皮筋。</li> <li>2. 製作方式：將氣球剪下氣球口後套在牛奶罐口，用橡皮筋固定後即完成。</li> <li>3. 操作方法：氣球面即是鼓面，敲擊鼓面能發出聲音，拉緊或放鬆鼓面，可控制聲音的高低。</li> </ol>  |
|      | 吸管木琴   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：竹筷、橡皮筋、吸管。</li> <li>2. 製作方式：用竹筷及橡皮筋，製做木琴的架構，將數支吸管剪成不同長短，分別套在竹筷子上，另一段綁上竹筷子即完成。</li> <li>3. 操作方法：拿竹筷敲擊吸管會發出聲音，長短不同的吸管發出高低不同的聲音。</li> </ol>                                      |
| 撥彈樂器 | 單弦琴    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：橡皮筋、橡皮擦、月曆紙</li> <li>2. 製作方式：將月曆紙捲成紙筒，將橡皮筋套在紙筒的兩端，卡上橡皮擦或其他物品即可完成。</li> <li>3. 操作方式：橡皮筋可以發出聲音，調整橡皮擦的位置，可以改變撥彈位置橡皮筋的長短，達到調音效果。</li> </ol>                                       |
|      | 玩具古箏   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：長條型紙盒，竹筷子，不同粗細釣魚線、橡皮筋。</li> <li>2. 製作方式：將竹筷子橫放至距離紙盒邊緣 2cm 處，用橡皮筋固定，釣魚橫繞在竹筷子上綁緊，最後再插上另一支竹筷即完成。</li> <li>3. 操作方式：撥彈釣魚線會發出聲音，不同粗細的釣魚線聲音高低不同，調整竹筷子的位置或釣魚線的鬆緊，可調整聲音的高低。</li> </ol> |
| 吹管樂器 | 吸管笛    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：吸管、棉花、細鐵絲。</li> <li>2. 製作方式：將棉花團沾濕，用細鐵絲勾住，塞進吸管中後即完成，棉花與吸管的管壁無空隙。</li> <li>3. 操作方式：吸管口放在下唇吹氣，吸管笛會發出聲音，拉動鐵絲，即可發出不同高低的聲音。</li> </ol>   |
|      | 吸管排笛   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料：吸管數支、油土、膠帶。</li> <li>2. 製作方式：將吸管剪成不同長短，底端塞進油土，將另一端（吹口）對齊，按照長短順序排列整齊，用膠帶將吸管組裝固定即完成。</li> <li>3. 操作方式：將吹口放在唇邊吹氣，排笛就會發出聲音，不同長短的吸管，會發出不同的聲音。</li> </ol>                           |

研究者在「樂器玩具」的取材上，符合以下原則：

1. 製作方式簡單：研究者考量「樂器玩具」的目的在於「聲音概念」的教學，在教學時間有限的情況下，唯有製作方式簡單的「樂器玩具」，才能符合教學者在教學現場的需求。
2. 材料取得容易：研究者所設計的樂器玩具，所使用的材料都是學生在家中容易取得或者教師容易準備的物品，如此才不致於造成教師與學生在教學準備上的困擾。
3. 樂器構造簡單：在學生學習聲音概念時，簡單的樂器構造，有助於學生觀察。如同我們指導學生學習電路概念時，會使用結構單純的「簡單電路」進行教學。構造簡單的樂器除了容易被觀察外，當然在製作的難易度上也比較簡單。
4. 能推論於真實樂器：研究者所設計的「樂器玩具」必須是「真實樂器的簡易版」，其目的在於替代真實樂器，運用「樂器玩具」容易拆卸、重組的特性，增進學生對樂器發聲結構的理解。但考量教學的目標主要還是希望學生能了解「真實樂器」發聲的概念，因此在選擇樂器玩具時，仍必須考慮「樂器玩具」與「真實樂器」的關連性，讓學生在操作「樂器玩具」所學得的概念，能推論到「真實樂器」上。

研究者考量學習環的教學模式，在於每一個概念都需要以五階段完整的模式進行(劉人和，2001)，因此，在研究設計上，針對每一種樂器玩具類別，皆引導學生完整地探究「聲音的來源—振動」、「聲音的能量—大小」、「聲音的音調—高低」三個聲音概念，為了讓學生在學習的歷程中，能將「樂器玩具」與「真實樂器」進行連結，研究者在5E學習環的「投入」、「探索」、「解釋」三階段中，以「樂器玩具」做為教學素材進行教學；在「精緻化」的階段，引入「真實樂器」為教學素材，一方面讓學生能將其在「樂器玩具」探索中所學習的聲音概念與「真實樂器」進行連結，一方面也檢測學生是否真能將「樂器玩具」所學習的概念，應用於「真實樂器」的發聲原理中。在「評量」歷程中，透過提問讓學生回顧其學習歷程所建立的聲音概念，並評量學生的聲音概念學習成效。研究者以敲擊樂器之教學設計為例，繪製如圖 3-2，說明研究者應用「樂器玩具」、「真實樂器」與「5E學習環」指導學生「聲音概念」學習的教學流程。「撥彈樂器」與「吹管樂器」之教學流程，與圖 3-2 相同，僅有在「樂器玩具」與「真實樂器」上使用

不同的素材進行教學。

表 3-4 以「敲擊樂器-玩具鼓」教學為例，說明敲擊樂器之聲音概念教學內容。其他如「撥彈樂器」與「吹管樂器」之教學內容，詳見附件二—「聲音概念教學內容設計」。



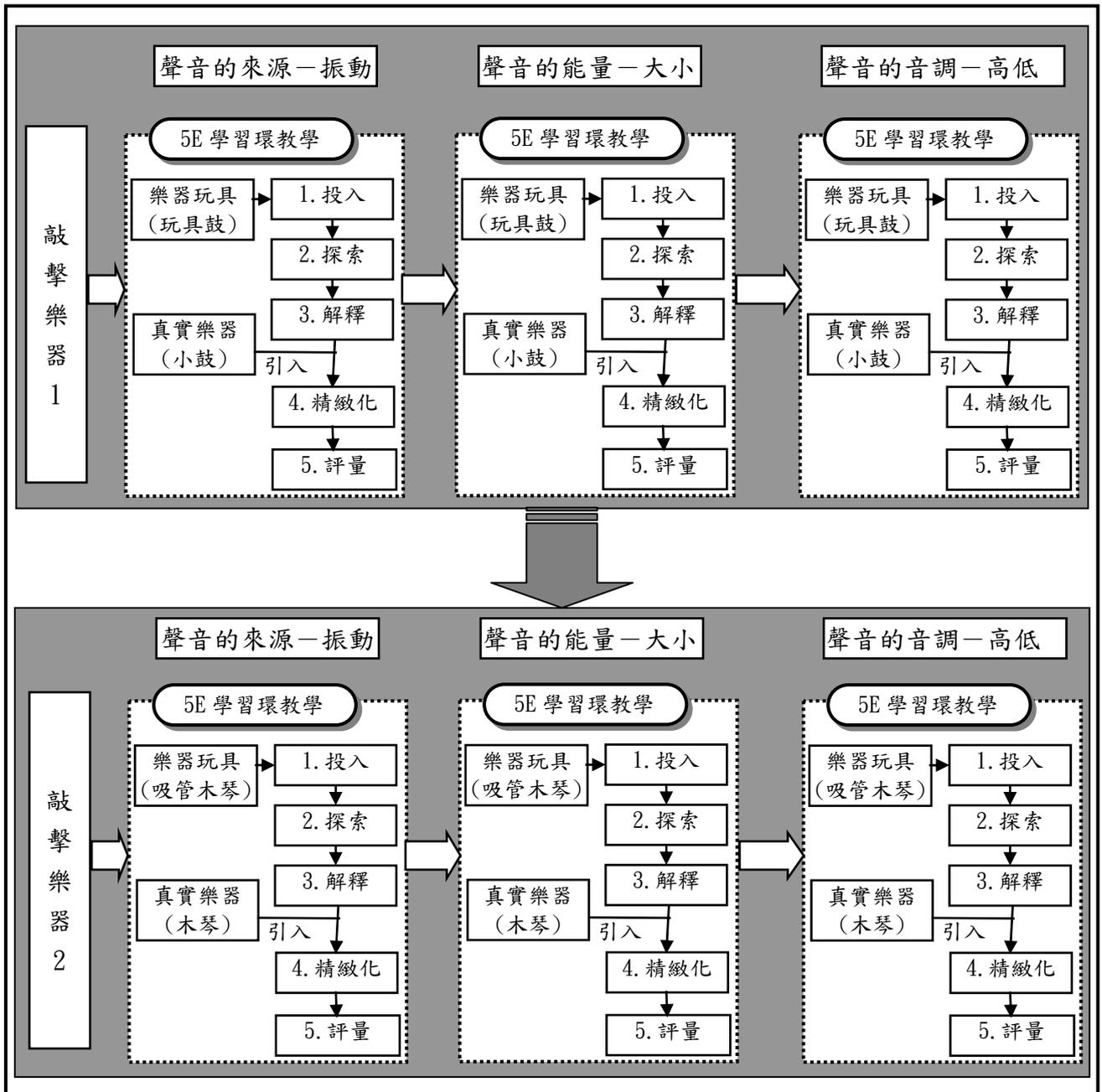


圖 3-2 敲擊樂器之教學流程設計

表 3-4 「敲擊樂器-玩具鼓」教學設計規劃

| 第一類別 敲擊樂器－玩具鼓  |              |   |
|--|--------------|---|
| 核 心 概 念  | 5E 學習環<br>階段 | 教 學 內 容   |
| <b>一、聲音的來源-振動</b><br>1. 聲音是由於物體振動所產生的。<br>2. 振動的發聲物體稱為聲源。<br>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。                                       | 投入           | 1. 製作玩具鼓。<br>2. 提問：如何讓鼓發出聲音？<br>3. 提問：鼓發出聲音時可以看到什麼現象？ |
|  | 探索           | 學生操弄樂器探討鼓發出聲音的現象                                      |
|  | 解釋           | 1. 學生發表觀察到的現象及看法。<br>2. 澄清學生的概念。                      |
|  | 精緻化          | 學生思考「小鼓」的發音來源。  |
|  | 評量           | 1. 教師評量學生概念   |
| <b>二、聲音的能量-大小</b><br>1. 物體能量越多，振動的幅度越大。<br>2. 敲擊同一個樂器，敲擊力量的大小影響聲音的大小。<br>3. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。<br>4. 物體振動的強度越大，所產生的聲音越大。 | 投入           | 1. 如何控制鼓的聲音大小？<br>2. 聲音大小與鼓面有什麼關係？                    |
|  | 探索           | 1. 學生操弄樂器探討控制鼓聲大小的方式。<br>2. 學生觀察聲音大時與聲音小時，鼓面有什麼不同？    |
|  | 解釋           | 1. 學生發表觀察到的現象及看法。<br>2. 澄清學生的概念。                      |
|  | 精緻化          | 學生思考影響「小鼓」聲音大小的因素。                                    |
|  | 評量           | 1. 教師評量學生概念   |
| <b>三、聲音的音調-高低</b><br>1. 聲音的高低稱為音調。<br>2. 打擊面的長短、打擊面的鬆緊、打擊面的大小會影響發出聲音的高低。   | 投入           | 1. 鼓有高低音嗎？<br>2. 如何改變鼓的聲音高低？                          |
|  | 探索           | 學生操作玩具鼓，改變鼓的聲音高低。                                     |
|  | 解釋           | 1. 學生說明如何改變鼓的聲音高低。<br>2. 學生解是影響聲音高低的因素。               |
|  | 精緻化          | 學生思考如何調整「小鼓」聲音的大小。                                    |
|  | 評量           | 1. 教師評量學生概念（學習單）                                      |

本研究有關各類別樂器之教學程序依次為：敲擊樂器→撥彈樂器→吹管樂器。研究者考量「敲擊樂器」容易觀察發聲體振動情形之特性，且在「聲音的高低」概念中，敲擊樂器的影響因素較少，因此以敲擊樂器定為第一個製作的樂器，希望透過敲擊樂器初次引入「聲音概念」的學習。在學生初步學習聲音的概念後，便可於後續的「撥彈樂器」、「吹管樂器」中進行概念的再應用。

研究者以「撥彈樂器」樂器為第二個教學程序，「吹管樂器」為第三個教學程序主要考量「吹管樂器」的振動體為空氣，學生不易觀察，僅能使用推論的方式進行，因此如果沒有先運用「敲擊樂器」、「撥彈樂器」容易觀察的特性建立穩固的聲音概念，如此學生在學習「吹管樂器」時，勢必難以體會所謂「空氣振動產生聲音」的概念。

在研究者的研究設計中，三大類別、六種樂器都探討重複地探討「聲音的來源」、「聲音的大小」及「聲音的高低」概念，主要的目的除希望透過重複地討論、應用概念，深化學生的概念學習外，學生可以運用前項樂器所學之聲音概念，作為學習後項樂器的起始點。研究者也可從後項樂器的教學中，評量學生對於聲音概念的看法及想法，對於學生的迷思概念能有更多的機會進行修正。

三大類樂器製作完畢後，研究者為統整學生學習的聲音概念，使用在教學歷程中並未使用的樂器種類，透過教師的提問，考驗學生是否能將其學習到的聲音概念，應用在不同種類的樂器上，做為統整聲音概念的「精緻化」歷程。教學後研究者以「聲音概念二階層診斷試題」與教學後學生「個別訪談」做為單元教學之「評量」。因此，在本研究的教學設計上，除了每一個樂器、聲音概念的學習進行「5E學習環」的教學法外，在大單元的教學流程設計，也遵守5E學習環的教學流程。茲將整個教學單元的5E學習環整理如圖3-3。

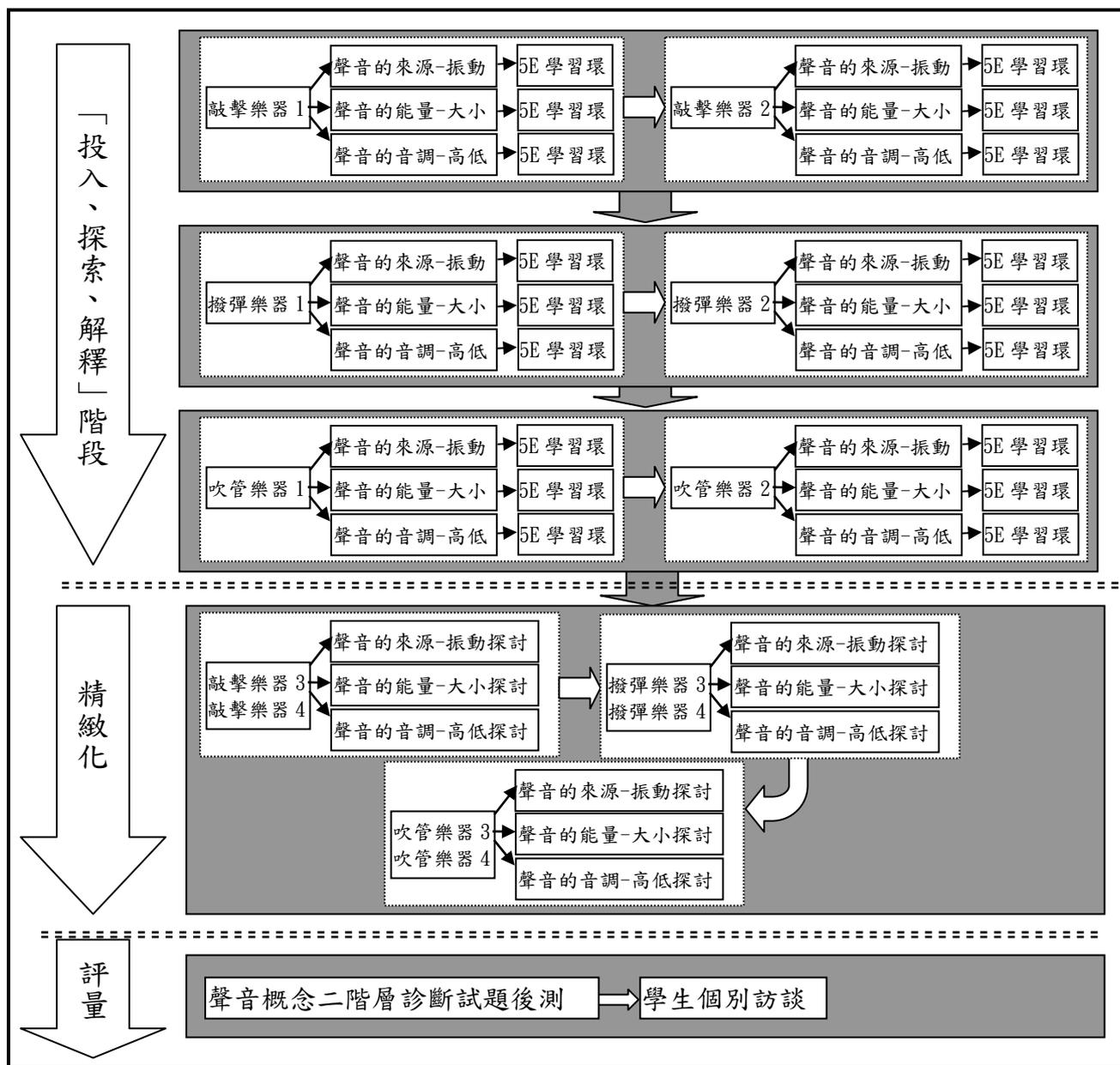


圖 3-3 教學研究之整體教學流程設計圖

## 第五節 資料蒐集與分析

本研究藉由「聲音概念二階段診斷試題」測驗作為教學前後測之學生概念檢核工具、輔以學生後測之「個別訪談」資料、研究者教學省思、教學影音記錄、觀察者教學回饋做為本教學設計之教學成效檢核，茲將各部分進行方式說明如下：

### 一、聲音概念二階層診斷試題

本研究運用聲音概念二階層診斷試題，進行教學前之前測與後測。教學前測驗之目的在於了解學生教學前對於聲音之迷思概念；教學後測驗之目的在於了解學生教學後之概念改變情形。研究者於教學前測、後測實施完畢後分別將資料編碼輸入電腦中，進行下列統計：

#### (一) 次數分配和百分比統計

統計每個概念陳述類型的答題次數，與每個答題選項的百分比，並將該資料整理成表格，使研究者可以由資料中了解對於同一個問題全班答題的比例分布。

#### (二) 各階層概念的人數統計

由於本測驗為二階段式測驗，為了深入了解第二階層答題情形，將依據填答情況，呈現第二階層各個题目的答題人數，研究者考量由於班級學生較少，如果使用百分比的方式，可能在百分比的呈現數據上反而不夠精確。因此在第二階層的答題概況上，使用人數來表示。

### 二、個別訪談

本研究將於教學後，為深入了解學生的概念改變情形，對每一為學生進行「個別訪談」，個別訪談之內容，以學生的聲音概念二階段診斷試題內容為主要訪談結構，實施個別訪談的目的在於深入了解學生對於聲音概念的學習概況，做為為深入解釋「二階段評量診斷試題」前後測結果之參照。訪談過程，徵求學生的同意後，全程進行錄音。訪談後將錄音轉為文字紀錄，並進行訪談資料之編碼整理與概念分析。

### 三、影音紀錄

攝影是能夠記錄課堂真實狀況的工具，教學中，進行全程攝影，以記錄教師教學流程、引導內容等，研究者於教學後，由教學錄影的觀看，補足上課時教學

者所忽略之學生學習概況，使研究者在撰寫教學省思札記時能更為充實。此外，對於影音教學攝影的內容，研究者將其紀錄，使研究者實際的教學情形能呈現於教案中。

此外，為使教學者的教學歷程能有更充實的回饋資料，教學者之教學攝影影片，邀請一位觀察者，觀察研究者的教學歷程，藉由觀察者的回饋記錄，提供教學者對整個教學活動，在教案與教材的設計上，能進行適度的修正。

#### 四、教學教案

研究者在教學前，將先擬定一分教學簡案，實施教學後，藉由教學影音記錄與觀察者的回饋，對教案進行較詳細的編寫與修正，如此的安排方式主要希望研究者與本研究所提供的教學教案內容與教學實況相符。研究完成後，研究者將本教學之教案內容放置於附錄，以做為教案與教學成效之相互參照。



## 第肆章 結果與討論

本研究目的為(一)透過樂器玩具的製作建構理想的聲音概念教學方式。(二)透過簡易聲音樂器玩具的操作，提升學生聲音概念學習的成效。本章第一節說明樂器玩具應用於聲音概念之教學歷程，第二節分析學生的概念改變情形，第三節將依據教學歷程及學生概念呈現檢討教學策略並說明調整之方式。

### 第一節 樂器玩具應用於聲音概念教學歷程

本研究之「聲音概念教學」主要以「敲擊樂器」、「撥彈樂器」、「吹管樂器」三種不同類型樂器，教授「聲音的來源」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「聲音的音色」的四個概念；在教學設計上，以「樂器玩具」為主軸，探討聲音概念，在教學活動設計上，使用 BSCS(Biological Science Curriculum Study)美國生物科學課程所發展的 5E 學習環為教學法，茲將本研究應用 5E 學習環各階段之教學活動安排說明如下：

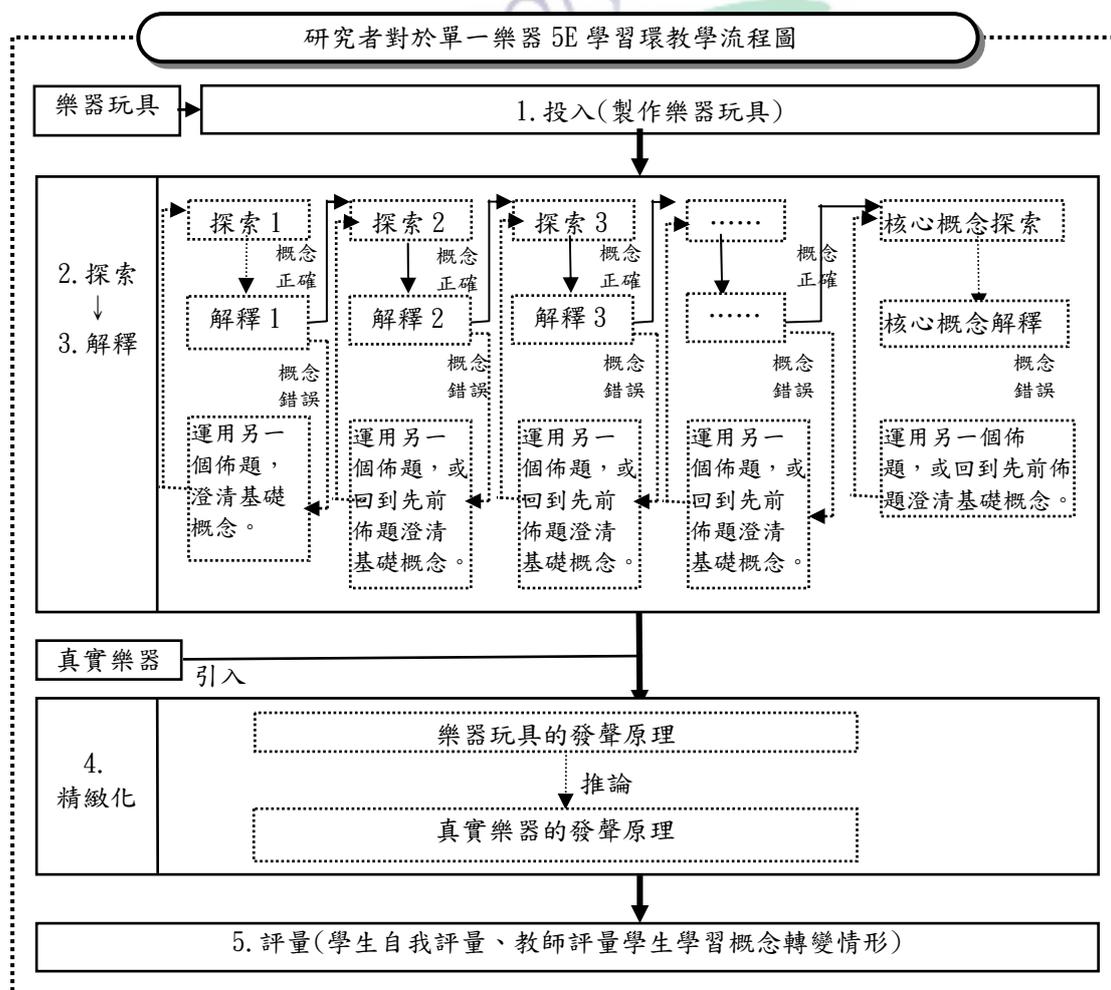
表 4-1 研究者安排 5E 學習環各教學階段之聲音概念教學活動

| 5E 教學階段 | 聲音教學活動   |
|---------|--|
| 1. 投入   | 製作樂器玩具，引起學生之好奇與興趣；並藉由樂器製作歷程，引出學生對於「聲音」的想法(撰寫學習單)。                    |
| 2. 探索   | 學生操作探索「樂器玩具」，觀察樂器玩具的發聲現象。  |
| 3. 解釋   | 學生對於「樂器玩具」發聲現象進行解釋   |
| 4. 精緻化  | 學生將「樂器玩具」所學習到的樂器發聲概念類推至其他樂器。   |
| 5. 評量   | 學生書寫學習單，自我評量其學習前之聲音概念與學習後之聲音概念想法。教師也藉由學生學習單評量學生在進行教學活動後學習到之聲音概念發展情形。 |

研究者先透過「樂器玩具」引起學生的學習興趣，讓學生在製作樂器玩具時，積極投入本單元的學習活動。學生在製作樂器玩具的歷程中，由於需要測試與操作樂器玩具，這樣的歷程可以引發學生許多對於「樂器發聲」現象的觀察與想法。

雖然 5E 學習環教學法將「探索」、「解釋」列為教學的第二、第三階段，但研究者在實際的教學歷程中，對於學生尚未學習清楚的概念，可能需要運用多個提問，讓學生能藉由這些提問反覆進行「探索」、「解釋」兩個階段，逐步進行概念的學習與澄清，直到每一階段的教學核心概念為止，研究者對於單一樂器玩具的 5E 學習環教學流程圖如圖 4-1 所示。

研究者進行「探索與解釋」階段的教學提問，會先由學生的初始概念了解學生的想法(投入階段學生所表示的想法)做為提問基礎，再由教學歷程中「學生與學生」、「學生與老師」的互動對答，思考引導學生概念澄清的方向。接著，運用提問的方式刺激學生思考，讓學生去「探索」、「解釋」他所觀察到的現象。有時，研究者會運用佈題的方式，製造學生的概念衝突，讓學生在「探索」、「思考」、「解釋」的歷程中驗證自己的初始概念。不過，在學生探索和解釋的歷程，有可能反映出學生另一個概念並不是很清楚，為了釐清此一概念，研究者也有可能需要先跳至另一個佈題，澄清基礎概念後，再拉回主概念來繼續學習。因此，研究者在「探索」、「解釋」這兩個階段，研究者會根據學生對於問題的回答，反覆運用佈題讓學生逐步釐清學習歷程的各個子概念，以完成核心概念的學習。本研究詳細應用 5E 學習環教學模式之教學紀錄請參閱附錄二～附錄四。



以下，研究者依照本研究使用「敲擊樂器」→「撥彈樂器」→「吹管樂器」分別進行「聲音的來源-振動」、「聲音的能量-大小」、「聲音的音調-高低」之五

E 學習環教學歷程分述如下：

### 一、敲擊樂器的教學

聲音的核心概念最重要的是探討「聲音的來源」，也就是「物體振動產生聲音」的概念。而「物體振動產生聲音」此一個概念中，包含了兩個子概念需要釐清，一為「物體振動現象」的觀察，另一為「是哪個物體振動」。研究者考量敲擊樂器是三大類型樂器中，最容易製作、操作與觀察的樂器，所以本研究將敲擊樂器做為第一項進行的樂器。在樂器玩具的使用上，研究者選擇「玩具鼓」及「吸管木琴」作為教學素材；「玩具鼓」為概念建立的第一階段教學素材，「吸管木琴」則為概念延續的第二階段素材。

#### (一)「玩具鼓」聲音概念教學

研究者展示玩具鼓成品，引導學生觀察，然後再發材料請學生製作玩具鼓（製作方法請參考第三章第 65 頁）。由於玩具鼓製作方式並不難，學生僅需要合作，將氣球拉開，放置於牛奶罐，套上橡皮筋就可以完成玩具鼓的製作（如圖 4-2）。玩具鼓除了製作簡單外，其中還有一個十分特殊的優勢，就是「學生可以改變鼓面的鬆緊」，觀察鼓面不同鬆緊程度的聲音變化，這是在以往使用樂器鼓做為教學觀察工具所做不到的。



小朋友將氣球剪開拉緊

套上橡皮筋即可完成

圖 4-2 玩具鼓製作完成圖

在教學製作時，研究者讓小組同學共同合作，每組只做一個玩具鼓，除了考量調整鼓面鬆緊與套橡皮筋可能需要學生共同完成的因素外，在後續需要觀察鼓面鬆緊影響聲音高低的活動時，小組共同合作的方式，可以讓觀察更容易進行。

## 1. 【聲音的來源】

學生製作玩具鼓的過程中，他們會不斷地拍打鼓面，讓鼓發出聲音，對於「為什麼打鼓，鼓就會發出聲音？」學生寫在學習單的初始概念大都在「空氣」因素圍繞，僅有極少數的學生會提到「振動」的概念，當研究者請學生再觀察「聽到鼓聲音之後還有什麼現象」時，學生才注意到鼓面振動<sup>1</sup>。

T：你覺得為什麼敲打鼓就會發出聲音？

S06：因為敲打的時候鼓裡面的空氣振動所以會發出聲音。

S02：因為空氣在鼓裡面摩擦振動而產生聲音。

S03：因為鼓裡面的空氣會相撞在一起所以會有聲音。

T：現在請你去觀察，當你敲下去的時候，鼓除了有聲音，還會有什麼現象？

S25：氣球在振動。

S03：敲，然後看到及摸到振動。

(敲-教學觀察)

研究者發現，學生在此部分的觀察即使看到了「鼓面振動」的現象，也不見得認為聲音是由鼓面振動而來。S20 同學還認為是鼓棒敲打來的(980217 教學觀察)，因此在指導此部份的教學時，研究者必須釐清「敲擊」與「振動」間哪一個才是主要聲音的來源。

所以研究者試圖以「用鼓棒敲衣服」的方式讓學生理解：敲擊不一定會有聲音，因為用力敲衣服，也不會有聲音，敲擊不一定會產生振動。但在這個澄清活動中，研究者發現學生並沒有改變想法，反而會用各種不同的理由說服自己，將空氣與聲音連結在一起(980217 省思)。

(教師拿出衣服)

T：如果我用力打衣服會有聲音嗎？

(大部分學生沒有表示意見，部份說可能有)

(教師用力敲鐵桌與衣服。)

(學生發現鐵桌聲音大，衣服聲音小)

S09：因為空氣比較少。

S02：因為空氣會跟著流下去，不會被物體阻礙。

(敲-教學觀察)

為使學生對於「聲音與振動」可以產生連結，研究者運用「玩具鼓有聲音延續」的現象，敲打玩具鼓，讓學生聆聽聲音的延續現象，並且讓學

<sup>1</sup> 全文教學對話中之「T」表示教師的引導語；「S」表示全班或多數學生共同回答；S+編號表示該編號學生的回答，如S20 為編號 20 號同學回答。

生觀察「研究者未持續敲打鼓(僅敲打一下鼓)，但鼓的聲音卻是持續發出」，藉此讓學生思考，「如果聲音是因為敲打鼓所產生的現象，那麼要持續的發出聲音，就要持續的敲打才行；可是，我們只有敲一下鼓，聲音就持續那麼久，可見鼓會發出聲音，敲打似乎不是主要的因素」。研究者接著請學生提供「讓鼓立即停止發出聲音的方法」，此時全班都能說出：「手摸鼓面就能讓聲音停止」。藉此讓學生逐漸將聲音的來源與振動現象互相連結。

T：剛剛 S20 同學說，聲音是棒子產生的。我現在敲。

(教師敲一下)

T：還有沒有聲音？

S：有

T：我棒子有沒有繼續動？

S：沒有。

T：所以聲音是棒子產生的嗎？

S：不是

T：是誰產生的？

S：氣球。

T：那棒子的功用是什麼？

(學生一陣喧嘩)

S：敲，讓鼓面振動。

T：其實聲音是不是從棒子來的？

S：不是。

T：聲音其實是從哪裡來？

S：鼓

T：鼓的什麼地方？

S：鼓面

T：鼓面要怎樣才會有聲音？

S：敲、振動

T：所以聲音的來源是誰在振動？

S：鼓面

T：如果我摸了，振動停止了，聲音也就…

S：沒有了。

T：我敲其實是讓誰振動？

S：鼓面

(敲-教學觀察)

研究者利用上述兩個方法進行聲音來源的概念澄清，發現，直接運用玩具鼓教學可以達到比較好的效果，衣服的實驗可以讓學生比較兩種不同物體發出聲音的差別，用來強化學生「聲音的來源為物體振動」的概念。但在此部分的教學，也須同時請學生觀察且說出「是什麼物體在振動」讓鼓產生聲音。

## 2. 【聲音的大小】

聲音的大小概念建立於物體振動現象的基礎上，學生必須先確認「產生聲音的振動物體」，才能藉由觀察振動物體，理解「物體振動大小影響聲音大小」的概念。這個階段的教學，以「如何控制聲音的大小聲」「影響聲音大小的因素」為本階段教學的兩個重點。研究者發現，學生都能夠闡述「敲擊力量可以控制聲音的大小聲」的概念（用力敲聲音比較大；輕輕敲，聲音比較小），但學生並不會去觀察物體振動之情形。因此研究者在教學歷程中，透過拋出「敲(鼓)很大力，什麼地方的振動比較大？」問題引導學生探索後，學生確實能發現「聲音大小與振動大小」的關係。

T：怎樣才能讓鼓發出比較大的聲音？

S：用力敲

T：輕輕敲呢？

S：比較小聲。

T：現在請大家再仔細觀察，輕輕敲與用力敲時，除了大小聲之外，你還看到什麼不同的現象？

T：你輕輕敲與用力敲有什麼不一樣？

S12：敲很大力振動比較大，敲小力振動比較小。

T：敲大力什麼地方振動比較大？

S：鼓面

S02：用力打鼓面的時候，鼓面的振動會很大，聲音會很大。

T：如果輕輕敲，振動比較小，聲音也比較小。

T：所以振動大…

S：聲音大。

T：振動小…

S：聲音小。

(敲-教學觀察)

由以上師生對話可以發現，學生已經連結【力量→振動→聲音】三者之間的關係：「力量大(小)，使物體振動大(小)；物體振動大(小)，會使聲音大(小)」。雖然在上述教學歷程中，看似學生的連結概念十分正確，但仍需要帶領學生釐清「聲音大小主要取決於振動的大小，力量大不一定能夠產生較大的聲音」此一概念。為釐清此一概念，研究者在教學歷程中會引用第一階段「用力敲擊衣服，衣服發出的聲音比鼓還小」、「觸摸鼓面用力敲鼓，鼓發出的聲音比未觸摸時小」兩個簡單的探索實驗，避免學生僅連結「力量大(小)、聲音大(小)」概念，而忽略了「振動大小」影響「聲音大小」的論點。(980217 教學省思)

### 3. 【聲音的高低】

研究者在進行「聲音的高低」教學前，首先須確認學生能否真確地了解「什麼是聲音的高低？」

因此，研究者先以「小鼓」與「鐘琴」分別示範「無音階」與「有音階」的差別，並且運用兩種樂器不同的音量，讓學生先釐清「聲音大小」與「聲音高低」概念後，再進行「鼓的聲音高低」的教學。

T：什麼叫聲音高？什麼叫聲音低？

（學生喧嘩）

T：請看這裡，老師先告訴大家什麼是聲音高？什麼是聲音低？

T：我現在要敲小鼓，而且我敲同一個位置，我敲兩下。

（教師用力敲一下，再輕輕敲一下）

T：這兩個聲音差別在哪裡？

S06：第一個聲音大，第二個聲音小。

T：這兩個聲音的高低有沒有不一樣？

S：有

T：哪一個聲音比較高？

S20：第二個。

T：第二個聲音比較高？

S：第一個

T：第一個？

（全班沒有反應）

T：好，再聽一次。

（教師重複敲打小鼓兩下。）

S：（第一個、第二個聲音參差不齊）

T：你能比較得出聲音的高低嗎？

S02：沒辦法，因為敲得幾乎都一樣。

S09：只是力道不同。

T：所以這只是大小聲的差別。這不是聲音高低的差別。

（教師拿出鐘琴）

T：什麼是聲音的高低？我一樣敲兩個音喔！

（教師敲鐘琴高音再敲低音）

T：哪一個聲音比較高？

S：第一個。

T：所以這才是聲音的高低。聲音的高低及聲音的大小聲不能搞錯喔！

有關「鼓是否能改變聲音高低」議題，在現行課本中，只有牛頓版提及「鼓可以改變聲音的高低」，但是在該教材中，是以「大小不同的鼓」來表示「鼓的大小不同，聲音高低也不同」概念。研究者發現，學生在教學前撰寫於學習單中的初始概念，也可以看到這樣的想法。

S02：可以，因為鼓的大小不一樣，所以聲音也不一樣。

S11：可以因為鼓有分大小高低

S22：可以因為大小的鼓就可以改變聲音的高低

（敲-學習單3）

在教學的歷程中，研究者發現，當討論到「鼓是否可以改變聲音高低」的議題時，大部分的學生都認為「鼓不能夠改變聲音的高低」，因為「都是同一面鼓，只有大小聲的差別，沒有高低音」。有部分學生，會拿玩具鼓不斷敲擊，認為「不同的敲擊方式，或者敲擊的位置不同會影響鼓聲音的高低」。但沒有任何學生想到拆卸玩具鼓，改變氣球面的鬆緊度觀察聲音高低的方法。(980217 教學觀察)

研究者在教學中引導學生改變鼓面(氣球)的鬆緊度，讓學生觀察鼓面鬆緊與聲音高低的關係，學生都能發現「拉緊→聲音高、放鬆→聲音低」現象。但學生的概念也只進行到「調整鼓面鬆緊可改變鼓的聲音高低」，大部分學生無法類推「打同一個鼓時，敲鼓的中央比鼓的邊緣聲音要低，是因為鼓面中央比較鬆」概念。此部分的觀察，研究者同樣地使用提問的方式引導學生進行觀察與學習。

研究者思考：有關「鼓的聲音高低」探索的變因除了「鼓面大小」的因素外，在精緻化概念時，應該將「鼓面鬆緊」的概念結合進去。因為唯有透過「鼓面鬆緊」概念的討論，才能讓學生釐清「同一個鼓，鬆緊程度不同時，聲音高低也不同(鼓面鬆，聲音低；鼓面緊，聲音高)概念」與「敲擊同一個鼓，敲中間與敲旁邊聲音不同(中間鬆，聲音低；旁邊緊，聲音高)概念」。(980217 省思)

研究者也發現，透過玩具鼓可以自行製作與拆解的特性，「鼓的聲音高低」議題，還可以讓學生嘗試「不同厚薄鼓面，影響鼓的發聲高低」，不過研究者考量目前尚未有任何教材提及此一概念，以及教學時間之限制因素，此部份並未和學生探討。不過，這也凸顯出藉由學生動手製作樂器玩具，可應用許多操控特性，進行多樣化的觀察。(敲-省思)

## (二) 精緻化-真實鼓的觀察

在真實鼓的觀察上，研究者使用本校樂隊的大鼓，在教學歷程中同樣引入幾個聲音的概念，讓學生們回答，透過學生回答的正確概況，評量學生是否可以將他在操作玩具鼓時所學習的聲音概念類推至真實樂器。

T:老師手上是學校樂隊使用的大鼓，請問「老師敲大鼓時，為什麼大鼓會有聲音？」  
S: 因為鼓面會振動。

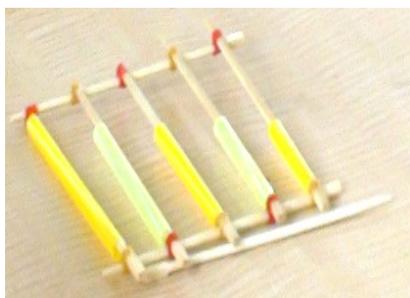
T：誰振動，產生聲音？  
 S：鼓面。  
 T：我要怎麼樣改變聲音的大小？  
 S：用不同的力氣敲？  
 T：我們觀察仔細一點，你用力敲的時候，會產生什麼現象所以聲音比較大聲？  
 S：鼓的振動比較大  
 T：所以應該怎麼說比較好？  
 S：用力敲，鼓的振動比較大，所以聲音比較大聲。  
 T：你覺得這一個大鼓，可不可以改變聲音的高低？  
 S：極少部分學生說「可以」，大部分學生說「不可以」  
 T：s14 你說可以，為什麼你認為可以改變鼓的聲音高低？  
 S14：敲中間和敲旁邊，聲音就會不一樣？  
 T：為什麼會不一樣。  
 S18：因為旁邊比較緊，聲音比較高。中間比較鬆，聲音比較低。  
 T：敲給學生聽聽看。  
 T：s07 為什麼你認為不可以改變聲音的高低。  
 S07：音為鼓是同一個，大小不同的鼓才有聲音的高低。  
 T：如果我敲不同的地方呢？  
 S07：聲音有些不一樣。  
 T：所以同一個鼓如果我敲不同的地方，會有不同高低的聲音。  
 T：如果「同一個鼓，我敲鼓的正中央，可不可以改變它的聲音高低？」  
 S：不可以。

(敲-教學觀察)

大鼓不能像玩具鼓一樣隨意拆開鼓面，調整聲音的高低，因此學生會認為大鼓是不能夠調整聲音高低的，只有少部分學生直接想到「敲鼓面邊緣與敲鼓面中央聲音會不同」。

### (三)「吸管木琴」的聲音概念教學

吸管木琴結構如圖 4-3 所示，是屬於五個音階的簡易樂器。在製作時僅需將不同長度的吸管，套在竹筷上，將竹筷綁好即可。製作吸管木琴對學生來說，最困難的部分在於用橡皮筋將兩支竹筷固定的方法。研究者讓學生知道如何結合兩支竹筷後，便讓學生自行將吸管套上竹筷，藉由剪裁吸管長度，製作的音階。



吸管木琴完成圖(將不同長度的吸管，套在相同長度的竹筷上)



學生在製作吸管木琴的過程中，可透過改變吸管長度，調整聲音高低，完成樂器玩具。

圖 4-3 吸管木琴製作完成圖

## 1. 【聲音的高低】<sup>1</sup>

由於吸管木琴在製作的過程中，學生須將吸管套在木塊上，藉由敲擊測試調整吸管長度，完成不同音階的製作。因此，在進行吸管樂器的製作時，學生在測試音階的過程，老師可以透過觀察或與學生對談，了解學生對於調整聲音高低的看法。

- T：請你試試看聲音的高低有什麼不同。  
T：長的和短的哪一個聲音比較高？  
S（第六組）：短的聲音比較高。  
T：你的是短的聲音比較高的請舉手。  
（全班舉手）  
T：讓樂器產生聲音高低的是吸管還是筷子？  
S：吸管

（敲-教學觀察）

吸管木琴在聲音高低觀察上的優勢在於「音階易於改變與觀察」。由圖 4-3 吸管木琴的結構可了解，吸管木琴中，木筷的長度是相同的，只有吸管的長度是不同的。因此，學生很容易接受「聲音的高低是因為吸管長短不同所產生的」概念，也很容易讓學生透過操作理解「吸管長的聲音低，短的聲音高」概念。

## 2. 【聲音的來源】

此部分的教學，研究者在教學歷程中，同樣引入「振動產生聲音」、以及「是誰在振動？」兩項的觀察重點。

- T：你敲(吸管木琴)會有聲音，主要的聲音來源是誰？  
S：吸管  
T：吸管敲打的同時，除了聲音出現聲音，還有什麼現象？  
S：振動  
T：他還帶著振動的現象。  
T：所以你聽到的聲音主要是誰振動來的？  
S：吸管  
T：所以你現在要調整聲音的高低，要調整吸管還是筷子？  
S：吸管

（敲-教學觀察）

由於學生以由「玩具鼓」的觀察，學習到「物體振動產生聲音」的概念，因此對於「吸管木琴」產生聲音的原理，很快地學生便能觀察出來，

---

<sup>1</sup> 由於在「玩具鼓」教學中，已經陸續帶領學生觀察「聲音的來源」、「聲音的大小」、「聲音的高低」三個概念，因此為了透過吸管木琴有不同音階高低的特性，吸引學生觀察製作，因此在此單元先以聲音的高低做為切入點，吸引學生觀察。

並給予正確的回應。

### 3. 【聲音的大小】

在聲音的大小方面，學生同樣理解「敲擊力氣的大(小)，聲音大(小)」，但並不一定會主動提出「吸管振動大，所以聲音大的概念」(因為此向度不容易觀察)。但教師可以透過提問，帶領學生說出此項細節。

- T：怎麼樣可以改變聲音的大小？  
S：用力敲，聲音就大，小力敲，聲音就小。  
T：我們再仔細說清楚，你用力敲的時候，和小力敲的時候，誰會產生振動？  
S：吸管  
T：哪一個振動比較大？  
S：用力敲的時候，振動比較大。  
T：所以當你用力敲的時候，因為誰振動大…，所以聲音大。  
S：吸管  
T：所以我們應該怎麼說比較清楚？  
S：用力敲，吸管振動大，所以聲音大。  
T：如果是輕輕敲呢？  
S：吸管振動小，所以聲音小。

(敲-教學觀察)

研究者在進行「吸管木琴」的教學時發現，由於先前學生已由「玩具鼓」活動學習到幾個聲音的基本概念與觀察方式，因此在進行此部分的活動時，除了製作吸管木琴需要花上一定的時間外，有關學生「聲音概念」的引導上，輕鬆不少，簡單幾個提問或觀察，學生就能學到正確的觀念。

#### (四) 精緻化階段—鐘琴

在進行吸管木琴的教學後，研究者以鐘琴作為精緻化階段，因為鐘琴是由長短不同的鐵片組合而成，其結構與吸管木琴十分接近，用以進行概念延伸的教學，可以測試學生是否可以將樂器玩具所觀察學習到的概念類推至真實樂器。

- T：怎麼樣才會發出聲音？  
S：敲  
T：敲了之後鐘琴會怎樣所以會有聲音？  
S：振動  
T：誰在振動？  
S：鐵片  
(教師按著鐵片敲打一下)  
T：聲音有沒有持續？  
S：沒有  
(教師不按鐵片，敲打鐘琴)  
T：聲音有沒有持續  
S：有  
T：怎麼讓聲音停下來？

S：手摸  
T：手摸就是讓什麼東西停止？  
S：振動  
T：所以振動停止，聲音就會停止  
T：鐘琴要怎樣才能發出較大的聲音？  
S：用力敲  
T：那輕輕敲呢？  
S：聲音比較小。  
T：鐘琴怎樣才能發出高低不同的聲音？  
S：鐵片長短  
T：鐵片比較長，聲音比較…  
S：低  
T：鐵片比較短，聲音比較…  
S：高。  
T：為什麼鐵片的長短可以控制聲音的高低，而不是棒子的長短？  
S：因為聲音是鐵片發出來的。

(敲-教學觀察)

研究者發現，在「敲擊樂器」這一階段(包含玩具鼓與吸管木琴教學)，對於「物體振動產生聲音」已具有概念，也能夠將概念運用在真實樂器的聲音來源上。

在「聲音大小」概念的教學中，學生仍需要再度被提及「力氣→影響振動大小→影響聲音大小」概念，尤其是避免學生直接產生「力氣→影響聲音大小」錯誤概念。在鐘琴的教學中，研究者礙於學校下課鐘響，因此忽略了引導概念強化，是此部分教學需要改進及修正之處。

在「聲音高低」概念的教學中，研究者發現，學生已經能夠理解，「聲音的高低因素，是由聲音的來源決定的」，也就是說，「要改變振動物體的狀態，才能改變聲音的高低」的想法。由學生回答「吸管木琴」與「鐘琴」聲音高低的回應可以看出，當振動的物體是吸管時，吸管的長短會影響聲音的高低，當振動的物體是鐵片時，鐵片的長短會影響聲音的高低。

## 二、撥彈樂器的教學

撥彈樂器大多是以「弦」為主要振動體，「弦」由於振動持續時間長，且容易觀察其振動現象，因此在聲音的教學上，在許多兒童「聲音概念」的相關文獻中，被認為是一項容易觀察的樂器。

我們觀察日常生活中所接觸到的撥彈樂器，諸如「古箏」、「吉他」、「二胡」、「小提琴」、「月琴」等，我們可以觀察到其結構有很多相近之處，且不容易自行製作。這讓研究者對於此階段要在構思要設計什麼樂器玩具頗費心思。

在樂器玩具的構思上，研究者曾構思應用「原住民樂器—弓琴」做為撥彈

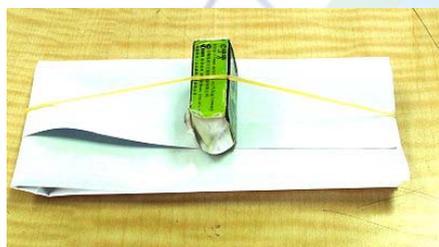
樂器第一階段的樂器玩具，但研究者在教學前實際在製作時，發現其製作歷程可能會耗費學生過多的時間才能完成，考量教學時間有限，研究者得放棄製作「弓琴」這個樂器素材的想法。不過，研究者沿用弓琴單弦的結構，構思另一種簡單的撥彈樂器，將它取名為「單弦琴」，作為本階段第一個聲音概念教學的「樂器玩具」素材。

本階段第二個樂器玩具教學素材為「玩具古箏」，也就是運用面紙盒綁上「魚線」完成的樂器。

在樂器玩具的應用上，第一個「單弦琴」屬於單弦樂器，無法改變弦的粗細來控制聲音的高低，研究者將其應用於撥彈樂器第一階段的聲音概念教學。「玩具古箏」因有多條弦，可以透過不同粗細的線，讓玩具古箏每條弦有不同的聲音高低，研究者將其應用在第二階段的聲音概念教學。

#### (一)「單弦琴」的聲音概念教學

在進行這個部份的教學時，學生製作樂器的速度很快，因為只要將橡皮筋套上紙筒壓扁(或鉛筆盒)，再卡進一個橡皮擦就完成了(如圖4-4)。



單弦琴可使用紙張捲起來，對折壓扁當作底部支撐，再套上橡皮擦架高。



使用鉛筆盒套上橡皮筋、橡皮擦是最簡單的製作方式

圖 4-4 單弦琴的製作完成圖

在操作上，研究者發現，學生會用拉橡皮筋彈紙筒的方式發出聲音，這樣的操作方式產生聲音的來源，與一般撥彈樂器撥動弦的方式不同，因此需要教學者提醒指導操作的方式，才能觀察到弦振動的現象。(撥-教學觀察)

#### 1. 【聲音的來源】

對於撥彈樂器產生聲音來源的初始概念，學生都能夠提到是「弦」發出聲音，部分學生提到「弦振動」發聲概念，部分學生提到「弦被撥動」發出聲音，有極少部分提到是「吉他音箱裡的空氣振動」所致(980602學習單1)。由此可見，由於撥彈樂器的「弦」容易被觀察所致，因此學生

對於發聲的主角很容易聚焦在「弦」上。不過，對於撥彈樂器的發聲原理在解釋上仍需加強。由上述學生對於撥彈樂器的初始概念來看，研究者認為本階段的教學方向如下：(1) 究竟是「振動產生聲音」還是「撥彈產生聲音」做更進一步的闡釋；(2) 是「音箱裡的空氣振動」產生聲音嗎？

### (1)「振動產生聲音」還是「撥彈產生聲音」？

研究者讓學生使用「單弦琴」觀察撥彈橡皮筋觀察振動的現象，再讓學生壓住橡皮筋撥彈「單弦琴」，學生很明顯發現兩者產生的聲音不同，當壓住橡皮筋時甚至聽不到橡皮筋振動的聲音。研究者讓學生思考這兩種操作產生聲音差異的原因。研究者發現，在上述兩種情況的比較之下，學生已經將「振動產生聲音」連結，認為撥彈樂器的聲音是由橡皮筋振動而來。

T：看著他撥的時候，橡皮筋做了什麼事情？

S：振動

T：振動的時候你也會聽到…

S：聲音

T：如果你把橡皮筋握著再去彈，會不會有剛才的聲音出現？

S14：不會，很快就停止了。

T：為什麼這樣很快就停止了？

S：因為抓住振動的地方。

T：如果你抓住他，橡皮筋還能不能振動？

S：不行，振動會變小

T：甚至沒有振動對不對？所以能不能聽到聲音？

S：不行

T：所以撥彈樂器為什麼能夠發出聲音？

S：因為振動、橡皮筋在振動

(撥-教學觀察)

### (2)是音箱裡的空氣振動產生聲音嗎？

大部分的撥彈樂器都具有音箱，音箱主要的功能是透過聲音的共鳴產生更大的音量。在實務操作時，學生會將聲音來源誤認為是「音箱裡的空氣振動產生聲音」，這是以結構複雜的真實樂器做為教學素材時，反而讓學生產生迷思概念的典型例子。

研究者思考使用「單弦琴」主要的目的就是希望讓學生知道「撥彈樂器如果沒有音箱，一樣可以聽到聲音」，只是它的音量比較小。不過為了澄清此部分的迷思概念，研究者需要將「單弦琴」與「吉他」兩項樂器交互呈現。

T：我手上的撥彈樂器(單弦琴)會振動主要是誰在振動？  
 S：橡皮筋。  
 T：它雖然沒有音箱，可是你撥動它的時候有沒有有聲音？  
 S：會。  
 T：所以弦會發出聲音和音箱有關係嗎？  
 S：沒有。  
 T：如果我把橡皮筋用力按著能不能發出像剛才那樣的聲音？  
 S：不行。  
 T：為什麼不行？  
 S：因為振動被阻擋了。  
 T：(教師拿出吉他)剛才才有小朋友說吉他会發出聲音是因為音箱的關係？現在我把弦按著都不要讓他動，這樣撥彈，你聽的到原來吉他会發出的聲音嗎？  
 S14：不會  
 T：(教師握住吉他的弦撥彈)是不是發出很短促的聲音，就是我撥動的彈一下發出聲音。所以有音箱有沒有用？  
 S：沒有  
 T：所以吉他会發出這種美妙的聲音(教師撥動弦)主要是因為誰？  
 S：弦  
 T：而且弦必須要怎樣才會有聲音？  
 S：振動  
 T：吉他会主要能發出聲音，是因為手撥的關係，還是振動的關係？  
 S：弦振動的關係，手撥動弦振動的關係  
 T：我現在不要撥他能讓他發出聲音？  
 S：不行  
 T：如果我把手蓋住弦，一直撥他有沒有聲音？  
 S：沒有  
 T：所以你雖然有撥他，弦還必須怎樣才會有聲音？  
 S：振動  
 T：所以你撥他，弦如果沒有振動，能不能發出聲音？  
 S：不會  
 T：而且你注意，吉他的弦我撥他(教師撥動弦)，我不碰它，還有沒有聲音？  
 S：有  
 T：怎麼樣讓他停？  
 S14：把手放上去  
 S02：阻止他的振動  
 T：我的弦撥一下，是讓弦做什麼事情？  
 S：振動  
 T：主要聲音的來源是弦的振動，手的作用是給弦力量，讓弦能夠振動，不停的動，就會有聲音。  
 T：如果我要停止聲音，就必須把它壓住，讓他不要再動。  
 T：所以聲音主要來源跟音箱有沒有很大的關係？  
 S：沒有  
 T：主要是誰？  
 S：弦的振動

(撥-教學觀察)

研究者在教學中發現，要讓學生自主地發現並認為「弦振動產生聲音」，捨去「撥彈產生聲音」的概念似乎有其困難性。因此在教學的歷程中，僅能透過教學者引導的方式一再誘發學生去澄清「撥彈僅是讓弦振動，如果有撥彈但沒有振動，就不會有聲音」透過這樣的方式加強「弦振動產生聲音」的概念。

## 2. 【聲音的大小】

聲音的大小取決於振動體振動幅度的大小，撥彈樂器的振動幅度，是三種類型樂器中最容易觀察的。學生對於撥彈樂器控制聲音大小的方式，如同敲擊樂器一般，一致認為「力氣的大小控制聲音大小」。

研究者剛開始認為，本次教學已是第三次討論「聲音大小」概念，應有部分學生提及「振動大小」和聲音大小的概念，不過從學生學習前所撰寫的學習單，並未發現學生有這樣的想法。

研究者思索，或許學習單上，問句的闡述方式「如何控制弦樂器的聲音大小」可能讓學生認為研究者在問「如何控制」，因此將重點放在「控制」上，會認定「力氣的大小控制聲音大小」。學生還是會把「操作(用力撥彈)」和「結果(聲音大小)」直接連結，而忽略過程中的「振動大小」。此部分的教學研究者還是需要應用情境，讓學生儘量將重心放置在「振動大小」與「聲音大小」的關係上。

T：怎麼才能發出比較大的聲音？請寫在學習單上。

T：怎麼樣才能讓「單弦琴」發出比較大的聲音？

S：大力

T：怎麼樣才能發出比較小的聲音？

S：小力

T：請你注意觀察，用力撥與輕輕撥對這條弦有什麼影響？你可以看出橡皮筋將有什麼不一樣嗎？

S09：彈很大力的時候，振動比較大

T：如果輕輕撥，看到橡皮筋的現象怎樣？

S07：振動比較小

T：聲音的大小主要是因為手用力的關係還是振動大小的關係？

S02：手用力振動就會大

T：如果我手很用力，可是橡皮筋沒有振動很大，會不會有很大的聲音？

S：不會

T：請你手壓住，用力撥撥看，會不會產生很大的聲音？

S：沒有辦法

T：所以能夠發出很大的聲音是因為我用力的關係，還是因為振動很大？

S06：振動很大。

T：所以聲音大小主要是因為手用力的關係還是振動的大小？

S：振動的大小

T：手用力只是讓橡皮筋振動大和小，如果橡皮筋不會振動能不能產生很大的聲音？

S：沒有

(撥-教學觀察)

研究者試圖採用「按住橡皮筋大力撥彈」的方式，讓學生思考、比較，究竟是「用力大小」為聲音大小主因，還是「弦振動大小」為主因。

在教學後學習單的呈現上，少部分學生仍然認為，「力氣大小影響振

動大小然後影響聲音的大小」，因此「力氣大小仍然是決定聲音大小的重要因素」。其中有6個同學認為要讓樂器發出比較大的聲音必須「用力彈，而且不要壓住弦」(撥-學習單2)。讓研究者省思，這可能是過度強調，反而造成的不良的效果(撥-省思)，不過，這也說明在聲音的教學上，學生比較容易將「操作」→「結果」連結，認為「撥彈產生聲音」、「用力聲音較大」等概念，不容易觀察及使用「振動(大小)」的概念，這也屬於研究者在教學中認為十分難以破除的迷思概念。

### 3. 【聲音的高低】

撥彈樂器影響聲音的高低有三個主要的變因操控：弦的長短、弦的鬆緊、弦的粗細。單弦琴只有一條弦，因此僅以「論弦的長短」及「弦的鬆緊」二個變因和學生探討。

在這個階段的教學中，研究者先讓學生自己摸索，如何調整單弦琴聲音的高低。學生從探索中發現「拉緊橡皮筋」及「調整卡在弦中間的橡皮擦」，就可以產生高低不同的聲音。

T：有沒有辦法改變「單弦琴」的聲音高低？

S：可以

T：怎麼改變？

S02：拉緊和放鬆

S09：移動中間的東西

(撥-教學觀察)

研究者在教學的歷程中發現，學生如果一邊移動橡皮擦，一邊撥彈時，由於橡皮筋的彈性因素，會讓橡皮筋被拉緊、拉長(如圖4-5)，所以有部分學生產生「橡皮筋越長、聲音越高」的錯誤概念，因此在教學指導語上，研究者告訴學生操作方式要用「拿出來，再卡進去」的方式移動橡皮擦的位置。(撥-教學觀察)。

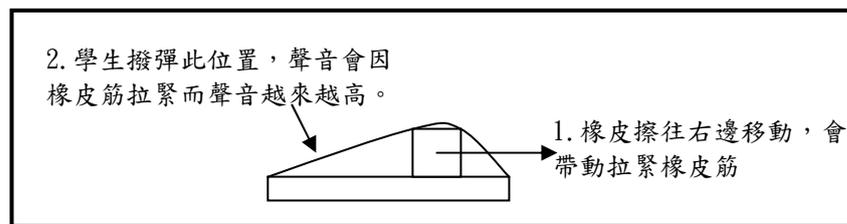


圖 4-5 學生移動單弦樂器橡皮擦，容易產生迷思概念闡示圖

由於橡皮筋拉緊會變長，為了避免學生忽略「拉緊→聲音高」反而注

意到「變長→聲音高」，因此研究者在教學時，需分別引導學生觀察。

T：現在請大家注意這邊，剛才有小朋友提到移動中間的物品可以改變聲音的高低，我先將東西放進去（圖 4-6-1），我們彈上面這一條（物品將弦頂住，將弦分成兩部分，這裡指的是上部分），現在我們聽聽看它的聲音（教師撥動上方弦，產生聲音）。

T：（教師抽離擦子，移到下方），我也是將他移動，把它放置在下面的位置（圖 4-6-2），我們再來彈看上面的弦的聲音會如何？（教師撥彈上方的弦）聲音比較高還是比較低？

S：比較低

T：這對橡皮筋來說到底改變了什麼東西？

S09：位置

T：那我裝在這裡（圖 4-6-2），和裝在這裡（圖 4-6-1）有什麼差別？

T：為什麼這裡（圖 4-6-1）聲音比較高？

S：因為比較緊。

T：為什麼這裡（圖 4-6-2）卻比較低？

S09：因為比較鬆

S11：因為它比較長，動得比較緩慢

（……）

T：如果我們把東西拿掉，一手拉緊橡皮筋，一手撥彈，你現在去試試看「拉緊」、「放鬆」聲音有什麼不一樣？

S26：聲音會不一樣

S16：拉緊聲音會比較高，放鬆會比較低。

T：拉緊的時候聲音比較……

S07：比較高

T：放鬆的時候聲音怎麼樣？

S20：比較低

T：現在移動中間的物品到底是改變什麼？現在東西是不是把弦分成兩邊了，你去彈一邊，看看另一邊會不會動？

T：好，現在請彈箭頭的部分（圖 4-7-1），再看看另一段會不會動。

T：你彈上面的時候下面會不會動？

S：不會

T：所以實際在動只有這一段（圖 4-6-1 上方）。如果移下來（圖 4-6-2）實際在動的只有這一段（圖 4-6-2 上方）。這兩段有什麼不一樣？

S：長短，一段比較長，一段比較短。

T：所以短的時候聲音是這樣（圖 4-6-1），長的時候聲音是這樣（圖 4-6-2），哪一個聲音比較高？

S：第一個，短的聲音高。

T：所以我們有兩個方法可以調整聲音的高低，一個是長短，一個是緊和鬆。弦的長短和弦的鬆緊。

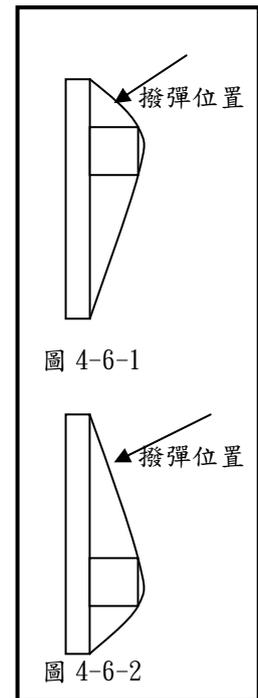


圖 4-6  
教學對話示意圖

（撥-教學觀察）

研究者在本階段的教學發現，使用橡皮筋進行「弦的鬆緊撥彈」操控時，容易因橡皮筋拉緊時，也變長了，反而造成學生認為「長的聲音高」的錯誤概念，因此使用橡皮筋製作單弦樂器的教學，必須先澄清這個部分，以免造成學生錯誤認知。

## (二) 玩具古箏的製作與教學

玩具古箏與單弦琴最大的差別是，玩具古箏有兩條弦，而且琴弦是用魚線綁製，不用橡皮筋。學生在製做玩具古箏時，最大的困難在於綁線時不易綁緊，因此有些學生的成品會因為弦過鬆而無法撥彈或者聲音太小。因此，在進行這一部分的教學時，在樂器製作上會耗費較多的時間。

不過，由於研究者在進行撥彈樂器的教學前，發現學生容易因撥彈樂器的「音箱」產生其他的迷思概念，因此，在帶領學生製作「玩具古箏」時，研究者請學生製作的都是「沒有音箱的撥彈樂器」。(如圖 4-7)



使用面紙盒的背面製作，讓學生觀察因子單純化。

操作時在中央插上竹筷作為改變音階的音柱。

圖 4-7 玩具古箏製作完成圖

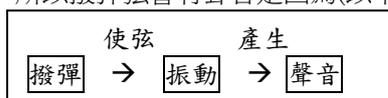
玩具古箏在研究者的設計階段時，雖是設計每個玩具古箏有兩條粗細不同的線，但在進行「玩具古箏」的教學時，研究者僅先讓學生製作「單弦」的玩具古箏，直到請學生觀察「線條粗細與聲音高低的關係」教學時，才請學生綁上另外一條粗細不同的線。如此教學程序上的控制主要考量學生在觀察「影響聲音高低的因素」時，有關「弦的鬆緊」、「弦的長短」改變聲音高低的操控，都是針對同一條弦做比較，為避免學生在操作時發生混亂，在教學需要時，才請學生綁上第二條線。此外，研究者在實際教學過程中也發現，「單弦」的「玩具古箏」，其構造及原理與「單弦琴」類似，因此在進行「聲音來源」、「聲音大小」、「聲音高低」的教學時，學生很容易將「單弦琴」所學到的概念應用在「玩具古箏」的學習上，因此在教學的銜接上十分順暢。以下將「玩具古箏」教學歷程說明如下：

### 1. 【聲音的來源】

研究者在進行此部分的教學時，為使學生對於「振動產生聲音」概念能更清楚，研究者在本階段的教學還是需要特別強調「撥彈→產生振動→

產生聲音」的邏輯概念。本階段為使學生更清楚這個邏輯流程，研究者在教學時，將這個邏輯概念繪製於黑板，以增強學生的概念。

T：為什麼撥彈弦會有聲音？  
 S：振動  
 T：為什麼有些同學的弦撥沒有聲音？  
 S26：因為綁得不夠緊。  
 T：為什麼綁得不夠緊就沒有聲音？  
 S14：因為鬆鬆的沒有彈力  
 T：沒有彈力會怎樣？  
 S：不會振動，不會產生聲音  
 T：所以撥彈弦會有聲音是因為(以下為板書)



T：所以撥彈只是提供一個力氣讓弦振動，弦會有聲音主要是因為…  
 S：振動產生聲音 (撥-教學觀察)

由於學生對於聲音來源的概念會著重在「撥彈，然後有聲音」的關係上，常常忽略「振動現象」，因此研究者利用流程圖將「振動」突顯出來。

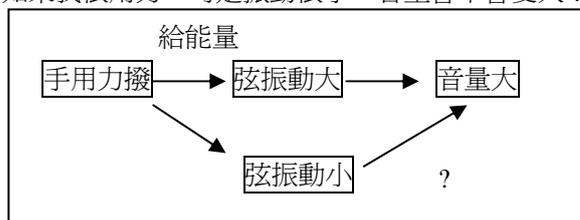
## 2. 【聲音的大小】

由於學生在「單弦琴」的操控已經有撥彈樂器的學習經驗，因此對於「玩具古箏」聲音大小的詮釋，研究者主要輔以邏輯概念圖進行教學說明。

T：你要怎樣才能發出比較大的聲音？  
 S03：線要綁緊，彈的力量要大。  
 (教師在黑板上畫關係圖)



T：你用力撥的時候，弦會怎樣？跟平常小力撥的時候有什麼不一樣？  
 S：振動比較大  
 T：如果我很用力，可是振動很小，音量會不會變大？(應用圖示)



S12：不會  
 T：所以主要影響聲音大小的是「手用力撥」還是「弦振動」？  
 S：弦振動  
 T：所以影響聲音大小主要原因是「振動的大小」還是「力量的大小」？  
 T：手用力撥只是給他力量，如果你給它力量它沒有振動會不會有聲音？  
 S：不會  
 T：所以應該說「彈的力量大讓聲音變大」還是「振動大，讓聲音變大」？  
 S：振動大聲音就大。

(撥-教學觀察)

研究者自我檢討發現，這樣的方式似乎是讓學生在老師的刻意引導下學習概念，不是讓學生自我探索發現，但似乎只有應用這樣的方式，才能突顯「振動」的觀察。

### 3. 【聲音的高低】

撥彈樂器改變聲音高低的因素主要有三：弦的鬆緊、弦的長短、弦的粗細。玩具古箏因為有兩條弦，因此在聲音高低的操控上，必須包含此三項變因改變的教學。

研究者由開放式的提問「試試看，怎麼樣可以改變聲音的高低？」讓學生自行摸索改變聲音高低的方式，然後透過學生的發表後，再將此三種改變聲音高低的方式一一和學生探討。

#### (1)調整弦的鬆緊：

研究者所設計的玩具古箏，學生發現可以在玩具古箏的左右兩邊扣上「迴紋針」或「小木筷」後(如圖 4-8 所示)，透過旋轉迴紋針的方式調整弦的鬆緊，達到改變音階的效果。有的同學直接用手將弦卡緊來觀察。在聲音高低的變化的觀察上，學生皆可以發現「弦越鬆，聲音低，弦越緊，聲音高的概念」。

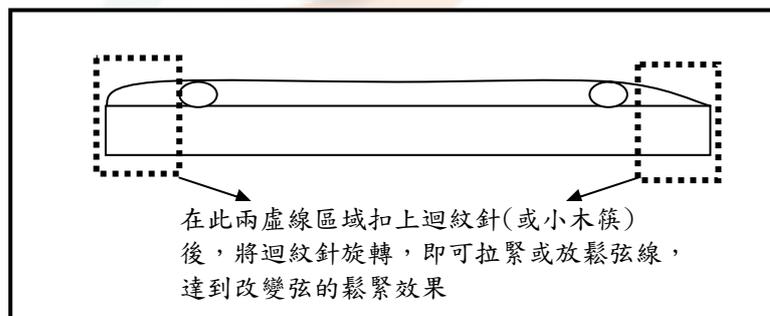


圖 4-8 「玩具古箏」調整弦的鬆緊方式

T：現在請你們試試看，怎麼樣可以產生聲音的高低？

(學生嘗試改變聲音的高低)

T：你找到什麼方法可以改變聲音的高低？

S09：拉線，拉緊和拉鬆

S06：把竹筷子插入弦中旋轉，筷子轉的越緊，聲音就越高。

S14：像吉他一樣。

T：S06 的做法轉越多圈聲音越高，其實讓弦作什麼改變？

S14：拉緊

(教師在黑板陳列關係圖)



T：在這個部分來說，影響聲音高低的是弦的…  
S：鬆緊

(撥-教學觀察)

在這個教學歷程中，可以看見學生的創意，學生會利用現有的素材，創造改變聲音的高低的方法。

(2)調整弦的長短：

由於學生之前進行「單弦琴」時已經有卡上橡皮擦，模擬音柱改變弦的長短經驗。因此在進行「玩具古箏」活動觀察時，部分學生很自然地在弦的中間放置竹筷做為「音柱」，如此便可以按住竹筷撥彈，改變弦的長短(圖 4-9)。

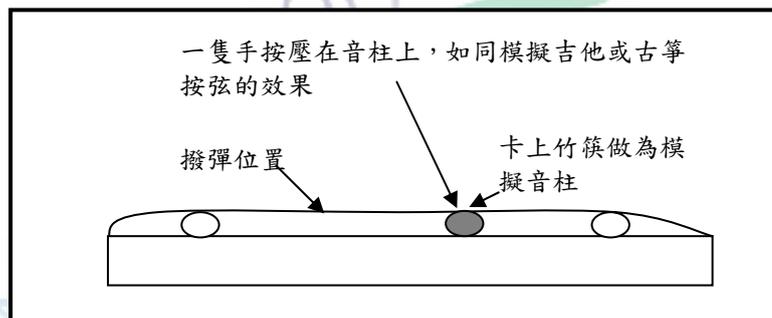


圖 4-9 「玩具古箏」模擬音柱操作說明

由於玩具古箏中間的音柱與兩旁弦的支撐全都是使用衛生筷製作，因此中間的音柱並不會有特別凸出的高度(與單弦琴橡皮擦卡住有突出高度不同)，因此學生如果沒有按住音柱撥彈，就相當於我們在彈吉他時，不按音柱撥彈一樣，屬於空弦撥彈，可見「玩具古箏」與「吉他」的發聲原理與操作十分地接近。和吉他不同的地方在於，當我們調整音柱位置撥彈時，可以請學生都試試「撥彈弦兩方」，如此對於「弦的長短」與「聲音高低」觀察，更容易連結。(圖 4-10)

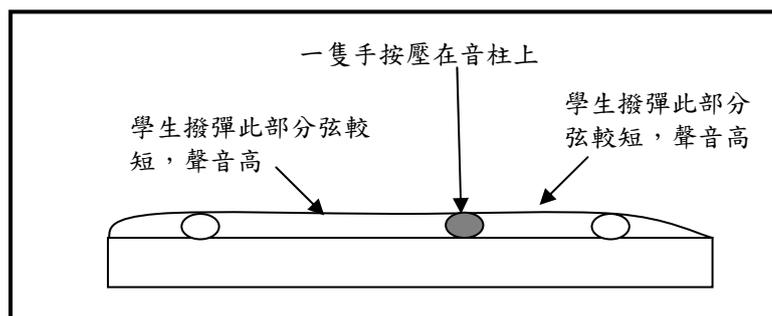


圖 4-10 「玩具古箏」按壓音柱，可同時測試兩邊發聲的操作說明

研究者應用玩具古箏的操作優勢，分別請學生觀察「不按音柱撥彈」與「按下音柱撥彈」有什麼不同；更讓學生比較「按下音柱時，撥彈琴弦的兩邊，聲音有何不同？」很快地就學生可以比較兩者的不同，並觀察出「弦短聲音低，弦長聲音高」。

- T：按住彈彈看，放開再彈彈看…如果按住弦(按在琴柱上)，聲音會變…  
S09：比較高  
T：手按住聲音會變高還是變低？  
S：變高  
T：按住是改變弦的什麼？  
S02、S09：振動  
T：他是改變弦的什麼才改變振動？  
S：振動的大小、快慢、面積  
T：按住是不是把弦分成兩邊，你彈其中一邊看看另一邊會不會動？  
S：不會  
T：如果沒有按住是…  
S：全部都在動  
T：所以按住是影響弦的  
S：振動、長短  
T：我按下去是變長還是變短？  
S：變短  
T：聲音會變…  
S：高  
T：如果是長的呢？聲音會變…  
S：低  
T：我們再試試另一種方法..你按住中間的筷子(音柱)，然後分別彈筷子的兩邊，看看兩邊的聲音有什麼差別？  
S：不一樣  
T：怎麼不一樣，哪邊聲音比較高？  
S：……(因為大家音柱位置不同，所以答案紛亂)  
T：弦比較長的，聲音如何？比較高還是比較低？  
S：比較低。  
T：弦短的聲音…  
S：比較高。  
T：所以聲音的高低和弦的長短有什麼關係？  
S：長的聲音低，短的聲音高。

(撥-教學觀察)

此部分的教學，研究者特別請學生觀察「音柱會將玩具古箏的弦分成 2 邊，撥彈其中一邊時，另一邊不會振動」其目的就是讓學生釐清聲音的產生，是在自己撥彈的那一邊，另一邊並不會受到影響。

(3)「弦的粗細」與聲音高低關係：

如前所述，在此階段的教學前，研究者使用的都是單弦的玩具

古箏，直到此部分的教學，研究者才請學生抽出音柱(竹篾)，綁上另一條弦，讓學生觀察兩條弦之間的差別。請學生移開音柱進行撥彈比較，同樣也是為了教學單純化的考量，因為，如果要請學生按下音柱觀察，音柱的擺放方式，會影響學生的觀察結果。(如圖 4-11)

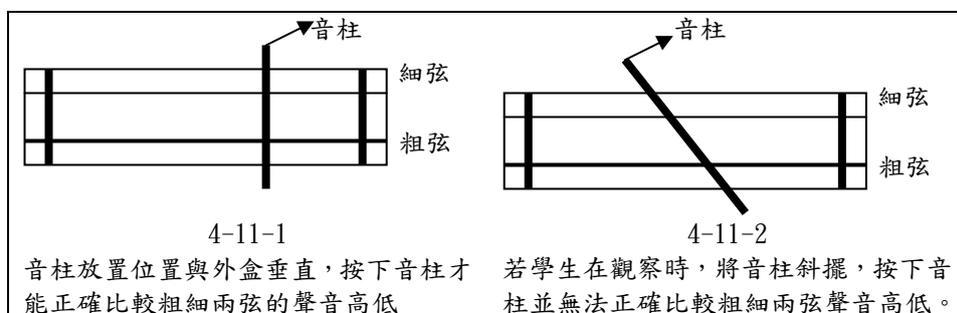


圖 4-11 「玩具古箏」比較「弦的粗細與聲音高低」時的擺放方式說明

T：現在老師發下另一條較粗的弦，請你把它綁上去，像老師這樣（老師拿成品示範）

T：請把中間的竹篾(音柱)拿掉，我們現在不需要它。

T：請你彈彈看，這兩條弦有沒有聲音的高低？

S：一個有彈性一個沒有彈性

T：其實兩個都有彈性

S：一個彈性比較明顯

T：不過主要原因不是因為彈性。

S18：粗的和細的

T：粗的聲音比較高還是比較低？

S：比較低

T：比較細的呢？

S：比較高

T：(畫上關係圖)

粗線 → 聲音低

細線 → 聲音高

(撥-教學觀察)

研究者在進行此部分的教學時才意外發現，研究者選擇線材的時候，只選擇粗細，未注意到兩種線的彈性不同，因此，學生有「彈性不同」的說法出現。研究者向學生說明「細的線比較軟，所以感覺起來比較有彈性，粗線比較硬，所以感覺起來比較沒彈性」，運用這樣的解釋讓學生不要將注意力放在弦的彈性上（雖然這樣的說明方式不盡然正確），但這也說明了線材的選擇上，也是需要注意的問題（撥-教學省思）。

#### (四) 精緻化階段—吉他

吉他是學生最容易見到，教師也比較容易取得的撥彈樂器，在各版本

的教科書中，也以吉他作為聲音教學的素材，因此研究者以吉他作為撥彈樂器精緻化階段的教學樂器。

吉他的振動現象比研究者所使用的「單弦琴」與「玩具古箏」還清楚。只是就研究者以往在自然科的教學歷程中，常常因不容易準備到各組一把吉他進行教學，或者因為吉他不足，無法讓各組都能操控與觀察吉他的發聲原理，光是在設備的取得上就已經對教學者造成困擾。此外，由於吉他是屬於真實樂器，其結構較為複雜，因此學生在許多聲音概念的推展上，常常會因其結構的複雜而無法有效掌控變因進行觀察，以致學習觀察無法聚焦<sup>1</sup>。

在本次的教學中，研究者發現，透過樂器玩具的製作，讓學生有足夠的操作經驗後，研究者使用吉他進行精緻化教學時<sup>2</sup>，學生在推論吉他的發聲原理上，尚屬順利。

- T：吉他有幾條弦  
S：六條  
T：這六條弦有什麼不同？  
S：粗細  
S：有的是鐵的，有的是塑膠的。  
T：這一個（教師彈細弦）和這一個（教師彈粗弦）哪一個聲音比較高（老師彈不同粗細的尼龍弦）  
S：第一個，因為第一個線比較細  
T：所以音比較高，第二線比較…  
S：粗  
T：所以聲音比較  
S：低  
T：吉他怎麼控制聲音的高低？  
S03：轉上面那一個（指調音器）  
S16：按（指按指板）  
T：我如果轉這邊（調音器）可不可以改變高低？  
S：可以  
T：轉這邊（調音器）是調整什麼？  
S：鬆緊會不一樣。  
T：越緊聲音越…（教師一邊撥彈一邊調緊）  
S：越高  
T：越鬆聲音越…（教師一邊撥彈一邊調鬆）  
S：越低  
T：好我現在按（教師按住一條弦），如果我彈，現在會動的是上面的弦還是下面的？  
S：下面的  
T：按住等於弦變…  
S：短

<sup>1</sup> 例如：學生會認為吉他音箱的空氣振動產生聲音、吉他的音箱是影響聲音大小的因素……等。

<sup>2</sup> 研究者在進行精緻化教學時，僅使用一把吉他使用示範的方式進行。

T：(教師撥彈) 聲音有沒有變高？  
 S：有  
 T：好接下來這個(教師按音格「遠離琴頭」然後撥彈細弦)、和這個(教師按音格「靠近琴頭」然後撥彈細弦)，哪一個聲音比較高？  
 S：第一個  
 T：這個(教師按音格「遠離琴頭」然後撥彈細弦)、和這個(教師按音格「靠近琴頭」然後撥彈細弦)，哪一個弦比較短？  
 S：第一個  
 T：是嗎？不是線就這麼長嗎？  
 S：不是，按住就變短了。  
 T：手按住的時候我彈這裡(音箱口)，上面(指按住地方到琴頭的部分)會不會動？  
 S：不會  
 T：所以實際上弦動的地方在哪裡？在這一段(指按住以下的位置)。  
 T：所以要發出高音，要讓弦變長還是變短？  
 S：短 (撥-教學觀察)

教學前，研究者原本猜想「學生是否會懷疑聲音的大小與音箱有關？如果有學生提出是否要進行音箱功能的教學？」但在教學中，沒有學生提到這樣的想法，研究者推想，或許因為前述「樂器玩具」沒有音箱也會有聲音的大小與高低，因此在研究者使用吉他進行教學時，學生並沒有特別提出此類問題。

不過，研究者也發現，研究者使用一把吉他示範的方式進行教學，有兩個缺點：

1. 吉他的聲音非常小，當成為教師示範教具時，現場一定要安靜，才能聽到琴弦所發出的聲音，或者教學者必須到各組撥彈，各組同學才聽得到清晰的聲音。
2. 教師在進行各項操控時，學生無法清楚看到老師的操作情形。

或許奠基於先前撥彈樂器玩具的教學概念，學生在進行此部分的學習時，皆能說出吉他的發聲原理。研究者省思：在教學中如果能夠輔以圖解的方式加上指標說明，或許學生能更清楚地呈現教學者按的位置，及振動弦的長度。或者，運用吉他的「移調夾」來取代教師按弦，也能夠清楚標示出弦按的音格以及弦的長度<sup>1</sup>。

### 三、吹管樂器的教學

由於吹管樂器的主要發聲振動體是空氣，對學生來說，是最不容易觀察項

<sup>1</sup>教學者必須先明確說明移調夾的用法及功能，以避免產生其他概念。

目，因此研究者將「吹管樂器」放在聲音教學最後一項使用的樂器。在現行教材中，「高音直笛」是各版本教科書在指導「聲音」單元時會使用到的吹管樂器。然而，「高音直笛」看似簡單，但學生似乎不容易理解其發聲的原理。

由研究者教學前的學習單以及聲音概念的相關研究來看，「高音直笛」因其構造上含有「氣窗」及「控制聲音高低的指孔」，讓學生對於直笛的發聲，多聚焦在「氣窗」上，認為聲音是「空氣摩擦氣窗」產生的，在解釋聲音的概念時，常會用「空氣摩擦的大小」或「空氣經過氣窗的快慢」來解釋。目前許多教科書只有在「聲音的高低」活動中，討論高音直笛「空氣柱的長短與聲音高低」的關係，可見在教學上使用直笛進行「直笛是如何產生聲音？」、「直笛聲音的大小與空氣振動關係」的闡述，具有其困難度。

- T：撥彈樂器能夠發出聲音主要是因為弦振動。直笛呢？  
S06：因為有洞所以可以發出聲音。  
S13：裡面的空氣和管子振動。  
T：我吹了以後為什麼能夠發出聲音？  
S09：因為氣從洞跑出來。  
T：請你將你的想法寫下來。(教學前請學生寫下對於直笛產生聲音的想法)  
(學生書寫學習單)  
T：請每一組的2號起來發表你的看法。  
S08：吹會發出聲音，因為空氣會振動  
T：哪裡的空氣  
S08：一個洞一個洞的地方  
S26：因為吹直笛的時候管子裡面的空氣振動摩擦所以會有聲音。  
S28：因為笛子有洞，所以壓住的時候空氣會在裡面，沒有壓住洞口空氣會跑出來所以會發出聲音。  
S05：吹笛子時，笛子裡面的空氣振動，所以會有聲音  
S04、S25：因為空氣和空氣撞擊所以會有聲音  
S20：因為空氣來回繞動而產生聲音。  
S16：管子裡的空氣和管子一起振動。(吹-教學觀察)

綜上所述，研究者在構思使用聲音教學的樂器玩具上，就必須以「樂器單純化」作為主要的設計考量，研究者在本研究設計以簡單的「吸管笛」及「吸管排笛」做為吹管樂器的教學素材。

#### (一)「吸管笛」的教學

吸管笛是將沾濕的棉球套在鐵絲上，再塞入粗吸管中，靠著鐵絲伸縮拉動調整吸管的空氣柱產生高低不同的聲音。(圖 4-12)



圖 4-12 吸管笛製作完成圖暨結構圖

在製作「吸管笛時」，要注意的是「棉球」的使用。如果使用的棉球是已經揉好的消毒棉球，因不容易被固定在鐵絲上，在操作時棉球容易脫落，造成操作上的困擾；如果使用盒裝的脫脂棉自行抽取適量棉花揉製棉球，比較容易控制棉球的緊實度，也容易透過操作緊緊將棉花勾在鐵絲上，操作時較不易脫落。

在教學過程中，研究者發現，學生將鐵絲抽離，用手指直接堵住吸管底部的洞口來吹奏，就可以產生響亮的聲音。因此，研究者在進行「聲音的來源」與「聲音的大小」兩部分的教學時，讓學生單純只用手堵住吸管進行操作，在進行「聲音的高低」教學時，再請學生套上鐵絲進行操作。

### 1. 【聲音的來源】

研究者請學生將吸管底部洞口堵住，直接吹「吸管笛」，觀察吸管發出聲音時的現象，學生能夠感覺到吸管的振動，但是卻無法體會空氣的振動，認為「聲音只是由吸管振動」而來。

T：你吹吸管的同時還感覺到什麼現象？

S：振動

T：什麼東西在振動？

S21：吸管

(吹-教學觀察)

為了將「空氣振動」引入學生的觀察，研究者試圖讓學生感覺自己吹「吸管笛」時，是吹吸管內的空氣而非吸管，希望學生藉此引發「空氣的振動」的想法。但仍有部分學生還是認為聲音的來源在於吸管的振動，也有部分學生即使他已經感覺到氣體的流動，但將他歸類為「風」產生聲音。

T：好，第二個問題，吸管為什麼會振動？

S22：吹很大力

T：你有吹吸管讓他動嗎？你是吹吸管嗎？

S09：吹吸管的裡面。

T：裡面的什麼？

S：空氣

T：所以我們不是吹吸管是吹什麼？

S：空氣  
T：讓空氣怎樣？  
S：振動  
T：那吸管為什麼也會動？  
(S 沒有聲音)  
T：你吹進去的時候，然後呢？吸管是誰讓他振動的？  
S：風  
T：風就是什麼？  
S：空氣  
T：所以我吹的時候實際上是吹吸管裡的…  
S：空氣  
T：然後呢？空氣再碰到誰？  
S：吸管  
T：所以吸管也會…  
S：振動  
T：我們吹會有聲音，主要是因為裡面的空氣動還是外面的吸管動？  
(學生一陣喧嘩)  
T：裡面的空氣振動，對不對？如果裡面的空氣沒有振動？外面的吸管會不會振動？  
S：不會  
T：所以管樂器主要是誰振動？  
S：空氣(回答人數並不多，還有小聲的回答吸管)

(吹-教學觀察)

研究者認為，在敲擊樂器或撥彈樂器時，「敲擊」或「撥彈」施力，使物體產生振動容易被觀察出來，但空氣是用「吹」的方式來引發振動，且空氣的振動無法被觀察，學生只能感覺到吸管的振動，所以要讓學生認為「空氣在振動」這件事是有些難的，即便我們前面已進行了四種樂器的聲音概念教學，也僅有少數學生能接受。(吹-省思)

## 2. 【聲音的大小】

在這一階段的教學，有少數幾位同學在投入階段引出想法時，已經呈現「空氣振動大小」的想法。不過，畢竟「空氣振動」是看不見的，學生在學習此部分的概念時，所依賴的是能類推先前在「敲擊樂器」與「撥彈樂器」中學到的概念。為使抽象的空氣振動能更容易被學生接受與類推，研究者在進行此部分的教學時，配合板書繪製關係圖，希望學生的概念能更明確。

T：怎麼樣才有比較大的聲音？  
S：吹大力  
T：請你試試看，怎麼樣才能吹出比較大的聲音？  
S：吹大力  
S14：還有下面壓緊一點。  
T：壓緊和吹大力，誰是主要影響聲音大小的因素？  
S：吹大力

T：為什麼吹的越大力聲音會越大？  
 S02：空氣越大  
 S14：空氣振動的越大  
 T：跟這兩位同學一樣的請舉手  
 （約一半的學生舉手）  
 T：為什麼吹的越大力聲音會越大？  
 S09：反彈得比較快  
 S14：摩擦的力量更大  
 T：好，請你摸著吸管，你吹得很大力與吹小力有什麼差別？  
 S12：一個振動比較小，一個振動比較大  
 T：為什麼你吹得很用力，吸管的振動比較大？  
 S：因為聲音比較大  
 T：聲音比較大是結果  
 S07：因為吹的空氣比較多  
 （教師畫關係圖在黑板上）

用力吹 → 裡面的\_\_\_\_振動\_\_\_\_ → 吸管振動\_\_\_\_ → 聲音\_\_\_\_

T：我們剛才已經說過，我們吹不是吹吸管，是吹什麼？  
 S：裡面的空氣  
 （教師在空格中填上裡面的空氣）  
 T：裡面的空氣會怎樣？  
 S：振動、振動的比較大。  
 T：我們吹的時候是裡面的空氣先振動對不對？  
 S：對  
 T：我們吹大力吹小力對裡面的空氣有什麼差別？  
 S：吹小力振動比較小、吹大力振動比較大  
 T：完成以下板書

用力吹 → 裡面的 空氣 振動 大 → 吸管振動 大 → 聲音 大

T：所以你要先搞清楚，主要振動的是誰？  
 S：空氣  
 T：如果我用力吹，空氣振動還是很小，後面會不會聲音大？  
 S：不會  
 T：完成以下板書

用力吹 → 裡面的 空氣 振動 大 → 吸管振動 大 → 聲音 大  
 輕輕吹 → 裡面的 空氣 振動 小 → 吸管振動 小 → 聲音 小

T：所以影響聲音大小最主要的部分是？  
 S：空氣振動（教師將空氣振動圈起來）（吹-教學觀察）

用關係圖填空的方式呈現，學生會去思考，「用力吹」與「吸管振動大小」之間還存在著「空氣振動」的過程，因為我們在吹奏時，是吹「空氣」讓空氣振動，而不是直接吹「吸管」讓吸管振動。

### 3. 【聲音的高低】

在進行「吸管笛」聲音高低的教學時，原本研究者預期的是學生能自行摸索後發現「使用鐵絲上下移動濕棉球，調整音柱長短，可吹出不同高

低的聲音」。有趣的是，有位學生在摸索的過程中，因為鐵絲的棉花脫落，因而使用「折吸管」的方式來改變聲音的高低，這也促使研究者發現，另一種簡易樂器的操作模式。在概念引導時，研究者發現「折吸管」吹奏時，學生明顯可以看到吸管變短，但以「拉動棉花」的方式吹奏時，由於吸管的長度不變，研究者將拉動棉花與折吸管的方式互相比較，讓學生了解「吸管的長短不是影響聲音高低的主要因素」，進而思考「空氣」才是影響兩者聲音高低的共同的變因。

- T：怎麼樣控制玩具笛的高低音？  
S09：推上去越高聲音越高，拉下來聲音低。  
S01：推上去聲音高，拉下來聲音低。  
T：你的答案跟他們一樣的請舉手  
（只有3個沒舉手）  
T：現在請各組討論，為什麼推上去聲音高，拉下來聲音低？第4組發現折吸管也可以產生高低音，為什麼？這樣的動作到底是改變了什麼？  
S16：因為會改變吸管的長短。  
T：第4組用折的，因此可以看到吸管變短。可是為什麼推棉花也可以呢？  
S09：因為他把空氣擋住，然後上面的會振動，下面的不會振動。  
S07：因為折起來的時候，長度是這樣，吹的地方也只有那一邊，棉花推進去，會把後面的地方都堵住，只吹到前面的，就跟折起來的是一樣的。  
S26：因為棉花比較高的時候，底下的空氣都沒有了，只有上面那一段空氣，它可以振動到的空氣比較少，只有那一段而已，所以聲音比較高；棉花比較低的時候，比較大一段，振動的空氣比較多了，所以就聲音比較低。  
T：所以不管是折的還是推送的，改變的是什麼東西？  
S：吸管的高低？  
T：還是吸管的長度喔？  
S：空氣的長度  
T：你要知道怎麼改變聲音的高低，你要先知道改變的是誰。  
S：裡面的空氣  
T：所以我要改變聲音的高低，我要改變誰？  
S：空氣  
T：那到底改變聲音的什麼？我將棉花推到一半，振動的部位在哪裡？  
S07：上面那一段空氣  
T：如果我把棉花拉下來振動的是哪一段？  
S：上面那一段  
T：所以我是改變空氣的什麼？  
S07：空氣的長短  
T：我現在要跟大家講一個名詞，因為空氣在管子裡面長長的，像柱子一樣，所以我們把它稱做為「空氣柱」。  
S：空氣柱  
T：所以控制它的就是空氣柱的…  
S：長短  
T：可是剛剛 S26 有提到，空氣柱變長，裡面的空氣變多，所以聲音比較高，  
S09：振動比較慢。  
T：S09 講的更接近答案，所以空氣柱變長，空氣多，比較重，振動就比較慢，聲音低。  
T：如果空氣柱變短，空氣比較少，聲音比較高。 （吹-教學觀察）

研究者使用「空氣柱長，空氣多，比較重，振動較慢，聲音比較低」

的方式進行導入，希望學生能透過「振動」的概念去看聲音的高低。不過，由於空氣的振動是不可見的，此部分的學習研究者認為學生還是不容易了解，但對於「空氣柱長，聲音低，空氣柱短，聲音高」的學習是沒有問題的。(吹-省思)

## (二)「吸管排笛」的製作與教學

在「聲音高低教學」上，許多版本都會提到「排笛」，不過在實際的教學上，教師通常沒有機會可以拿「排笛」到教室上課，教師多僅能依照其結構，使用講解的方式進行。不過，研究者考量「排笛」在觀察吹管樂器「空氣柱長，聲音低；空氣柱短，聲音高」的屬性十分明顯，因此研究者使用「吸管」製作「吸管排笛」，以便學生能在教學時進行觀察。

吸管排笛是藉由不同長短的吸管組合而成(圖 4-13)，在吸管的下方使用黏土將吸管封住一邊，學生藉由「剪吸管」來控制聲音的高低，並將不同音階的吸管使用寬膠帶黏貼起來，即可完成。在製作上來說，不論是取材或實務製作，對學生而言都十分容易完成。不過在實務操作時，研究者發現，學生將「吸管剪太短」或「吸管底部黏土塞不緊」這兩種情形，都會影響讓學生無法吹出聲音。



圖 4-13 吸管排笛製作完成圖

在此部分的操作上，研究者在製作吸管排笛前，只讓學生看到成品，並發下工具讓學生們自行操作，讓學生透過一邊摸索、測試的方式發現吸管長短與聲音高低的關係，在學生製作完成吸管排笛後，再和學生們討論相關的聲音概念。

### 1. 【聲音的來源】

學生延伸在進行「吸管笛」時所學到的概念，在研究者向學生提問「吸管排笛為什麼會有聲音？」時，多數學生已經能夠使用「振動」的角度來解釋。

T：為什麼吸管排笛能夠發出聲音？

S：裡面的空氣要振動

T：會有聲音主要是因為吹還是空氣振動？

S：空氣振動

(吹-教學觀察)

由於「吸管笛」與「吸管排笛」都屬於吹管樂器，發聲的原理相同，吹奏的方式也一樣，因此，學生很快的將兩者連結在一起，同時，也能夠強化之前學習過的概念，使「空氣振動」的概念更穩固。

## 2. 【聲音的大小】

在聲音的大小部份，學生還是會集中在「用力吹」→「聲音大」的構思上，還是需要經過老師提醒，才會注意到「空氣振動大」這一件事。所幸，先前研究者在「吸管笛」的教學中透過圖解向學生說明，因此在此部分的教學歷程，研究者稍微提醒學生一下，學生就能夠注意到「空氣振動」的問題。

T：怎麼樣讓它產生大小聲不同的聲音？

S：用力吹

T：用力吹，聲音大，中間還有什麼？

S：裡面的空氣振動大。

(吹-教學觀察)

學生無法直接回答「讓空氣的振動大，聲音就會大」，仍然直覺的認為吹力大小會影響聲音大小，還是會忽略了空氣振動的大小。

## 3. 【聲音的高低】

聲音的高低方面，學生在操作時，會因為無法看到空氣，因此僅將注意力集中在「長短不同的吸管」，因此學生會認為「聲音高低是受到吸管的長度影響」，忽略「吸管內的空氣柱長短」。

T：你剛才怎麼樣去控制排笛的高低音？

S：越短的越高，越長的越低

T：吸管的長短可以控制聲音的高低，中間是影響了什麼？

(研究者版書)

吸管的長短 →  →

S13：空氣的長度

S26：空氣柱

S07：空氣柱的長短

T：吸管越長、空氣柱越…

S11：長，聲音越低

T：主要影響排笛聲音高低的，主要是吸管的長短還是空氣柱的長短？

S11：空氣柱的長短

(吹-教學觀察)

研究者在教學的歷程應用關係圖，以填空的方式請學生思考，「改變「吸管的長度」是影響了什麼？」學生或許因為先前學習吸管笛的經驗，很快就聯想到「空氣柱的長短」影響聲音的高低。

### (三) 精緻化階段—高音直笛

如前所述，研究者認為「高音直笛」因其結構複雜之因素，難以應用它作為「引導」學生學習聲音概念的素材。不過，研究者考量它對學生來說，是一項十分熟悉的吹管樂器，因此在精緻化階段，研究者安排使用「高音直笛」做為精緻化的教學素材，試圖觀察學生是否能將先前研究者使用「吸管笛」、「吸管排笛」所學到的聲音概念應用在真實樂器中。

在「聲音的來源」引導上，由於「高音直笛」的構造多了控制音階的洞孔，「吸管笛」不太相同。學生會因「吸管笛」沒有洞孔也能發出聲音，因此排除「吸管的洞」會發出聲音的想法。

T：為什麼我吹就會有聲音？

S09：因為有很多洞。

S：跟吸管笛一樣。

T：怎樣一樣？如果我都不按，吹會不會有聲音？

S：有

T：按著有沒有聲音？

S：有

T：所以主要的原因是洞嗎？

S：不是，是吹

T：吹這個動作是把你的氣灌到哪裡去？

S：笛子裡面

T：吸管笛吹會發出聲音，是因為誰在振動？

S：裡面的空氣

T：直笛吹會發出聲音，是因為誰在振動？

S：裡面的空氣。

(吹-教學觀察)

在「聲音大小」的引導上，由於空氣是看不見的，因此學生還是會將注意力關注在「吹力大，聲音大」的概念上，研究者為了告知學生「吹力大不一定聲音大」，因此使用堵往直笛窗口的方式，挑戰學生的錯誤概念。

T：直笛要怎樣才能吹大聲與小聲？

S：吹大力聲音就會很大，吹小力聲音就會小。

T：現在我吹很大力，你看看會不會有很大聲音。

(教師將氣窗按住用力吹)

S：老師你壓住了，老師要全部放開用力吹才會很大聲。  
 T：所以我用力吹一定很大聲嗎？  
 S：不一定  
 T：壓住不壓住到底控制什麼東西？  
 S02：堵住空氣振動變小，  
 T：如果我壓住有沒有空氣在振動？  
 S：有，很小  
 T：所以，我吹大力，空氣振動小，聲音會…  
 S：小  
 T：所以要讓直笛發出很大的聲音，主要影響的因素是哪一個？  
 S：空氣的振動  
 T：空氣振動的什麼？  
 S：空氣振動的大和小

(吹-教學觀察)

由以上的對話可知，學生對於「吹力大，引發空氣振動大，所以聲音大」的概念認知與回答，其實是基於之前「樂器玩具」教學所學習而來。雖然研究者了解，「氣窗」的功能，主要目的是「透過氣窗引發直笛管內空氣的振動產生聲音」；堵往直笛的「氣窗」，即使你用力吹，因無法引發直笛管內劇烈的空氣振動，其發出的聲響較小。研究者很意外 S02 學生會給予「堵住空氣振動變小」的答案，在教學過程中，研究者考量抽象的空氣振動概念對學生來說已經十分難以理解，且擔心額外的解釋會引發學生認為「直笛發出聲音，是因為空氣流出來與氣窗摩擦而來，而並非空氣柱的振動」因此並未針對上述對話做更多細節的陳述。(980609 教學觀察)。

在「聲音高低」的引導上，研究者發現，在操作上高音直笛是以按指孔的方式來改變空氣柱的長短，來控制聲音的高低，但學生比較容易注意到「按洞孔」的動作，卻不容易觀察空氣柱的長短變化，因此在教學時，研究者必須使用繪圖方式，繪畫出空氣柱的位置，學生才能注意到空氣柱長短的變化。

T：那直笛呢？  
 S13：按住全部比較低  
 T：為什麼按住全部比較低？  
 (學生一陣喧嘩)  
 T：用吸管笛去推論。  
 (教師邊繪製直笛簡圖，本文直接以圖形示意)  
 T：有沒有發現，全按的時候比較長。(比劃圖形為整枝笛子的長度。)  
 T：按一半(第 4 個洞)的時候到這裡就沒了。(比劃圖形為



整枝笛子 1-4 洞孔的長度。)

T：這兩種按法笛子有什麼差別？用吸管笛去想。

S：長度

T：所以直笛也是用什麼來控制聲音的高低？

S：空氣的長度。

(吹-教學觀察)

透過繪圖，學生能夠觀察到空氣柱的長短變化，進而思考空氣柱的長短與聲音高低的關係。

#### 四、聲音概念教學的綜合性評量

研究者在本研究設計中，先分別以敲擊、撥彈、吹管「樂器玩具」進行聲音概念的探索與教學後，在本階段研究者將應用「玻璃杯裝水」的實驗探討，作為本研究整個聲音概念教學的精緻化及綜合評量活動。

不過，研究者在進行本階段的教學活動時，為檢視學生的聲音概念學習情形，在進行此項教學活動時，研究者並無提供真實情境讓學生操作實驗，僅用圖形方式在黑板上佈題提問。

首先，研究者在黑板上畫了三個相同的玻璃杯分別裝不同高度的水（圖 4-14），研究者在佈題時並不提供任何情境（例如吹杯子，或是敲杯子等），僅給學生一個問句「你認為哪一個杯子聲音最高？」，研究者藉此觀察，在這麼開放的問題下，學生是否能發現問題。

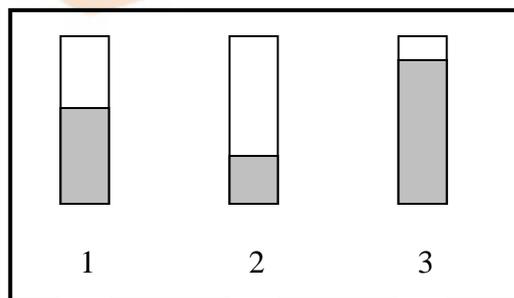


圖 4-14 研究者進行「玻璃杯裝水」提問時，在黑板繪製圖形

T：哪一個聲音最高？（學生一陣喧嘩）

T：贊成第 2 的請舉手。（約 80%舉手）

T：為什麼？

S：因為水越低聲音越高。

S26：可是空氣柱最長耶！

S：那應該是 3

(綜-教學觀察)

剛開始學生大多數認為 2 號聲音最高，因為水最低，直到某一位學生提出不同的看法：2 號的空氣柱最長，大家的想法又傾向 3 號的聲音最高，因為空氣柱最短。由此可知，學生已經知道物體的「長短」會影響聲音的高低，但仍無法確認哪一個物體的長短才是影響聲音高低的主要因素，這樣的對話似乎發現研究者應該設定更多的條件。因此，研究者開始設定情境讓學生思考。

(敲杯子的情境設定)

T：如果我拿東西去敲杯子，聲音怎麼來的？

S：水的振動、杯子振動？

T：我敲的時候振動到誰？

S16：杯子振動到水

T：所以聲音的高低我要看水還是看空氣？

S：水

T：所以因為水振動，所以看水，越長的聲音越…

S：低

T：所以最高的是…

S：2

(吹杯子的情境設定)

T：如果是吹的，哪一個最高？

S：3

T：為什麼？

S14：因為空氣越短，聲音會越高

T：如果我用吹的聲音來源是誰？

S27：空氣

T：所以這裡哪一個聲音會最高？

S：3

T：為什麼？

S：因為空氣柱比較短

T：所以你會發現，要找出聲音的高低，首先要確定聲音的來源。要看誰在振動。

(綜-教學觀察)

由以上的對話我們可以發現，學生似乎很快地就能夠進入聲音的思考概念，並且述說出來。顯見研究者在每種樂器皆和學生重複討論「聲音的來源」、「聲音的大小」、「聲音的高低」，是有助於學生鞏固其概念學習的。

## 五、音色概念教學

音色概念之教學，由於其屬性較為獨立，因此在本研究設計中，安排學生學習「各類樂器的聲音概念後」才進行有關音色的教學。

研究者認為音色概念要從「辨別聲音的不同」為起點。因此研究者集合了先

前學生操作過的所有樂器玩具，讓學生以「聽聲音，猜玩具」的活動進行切入。在教學的過程中，學生能分辨各種不同的聲音。

研究者讓學生思考為什麼他們能分辨這些聲音是哪些樂器所發出來的，多數學生都會認為「我曾經聽過」，所以我知道這是什麼樂器的聲音。學生認為，「聽過且知道這個聲音，所以記得，然後可以辨認」，學生並不會使用「音色」的概念，畢竟這個名詞所代表的意義學生並未被教導。

T：為什麼你聽得出來，這些聲音分別是哪些樂器發出來的？

S21：因為有些聲音大有些聲音小

T：還有沒有別的說法？

S26：聲音不同

T：還有沒有別的看法？

S07：因為有些是撥彈樂器，有些是敲擊樂器

T：好，為什麼你能夠知道不一樣？

S03：因為振動的地方不一樣

T：很好，那你怎麼知道聲音不一樣？

S02：因為我們聽過每一種樂器，所以就知道這一種樂器的聲音。

(音-教學觀察)

為了切入「音色」的概念，研究者嘗試請學生辨別兩種不同的聲音：敲塑膠盒及紙盒，再引導學生思索「為什麼可以知道老師敲了兩種不同的東西」，希望藉由這樣的引導讓學生體認「聲音原本就有不同的特質可被分辨」，以帶入「音色」名詞介紹給學生認識。

(教師敲擊塑膠板及紙箱)

T：這兩個聲音有沒有一樣？

S：沒有

T：你能不能確定我敲的是什麼？

S：紙盒、櫃子、鉛筆盒…

T：你有沒有發現，這時候大家不能夠那麼確定是什麼東西了。

S：因為我們沒有聽過

T：可是你們 28 位全部都可以知道兩個聲音不同。所以，你知道聲音不同是因為你聽過嗎？

S：不是

S26：兩種本來就不一樣

T：兩種聲音本來就不一樣，好我們來公布答案。(教師公布兩種聲音來源)

T：所以我們可以確定聲音的不同，不是因為我們聽過或看過，而是因為怎樣？

S02：可是我們要聽過才知道是什麼發出的聲音。

T：對，你雖然不知道是什麼東西，可是你可以知道兩個聲音並不一樣。為什麼你知道他「不一樣」？

S02：因為聲音不同

T：介紹一個名詞「音色」，每個人或每個東西發出來的音色會不一樣，所以你可以分辨得出不一樣。

(音-教學觀察)

由此部分的教學，研究者認為「音色」是需要被獨立教導的名詞，學生如果

有學習這個名詞，或許更能夠透過這個名詞了解「不同聲音有其特色」的意涵。比較不容易使用「因為我聽過，我記得，所以我能辨認」的方式來思考。雖然，這樣的思考方式並不一定是錯誤的解釋方式，但就「聲音」的專家概念來看，是與專家概念不太相符的。



## 第二節 學生聲音概念探討

本節將探討研究者運用「聲音概念二階段試題」為工具，針對全班 28 位學生檢測研究者教學前與教學後，學生概念改變情形。研究者為深入了解學生概念情形，在教學結束後除進行後測外，並以「聲音概念二階段試題」題目為訪談結構，針對研究者教學班級的學生進行個別訪談。

以下研究者依據本研究所探究的聲音概念，以「聲音的來源」、「聲音的大小」、「聲音的高低」及「音色」四項核心概念主題，依序呈現學生的學習概況。調查結果的撰寫，為便於陳述與說明，研究者在呈現題目時，在每個選項前加入代碼，以便於使用代碼進行內容的陳述。代碼的表示方式如圖 4-15 所示，如果

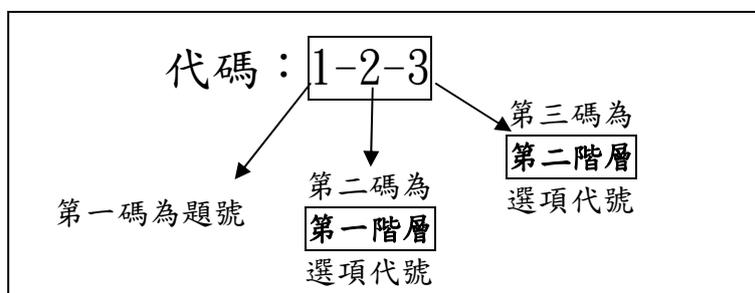


圖 4-15 二階層試題選項代碼說明

是「第一階層選項」，為「前兩個代碼」，如：1-2 表示第 1 題，第二階層選項代號為 2。如果是第二階層的選項，使用三個代碼，如：1-2-2 表示第一題，第一階層的代號 2，第二階層代號為 3。

研究者進行資料分析時發現，極少部分學生在撰寫二階層試題時，僅勾選第一階層的選項，第二階層的選項並未勾選，因此有部分試題第二階層之勾選人數未達總數 28 人。

### 一、【聲音的來源】—學生概念分析

聲音的來源是由物體振動產生的，發出聲音的物體本身會振動。在試題中的(二)～(六)題，是藉由各種不同樂器，來檢測學生對於不同樂器聲音的產生方式的詮釋。

i. 學生對於聲音來源的看法

題目 1：小朋友，請問你覺得為什麼會有【聲音】呢？

表 4-2 「聲音概念二階段試題」第 1 題前後測答題情形

| 第一階層選項              | 前測 |       | 後測 |       |
|---------------------|----|-------|----|-------|
|                     | 人數 | 百分比   | 人數 | 百分比   |
| 1-1 我覺得聲音是因為碰撞產生的   | 17 | 60.7% | 2  | 7.2%  |
| 1-2 我覺得聲音是因為空氣振動產生的 | 4  | 14.3% | 15 | 53.6% |
| 1-3 我覺得聲音是因為物體振動產生的 | 7  | 25%   | 11 | 39.3% |

| 第二階層選項                                      | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
|---|-----------|-----------|
| 1-1-1 兩個東西撞在一起，或是讓它產生摩擦，就會有聲音。              | 8         | 0         |
| 1-1-2 東西撞在一起，會產生音波，所以會有聲音。                  | 9         | 2         |
| 1-2-1 物體碰撞或摩擦以後，會振動到旁邊的空氣，空氣就會產生振動，所以有聲音。   | 3         | 9         |
| 1-2-2 兩個物體撞在一起後，聲音就會跑出來，傳到空氣裡，空氣會流動，把聲音傳出來。 | 1         | 6         |
| 1-3-1 物體有振動，才会有聲音。物體沒有振動就不會有聲音。             | 5         | 4         |
| 1-3-2 物體有振動，旁邊的空氣就會振動，空氣振動就會有聲音。            | 1         | 7         |

由表 4-2 可看出，學生在教學前大多數認為聲音是由碰撞產生(1-1)，教學後僅有 2 位學生選擇此一項目，絕大多數學生改填聲音是由空氣振動產生(1-2)及聲音是物體振動產生(1-3)，由此可看出經過聲音的教學後，學生多會使用「振動」的角度來解釋聲音的來源。但對於究竟是「空氣振動」或「物體振動」會有疑慮。就物理上包含的定義來看，物體包含空氣，因此在物理的定義上為「物體振動產生聲音」是比較周全的概念，但這對學生來說，「物體」是一個空泛的概念，好像比較容易接受「空氣振動」。

研究者深入訪談後發現，部分學生會選擇空氣振動，是認為物體撞擊之後，振動到旁邊的空氣，空氣也必須振動，我們才能聽到聲音，因此認為，空氣振動是直接影響因素；也有學生表示，「物體振動、空氣也要振動」我們才聽得到聲音，所以他們選「空氣振動」。

S05：物體振動產生的。

T：是物體振動就有聲音，不振動就沒有聲音，還是物體振動旁邊的空氣振動才有聲音？

S05：物體振動。

T：你覺得跟空氣沒有關係，只要有振動就有聲音，沒有空氣一樣會有聲音，是嗎？

S05：應該不對。物體振動，空氣振動才会有聲音。

S25：物體振動產生的。旁邊空氣也要振動才会有聲音。

(訪 05)

ii. 學生對於鐵琴聲音來源的看法

題目 2：  
 下圖是一個鐵琴，鐵琴的中間是空心的。你如果拿起琴棍敲擊它，鐵琴就會發出聲音。你覺得為什麼你敲鐵琴的時候，鐵琴就會有聲音呢？

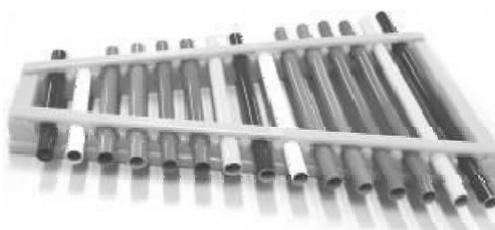


表 4-3 「聲音概念二階段試題」第 2 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                | 前測 |       | 後測        |           |
|---------------------------------------|----|-------|-----------|-----------|
|                                       | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 2-1 我覺得是因為碰撞產生的                       | 18 | 64.3% | 3         | 10.7%     |
| 2-2 我覺得是因為空氣振動產生的                     | 3  | 10.7% | 12        | 42.9%     |
| 2-3 我覺得是因為物體振動產生的                     | 7  | 25%   | 13        | 46.4%     |
| 第二階層選項                                |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 2-1-1 敲鐵琴的時候，琴棍和鐵琴發生碰撞或摩擦，所以有聲音。      |    |       | 15        | 1         |
| 2-1-2 敲鐵琴的時候，會使鐵琴裡面的空氣撞在一起，所以有聲音。     |    |       | 3         | 2         |
| 2-2-1 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。        |    |       | 0         | 5         |
| 2-2-2 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，空氣互相撞擊，就會有聲音。 |    |       | 3         | 7         |
| 2-3-1 敲鐵琴的時候，鐵琴會振動，所以會有聲音。            |    |       | 5         | 6         |
| 2-3-2 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。        |    |       | 2         | 7         |

本題的鐵琴是以空心圓管組合而成，以敲擊的方式發出聲音。以聲音產生的流程來說，樂器需要外力引起振動，振動然後產生聲音。學生在教學前大多數認為鐵琴的聲音是由碰撞或摩擦產生的，多數人注意到的是琴棍與琴身碰撞或摩擦的那一剎，同時也就聽到聲音，因此認為聲音是由碰撞而來，著重「外力」而發出聲音，並沒有「振動」的概念。

由後測結果可以發現，學生認為鐵琴能夠產生聲音是與「振動」有關，多數認為是空氣振動(含 2-3-2 選項)。研究者在後測訪談時，使用教學中的鐘琴為樂器，將本題樂器修改成鐘琴，請學生說明鐘琴的聲音來源，此時學生的回答為「鐵片振動發出聲音」。在訪談中，有 18 位學生認為本題圖片上的鐵琴是因為管內的空氣振動才發出聲音，鐘琴是由鐵片振動才發出聲音的，兩者之間的差異在於，圖片的鐵琴是空心的，鐘琴是實心的。有關學生在訪談時的觀點茲舉例如下：

T：你覺得圖片上的鐵琴是怎麼發出聲音的？  
S06：物體振動產生的，裡面的空氣會振動。  
T：如果是鐘琴呢？  
S06：我覺得是物體碰撞。  
T：所以不是振動產生的？  
S06：不對，是振動。  
T：是什麼振動？  
S06：鐵。  
T：可是如果是圓管鐵琴你就覺得是空氣振動？  
S06：因為這是空心的，所以裡面的空氣會振動。  
T：你覺得鐵會不會振動？  
S06：會啊！  
T：主要是誰振動？  
S06：空氣。

(訪 06)

=====

S02：如果是空心的我覺得是空氣振動和物體振動的關係。如果是實心的是物體振動而發出聲音。  
T：如果是空心的你認為空氣也有在振動？  
S02：對。  
T02：主要振動的是誰？  
S02：鐵。  
T：如果是我們做的木琴呢？  
S02：是物體在振動。

(訪 02)

=====

由此我們可以看出，學生在進行答題時，會因為樂器的構造不同而產生不同的想法。此測驗題目，強調鐵琴的中間是空心的，因此填寫 2-3 項目的學生中，約有一半的學生選擇 2-3-2 項目，學生認為「除了物體振動，空氣也必須振動」才能夠產生聲音，因此會選擇 2-3-2 的答案，這與第 1 題學生在訪談表示的概念相符合，學生其實在「振動的來源」與「空氣的傳遞」之間不一定分得清楚，畢竟要聽到聲音的確有兩個環節，一個是物體振動產生聲音，物體產生聲音後，經由空氣(介質)傳遞，我們才可以聽到聲音。因此當我們問有關「聲音的來源」的相關概念時，學生容易因認為「空氣傳遞聲音」，把回答選擇在「空氣的振動」上。

iii. 學生對於小鼓聲音來源的看法

題目 3：  
我們敲【鼓】的時候，鼓可以產生聲音，我覺得主要是因為…

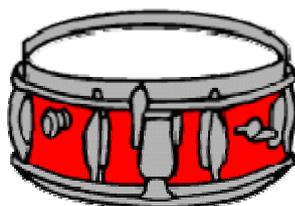


表 4-4 「聲音概念二階段試題」第 3 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                       | 前測 |       | 後測        |           |
|--|----|-------|-----------|-----------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 3-1 我覺得是因為碰撞產生的                              | 11 | 39.3% | 1         | 3.6%      |
| 3-2 我覺得是因為空氣振動產生的                            | 9  | 32.1% | 6         | 21.4%     |
| 3-3 我覺得是因為物體振動產生的                            | 8  | 28.6% | 21        | 75%       |
| 第二階層選項                                       |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 3-1-1 打鼓時，物體互相碰撞，本來就會有聲音。                    |    |       | 3         | 1         |
| 3-1-2 打鼓時，鼓裡面有空氣，敲鼓的時候，鼓裡面的空氣會互相撞擊，產生聲音。     |    |       | 7         | 0         |
| 3-1-3 打鼓時，會把外面的空氣從鼓的細縫裡打進去，和鼓裡面的空氣發生撞擊，就會有聲音 |    |       | 1         | 0         |
| 3-2-1 打鼓時，鼓裡面的空氣會有振動，所以會有聲音。                 |    |       | 3         | 4         |
| 3-2-2 打鼓時，鼓裡面的空氣會在裡面跑來跑去，所以會有聲音。             |    |       | 1         | 1         |
| 3-2-3 打鼓時，鼓裡面的空氣會振動，互相撞來撞去，所以會有聲音。           |    |       | 5         | 1         |
| 3-3-1 打鼓時，鼓皮會振動，所以會有聲音。                      |    |       | 4         | 14        |
| 3-3-2 打鼓時，鼓裡面的空氣會有振動，所以會有聲音。                 |    |       | 1         | 6         |
| 3-3-3 打鼓時，會振動音波，所以會有聲音。                      |    |       | 3         | 1         |

學生在教學前，對於鼓為什麼會發出聲音在第一階的概念各選項十分接近，但由第二階的答題情形來看，大多數的學生都認為與「鼓裡面的空氣振動或撞擊」有關。本題在教學後，學生的想法集中在聲音是由物體振動所產生的（3-3 選項），其中有三分之二的學生認為是鼓皮振動所以會有聲音（3-3-1 選項）。

學生在本題認為「聲音由物體振動而來」的比例提高，研究者認為，這與教學時，研究者帶領學生實際製作「玩具鼓」有關，藉由實際製作和討論的歷程，學生對於同一情境的認知與回答比較一致。與上題學生在鐵琴的回答相互比較，更可以發現，學生對於圓管鐵琴是陌生的，加上學生容易因樂器的構造給予不同的想像，因此在回答上就不容易趨於一致。不過，這也顯示學生在概念的類推上，僅能類推概念至「結構相近」的樂器上。

在訪談過程中可發現，認為「物體振動產生聲音」的學生，會認為「鼓面振動，裡面的空氣也會振動」；選擇「空氣振動產生聲音」學生，他們也認同「鼓面會振動」。

S03：因為敲鼓面，鼓面振動，裡面的空氣振動。

S03：鼓面振動，然後裡面的空氣跟著振動。

S09：鼓裡面的空氣振動，鼓面振動，主要是空氣振動。

S14：鼓裡面空氣振動的關係。

T：跟鼓面有沒有關係？

S14：也有。

(訪3、訪9、訪14)

研究者省思，在教學時，研究者雖然有向學生提及「主要振動來源」的概念，但卻忽略了對學生來說，振動體有「鼓面振動」與「空氣振動」兩個，有時學生在這兩個部份的先後次序概念並不清楚。

iv. 學生對笛子聲音來源的看法

題目 4：  
我們吹【笛子】的時候會有聲音  
我覺得是因為什麼原因呢？  
(請參考笛子的圖片)



表 4-5 「聲音概念二階段試題」第 4 題前後測答題情形

| 第一階層選項   | 前測 |       | 後測        |           |
|--|----|-------|-----------|-----------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 4-1 用手按的關係，使笛子有聲音。                                   | 9  | 32.1% | 2         | 7.1%      |
| 4-2 空氣的摩擦或碰撞使笛子產生聲音                                  | 16 | 57.2% | 19        | 67.9%     |
| 4-3 物體振動產生了聲音  | 3  | 10.7% | 7         | 25%       |
| 第二階層選項   |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 4-1-1 因為氣吹到笛子裡面，你用手按住洞口，就會有聲音。                       |    |       | 5         | 1         |
| 4-1-2 因為手按住笛子的洞口，笛子裡面的空氣被堵住了，無法跑出來，空氣在笛子裡面循環，就會發出聲音。 |    |       | 1         | 0         |
| 4-1-3 因為你手按住笛子的洞口，笛子裡的空氣不容易跑出去，所以會撞在一起，產生聲音。         |    |       | 2         | 1         |
| 4-2-1 因為吹笛子時，空氣會從洞裡面跑出來，和笛子的洞口發生摩擦，所以會有聲音。           |    |       | 6         | 5         |
| 4-2-2 因為吹笛子時，空氣在笛子裡面流動，和笛子裡面發生摩擦，所以就會有聲音。            |    |       | 7         | 12        |
| 4-2-3 吹笛子時，空氣會從笛子的洞跑出來，當它跑出來時，與外面的空氣發生撞擊，所以有聲音。      |    |       | 3         | 2         |
| 4-3-1 吹笛子時，笛子裡的空氣會振動，所以會有聲音。                         |    |       | 0         | 6         |
| 4-3-2 吹笛子時，氣窗的塑膠版會產生振動，所以會有聲音。                       |    |       | 3         | 0         |
| 4-3-3 吹笛子時，聲音會在笛子裡面產生振動，所以會有聲音。                      |    |       | 5         | 1         |

教學前後學生的概念都集中於「空氣的摩擦或碰撞使笛子產生聲音」，在第二階層的選項上，也多集中在 4-2-2 選項。教學後，學生大多數不再認為聲音是因為手按住「笛子」而來，學生已經體會到與管內的空氣有關（4-1 項目人數減少，4-2 增多）。4-3 選項由 3 位增至 7 位，4-3-1 選項也由 0 位增加到 6 位。

研究者認為，「吹管樂器」的振動來源是空氣，是教學中振動現象最不容易觀察的樂器。學生在學習使用「吸管笛」、「吸管排笛」的過程，雖能透過觸摸管壁振動推測空氣的振動，但這也容易讓學生認為，聲音是空氣與管壁摩擦而來。研究者在教學中沒有特別強調「空氣流動」與「空氣振動」的差別，因此學生不易分辨，也產生了混淆的情形。由於學生看不到空氣是如何振動的，因此訪談中，學生常常以「摩擦」、「振動」、「流動」名詞回答，甚至出現「空氣循環流動」的說法。

S21：吹就有聲音，空氣在笛子裡面循環流動。

S26：空氣的摩擦或振動，因為吹笛子時，空氣在笛子裡面流動，和笛子裡面發生摩擦，所以就會有聲音。

T：你覺得跟振動有沒有什麼關係？

S26：我覺得笛子裡面的空氣會振動。

T：你覺得是摩擦還是振動產生聲音。

S26：空氣振動。

（訪 21、訪 26）

在前幾題的教學訪談中，研究者發現，學生其實對於「物體振動」這個抽象名詞，似乎不太容易接受，反而比較容易接受實際物品例如：鼓面振動、鐵片振動、空氣振動等概念，因此研究者思考，如果 4-3 選項修改為「空氣振動產生聲音」，或許就會有比較多的學生會認同這個概念。

#### V. 學生對於三角鐵聲音來源的看法

題目 5：我們敲【三角鐵】的時候，三角鐵可以產生聲音，我覺得主要是因為…

說明：

三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方

【三角鐵中間部位的空氣】

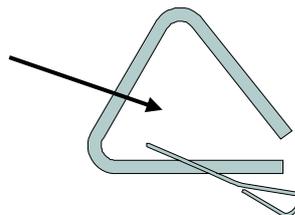


表 4-6 「聲音概念二階段試題」第 5 題前後測答題情形

| 第一階層選項        | 前測 |     | 後測 |     |
|---------------|----|-----|----|-----|
|               | 人數 | 百分比 | 人數 | 百分比 |
| 5-1 物體撞擊而產生聲音 | 14 | 50% | 7  | 25% |
| 5-2 物體振動而產生聲音 | 14 | 50% | 21 | 75% |

| 第二階層選項                            | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| 5-1-1 鐵和鐵互相碰撞，產生摩擦，就會有聲音。         | 9         | 4         |
| 5-1-2 敲三角鐵時，三角鐵會振動，撞到空氣就會有聲音。     | 5         | 1         |
| 5-1-3 敲三角鐵時，三角鐵裡面的空氣會撞來撞去，所以會有聲音。 | 0         | 1         |
| 5-2-1 敲三角鐵時，鐵會振動，所以有聲音。           | 5         | 16        |
| 5-2-2 敲三角鐵時，三角鐵附近的空氣會振動，所以會有聲音。   | 1         | 3         |
| 5-2-3 敲三角鐵時，三角鐵會振動到音波，所以會有聲音。     | 8         | 3         |

三角鐵是藉由外力敲擊，引發鐵的振動而發出聲音。教學前，第一層的兩個選項各佔一半，在 5-1 概念下，學生概念大多數集中 5-1-1 選項，此觀點與鐵琴、鼓等敲擊樂器相同，學生認為聲音是「外力的動作」所引起。

教學前選擇 5-2 概念的學生，多數同學在第二階的選項中選擇 5-2-3；教學後仍有 3 位學生選擇這個選項。但在研究者訪談時發現，學生不知道「音波」是什麼，可是卻認為聲音是因此而來，這是常見的迷思概念類型，因為在日常生活曾經聽過這樣的名詞，但是卻沒有進一步深入探討與了解，直接用自己的想法去轉化及接納，因此產生錯誤的思維。

教學後，大多學生概念明顯集中在 5-2 選項，其中尤其以 5-2-1 選項居多（「敲三角鐵時，鐵會振動，所以有聲音」）；仍有 7 位學生注意到「碰撞產生聲音」，忽略碰撞後產生的「物體振動」，研究者在訪談學生時，學生表示要敲擊，才能引起振動產生聲音，所以敲才是聲音的來源。

S28：鐵和鐵互碰，鐵會振動，產生聲音。

S08：敲擊然後物體振動有聲音。

S12：撞擊也有振動，主要是因為敲，鐵跟鐵撞擊。

S03：因為敲所以有聲音。

T：是物體撞擊還是振動？

S03：撞擊。

T：為什麼？

S03：因為撞擊，然後振動就有聲音。

T：主要是因為撞擊還是振動？

S03：振動。

（訪 03、訪 08、訪 12、訪 28）

這也顯示，對於學生使用「敲擊產生聲音」的「因果關係」來說明「為何有聲音」，是較難修正的迷思概念。

vi. 學生對於吉他聲音來源的看法

題目 6：  
我們彈【吉他】的時候，吉他可以產生聲音，我覺得主要是因為…



表 4-7 「聲音概念二階段試題」第 6 題前後測答題情形

| 第一階層選項  | 前測 |       | 後測        |           |
|---|----|-------|-----------|-----------|
|   | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 6-1 物體撞擊而產生聲音   | 6  | 21.4% | 1         | 3.6%      |
| 6-2 物體振動而產生聲音   | 22 | 78.6% | 27        | 96.4%     |
| 第二階層選項  |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 6-1-1 彈吉他時，手和吉他的線發生了摩擦，所以會有聲音。                        |    |       | 3         | 1         |
| 6-1-2 彈吉他時，線會振動，和旁邊的空氣互相撞擊，所以會有聲音。                    |    |       | 1         | 0         |
| 6-1-3 因為吉他有一個音箱，裡面有很多的空氣，當我們彈吉他時，音箱裡的空氣會互相撞來撞去，所以有聲音。 |    |       | 1         | 0         |
| 6-2-1 彈吉他時，吉他的弦會振動，所以會有聲音。                            |    |       | 7         | 22        |
| 6-2-2 彈吉他時，吉他音箱裡的空氣會振動，所以會有聲音。                        |    |       | 7         | 3         |
| 6-2-3 彈吉他時，吉他的弦會振動到音波，所以會有聲音。                         |    |       | 9         | 2         |

吉他由於弦的振動容易被觀察，因此大多數學生在教學前已經認為「吉他是因為物體振動而產生聲音」，而且大多數認為是「弦振動到音波」所產生(6-2-3)。在 6-2 選項的答題學生中，有部分學生認為吉他的聲音是因為「音箱裡的空氣會振動」(6-2-2)。由於研究者在教學時，曾經針對學生此項迷思概念予以特別的引導與澄清，因此我們可以發現，在教學的後測中，有 27 位選擇 6-2 選項，且其中 6-2-1 的選項高達 22 位，選擇 6-2-2 項目的學生明顯變少了。

研究者思考，或許是我們在製作「單弦琴」與「玩具古箏」時，研究者刻意製作「沒有音箱的弦樂器」，反而讓學生更容易瞭解「沒有音箱，弦振動還是可以產生聲音，只是聲音比較小」的看法，因而不再認為「音箱」是使弦樂器產生聲音的要素。透過訪談，研究者發現，選擇 6-2-2 學生的陳述是「弦振動然後音箱裡的空氣振動，所以產生聲音」，由此可看出，這些學生僅是無法釐清「弦的

振動」與「音箱裡空氣振動」所產生的先後關係，在概念上他們還是知道「吉他的弦要振動」。

由此結果更可以看出，吉他是三種類型樂器中，振動現象最明顯的樂器，其振動的幅度與持續性由於容易被觀察，因此學生在學習上，似乎更容易將振動與聲音來源作連結。

vii. 「聲音的來源」教學小結

對於「聲音的來源」，學生容易將「外力作用」與「聲音的產生」以使用前後因果關係解釋，不容易聚焦在「物體振動產生聲音」的概念上。部分學生在教學後，還是認為「外力是聲音產生的必要因素」。

研究者使用樂器玩具進行教學，雖可以引導學生將聲音的來源轉移至「振動」的概念上，但學生對於是「物體振動」還是「空氣振動」其實並不容易釐清，主要是因為學生認為「物體要振動，空氣也要振動才会有聲音」。

此外，學生對於「物體」這個空泛的概念是比較不容易接受的，學生認為「不同的樂器會有不同的振動體」，所以學生比較容易接受如「鐵振動」、「鼓面振動」、「吸管振動」、「空氣振動」諸如此類有「實體名詞」的陳述，在沒有實際的樂器作為依據時，學生不會將這些發聲的物品統稱為「物體」。或許就是這樣的因素，讓學生在第一階層的填答上，不容易選擇「物體振動產生聲音」的項目。

在現實狀況中，聲音由振動體產生振動後，還必須依靠「空氣」作為介質傳播至耳朵，我們才可以聽到聲音。因此有些學生會認為「振動」與「空氣」密不可分，因為「要有空氣傳遞」才聽得到聲音，這或許是因為在我們日常生活經驗中，絕大多數的聲音都是由空氣傳遞的因素吧！因此，學生在選答時會認為「空氣」是聲音產生的必要因素，研究者認為，或許在此「空氣扮演著聲音傳遞的角色」是需要讓學生釐清的。

由於學生大多呈現出只能在同類型的樂器間產生學習遷移，因此研究者認為，在進行「聲音來源」教學時，的確有必要使用各種不同類型的樂器讓學生操作與學習，且在精緻化階段時，還需使用多種不同的真實樂器作為例子，以增強學生「聲音來源為物體振動」的概念。

## 二、【聲音的大小】－學生概念分析

聲音的大小指的是聲音的能量，由振動體振動幅度的大小，決定聲音的大小。以下將以不同的樂器，探討學生在教學前後對於聲音大小的看法。

### i. 學生對於「鐵琴」聲音大小的看法

題目 7：  
我們用力敲【鐵琴】的時候，鐵琴的聲音會比較大聲，我覺得主要是因為…



[說明]: 右圖的鐵琴中間是空心的

表 4-8 「聲音概念二階段試題」第 7 題前後測答題情形

| 第一階層選項      | 前測 |     | 後測 |       |
|-------------|----|-----|----|-------|
|             | 人數 | 百分比 | 人數 | 百分比   |
| 7-1 敲擊力氣的關係 | 21 | 75% | 6  | 21.4% |
| 7-2 物體振動的關係 | 7  | 25% | 22 | 78.6% |

| 第二階層選項  | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
|---|-----------|-----------|
| 7-1-1 用力敲鐵琴時，鐵琴被撞擊或摩擦的力氣大，所以聲音比較大聲。               | 14        | 5         |
| 7-1-2 用力敲鐵琴時，鐵琴周圍的空氣會被撞擊得很大力，所以聲音比較大聲。            | 2         | 1         |
| 7-1-3 用力敲鐵琴時，鐵琴裡的空氣會跑得比較快，可以很快從鐵琴裡面跑出來，所以聲音會比較大聲。 | 1         | 0         |
| 7-1-4 因為用力敲鐵琴，聲音跑的速度會比較快，所以聲音會比較大聲。               | 3         | 0         |
| 7-2-1 用力敲鐵琴時，鐵琴會震動的幅度比較大，所以聲音比較大聲。                | 5         | 14        |
| 7-2-2 用力敲鐵琴時，鐵琴震動的速度比較快，所以聲音比較大聲。                 | 3         | 1         |
| 7-2-3 用力敲鐵琴時，鐵琴周圍的空氣會振動得比較厲害，所以聲音比較大聲。            | 0         | 4         |
| 7-2-4 力敲鐵琴時，鐵琴裡面的空氣振動得比較快，所以聲音比較大聲。               | 0         | 3         |

教學前多數學生認為用力敲鐵琴，鐵琴會比較大聲的原因是敲擊力氣的關係(7-1)，而且有半數學生覺得，因為鐵琴被撞擊或摩擦的力氣大，聲音比較大聲(7-1-1)。教學後，學生的想法有明顯的改變，多數學生認為原因在物體振動的關係(7-2)，且其中 14 位學生認為「振動的幅度比較大所以聲音大(7-2-1)」。

研究者在深入訪談時發現，後測選擇 7-1-1 的 5 位學生中，有 3 位學生在訪

談過程裡提到「用力敲鐵琴、振動比較大」的概念。

S08：振動力量大，用力敲鐵琴會大聲。

S11：用力敲鐵琴，振動比較大，聲音就會比較大。

T：如果很大力敲沒有振動…

S11：就不會有聲音。

T：主要是力氣的關係、還是振動的關係？

S11：振動的關係，振動大的關係。

S25：用力敲，振動力量比較大，鐵管振動比較大。（訪 08、訪 11、訪 25）

由此可看出，對部分學生來說，對於「聲音大小」的概念容易聚焦在「因果關係」的解釋上，認為有「用力敲」(因)，才会有「聲音大」(果)，因此「用力」仍是必要因素。

ii. 學生對「鼓」聲音大小的看法

題目：  
用力敲【鼓】，【鼓】的聲音會比較大聲，我覺得是因為…



表 4-9 「聲音概念二階段試題」第 8 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                       | 前測 |       | 後測        |           |
|--|----|-------|-----------|-----------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 8-1 撞擊力氣的關係                                  | 17 | 60.7% | 9         | 32.1%     |
| 8-2 物體振動關係                                   | 11 | 39.3% | 19        | 67.9%     |
| 第二階層選項                                       |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 8-1-1 用力敲鼓時，鼓被撞擊或摩擦的力氣大，所以聲音比較大聲。            |    |       | 7         | 3         |
| 8-1-2 用力敲鼓時，鼓裡的空氣被撞擊得很大力，所以聲音比較大聲。           |    |       | 8         | 4         |
| 8-1-3 用力敲鼓時，鼓裡的空氣被撞得越厲害，聲音就會越大聲。             |    |       | 1         | 1         |
| 8-1-4 用力敲鼓時，鼓裡的空氣跑的速度快，所以聲音比較大聲。             |    |       | 0         | 1         |
| 8-2-1 用力敲鼓時，鼓皮振動的幅度比較大，所以聲音會比較大聲。            |    |       | 7         | 9         |
| 8-2-2 用力敲鼓時，鼓皮振動得比較快，所以聲音會比較大聲。              |    |       | 2         | 2         |
| 8-2-3 用力敲鼓時，鼓裡的空氣會振動得比較厲害，所以聲音會比較大聲。         |    |       | 1         | 7         |
| 8-2-4 用力敲鼓時，鼓裡的空氣跑得比較快，聲音可以很快傳出來，所以敲越用力會越大聲。 |    |       | 2         | 0         |

教學前多數人認為撞擊力氣是影響小鼓聲音大小的因素(8-1)，教學後，多數認為物體振動才是影響小鼓聲音大小的因素(8-2)，且以選擇 8-2-1 的學生最多。不過，第一階選擇 8-2 選項的學生中，選擇 8-2-3 的學生也不少，這顯示出，學生雖然知道「振動大小」與「聲音大小」有關，但是對於振動的主角還是容易

模糊，對於「鼓面振動大，影響空氣振動大，所以聲音大」，還是「鼓面振動大，所以聲音大」不容易釐清。

在研究者的訪談中發現，認為與「鼓裡的空氣有關」的學生中(選擇 8-2-3 與 8-1-2)，學生都有提到鼓裡的空氣振動大小與鼓面的關係。

- S03：鼓面會影響鼓裡面的空氣，兩個都會影響。
- S07：物體振動幅度比較大。鼓皮振動再影響裡面的空氣，主要是因為鼓皮振動比較大。
- S12：用力敲他，鼓面振動，主要是裡面的空氣振動比較厲害。
- S28：因為裡面空氣會與鼓面撞擊比較厲害。
- S15：裡面的空氣與鼓面撞擊的關係。

(訪 03、訪 07、訪 12、訪 15、訪 28)

在教學後，雖然學生對於「振動大小」與「聲音大小」已有初步的認知，但因研究者在教學時並未針對鼓裡面的空氣進行討論，因此從測驗中可發現，部分學生還是容易將振動的主角集中在「空氣」上。可見，「空氣」在每一個「發聲情境」下，所扮演的角色是我們在教學時，必須常常和學習提醒與強調的。

iii. 學生對「笛子」聲音大小的看法

題目：  
我們用力吹【笛子】的時候，聲音會比較大聲，我覺得是因為…

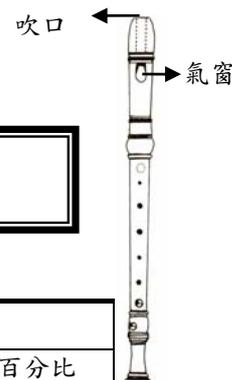


表 4-10 「聲音概念二階段試題」第 9 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                   | 前測 |       | 後測        |           |
|--|----|-------|-----------|-----------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 9-1 吹力的關係                                | 25 | 92.6% | 13        | 46.4%     |
| 9-2 空氣振動的關係                              | 2  | 7.4%  | 15        | 53.6%     |
| 第二階層選項                                   |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 9-1-1 吹越大力，就會有很多氣從笛子的洞跑出來，所以聲音比較大聲。      |    |       | 10        | 2         |
| 9-1-2 吹越大力，笛子裡的空氣和笛子的摩擦就會越大，所以聲音比較大聲。    |    |       | 9         | 7         |
| 9-1-3 吹越大力，笛子裡的空氣就會撞擊得越厲害，所以聲音比較大聲。      |    |       | 6         | 2         |
| 9-1-4 吹越大力，笛子裡的空氣跑出來的速度會比較快，所以聲音比較大聲。    |    |       | 0         | 2         |
| 9-2-1 吹越大力，笛子裡的空氣會振動得比較大，所以聲音比較大聲。       |    |       | 2         | 8         |
| 9-2-2 吹越大力，笛子裡的空氣震動速度會比較快，所以聲音比較大聲。      |    |       | 0         | 1         |
| 9-2-3 吹越大力，笛子裡的空氣撞擊笛子的力氣會比較大，所以聲音會越大聲。   |    |       | 0         | 2         |
| 9-2-4 吹越大力，笛子裡的空氣可以很快的從笛子裡面跑出來，所以聲音會越大聲。 |    |       | 0         | 4         |

在教學前有 25 位學生認為直笛能夠產生比較大的聲音是因為吹力的關係 (9-1)，第二階層選項集中在 9-1-1 及 9-1-2。教學後，選擇 9-1 項目的學生仍

多，但選擇「空氣振動」關係的學生明顯由 2 名增加至 15 名。

iv. 學生對於「三角鐵」聲音大小的看法

題目 10：  
我們用力敲【三角鐵】的時候，聲音會比較大聲，我覺得是因為…

說明：

三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方  
【三角鐵中間部位的空氣】

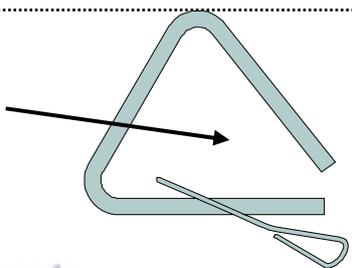


表 4-11 「聲音概念二階段試題」第 10 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                  | 前測 |       | 後測        |           |
|---|----|-------|-----------|-----------|
|   | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 10-1 撞擊力氣的關係                            | 16 | 59.3% | 8         | 28.6%     |
| 10-2 物體振動的關係                            | 11 | 40.7% | 20        | 71.4%     |
| 第二階層選項                                  |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 10-1-1 用力敲三角鐵，鐵和鐵的撞擊或摩擦的力氣大，聲音會比較大聲。    |    |       | 11        | 7         |
| 10-1-2 用力敲三角鐵，三角鐵周圍的空氣會被用力撞擊，所以聲音比較大聲。  |    |       | 1         | 0         |
| 10-1-3 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣會轉得比較快，所以聲音會比較大聲。  |    |       | 2         | 1         |
| 10-1-4 用力敲三角鐵，聲音在三角鐵上面跑的速度比較快，所以聲音比較大聲。 |    |       | 1         | 0         |
| 10-2-1 用力敲三角鐵，三角鐵振動的幅度大，所以聲音比較大聲。       |    |       | 3         | 12        |
| 10-2-2 用力敲三角鐵，三角鐵會振動得比較快，所以聲音比較大聲。      |    |       | 2         | 4         |
| 10-2-3 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣會振動得比較大，所以聲音會比較大聲。 |    |       | 5         | 3         |
| 10-2-4 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣就會振動得快，所以聲音會比較大聲。  |    |       | 1         | 0         |

在三角鐵聲音大小的概念中，教學前，大多數的學生都認為是撞擊力氣的關係(10-1)，選擇 10-1 項目的學生中，以 10-1-1 選項者最多，再次呈現敲擊樂器中，學生著重「敲擊動作引起聲音」的想法。在教學後，以選擇 10-2 項目的學生最多，且第二階段選擇 10-2-1 的學生最多。可見多數學生在教學後，學生能運用「振動幅度大小」的角度來解釋「聲音的大小」。從訪談中能看出學生能夠應用振動概念解釋三角鐵聲音大小的因素。

S07：鐵振動比較大。  
 S14：用力敲三角鐵，他振動會比較大。  
 S16：鐵振動很大，因為敲的是鐵。

(訪 07、訪 14、訪 16)

後測選擇 10-1-1 的學生中，部份學生其實也含有「振動大聲音大」的概念，只是認為碰撞在振動之前，因此填答時以「敲擊力氣」因素為優先。這也是再度呈現部份學生容易使用「因果關係」來看敲擊力氣大小與聲音大小的關係。

v. 學生對「吉他」聲音大小的看法

題目：  
 我們用力彈【吉他】的時候，聲音會比較大聲，  
 我覺得是因為……



表 4-12 「聲音概念二階段試題」第 11 題前後測答題情形

| 第一階層選項  | 前測 |       | 後測        |           |
|---|----|-------|-----------|-----------|
|   | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 11-1 彈力的關係  | 22 | 78.6% | 9         | 32.1%     |
| 11-2 物體振動的關係  | 6  | 21.4% | 19        | 67.9%     |
| 第二階層選項  |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 11-1-1 彈很大力時，吉他的線彈會力越大，所以聲音會越大聲。                    |    |       | 10        | 4         |
| 11-1-2 彈很大力時，吉他周圍的空氣會被撞擊得越大力，所以聲音越大聲。               |    |       | 2         | 2         |
| 11-1-3 彈很大力時，會有很多的空氣被撞到音箱裡，空氣在音箱裡的撞擊就會很大，所以聲音會比較大聲。 |    |       | 9         | 3         |
| 11-2-1 彈很大力時，吉他的線振動的幅度大，所以聲音比較大聲。                   |    |       | 4         | 17        |
| 11-2-2 彈很大力時，吉他的線會振動得快，所以聲音比較大聲。                    |    |       | 1         | 1         |
| 11-2-3 彈很大力時，吉他附近的空氣被振動的幅度會比較大，所以聲音比較大聲。            |    |       | 1         | 1         |

教學前，對於吉他聲音大小的因素，近 80%學生在教學前認為是彈力的關係(11-1)，選擇 11-1 項的學生中，約有半數認為吉他的線彈力越大，所以聲音越大(11-1-1)，其他近半數學生認為吉他聲音的大小與音箱空氣撞擊有關係(11-1-3)。

教學後約有 70%的學生認為聲音的大小與「物體振動」有關(11-2)，且選擇 11-2 項目的學生中，大多數認為是吉他的線振動的幅度影響(11-2-1)。在後測

選擇 11-1-1 項目的學生中，經訪談後，有 2 位學生提到「彈力影響弦振動再影響音量的概念」，這也表示此 2 位學生仍了解振動大小與聲音大小有關，但可能他們認為弦要振動與弦的彈力有關，因此在第一階層的題目中，選擇了 11-1 項目。

S06：彈力很大，弦就振動很大，然後振動到空氣就會很大聲。

S25：用力撥弦振動力大聲音越大。

(訪 06、訪 25)

研究者在後測訪談中發現，S03 是唯一前後測都認為 10-1-2 是影響吉他聲音大小因素的學生，學生看到題目時，心裡想的是「弦振動是影響因素」，但與上述兩位學生一樣，具有「彈力影響弦振動再影響音量」的概念，於是在第一階層的作答時，選擇了 10-1 項目，但在選擇 10-1 所屬第二階層答案時，由於僅能從會屬於 10-1 第二階層答案中選擇，因此就勉強從中選擇一個自己能夠接受的答案(10-1-2)。

S03：彈得很大力，弦也會振動的很大，就會很大聲。

T：你覺得下面的選項哪個比較接近？

S03：彈很大力時，吉他周圍的空氣會被撞擊得越大力，所以聲音越大聲。(訪 03)

這表示可能部份的學生在做答時，如果在第一階找不到滿意的答案時，也不會轉向其他選項中選擇，這也表示紙本題測工具在實際施測時有其限制，因此研究者在後測之後使用訪談的方式，除可以驗證學生的答題選項外，更可以真切地觀察學生在學習後的聲音概念發展情形。

#### vi. 小結

教學前學生解釋影響聲音大小的因素其重心都放在「操作」面，學生會直覺的認為操作才能夠引發聲音，而且敲擊或撥彈力氣的大小，是直接控制樂器聲音大小的「方法」。在敲擊樂器與弦樂器中，多數學生在第二階層選項會認為撞擊、摩擦、彈力是影響聲音大小的主要因素；吹管樂器則認為「吹力」是主要因素，在吹管樂器(第 9 題)的第二階層的選項中，選擇撞擊的學生並不多。

研究者在教學後檢視自己的教學影片時發現，自己在進行聲音大小的教學歷程時，完全沒有提到「幅度」一詞，與學生討論或說明的用語都用「振動的比較

大、比較小」來說明。雖然紙本測驗題目中有陳述「幅度」一詞，不過這並不影響學生作答(在測驗中並沒有學生對此一名詞提出疑問)，研究者認為，或許敘述中「幅度大」的「大」字，已經給予學生選擇的方向。

「力氣大小→影響振動大小→影響聲音大小」這樣的順序性記憶，在學生的概念裡是比較強的。由教學歷程與訪談結果中，都可以發現仍有部分學生認為，聲音大小是由物體振動大小決定；但因力氣大小決定物體振動大小，所以力氣大小仍然是必要的因素。即便研究者預知此一問題時，在課堂中使用「敲打衣服」的例子說明「力氣大不一定能夠產生大的聲音，物體必須振動才可以產生聲音」的概念，可是由於在所有樂器的例子中，要讓音量大，一定要力量大才行，所以學生容易看到「因」(施力大小)、「果」(音量大小)，容易忽略在這中間所產生的現象(振動大小)。即使學生知道振動大小會影響聲音大小，但由於力氣大小是必然因子，因此這樣的概念不容易被釐清與改變。

### 三、【聲音的高低】－學生概念分析

聲音的高低也就是聲音的音調，取決於物體振動的頻率。物體振動頻率越快，聲音越高，物體振動頻率越慢，聲音越低。本測驗以不同樂器改變聲音高低的方式，來了解學生對於聲音高低的看法。

#### (一) 學生對於「鐵琴」聲音高低的看法

題目：

我們敲鐵琴的時候，比較長的管子和比較短的管子哪一個敲起來的聲音會比較高呢？



表 4-13 「聲音概念二階段試題」第 12 題前後測答題情形

| 第一階層選項                             | 前測 |       | 後測        |           |
|------------------------------------|----|-------|-----------|-----------|
|                                    | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 12-1 管子短，聲音高                       | 17 | 60.7% | 28        | 100%      |
| 12-2 管子長，聲音高                       | 11 | 39.3% | 0         | 0%        |
| 第二階層選項                             |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 12-1-1 管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。         |    |       | 9         | 12        |
| 12-1-2 管子短，聲音跑得快，所以聲音高。            |    |       | 4         | 2         |
| 12-1-3 管子短，管子振動快，所以聲音高。            |    |       | 1         | 1         |
| 12-1-4 管子短，很快就振動完畢了，所以聲音會比較高。      |    |       | 0         | 0         |
| 12-1-5 管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。  |    |       | 4         | 13        |
| 12-2-1 管子長，空氣比較慢流出來，所以聲音高。         |    |       | 3         | 0         |
| 12-2-2 管子長，聲音跑得比較久，所以聲音高。          |    |       | 3         | 0         |
| 12-2-3 管子長，管子的振動比較慢，所以聲音高。         |    |       | 0         | 0         |
| 12-2-4 管子長，振動得時間會比較久，所以聲音高。        |    |       | 1         | 0         |
| 12-2-5 管子長，裡面的空氣多，振動起來就會比較慢，所以聲音高。 |    |       | 3         | 0         |

學生對於鐵琴聲音的高低，教學前有 11 位學生認為「管子長，聲音高」(12-2)；教學後，全班都確定「管子短，聲音高」(12-1)。在第二階層的選項中，12-1-3 是最理想的解釋，但從後測作答情形可以發現，學生的思考集中在 12-1-1 與 12-1-5 項目中，可見學生容易因「中空的鐵琴」將很多聲音的因素，歸類於「空氣」影響。在後測個別訪談時，研究者以鐘琴為素材詢問同樣的問題時，可發現「中空的鐵琴」與「鐵片的鐘琴」因在外觀上的不同，會影響學生的答題，茲舉例如下：

在使用「鐘琴」為樂器時，有 7 位會用「鐵片振動快」來解釋，但如果回歸到本題做為選擇時，此 7 位同學中，有 6 位的選項會導向 12-1-1 與 12-1-5 項目。

- S11：管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。學校的鐘琴是因為鐵片振動比較快。
- S19：管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。鐘琴短的聲音比較高，鐵片振動快。
- S20：管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。鐘琴短的比較高，因為振動比較快所以比較高。
- S21：管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。鐘琴也是短的比較高，因為振動比較快。

(訪 11、訪 19、訪 20、訪 21)

選擇 12-1-1 與 12-1-5 項目的學生中，有 4 位在回答鐘琴的問題時，無法說明鐘琴鐵片短聲音高的原因(S15、S17、S18、S26)。有 3 位，認為鐘琴鐵片短面積小，聲音就高，還是無法說明「為何鐵片短、面積小聲音就高」(S14、S16、S24)。

- S15：因為裡面的空氣比較少，跑出來比較快。學校的鐘琴也是短的比較高，可是不知道為什麼。
- S17：管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。鐘琴也是短的高，不知道原因。
- S18：管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。鐘琴也是短的比較高，不知道為什麼。
- S26：管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。鐘琴短的聲音高，原因不確定。

(訪 15、訪 17、訪 18、訪 26)

- =====
- S14：管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。學校的鐘琴，因為振動的範圍比較短
  - S16：因為空氣比較短，振動比較快，鐘琴也是短的比較高，鐵片振動的地方空間比較小。
  - S24：管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。鐘琴短的聲音比較高，因為振動面比較小。

(訪 14、訪 16、訪 24)

研究者在教學的歷程中使用「吸管木琴」做為素材，學生在敲擊吸管木琴時，很明顯看到吸管在振動發出聲音；引入真實樂器時，研究者使用鐘琴為素材，學生容易推論至實心鐵片的振動。由本題的後測與訪談結果研究者發現，或許在引入真實樂器時，如果使用中空的鐵琴與學生討論影響聲音高低的因子時，可以發現更多學生的迷思概念，且透過討論將這些迷思概念一一澄清。

(二) 學生對於「鼓」聲音高低的看法

題目：

我們敲【同一個鼓】時，可不可以改變【鼓】的聲音【高低】呢？

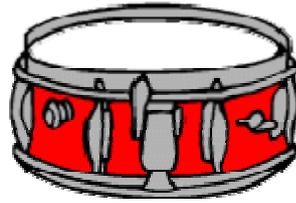


表 4-14 「聲音概念二階段試題」第 13 題前後測答題情形

| 第一階層選項             | 前測 |     | 後測 |       |
|--------------------|----|-----|----|-------|
|                    | 人數 | 百分比 | 人數 | 百分比   |
| 13-1 我覺得可以改變鼓的聲音高低 | 21 | 75% | 20 | 71.4% |
| 13-2 我覺得不可以改變聲音的高低 | 7  | 25% | 8  | 28.6% |

| 第二階層選項  | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
|---|-----------|-----------|
| 13-1-1 敲鼓的力氣不同，鼓的震動大小也不同。所以聲音有不同的高低。                            | 7         | 0         |
| 13-1-2 敲鼓的力氣不同，鼓的震動快慢也不同。所以聲音會有不同的高低。                           | 5         | 0         |
| 13-1-3 因為敲中間時，聲音傳到旁邊的速度比較慢，敲靠邊緣的位置時，聲音傳到旁邊的速度快。所以敲的位置不同，高低也不同。  | 6         | 5         |
| 13-1-4 因為敲中間時，鼓面較鬆；敲靠邊緣的位置時，鼓面較緊。所以敲的位置不同，高低也不同。                | 1         | 15        |
| 13-1-5 敲鼓的速度快慢不一樣，聲音的高低也會不一樣。因為你敲不同的快慢時，用的力氣也會不一樣，所以聲音的高低也會不一樣。 | 2         | 0         |
| 13-2-1 因為鼓面都是同一個，振動的速度都是一樣的，所以沒有辦法改變聲音的高低。                      | 3         | 3         |
| 13-2-2 因為都是同一個鼓，裡面的空氣是固定的，所以沒有辦法改變聲音的高低。                        | 0         | 1         |
| 13-2-3 如果你打鼓的時候，力氣用得一樣大，鼓的聲音高低就會一樣。                             | 3         | 2         |
| 13-2-4 如果你打鼓的時候，敲相同的地方，鼓的聲音高低就會一樣。                              | 1         | 1         |

本題第一階層前後測人數的變化並不多，70%左右學生認為鼓可以調整高低音。第二階層的作答，學生在前測時集中在 13-1-1、13-1-2、13-1-3，後測有半數以上選擇 13-1-4，也是最理想的答案。研究者認為，因為在教學中，學生曾調整鼓面的鬆緊度，所以在訪談過程中，學生能夠說出改變鼓面的鬆緊度，可以改變鼓的聲音高低，過半數的學生能夠由此推論而選出 13-1-4 的選項。但也有學生只知道調整鼓面鬆緊可以改變鼓的高低音，卻無法反推鼓面中間與旁邊高低音差別是因為兩者鬆緊度不同(如 S20)。

S12：鼓面拉緊或放鬆可以改變聲音高低。

S26：我覺得可以，但是高低音差距不明顯，用鼓面的鬆緊度來控制鼓面的高低。

S20：不可以，因為沒有調整鼓面的鬆緊。(訪 12、訪 20、訪 26)

研究者認為在進行教學時，可以將這一部分的教學列入，讓學生應用鼓面鬆緊影響聲音高低的觀念，推論出鼓面中間與旁邊鬆緊度不同所以聲音高低不同。

(三) 學生對於「笛子」聲音高低的看法

題目：

我們吹【笛子】的時候，要怎麼吹，聲音會最高呢？



表 4-15 「聲音概念二階段試題」第 14 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                   | 前測 |       | 後測        |           |
|--|----|-------|-----------|-----------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數        | 百分比       |
| 14-1【按住】所有洞口，聲音最高                        | 11 | 39.3% | 3         | 10.7%     |
| 14-2【放開】所有洞口，聲音最高                        | 17 | 60.7% | 25        | 89.3%     |
| 第二階層選項                                   |    |       | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 14-1-1 因為空氣只能從最下面的洞跑出來，速度比較慢，所以聲音高。      |    |       | 5         | 1         |
| 14-1-2 因為因為震動的空氣柱長度比較長，所以聲音比較高。          |    |       | 2         | 2         |
| 14-1-3 因為空氣在笛子裡的時間比較長，可以和笛子產生很多摩擦，所以聲音高。 |    |       | 4         | 0         |
| 14-2-1 因為空氣跑出來的速度快，所以聲音就比較高。             |    |       | 10        | 12        |
| 14-2-2 因為震動的空氣柱短，所以聲音比較高。                |    |       | 1         | 12        |
| 14-2-3 外面的空氣可以和笛子裡面的空氣產生大量的摩擦或撞擊，所以聲音高。  |    |       | 6         | 1         |

本題前測時，只有 17 人知道笛子要放開洞口，聲音最高；後測時，增加為 25 人。第二階層作答時，前測最多人選擇 14-2-1 選項，後測選擇 14-2-1 與 14-2-2 人數一樣，且大多數集中在這兩個選項。本題 14-2-2 是最理想的答案，但仍有 12 位學生選取 14-2-1。

學生能夠辨別教學中製作的吹管樂器(吸管排笛)控制聲音高低的因素，可是卻不能夠延伸至直笛，在後測的訪談中，研究者發現，有學生覺得直笛的空氣柱是不會改變的。

S02：直笛不太知道。

T：如果是排笛呢？

S02：最短的最高。

T：長短到底影響什麼？

S02：空氣在裡面的振動。

T：那你把它延伸到直笛呢？

S02：應該全部放開聲音最高。因為空氣跑出來的速度快，所以聲音就比較高。全部按住還要到最底下才能跑出來。直笛的空氣柱應該一樣長吧！

(訪 02)

由此我們可以發現，學生在學習時，容易因為吸管排笛，其外觀上有明顯的長短，產生「空氣柱長，聲音低；空氣柱短，聲音高」的概念，但對於外觀長度階相同的直笛，學生不容易體會「按住吸管洞口，改變空氣柱長短」的概念，因為他們所看到的直笛，在外觀上長度都一樣。因此，在答題時，許多學生就會使用「由樂器外觀推論」的方式，認為「放開所有洞孔時，因為空氣可以比較快由很多洞跑出來，所以聲音高」。研究者反思，研究者在使用「直笛」做為真實樂器的引導與比較時，需要引導學生觀察「按住洞孔」與「放開洞孔」改變了「空氣柱長短」的概念，讓學生可以將「直笛空氣柱長短」與「吸管排笛空氣柱長短」相互連結，以釐清學生對本題所產生的錯誤推論。

#### (四) 學生對於「三角鐵」聲音高低的看法

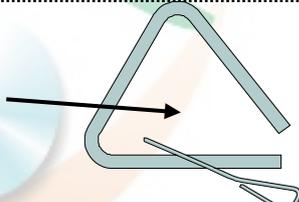
|   |
|---|
| <p><b>題目：</b><br/>我們敲同一支【三角鐵】的時候，應該怎麼樣改變三角鐵聲音的高低呢？</p>  |
| <p><b>說明：</b></p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方<br/>【三角鐵中間部位的空氣】</p>  </div> |

表 4-16 「聲音概念二階段試題」第 15 題前後測答題情形

| 第一階層選項                                    | 前測 |     | 後測        |           |
|---|----|-----|-----------|-----------|
|   | 人數 | 百分比 | 人數        | 百分比       |
| 15-1 敲擊力氣不同，聲音的高低也不同                      | 21 | 75% | 13        | 46.4%     |
| 15-2 不管怎麼敲，都無法改變三角鐵聲音的高低                  | 7  | 25% | 15        | 53.6%     |
| 第二階層選項                                    |    |     | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
| 15-1-1 敲擊力氣不同，聲音的大小會不一樣，聲音的高低也會不一樣。       |    |     | 8         | 8         |
| 15-1-2 敲擊力氣不同，三角鐵振動的速度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。    |    |     | 4         | 3         |
| 15-1-3 敲擊力氣不同，三角鐵振動的幅度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。    |    |     | 6         | 3         |
| 15-1-4 敲擊力氣不同，三角鐵裡的空氣振動速度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。 |    |     | 3         | 2         |
| 15-2-1 三角鐵的三根鐵都是一樣長的。                     |    |     | 3         | 10        |
| 15-2-2 三角鐵中間的空間是固定的，裡面的空氣數量也是固定的。         |    |     | 3         | 1         |
| 15-2-3 同一支三角鐵，不管你怎麼敲，振動的快慢都一樣。            |    |     | 1         | 1         |

學生在本題前測中大多數認為三角鐵會因為敲擊力氣不同，產生高低不同的聲音，在後測中，大約半數認為三角鐵無法改變聲音的高低。但是在教學後的訪

談中，研究者發現，選擇 15-1 項目的 13 位學生中，有 10 位學生的想法，認為三角鐵是可以改變聲音的高低，是因為「敲擊的位置不同，聲音高低會不同」，由於第二階段的選項中，沒有符合的答案，因此在填答第二階的概念時，各自選擇一個自認為接近的答案。

學生之所以會認為三角鐵可以改變聲音高低，有部分學生認為：吊繩將三角鐵成長短不同的兩段，敲長的一段聲音比較低，敲短的聲音比較高。研究者認為，學生可能延伸了小鼓的想法，認為敲擊不同的位置會產生高低不同的聲音。

S02：敲比較長的地方聲音比較低，（離繩子的距離）

S03：敲不同的地方，因為振動的地方不一樣，因為長短不同。

S05：可以，敲不同的位置，聲音高低會不同。

S06：敲的地方接近線會比較高，因為比較短。

S07：敲擊的位置離繩子比較短聲音較高，比較長聲音較低。

S11：敲的位置

S14：敲的位置比較上面聲音比較高。

S15：敲的位置不同，會產生高低不同的聲音。

S20：敲的位置影響聲音高低。

S27：敲的距離離繩子越近聲音越高。

（訪 02、03、05、06、07、11、15、20、27）

此外，第一階段填答「三角鐵不會改變聲音高低」（15-2）的學生，絕大多數在第二階段填答 15-2-1。雖然這並不是一個比較理想的概念陳述，但由 15-2-1 的填答與上述填答 15-1 項目的學生訪談可以發現，學生對於「物體改變長短，可以改變聲音高低」是具有概念的。由於三角鐵並非研究者在教學歷程中探討有關聲音高低的工具，透過本題填答，更可以檢視出學生在遇到新的樂器情境時，如何應用其對聲音的基本概念進行推論。

### (五) 學生對於「吉他」聲音高低的看法

題目：  
**【吉他】**是一種常見的樂器，**【吉他】**上面有六條線，每條線都有不同的粗細，彈起來聲音也會不一樣。你覺得這些線的粗細和聲音的高低有什麼樣的關係呢？

表 4-17 「聲音概念二階段試題」第 16 題前後測答題情形

| 第一階層選項                | 前測 |       | 後測 |       |
|-----------------------|----|-------|----|-------|
|                       | 人數 | 百分比   | 人數 | 百分比   |
| 16-1 粗的線，聲音高；細的線，聲音低。 | 10 | 35.7% | 1  | 3.6%  |
| 16-2 粗的線，聲音低；細的線，聲音高。 | 18 | 64.3% | 27 | 96.4% |

| 第二階層選項   | 前測<br>(人) | 後測<br>(人) |
|--|-----------|-----------|
| 16-1-1 粗線重，振動慢，所以聲音高。細線輕，振動快，所以聲音低。                        | 8         | 1         |
| 16-1-2 粗線左右擺動的幅度大，所以聲音高，細線左右擺動的幅度小，所以聲音低。                  | 1         | 0         |
| 16-1-3 粗線體積大，振動時和空氣的摩擦比較多，所以聲音高。細線體積小，振動時和空氣的摩擦少，所以聲音比較低。  | 1         | 0         |
| 16-2-1 粗線重，振動慢，所以聲音低。細線輕，振動快，所以聲音高。                        | 13        | 20        |
| 16-2-2 粗線左右擺動幅度大，所以聲音低，細線左右擺動幅度小，所以聲音高。                    | 3         | 0         |
| 16-2-3 粗線體積大，振動時和空氣的摩擦比較多，所以聲音會低。細線體積小，振動時和空氣的摩擦比較少，所以聲音高。 | 2         | 5         |

本題第一階層選項，教學前只有 18 位選擇 16-2，教學後增加為 27 位，且在後測選擇 16-2 的學生中，有 20 位選擇 16-2-1 項目。這可能是因為教學中在連結真實樂器(吉他)時，研究者有和學生明確地討論「弦的粗細對於吉他聲音高低的影響」，學生了解「粗的線，聲音低；細的線，聲音高」概念。

由於研究者在教學陳述時未提及「弦振動的快慢」及「弦的重量」相關陳述，因此學生在第二階層的選擇上，仍有 5 位學生仍會運用「空氣摩擦」來解釋聲音高低。不過，由上述填答可以發現，多數學生可接受「弦粗，重量重，振動慢；弦細，重量輕，振動快」的看法。

### (六) 小結

學生在聲音高低概念的發展上，由教學前、後學生第一階層作答情形可看出明顯的進步，大多數的學生可由振動體的性質與狀態，判斷其影響聲音的高低的情形，如：鐵琴鐵管的長短、鼓面的鬆緊、吉他弦的粗細、直笛按孔等。

研究者也發現，學生對於課堂教學中曾經操作或討論的樂器會有深刻的印象與較好的填答情形。例如：三角鐵不在研究者的教學設計中，學生對於三角鐵聲音高低的概念，就沒有這麼清楚。

聲音的高低概念，學生的概念呈現侷限在物體外觀可察覺的性質中，例如振動體的長短、鬆緊、粗細影響聲音的高低，但在教學中由於「振動的快慢」不易觀察，因此研究者在教學中難以讓學生觀察、提及「振動快慢影響聲音高低」的概念，因此學生對於測驗題目中「振動快慢」的概念陳述似乎就不容易理解，從訪談中可看出學生在回答第二階選項時，不像回答第一階層選項時如此肯定。

#### 四、【聲音的音色】—學生概念分析

音色，是一個抽象性的概念定義，它所談論的是「每種發音體所發出的聲音具有其獨一無二的特色」概念。研究者在教學的歷程中，使用舉例討論的方式，來和學生說明這個聲音的特質。以下為研究者在此項試題中，學生的填答情形。

題目：我們打電話的時候，常常可以利用聲音來判斷這通電話是誰打來的；或者，我們聽到某種樂器的聲音時，就可以猜出這個聲音是什麼樂器發出來的。你覺得，為什麼會有這樣的現象呢？

表 4-18 「聲音概念二階段試題」第 17 題前後測答題情形

| 第一階層選項   | 前測 |       | 後測 |       |
|--|----|-------|----|-------|
|  | 人數 | 百分比   | 人數 | 百分比   |
| 17-1 因為每一種樂器都會有屬於自己，十分獨特，和其他樂器不一樣的聲音。          | 13 | 50%   | 20 | 71.4% |
| 17-2 因為根據聲音的高低，就可以判斷出它是什麼樂器發出來的。               | 6  | 23.1% | 0  | 0     |
| 17-3 因為我們以前有聽過這些樂器的聲音以後，就會把他記住，下次聽到了，就可以判斷出來了。 | 7  | 26.9% | 8  | 28.6  |

由表 4-18 中可看出，此觀念在研究者教學前後，填答 17-1 的學生增加了 7 位，且教學後已經沒有學生選擇 17-2 項目。雖然本題仍有 8 位學生選擇 17-3 項目，但在訪談中，學生們認為，這一題如果要猜出是什麼樂器發出來的，「經驗」是必須的，學生認為如果他們沒有聽過這個樂器的聲音且記住這個聲音，即使聽到了聲音，也不知道發出聲音的樂器名稱。

S07：因為每一種樂器都會有屬於自己，十分獨特，和其他樂器不一樣的聲音。聽過就知道是什麼發出的聲音，沒聽過就不知道，但是仍然可以感覺不一樣。

S25：聽過就記下來了。

T：如果沒聽過能否分辨聲音不一樣？

S25：可以。

T：爲什麼？

S25：因爲他們都有自己的聲音。

(訪 07、訪 25)

研究者在訪談過程中，雖然只有一位學生用「音色」一詞，回答研究者的問題。但研究者認為，在「音色」概念的教學，學生已經注意到每個物體發出的聲音不同，具有自己獨特的特色。



### 第三節 實施聲音概念教學調整與檢討

#### 一、研究者對 5E 學習環模式教學策略的調整

5E 學習環模式教學策略是投入、探索、解釋、精緻化及評量等五個階段循環的教學，本研究應用 5E 學習環教學策略，以樂器玩具進行聲音概念教學。在本研究中，5E 學習環教學是一個具有彈性的教學策略，在教學過程中，研究者應用 5E 學習環教學模式說明如下：

##### (一) 5E 學習環教學策略是一個不斷評量的歷程

5E 學習環模式的教學提供教學者明確的教學歷程與階段，其中「評量」列為五個階段之末，意指在進行投入、探索、解釋、精緻化等四個階段之後，應該對學生的學習狀況進行「總評量」，做為教學者評估是否繼續下一階段教學，或者要回到探索階段重新進行教學的依據。

不過，在本研究中研究者的教學，是在每一個「投入→探索→解釋」階段後，會先對學生解釋的概況進行評量，以便確認學生以準備好可以進行「精緻化」的活動。研究者認為，5E 學習環最後的「評量」階段它所指的是整個教學最後的「總評量」，並不代表在其他的四個階段中，不需要進行「評量」。因此，研究者應用 5E 學習環進行教學時，所採取的是「5E 學習環是一個不斷評量的歷程」的概念，在每個「投入→探索→解釋」階段後，研究者都需要根據學生的答題思考，評量學生的概念發展情形，以決定是否帶領學生進入「精緻化」階段。尤其在「解釋」的階段進行概念澄清時，研究者必須注意學生的概念陳述情形，拋出適合的問句，引導學生再思考及推論，直達到核心概念為止。

最後「精緻化」階段，更要隨時進行評量，以檢核學生是否能夠延伸應用核心概念到其他情境中，如果學生發現學生在應用概念時，反而產生新的迷思概念，研究者就必須再應用其他的教學活動，進行概念澄清，讓學生透過另一個「投入→探索→解釋」階段，以達到概念「精緻化」的要求。

研究者之所以如此彈性調整 5E 學習環的教學，主要是因為研究者在「樂器玩具」的學習後，運用「真實樂器」做為精緻化的工具，因此需要在「樂器玩具」進行教學後，先評量學生的學習概況，以評估是否引入「真實樂

器，進入「精緻化」的教學階段。圖 4-16 說明研究者視 5E 學習環為不斷評量歷程之教學流程。

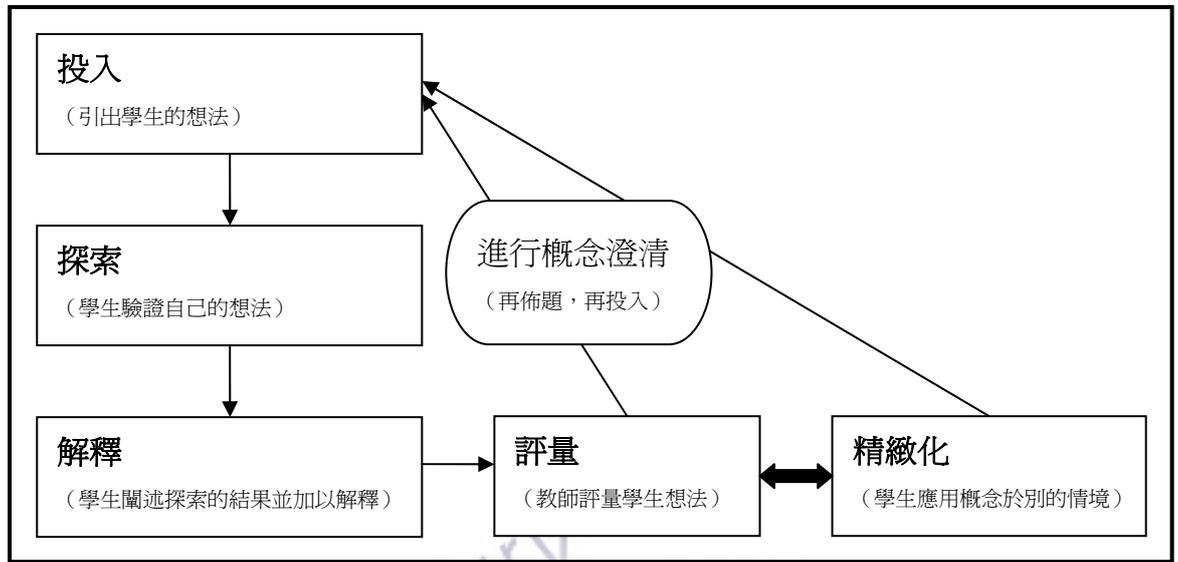


圖 4-16 研究者視 5E 學習環為不斷評量歷程的教學流程

## (二)應用【投入→探索→解釋】三階段評量進行概念澄清

在本研究中，研究者運用 5E 學習環模式中「投入→探索→解釋」三階段進行概念澄清。在投入階段先引出學生對於聲音的初始概念，以便評估進入探索階段時，該如何應用不同的方法或問題，讓學生進行觀察及操作。

在投入與探索的階段中，研究者將會依據學生對於「問題」的「回饋」，判斷學習引導的需求，決定下一個探索的方向。例如：進行「鼓發出聲音的振動現象」教學時，學生在探索階段時，要將學生觀察範圍加以引導，縮小至物體振動的現象；進行「找出調整弦樂器聲音高低的方法」時，則提供學生可以不斷操作，讓學生們透過互動討論與自我嘗試方式，尋找出各種調整弦樂器聲音高低的方法。

在解釋階段時，研究者廣泛提供學生發表自己的觀察的結果，同時評量學生概念發展概況。從解釋階段的進行，研究者可以評量學生是否產生其他迷思概念，或者達到概念改變。例如：研究者發現學生認為「用力」與「聲音的產生」有關係時，研究者運用「用力敲擊衣服，無法產生很大的聲音」，讓學生思考「外力是不是聲音大小絕對因素」，以澄清其迷思概念。

研究者在解釋階段進行初步評量，其目的是做為研究者評估在教學

上，是否需要重新建立情境再一次進行投入與探索；或以學生的迷思概念作為另一個投入、探索及解釋。如此循環直到學生的概念最符合教學目標要建立的核心概念。例如：研究者發現，學生在進行單弦琴的教學時，認為移動單弦琴中間的橡皮擦，讓「橡皮筋拉長，聲音會變高」時，為避免學生操作「橡皮筋拉長」的因子，研究者馬上引導學生運用另外一種觀察方式，讓學生使用「將橡皮擦拿出再放進去」的方式，再次進行探索，學生就會發現不一樣的結果。

### (三)精緻化階段可能是解決另一個迷思概念的開始

本研究的精緻化階段，是以同類型真實樂器作為學生概念延伸的對象，希望學生能夠應用從樂器玩具中得到的聲音概念，來解釋真實樂器的聲音概念。然而，研究者發現，由於真實樂器構造比樂器玩具還要複雜，學生在思考真實樂器時，會考慮這些複雜構造所產生的影響，而動搖了原本已形成的概念，或者，學生無法將概念延伸，會將真實樂器是為另一個全新探討的對象。這樣的情形，由吸管笛延伸至直笛的概念最為清楚，學生在探討吸管笛聲音的高低時，能夠清楚觀察到空氣柱長短的變化，但是卻認為直笛是無法改變空氣柱長短的；吉他的音箱則是另一個少數學生產生迷思概念的例子，學生們會認為吉他的音箱是聲音的來源，或是控制聲音大小的主要因素，但在簡易弦樂器中，因為沒有音箱，因此沒有這樣的想法。

所以，在精緻化階段的教學時，仍應評量延伸的情境是否形成了學生的另有概念，必要時，需再進行概念澄清的教學，重新引入另一個「投入、探索、解釋階段」，以才能達到精緻化階段的目標。(如圖 4-16)

## 二、樂器玩具融入聲音概念教學的檢討

### i. 樂器玩具的選擇與製作時間控管

在本研究設計中，研究者希望透過「敲擊、撥彈、吹管」三種不同類型的樂器玩具製作，帶領學生探討「聲音的來源、大小、高低」概念；為了讓學生在學習的素材上能有更多的觀察與接觸，研究者每種類型的樂器皆選擇 2 種來進行教學。在 6 種樂器都需指導 3 個聲音概念的設計下，整個教學單元至少包含了 18 個實驗與探討活動。如此設計的目的，主要是希望讓學生能

藉由重複製作、討論的過程中，聲音概念的探討，建構出聲音概念的雛型，也清楚樂器發聲原理。

由於本研究在教學設計上的實驗探討活動較多，因此對於時間的應用與掌控上，就更形重要。在本研究的教學過程中，敲擊樂器與吹管樂器玩具的製作方法比較簡單，教師可以在課堂上直接讓學生製作。撥彈樂器因為弦不易綁緊，對學生來說比較困難，故製作時間比預期耗時。因此，為了讓本實驗所設計的教學活動能在有限的教學時間下完成，研究者認為教學方式應修正為：在課堂上教授製作方式，且在學生能製作完成小部分進度後，請學生運用課後時段完成，以節省課堂上樂器製作的時間。

在樂器玩具的製作題材上，研究者認為，選擇製作方式簡單的樂器是非常重要的，**最簡單又能符合核心概念建立需求的樂器玩具，才是最適合進行教學的素材。**

ii. 製作樂器時讓學生融入自己的設計概念

由九年一貫課程自然與生活科技領域課程綱要可以了解，自然與生活科技領域的教學，除了認知層面的教學外，也提到「自然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧及知能與態度並重。」為了讓學生能有「設計與製作」樂器的機會，因此目前許多版本的教科書，在聲音單元教學後，以「簡易製作樂器」作為活動結尾，希望學生能統整已知的核心概念，自行設計簡易樂器。

研究者在本研究所設計的課程，恰與目前多數版本的自然與生活科技課本內容相反。為了讓學生能快速地製作、完成樂器玩具，研究者在教學前，必須事先規劃所有的樂器玩具的材料及製作方式，以便讓學生在課堂中可以順利進行課程學習。這樣的安排看似減少了學生自我設計、製作簡易樂器的機會。但研究者在學生製作樂器玩具時，會提供學生一些彈性摸索與思考的空間，以讓學生在特定的樂器製作中，仍能投入自我設計的概念。例如：製作玩具鼓研究者只給學生材料，讓學生自行摸索製作的方式完成樂器玩具。在製作「玩具鼓」時，學生會相互合作，一邊拉緊氣球，一邊敲擊以測試鼓的聲音，也要自行摸索如何將鼓面固定，可以讓鼓面維持在特定的鬆緊度上；在製作「吸管排笛」時，學生需要一邊剪吸管，一邊測試聲音，讓自己所製作的吸管排笛有音階的高低；在製作「玩具古箏」時，學生需自己找出調整

聲音高低的方式，因此學生們會運用迴紋針等工具，模仿吉他的調音器，製作一個調整弦鬆緊的構造。雖然，學生在學習的過程中，並非使用自我原創的方式製作樂器，但在每一個樂器玩具的製作歷程，反而提供學生更多樂器製作的經驗，讓學生能在製作過程中進行各項嘗試。

本次礙於課程時間有限，且研究者在讓學生們製作「玩具古箏」時花費了較多的時間，因此無法再提供學生自行設計新樂器的機會。對研究者而言，爾後的教學，將時間進行調整後，應可以安排讓學生「自行設計樂器」的機會，透過自行設計樂器的作業，讓他們經歷「設計→準備→製作→修正→發表等」的完整歷程，以此做為本聲音教學的總結性評量，或許在整個教學上會更完整。

在以往研究者有關「聲音概念」課程的教學，在進行「自行設計樂器」單元時，總是感覺全班學生中，能自行設計、製作出樂器的學生總是少數，且當研究者請學生說明他設計的樂器結構時，學生們很少能解釋或說明他們設計樂器的原理，因為學生只是模仿真實樂器的結構製作出來，甚至有些學生所製作出的樂器，是假家長之手製作完成。研究者認為，在本研究的教學設計中，研究者讓學生們經歷過6種不同類別樂器玩具的製作後，如果讓學生自行設計樂器，或許因這些製作樂器的經驗，更能讓學生在自製樂器時，發揮自己的創意，也更能說明他的設計原理。

### iii. 讓每個學生都能親手製作樂器

在研究者「製作樂器玩具」的教學中，除了「玩具鼓」採小組製作一個樂器玩具的進行方式外，其餘樂器玩具製作，皆採用每位同學製作一個樂器的方式進行課程。

「玩具鼓」採用小組製作的方式，主要考量在製作鼓的過程，需要小組學生共同合作，進行拉氣球製作鼓面、將鼓面固定、測試鼓面聲音等活動，如果自己一人製做恐難以完成，因此設計「一組一鼓」的方式，讓學生們可以在互助合作的測試中，引發討論，也因學生的互助合作，能達到快速完成「玩具鼓」的製作的目的。

此外，研究者也考量「玩具鼓」的製作材料中，氣球的大小需要配合奶粉罐的大小進行購買，在研究者走訪當地許多文具店時發現，大尺寸的氣球在購買時，都以一包一包的方式販售，價格並不便宜，如果要學生準備這些

材料，可能會造成學生與家長的困擾。因「玩具鼓」製作素材對學生來說較不容易準備，若採用一組一個的方式，較容易達到素材準備的需求，因此研究者在本研究中，基於上述考量，讓學生以「一組製作一個玩具鼓」的方式進行教學。當然，如果實際情境能做到「一人製作一個玩具鼓」的方式，將是更好的設計。

在「吸管木琴」、「單弦琴」、「玩具古箏」、「吸管笛」、「吸管排笛」樂器教學中，採用每人一樂器的方式進行課程，由於這些樂器製作素材容易取得，在材料的購買上教材容易，如果讓每位學生都能親手自做一個來測試，在學生測試、討論樂器的歷程中，可以一邊測試一邊討論，達到更好的教學效果。

在教學後研究者發現，在每位學生都親手製作樂器後，大家的討論更多了，學生喜歡即時地將自己操弄樂器的發現與同學分享，只要給學生一些討論的時間，學生在小組間的對談得到訊息後，會馬上去測試自己的樂器，獲取經驗，在小組的討論上，學生更有參與感，有助於小組討論的進行。

#### iv. 適時應用樂器簡圖、操作圖示輔助教學

在進行聲音高低的教學中，需要透過操作「樂器玩具」或「真實樂器」改變振動體的長短、鬆緊…等因素，進行概念改變教學。研究者在學生操作的測試時，常會拋出大量的問句，引發學生的思考與推論。偶爾，研究者會應用示範操作的方式，引導學生操作觀察，不過畢竟操作的動作不大，且學生離研究者有特定的距離，學生較不容易了解研究者的操作情形。因此，透過板書方式繪製圖示來表達操作方式，有助於學生了解研究者所要學生觀察的與操作的重點。

例如：「單弦琴」的教學中，研究者以移動橡皮擦位置的方式改變弦的長短，進而改變聲音高低；為了讓學生區分弦的長短，研究者拿著單弦琴比畫弦的長短並移動橡皮擦撥彈琴弦，但在示範的過程中，研究者發現學生不容易看清楚研究者的操作情形，於是將操作方式以簡單的圖示繪製在黑板上(如圖 4-17)，學生便可以了解移動橡皮擦的方式以進行操作，在講解時也藉由圖示明確地顯現出弦的長短。

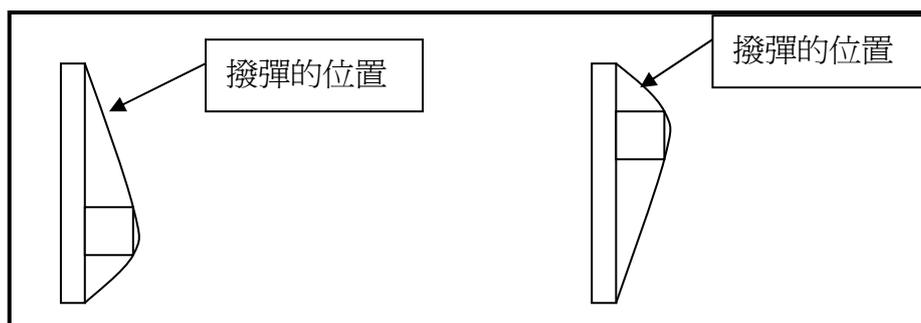


圖 4-17 研究者應用圖示輔助教學說明圖

在操作「真實樂器」時，描述直笛的空氣柱長短、吉他弦的長短等，學生都十分不容易觀察到老師的操弄情形，此時應用圖示的輔助，可以讓學生更清楚了解振動體的長短。

### 三、聲音概念改變教學策略應用

#### i. 讓學生透過「操作樂器」澄清概念

研究者在 5E 學習環「解釋」階段進行概念澄清教學時，常會應用不同的情境，拋出「使學生想法產生衝突矛盾的問題」，讓學生藉由思考問題調整自己的想法。不過在拋出問題後，通常研究者需要找尋素材，讓學生進行概念澄清的試驗，研究者發現，透過直接操作樂器的方式，是比較好的方法。

例如：研究者在「玩具鼓」教學中，要澄清學生「力氣大所以聲音大」的概念時，以「用力拍打衣服，不一定聲音大」的反例來說明「力氣大不一定聲音大」，試圖讓學生思考「力氣大」並不是聲音大的主要因素。但研究者發現，學生不但沒有因此接受這個概念，反而因為素材的轉換，導向另一個思考，學生認為「因為拍用力打衣服時，空氣可以跑掉，所以聲音比較小」。此時研究者將觀察重點調整回樂器玩具本身的試驗，讓學生透過「觸摸鼓面，鼓聲停止」的方式進行嘗試，學生反而容易體會「聲音是由鼓面振動而來」的看法。

有了這樣的經驗後，在研究者在後續的教學中，都請學生直接以「操作樂器」的方式進行概念澄清。例如：運用壓住弦撥彈吉他、觸摸吸管感覺吸管的振動……等方式讓學生直接操作樂器進行思考與推論。

#### ii. 運用流程圖呈現聲音產生過程

研究者在聲音的教學中發現，聲音的專家概念，其實是不容易被觀察的。以聲音的產生為例，專家概念是，是「物體振動產生聲音」；如果要包含外力

施作與聲音傳遞的歷程，則可說「外力使物體產生振動後，經由介質的傳播才能聽到聲音」。但由於聲音的產生是一個快速、連續的過程，不容易被觀察與體會，學生往往只注意到「外力作用產生聲音」，未能注意「物體振動」的現象。研究者在教學的歷程中，為了能讓學生能釐清聲音產生的過程，常使用流程圖來做為表達工具（如圖 4-18），透過流程圖的表達，學生比較容易聚焦，觀察「物體振動」的現象。

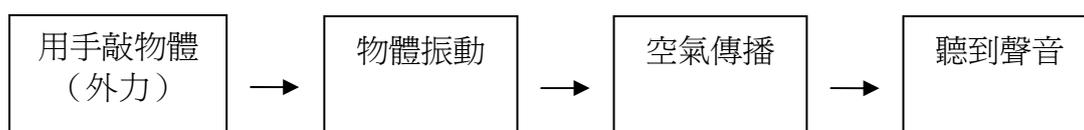


圖 4-18 研究者應用流程圖表達聲音產生的過程

在聲音的大小教學中，多數學生在教學前對於聲音大小的概念，認為「力量大，聲音大」。但以專家概念來說，物體振動幅度的大小，才是影響聲音大小的主要因素。為了讓學生能注意到物體振動幅度的觀察，因此研究者利用「流程圖填空」的方式，讓學生思考：在施力後，是什麼物體在振動，這個物體的振動大，所以才會聲音大。（如圖 4-19，空格中填入「空氣振動大」）。

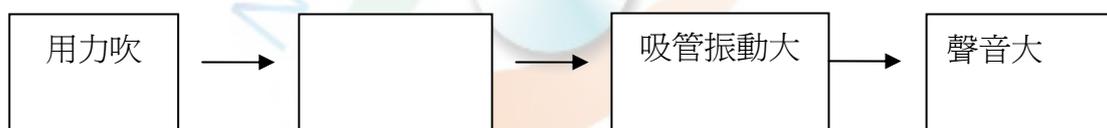


圖 4-19 研究者應用流程圖填空方式讓學生思考聲音大小與振動幅度關係

在吹管樂器「聲音的高低」的教學中，為了讓學生能觀察吸管的長短與空氣柱長短的關係，研究者也利用「流程圖填空」的方式來引導學生思索影響吹管樂器聲音高低的因素。（如圖 4-20，空格中填入「空氣柱長短」）



圖 4-20 研究者應用流程圖填空方式讓學生思考吸管長短與聲音高低的關係

研究者發現，在進行聲音概念的教學指導歷程，運用「流程圖」的方式或「流程圖填空」的方式，可讓學生不僅看到「操作、結果」，更了解中間發生了哪些事，有助於將學生的觀察聚焦在專家概念的觀察上。

iii. 教師提問應避免產生學生其他的迷思概念

如前所述，研究者在 5E 學習環「解釋」階段的教學中，常會拋出不同的問題引導學生思考推論，以澄清學生的迷思概念。不過，如果教師在教學時佈題不佳，可能會引發學生其他的思考或產生迷思概念，以下以「直笛的聲音大小」教學為例進行說明。

學生認為「用力吹，笛子就會大聲」，因此教學者用手堵住直笛氣窗用力吹，呈現「用力吹不一定會大聲」的情境，希望藉此衝突情境，讓學生思考其他影響音量大小的因素。

- T：直笛要怎樣才能吹大聲與小聲？  
S：吹大力聲音就會很大，吹小力聲音就會小。  
T：現在我吹很大力，你看看會不會有很大聲音。  
（教師將氣窗按住用力吹）  
S：老師你壓住了，老師要全部放開用力吹才會很大聲。  
T：所以我用力吹一定很大聲嗎？  
S：不一定  
T：壓住不壓住到底控制什麼東西？  
S02：堵住空氣振動變小，  
T：如果我壓住有沒有空氣在振動？  
S：有，很小  
T：所以，我吹大力，空氣振動小，聲音會…  
S：小  
T：所以要讓直笛發出很大的聲音，主要影響的因素是哪一個？  
S：空氣的振動  
T：空氣振動的什麼？  
S：空氣振動的大和小
- （吹-教學觀察）

在教學過程中，雖然學生接受且被教學者引導「空氣振動的大小才能影響聲音的大小」概念的建立。但研究者在教學後反思，「堵住氣窗」的動作，是否會讓學生認為：笛子的聲音來源在於空氣流出氣窗時摩擦而來，用手堵住，就阻止了空氣從氣窗流出，因此不會有聲音。如此一來，這樣的澄清的情境，反而形成了另外一個迷思概念。因此設計概念澄清的情境時，應該注意引起另有概念的可能性，盡可能避免這樣的情形。

iv. 教學中澄清學生個別概念的困難

研究者在教學中，常常使用拋題方式和學生對話，讓學生透或與老師的互動歷程進行概念的思考、推論。在實際的教學情境中，全班學生思考的方向、速度不一定相同，回答研究者問題的學生所呈現的概念不一定能代表每

位學生的想法。

在個別訪談中，研究者發現大部分學生的概念都能趨近研究者所要引導的概念，但仍有少部分學生還是停留在自己的初始概念中。研究者使用後測個別訪談的機會，再度拋出問題引導學生思考，發現部分學生在訪談中能思考研究者所拋出的問題，建構出符合科學家概念的想法。

T：你覺得為什麼會有聲音？聲音怎麼來的

S：東西和東西碰撞在一起產生的，

T：一定要撞在一起才有聲音嗎？

S：不一定。

T：主要的來源是什麼？

S：空氣。

T：有沒有可能有空氣但沒有聲音？

S：有

T：如果有空氣沒有聲音，為什麼？

S：壓住吧！

T：為什麼？

S：因為把振動壓住。

T：所以聲音主要來源是什麼？

S：振動。

(訪 12)

這樣的情形讓研究者思索，在進行全班概念澄清的教學時，如何能夠讓學生當場呈現他的想法？研究者在教學時，當某一個學生說出想法時，研究者會以「你的想法和他不一樣的舉手」、「還有沒有其他不一樣的想法」…等方式，試圖了解每個學生的概念。但有時為了不打斷推論的過程，與學生問答的節奏較快時，可能淪為僅與部分「勇於發言的學生」對話，而忽略了其他未發言的學生。

研究者思考，或許我們沒有辦法在課堂的教學中真正與每一位小朋友進行概念澄清的對話，但在教學節奏的控制上，應避免節奏太快，以掌控更多學生的概念學習情形，讓更多學生能跟上教師概念澄清的節奏。

## 第五章 結論與建議

本章第一節將依據第四章之研究結果，說明樂器玩具應用於聲音概念教學之可行性，並於第二節提出教學面及未來研究的建議。

### 第一節 結論

一、以簡易的樂器玩具製作結合 5E 學習環教學策略進行聲音概念的教學：

(一) 運用 5E 學習環教學策略可達到概念改變的目的

研究者將 5E 學習環視為不斷評量的歷程，在使用「樂器玩具」進行「投入→探索→解釋」階段後，研究者會進行評量，以評估學生是否準備好進入「精緻化」(真實樂器)學習階段；在學生進行「精緻化」(真實樂器)階段時，也會評量學生是否已達到「精緻化」階段的要求。在完成「投入→探索→解釋→精緻化」四階段後，研究者會再度應用問題，進行本項教學的「總評量」，評估學生是否已達本階段的學習目標。(圖 5-1)。

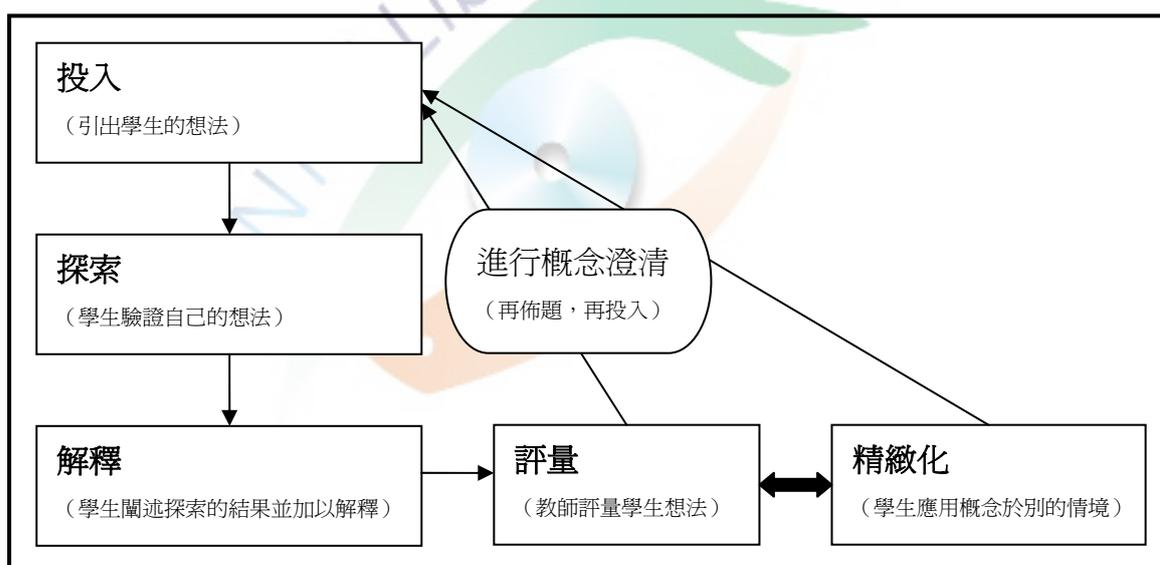


圖 5-1 研究者視 5E 學習環為不斷評量歷程的教學流程

在研究者的教學中，由於每一個樂器玩具教學，都需要經歷 5E 學習環的學習階段，因此透過每一個「投入→探索→解釋」階段，可以評估學生是否確實由操弄「樂器玩具」中，學習到「聲音的來源、大小、高低」概念，在「精緻化」階段時，透過「真實樂器」讓學生能將「樂器玩具」與「真實樂器」進行連結。由學生的後測結果可以看出，研究者依循 5E 學習環理論中每個階段的教學活動

規劃，設計聲音概念的教學活動，確實有助於提升學生在聲音概念上的學習。

## **(二) 善用圖形與流程圖有助於聚焦學生的觀察**

由於學生對於聲音的初始概念大多固著在「施力於物體，然後聽到聲音」、「施力大，所以聲音大」的現象，忽略了「物體的振動」的觀察。在黑板上應用如圖 4-18~4-20 的流程圖形，有助於學生聚焦在「物體振動」的觀察上。

## **(三) 將每個樂器都進行「聲音概念」的探討，可讓學生概念更清楚**

研究者在本研究中，將「敲擊、撥彈、吹管」三種類型樂器，各製作 2 種樂器玩具，重複進行「聲音的來源、大小、高低」概念的教學，這樣的教學規劃看似繁複，但透過這樣的教學設計，讓學生有機會能針對每一種樂器都去探討聲音的三個概念，在學生重覆地學習「聲音概念」的歷程中，當學生的概念類推能力逐漸建立時，教學的時間則會逐漸縮短，因為學生已逐漸加深各概念的印象，並且學習運用已學過的概念，穩固新概念。

## **(四) 「樂器玩具」在本研究中所呈現的優點**

### **1. 製作「樂器玩具」，讓每位學生都有操作樂器的機會**

樂器玩具是以簡單、容易製作、材料易尋為原則，因此，每位學生都能夠製作出屬於自己的樂器玩具，在進行聲音概念的教學時，每位學生都有一份操作的教具，也解決了以真實樂器教學，不易準備、數量稀少、價格昂貴、學生難以重複操弄的缺點。

### **2. 「樂器玩具」容易觀察，減少學生產生其他的迷思概念**

從研究中我們可以發現，真實樂器複雜的構造，常會影響學生的思考而產生其他的迷思概念。「樂器玩具」以最簡單的發聲方式製作，讓學生在單純的操弄環境下，學習聲音概念，有效讓學生快速聚焦在「聲音概念」的實驗觀察與學習上，也讓教師能有效應用時間在課程主要概念的教學與指導上，減少解釋其他複雜因子所需的時間。

### **3. 「樂器玩具」解決真實樂器在觀察過程中無法拆解的困擾**

在國小自然與生活科技領域的教學，讓學生能親自動手操作，有助於建立相關的科學概念。雖然目前許多教材都設計使用「真實樂器」進行「聲音概念」的教學，但是「真實樂器」昂貴的價格，難以有足夠的設備讓學生有機會接觸並嘗試；複雜的構造讓學生容易在學習上因樂器的結構，進行額外的推論。「樂器玩具」的應用解決了上述「真實樂器」的困擾，除了能做到讓

每位學生都親手操弄的目的外，學生在操弄的過程，甚至可以嘗試改變樂器的構造進行觀察，有助於學生科學概念的學習。

在「樂器玩具」的教學中，學生能夠直接以拉緊放鬆氣球，來改變「玩具鼓」鼓面的鬆緊；能透過「吸管木琴」、「吸管排笛」的製作過程，嘗試改變吸管長度以控制音階；「單弦琴」與「玩具古箏」的製作，學生可以設計改變聲音高低的結構，這都是在目前使用「真實樂器」的教學難以做到的教學歷程；「樂器玩具」容易組合、拆解、及調整組構的優勢，滿足了學生在學習時觀察的需求。

## 二、透過簡易聲音樂器玩具的操作，學生聲音概念學習的成效：

### (一)「樂器玩具」易於觀察，有助於學生學習「聲音概念」

#### 1. 敲擊樂器－製作簡單，概念容易建立

由於敲擊樂器的振動現象不明顯，因此學生常認為敲擊樂器能夠產生聲音是因為「敲擊」的關係，但是經過教學後，學生都能夠透過觀察「玩具鼓」、「吸管木琴」發現物體振動的現象。

敲擊樂器可分為兩種，無音階的節奏樂器，如鼓；有音階的敲擊樂器，如木琴與鐵琴。由於這兩種樂器調整聲音高低的方法不同，因此研究者將兩種樂器都設計成「樂器玩具」讓學生探索。「玩具鼓」的設計，讓學生能透過改變鼓面鬆緊來調整聲音高低；「吸管木琴」則以長短不同的吸管明顯呈現高低不同聲音。學生在操弄「樂器玩具」後都能明確表示兩種樂器調整聲音高低的方式，同時也初步建立「物體長短與聲音高低的關聯」，作為後面其他種類樂器學習的基礎。

#### 2. 撥彈樂器－製作困難，振動現象最明顯

撥彈樂器以弦為振動的主體，是振動現象最明顯的樂器，也是最不容易設計與製作的樂器。從聲音概念的操作學習需求來說，撥彈樂器在「聲音的高低」概念中，由於包含了弦的粗細、長短、鬆緊三個可控制聲音高低的變因，為了觀察「弦的粗細與聲音高低的關係」，在樂器的設計上，至少需要兩條弦，以讓學生比較粗細不同的弦所發出聲音的高低；但觀察「弦的長短與聲音高低的關係」、「弦的鬆緊與聲音高低的關係」時，其實僅需透過「單弦」的操作即可。本研究中，研究者先採用「單弦琴」讓學生觀察「弦的長短、

鬆緊與聲音高低的關係」後，再引入「玩具古箏」讓學生比較「弦的粗細與聲音高低的關係」。研究者發現，如此教學程序的安排有助於學生的學習。

在研究者以往以「吉他」進行教學時，由於吉他弦很多，樂器結構較為複雜，因此學生常常在操弄與觀察時，可能與老師教學時所希望學生觀察的目標不同，因此在觀察與學習時不容易聚焦，但透過先觀察「單弦琴」，再進行「玩具古箏」的教學後，學生不但能清楚學習到控制弦樂器聲音高低的三個方法，也清楚的看到學生能將「單弦琴」所學到的概念應用在「玩具古箏」與「吉他」上。

在樂器玩具的製作上，雖然研究者所設計的「玩具古箏」在設計上已十分簡單，但「綁弦」對學生來說卻是一項困難的步驟，會花費學生較多的時間，因此老師可以將方法告訴學生後請學生在課餘時間完成。

在撥彈樂器的教學上，研究者發現，由於弦的振動明顯，因此學生容易建立「聲音的來源」及「聲音的大小」兩個概念。在「聲音高低與弦的鬆緊關係」教學中，研究者發現學生對於「弦的長短」與「弦的鬆緊」常會混淆，因為他們在進行單弦琴的實驗時，會認為「把橡皮筋拉緊，弦變長了」，因此在教學時，需要使用橡皮擦「卡」住橡皮筋的方式進行，以免學生產生另一個迷思概念。

### 3. 吹管樂器－不易觀察，概念不易建立

吹管樂器的振動體為「空氣」，不容易觀察，在「吸管伸縮笛」與「吸管排笛」的操弄過程，學生只能透過吸管的管壁的振動來推論空氣的振動，不過如果在真實樂器「直笛」的操弄上，就不容易觀察「空氣振動」的現象。

在研究者的教學中，為了讓學生理解「吹管樂器空氣柱長短影響聲音高低」的概念，研究者透過讓學生觀察「吸管長短」推想「空氣柱長短」的方式，建立學生「空氣柱長短影響聲音高低」的概念。不過，當研究者在精緻化階段使用「高音直笛」時，由於學生會因為直笛的外觀長度固定，不易觀察、體會直笛的空氣柱長短概念，加上直笛「氣窗」的構造，因而較難達到「推論」精緻化概念的目的，由後測的紙筆測驗中可以明顯看出，學生不容易建立高音直笛的聲音來源概念（表 4-15）。但「樂器玩具」簡單的結構，是有助於學生觀察與學習。

#### 4. 真實樂器複雜的結構容易讓學生產生迷思概念

真實樂器的「小鼓」與「吉他」是有音箱的樂器，學生在建立聲音概念時，明顯會因為「音箱」構造讓學生產生混淆，認為聲音是由音箱裡的空氣而來。透過「玩具鼓」的操作，學生因可以拆解樂器操弄、調整鼓面，因此減少了此類概念的產生。在進行「單弦琴」、「玩具古箏」的教學時，由於研究者設計的都是沒有音箱的弦樂器，學生也比較不容易將概念轉移至「音箱空氣振動」的思考上，有助於學生進行「物體振動產生聲音」的教學。

真實樂器的「直笛」，也是由於「氣窗」的設計，讓學生容易將發生連結到「空氣經由氣窗跑出來，產生摩擦所以有聲音」的概念上(吳能州,2003)，在教學過程中，研究者也發現，學生無法體認「按住直笛洞口就是調整空氣柱長短」的概念，因為學生認為：「直笛的長度是固定的，裡面都充滿空氣，所以空氣柱長度應該是一樣的」。

在「聲音概念」的教學上，目前教科書皆使用「真實樂器」來進行聲音概念的教學，但真實樂器的結構畢竟較為複雜，學生在觀察時容易受到其他因素的影響，使學生在「聲音概念」的學習上產生困擾。而進行「聲音概念」的教學素材選擇上，將「真實樂器」變更成構造簡單的「樂器玩具」可降低學生學習的困擾。

### (二) 學生的「聲音概念」在教學後明顯改變

#### 1. 【聲音的來源與大小】—從著重操作性因素轉為注意振動現象

##### (1)「物體振動產生聲音」的教學：

在教學前，大多數學生認為聲音是「施力」所產生，忽略施力後物體振動的現象；在教學後，學生都注意到了「物體振動」的現象。學生能接受「物體振動產生聲音」的概念，主要因為「樂器玩具」簡易拆解與觀察特性，減少了真實樂器因結構複雜容引起學生其他複雜思考，能從自己操弄的樂器中觀察獲得。

##### (2)「聲音大小」概念教學：

教學前，學生認為「施力大小是影響聲音大小的主要因素」，教學後，學生能依據「振動概念」確認振動體，觀察振動的大小。在敲擊樂器上，「玩具鼓」與「吸管木琴」的振動現象明顯，學生很容易就確認「振動體」與觀察

振動的大小；即使是最不容易觀察的「空氣振動」現象，學生也能觸摸「吸管伸縮笛」與「吸管排笛」管壁的振動，體會空氣振動的現象，藉由感覺吸管壁的振動情形，體會空氣振動的大小。

雖然，在教學的過程中，研究者仍需透過「流程圖」等方式進行概念澄清，但研究者認為，學生對於「物體振動產生聲音」、「物體振動大、聲音大」的概念能經由「觀察、學習、理解」的方式進行體悟，而不僅是概念的背誦與學習，這和研究者以往使用「真實樂器」進行聲音概念教學的經驗相較，是很大的突破。

### (3)【聲音的高低】—能夠理解真實樂器控制聲音高低的方法

學生在聲音的高低的教學中，學生最大的改變是了解多項樂器控制高低音的方式。在敲擊樂器中，在教學前，大多數學生認為鼓是無法改變聲音高低的，但「玩具鼓」的教學，讓學生能透過改變「鼓面鬆緊」與「敲擊位置」改變鼓的聲音高低。在「吸管木琴」的教學中，由於學生以察覺吸管長度與聲音高低有關，因此在進行「吸管伸縮笛」與「吸管排笛」的教學時，學生對於「空氣柱長，聲音低；空氣柱短，聲音高」的概念也很快地就能理解此一概念。撥彈樂器的教學中，研究者讓學生先由「單弦琴」探討「弦的鬆緊、長短與聲音高低的關係」後，才運用「玩具古箏」探討「弦的粗細與聲音高低的關係」，因此雖然弦樂器控制聲音高低的變因有三個，但學生由於能由簡單的「單弦琴」學習概念後，再應用「玩具古箏」重複驗證以增強概念。對於聲音高低的變因控制上，學生能由操作「樂器玩具」達到理解的效果。

### (4)【音色】—能釐清聲音的不同是因為音色的不同

學生在教學前認為，能夠辨識不同聲音是因為曾經聽過某個聲音，所以我們才能夠辨識。在教學後，學生能體認「未曾聽過的聲音，也能分辨出聲音的不同」，由此體認每種物體產生的聲音是不一樣的，也就是「音色」的概念。

## 第二節 建議

### 一、對於聲音概念教學設計與實施的建議

#### (一) 5E學習環的運用方面

5E學習環在教學設計的應用上，不僅可以運用於每個小單元的教學，對於

整個大單元的教學來說，大單元的 5E 學習環應用概念，有助於統整學生課程之學習。本研究在進行聲音的來源、聲音的大小與聲音的高低等三大概念的單元教學時，皆以 5E 學習環教學策略設計教學(如圖 3-2)。以整個聲音單元來看，研究者將先前的單元教學視為大單元教學中的「投入、探索、解釋」三個階段，大單元的精緻化教學，可視為小單元的統整課程，綜合比較三大類型樂器，探討三大聲音概念(如圖 3-3)。研究者建議，教學者應用 5E 學習環時，除可以應用在每節課程教學外，對於大單元教學，可將 5E 學習環教學應用於統整單元概念的教學中。

在 5E 學習環在教學的應用上，並非僅是一個制式的五階段流程，而是一個可以彈性應用的五階段教學歷程(如圖 5-1)。本研究於評量的階段中，由教師進行概念的評量，研究者認為，在評量階段中，可以讓學生對於回顧自己想法的改變，藉由後設認知方式來穩固已學習的概念。

## (二) 加入「聲音傳遞」概念教學

本研究針對樂器玩具設計教學，研究者認為能夠運用樂器玩具進行的聲音概念包含「聲音的來源」、「聲音的大小」、「聲音的高低」、「音色」等四大概念，但在聲音概念的教學中，有關「聲音的傳遞」概念仍是不可缺少的。研究者在教學過程中也發現，學生認為聲音來源是「施力→物體振動→產生聲音」的流程，但研究者在其中加入「聲音的傳遞」概念，以「施力→物體振動→介質傳遞(空氣傳播)→聽到聲音」的流程，讓學生能了解整個由「施力」到「聽到聲音」的過程。研究者發現，如此歷程的清楚交代，有助於學生理解聲音的概念，也避免讓學生將大多數的聲音概念，聚焦在「空氣」的解釋上。

## (三) 使用「非樂器產生的聲音」，進行學生的聲音概念的「總評量」

本研究在教學時，雖安排使用各種不同的樂器玩具進行聲音教學，但卻忽略了樂器只是學習聲音概念的媒介，它不是唯一的聲音來源，因此研究者認為，在進行應該在三種類型的樂器的聲音概念教學後，應引導學生歸納：「聲音的來源在於物體的振動」、「物體振動幅度的大小影響聲音的大小」概念，並應用非樂器產生的聲音來評量學生的聲音概念。例如：我們講話會有聲音，是由於聲帶在振動，喇叭會有聲音，是因為喇叭會振動等。

## 二、對於現行教材的建議

### (一) 在教學的安排上，每種類型的樂器，都需進行聲音概念的探討

目前的教材，在每一個聲音概念，都會安排多種樂器進行教學(如表 2-13)。如此的教學安排，容易讓學生僅能對某一種樂器在某一聲音概念上進行解釋。例如：學生能體會「鼓面振動產生聲音」，或許無法體會「木琴振動、弦振動或空氣振動產生聲音」，學生知道「吉他弦的長短可以改變聲音的高低」或許不知道「鼓面的鬆緊也可以改變聲音的高低」等。為了增強學生對聲音概念的了解，也讓學生能真切理解教學素材中「樂器」發聲的原理，研究者建議在教學的安排上，應該同一種樂器，都要進行「聲音的來源、大小、高低」教學，讓學生對於樂器發聲現象的理解能更完整。

### (二) 在聲音概念的教學歷程中，應指導學生製作樂器玩具

現行的教材，使用「真實樂器」學習聲音的概念，期待學生能藉由「模仿真實樂器」的結構，設計出樂器玩具，並透過學生解釋其樂器玩具設計的歷程，統整、評量學生的聲音概念學習。不過，在真實的教學情境下，研究者發現，由於學生在學習時，所看到的都是結構較為複雜的樂器，因此當我們請學生設計樂器時，學生傾向設計「結構複雜的樂器」，例如：長短不同的木琴或排笛。學生們容易認為像本研究「玩具古箏」之類的樂器不屬於樂器，因為它無法如吉他般發出精準的聲音。

因此建議聲音教學，可由指導學生製作幾個簡單的「樂器玩具」著手，能讓學生在製作過程中理解樂器的結構與發聲原理，並能有助於學生的觀察、學習，在「簡單」的「樂器玩具」引導下，如果有機會讓學生自行設計樂器，學生才能藉由這些經驗，產生更多有創意的設計。

## 三、未來研究建議

### (一) 開發電腦軟體，讓學生可以透過軟體圖形觀察「物體振動」的快慢

「聲音的高低」，在國小階段「聲音概念」的學習，難以讓學生透過觀察「振動快慢」，因此難以指導學生「聲音的高低與物體振動快慢(頻率)有關」概念。在教學的發展上，僅能讓學生透過改變物體的長短、鬆緊、大小、粗細等特性，改變聲音高低。這樣的教學內容與「專家概念」差異頗大。

研究者思考，如果可以開發一個軟體，藉由電腦的麥克風設備收音，然後使用「波形圖」顯示出這個聲音的振動情形，並藉由軟體計算顯示出此聲音「平均

每秒振動的次數」，如此或許有助於教師進行「物體振動快，所以聲音高」的教學。運用這個軟體，老師在教學時可以使用吉他或直笛，吹奏出 Do、Re、Me、Fa、So 等不同的音階，藉由軟體呈現的「每秒振動次數」數字，讓學生由數據的觀察，理解「物體振動快，聲音高」概念。若在教學時有這樣的軟體可以應用，國小聲音概念的教學將能更為完整。

## (二) 開發不同的「樂器玩具」進行聲音概念教學試驗

目前國內對於「簡易樂器玩具」製作教學的相關文獻或書籍較為缺乏，研究者在進行本研究樂器玩具的設計時，找尋了許多書籍、影片等資源才提出本研究的「樂器玩具」。礙於研究者個人的創意與資料查詢方向有限，本研究僅能提出 6 種樂器玩具提供教學參考應用。希望日後，能有更多人投入「樂器玩具」設計的工作，並提供教學上的心得，使日後教師在進行「聲音概念」的教學時，能有更多「樂器玩具」可以選擇，讓學生能「玩樂器，學聲音」。



## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。臺北市：心理。
- 王美芬、熊召弟（2005）。國小階段自然與生活科技教材教法。臺北市：心理。
- 王美蘭（1994）。影響幼兒型為發展的媒介：玩具與教具。臺灣教育，521，31-41。
- 王澄霞（1996）。從「科技與社會互動之學習」探究數理教育問題。科學發展，23（5），433-455。
- 王錦銘（2005）。科學玩具遊戲教學對國小五年級學生科學素養之研究。碩士論文，國立台北師範學院，台北市。
- 古士宏（2005）。以 5E 學習環發展學校本位課程之行動研究---以蝴蝶生態園為例。碩士論文，國立屏東教育大學，屏東縣。
- 成映鴻（1997）。兒童科學實驗。臺北市：台灣書店。
- 江惟銓（2007）。以認知架構為基礎的教學模式對國小六年級學童聲音概念改變之研究。碩士論文，臺北市立教育大學，臺北市。
- 江雅惠（2002）。科學童玩的認知與設計、製作。國教輔導，352，2-7。
- 余世裕（2003）。國小五年級學童聲音概念之研究。碩士論文，國立屏東師範學院，屏東縣。
- 吳能州（2003）。國小學生「聲音概念之探究」。碩士論文，國立臺東師範學院，臺東縣。
- 李秀娟、張永達、黃達山（1998）。概念圖應用於國中生物教材之分析與評論—以神經系統為例。科學教育月刊，120，16-24。
- 李俊璋（2006）。以概念構圖之動態評量策略探究國小六年級學童「聲音」概念的概念學習。碩士論文，國立臺北教育大學，臺北市。
- 李美宜（1995）。我國學生聲音傳播概念之研究。碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 李維（譯）（1998）。思維與語言。台北：桂冠。（L. S. Vygotsky, 1986）
- 育橋文教事業（2008）。國民小學自然與生活科技領域教學指引六年級上學期。臺北市：作者。

- 林義修 (2005)。趣味科學活動對學童學習成就與科學態度之影響研究。碩士論文，國立新竹教育大學，新竹市。
- 林曉雯 (2000)。建構主義教學策略—學習環的基本理念及國小自然科學教學設計舉隅。《屏師科學教育》，11，43-51。
- 林曉雯 (2001)。國小自然科教師試行「學習環」之合作行動研究。《屏東師院學報》，14，935-986。
- 邱冠天 (2006)。概念構圖應用於國小六年級學童在「聲音」單元教學成效之研究。碩士論文，國立臺北教育大學，臺北市。
- 邱美虹 (1993)。科學教科書與概念改變。《科學教育月刊》，163，2-8。
- 邱美虹 (2000)。概念改變研究的省思與啟示。《科學教育學刊》，8(1)，1-34。
- 邱雪媚 (2005)。以人本建構主義教學策略探究國小一年級學童「聲音」的概念學習。碩士論文，國立台北師範學院，臺北市。
- 南一書局企業股份有限公司 (2008)。國民小學自然與生活科技教師手冊五下(第六冊)。臺南市：作者。
- 紀肇聲 (1987)。科學玩具製作。台中縣：龍山國小。
- 張春興 (1994)。教育心理學—三化取向的理論與實踐。臺北市：東華。
- 張英琦 (2007)。以多面向之概念改變架構融入 5E 探究式教學策略發展轉動與力矩單元探討國三學生概念改變之研究。碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
- 康軒文教事業股份有限公司 (2008)。九年一貫國小自然與生活科技教師手冊第六冊(5下)。臺北市：作者。
- 張維本 (2006)。教學網站資源融入國小聲音單元教學之研究。碩士論文，臺北市立教育大學，臺北市。
- 張靜儀與余世裕 (2002)。國小學童對聲音概念之探究。《屏東師院學報》，16，395-434。
- 教育部 (1993)。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。臺北市：作者。
- 許榮富 (1991)。科學概念發展與診斷教學研究合作計畫芻議。《科學發展月刊》，18(2)，150-157。
- 許榮富 (1992)。科學教育與認知科學。論文發表於中華民國第八屆科學教育學術研討會。高雄：國立高雄師範大學。

- 許順欽(2002)。科學玩具融入國小自然科教學以促進學童創造性問題解決能力之行動研究。碩士論文，國立花蓮師範學院，花蓮縣。
- 陳世峰(2002)。發展國小學童聲音概念之 Two-tier 評量診斷工具。碩士論文，國立屏東師範學院，屏東縣。
- 郭重吉(1992)。從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊，20(5)，548-570。
- 陳惠芬(2000)。「科學趣味競賽」引入國小教學活動成效研究--以水火箭之學習環模組為例。碩士論文，臺中師範學院，臺中市。
- 陳裕方、李文德(2005)。以 5E 建構式學習環與一般教學法探究「生鏽」概念改變成效之研究。科學教育研究與發展，39，p16-38。
- 曾燕玲(2005)。5E 學習環教學對國小六年級學童燃燒概念改變之研究。碩士論文，臺北市立教育大學，臺北市。
- 游淑媚(1996)。建構式教學模式和科學教學焦慮感之縱貫研究。1996 年中華民國第九屆科學教育學術研討會論文彙編，547-559。
- 程智慧(1994)。國小學兒童「聲概念」發展模型之研究。(行政院國家科學委員會專題研究成果報告編號：NSC83-0111-S142-003-N)。臺北：中華民國行政院國家科學委員會。
- 賀慧玲(1990)。幼兒玩具選擇偏好研究。碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 賀慧玲(1992)。幼兒玩具的含意、重要性與價值。國教天地，91，28-34。
- 黃台珠、熊召弟、王美芬、佘曉清、靳知勤、段曉林、熊同鑫(譯)(2002)。促進理解之科學教學—人本建構取向觀點。臺北市：心理。(Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, Joseph D. Novak, 2000)
- 黃佩萱(2005)。國小高年級學童聲音迷思概念之研究。碩士論文。國立臺中師範學院，臺中市。
- 楊忠樵(2000)。以「製作科學玩具」輔助國小兒童自然科學習之研究-以電磁單元為例。碩士論文，國立臺中師範學院，臺中市。
- 溫明麗(1988)。為孩子選玩具。(頁 54-67) 臺北：時報文化。
- 葉紹國(1978)。幼兒想像遊戲之研究。碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 熊召弟(1995)。以概念角度談學童的生物觀。國民教育，35(7-8)，8-13。

熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫（譯）（1996）。*科學學習心理學*。臺北市：心理。（S. M. Glynn, R. H. Yeany & B. K. Britton, 1991）

劉人和（2001）。*學習環教學模式之研究*。教育部臺灣省中等學校教師研習會專案研究報告。

劉敏書（2006）。以PODA研究策略探究國小一年級學童「聲音」概念之概念學習。碩士論文，國立臺北教育大學，臺北市。

盧珍瑩（2006）。運用鷹架理論於國小二年級科學概念學習之研究-以「聲音」教學為例。碩士論文，國立屏東教育大學，屏東縣。

翰林出版事業股份有限公司（2008）。*自然與生活科技教學指引六上*。臺南市：作者。

鍾聖校（1995）。*國小自然科課程教學研究*。臺北市：五南。

羅廷瑛（2004）。兩種建構取向教學模式對國小學生「自然與生活科技領域」科學學習表現之影響。博士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

蘇幼良（2002）。以建構主義教學策略探究國小二年級學童對「聲音」的概念學習。碩士論文，國立臺北師範學院，臺北市。

## 二、英文部分

Angier, N. (1981). Fun and Learning with Science Toys. *Discover*, 12, 46-51.

Bybee, R. W. & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study(BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129 - 160). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 27 - 43.。

Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science, *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

- Francis, R. G., Hill, D. M., & Redden, M. G. (1991). Mathematics and science: A shared learning cycle and a common learning environment. *School Science and Mathematics*, 91(8), 339-343.
- Hackett, J. (1991). Constructivism, Learning Cycle and Structuring Instruction in Elementary School Science.
- Karplus, R., & Thier, H. (1967). A new look at elementary school science. Chicago: Rand McNally.
- Kuhn, T. S. (1962, 1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmers. In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth and the knowledge*, (pp. 91-195). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. National Association for research in Science Teaching (Monograph 1).
- Mitchell, I. J., & Baird, J. R. (1986). Teaching, learning and the curriculum-1: The influence of content in science. *Research in Science Education*, 16, 141-149.
- O'Brien, T. (1993). Teaching Fundamental Aspects of Science Toys. *School Science and Mathematics*, 93(4), 203-207.
- Osborn, R., & Freyberg, P. (Eds.)(1985). Learning in Science: The Implications of Children's Science. London: Heinemann Press.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Roth, K. J. (1991). Reading science texts for conceptual change. In C. M. Santa & D. E. Alvermann (Eds.), *Science Learning: processes and applications*, 48-63. International Reading Association.
- Stein, M. & Miller, D. (1997). Teaching with toys. *Science Teacher*, 64, 22-25.

Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Treagust, D. F. (1988). Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.

Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D.F. (1996). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81(4), 387-404



## 附錄一：聲音概念二階層診斷試題

小朋友你好：

這是一份有關於「聲音」想法的一份調查，他的目的想要瞭解小朋友對「聲音」的想法。所以，**這不是考試，也不算成績**，答案也沒有對與錯的問題，你只需要把題目中和你的想法相同的部分選出來，就可以了喔！

你填寫的資料，並不會影響你的成績，所以你不必擔心。這份資料是要拿來做分析，好讓更多的老師在上自然課有關「聲音」的單元時，可以更瞭解大家的想法。

國立台東師範學院課程與教學碩士班 研究生：邱郁雯 指導教授：熊同鑫 博士 敬上

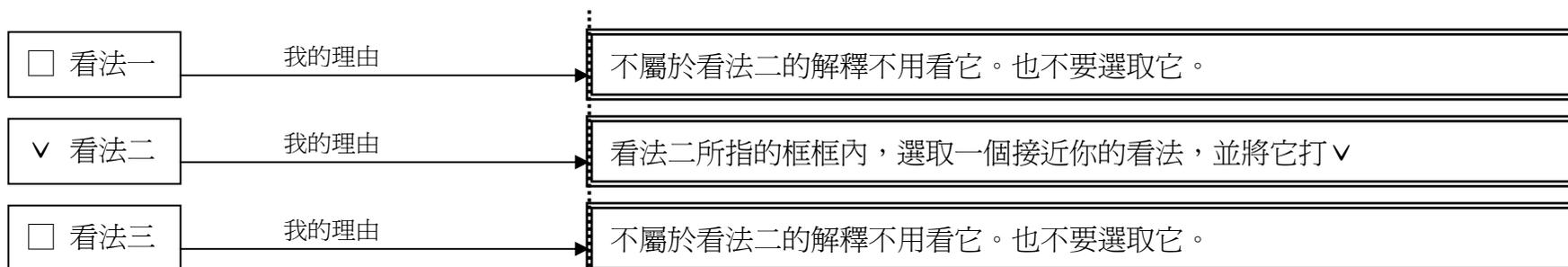
### 請先填寫你的基本資料：

學校名稱：\_\_\_\_\_ 國小 班級：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_班 姓別：男 女 姓名：\_\_\_\_\_

說明：<請仔細聽老師講解ㄟ！>

1. 把你覺得想法和你一樣的答案，在前面的  中打
2. 每個問題分成兩的部分，請**先在左邊**選取你覺得正確的想法，然後**依照箭頭指示**，看看  中的想法有哪個和你的一樣，並且將它打 $\checkmark$ 。注意，只可以選取第一個選項中，箭頭指示的  中的項目，不可以跨到其他項目的框框中選取。

例如：



《請翻開下一頁，開始寫下你的想法》

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

1.小朋友，請問你覺得為什麼會有【聲音】呢？

我覺得聲音是因為碰撞產生的

我的理由是

兩個東西撞在一起，或是讓它產生摩擦，就會有聲音。

東西撞在一起，會產生音波，所以會有聲音。

我覺得聲音是因為空氣振動產生的

我的理由是

物體碰撞或摩擦以後，會振動到旁邊的空氣，空氣就會產生振動，所以有聲音。

兩個物體撞在一起後，聲音就會跑出來，傳到空氣裡，空氣會流動，把聲音傳出來。

我覺得聲音是因為物體振動產生的

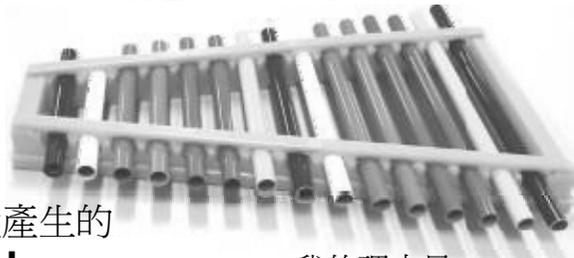
我的理由是

物體有振動，才会有聲音。物體沒有振動就不會有聲音。

物體有振動，旁邊的空氣就會振動，空氣振動就會有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

2. 下圖是一個鐵琴，鐵琴的中間是空心的。你如果拿起琴棍敲擊它，鐵琴就會發出聲音。你覺得為什麼你敲鐵琴的時候，鐵琴就會有聲音呢？



- 我覺得是因為碰撞產生的

我的理由是

- 敲鐵琴的時候，琴棍和鐵琴發生碰撞或摩擦，所以有聲音。
- 敲鐵琴的時候，會使鐵琴裡面的空氣撞在一起，所以有聲音。

- 我覺得是因為空氣振動產生的

我的理由是

- 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。
- 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，空氣互相撞擊，就會有聲音。

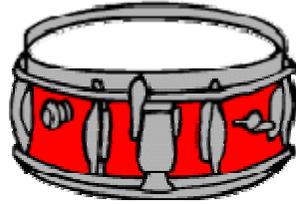
- 我覺得是因為物體振動產生的

我的理由是

- 敲鐵琴的時候，鐵琴會振動，所以會有聲音。
- 敲鐵琴的時候，鐵琴裡面的空氣會振動，所以有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

3. 我們敲【鼓】的時候，鼓可以產生聲音，我覺得主要是因為



我覺得是因為碰撞產生的

我的理由是

- 打鼓時，物體互相碰撞，本來就會有聲音。
- 打鼓時，鼓裡面有空氣，敲鼓的時候，鼓裡面的空氣會互相撞擊，產生聲音。
- 打鼓時，會把外面的空氣從鼓的細縫裡打進去，和鼓裡面的空氣發生撞擊，就會有聲音

我覺得是因為空氣振動產生的

我的理由是

- 打鼓時，鼓裡面的空氣會有振動，所以會有聲音。
- 打鼓時，鼓裡面的空氣會在裡面跑來跑去，所以會有聲音。
- 打鼓時，鼓裡面的空氣會振動，互相撞來撞去，所以會有聲音。

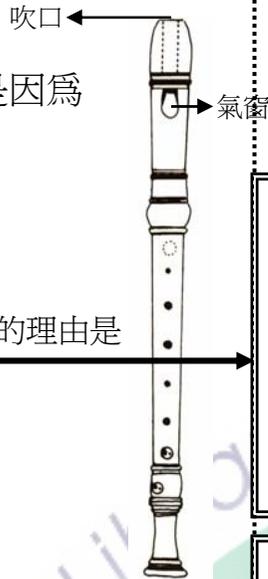
我覺得是因為物體振動產生的

我的理由是

- 打鼓時，鼓皮會振動，所以會有聲音。
- 打鼓時，鼓裡面的空氣會有振動，所以會有聲音。
- 打鼓時，會振動音波，所以會有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

4. 我們吹【笛子】的時候會有聲音我覺得是因為什麼原因呢？(請參考笛子的圖片)



用手按的關係，使笛子有聲音。

我的理由是

- 因為氣吹到笛子裡面，你用手按住洞口，就會有聲音。
- 因為手按住笛子的洞口，笛子裡面的空氣被堵住了，無法跑出來，空氣在笛子裡面循環，就會發出聲音。
- 因為你手按住笛子的洞口，笛子裡的空氣不容易跑出去，所以會撞在一起，產生聲音。

空氣的摩擦或碰撞使笛子產生聲音

我的理由是

- 因為吹笛子時，空氣會從洞裡面跑出來，和笛子的洞口發生摩擦，所以會有聲音。
- 因為吹笛子時，空氣在笛子裡面流動，和笛子裡面發生摩擦，所以就會有聲音。
- 吹笛子時，空氣會從笛子的洞跑出來，當它跑出來時，與外面的空氣發生撞擊，所以有聲音。

物體振動產生了聲音

我的理由是

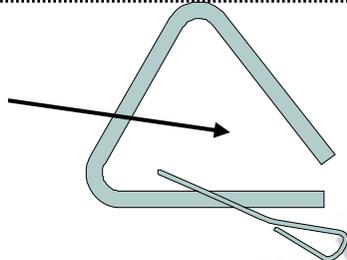
- 吹笛子時，笛子裡的空氣會振動，所以會有聲音。
- 吹笛子時，氣窗的塑膠版會產生振動，所以會有聲音。
- 吹笛子時，聲音會在笛子裡面產生振動，所以會有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

5. 我們敲【三角鐵】的時候，三角鐵可以產生聲音，我覺得主要是因為

說明：

三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方  
【三角鐵中間部位的空氣】



物體撞擊而產生聲音

我的理由是

- 鐵和鐵互相碰撞，產生摩擦，就會有聲音。
- 敲三角鐵時，三角鐵會振動，撞到空氣就會有聲音。
- 敲三角鐵時，三角鐵裡面的空氣會撞來撞去，所以會有聲音。

物體振動而產生聲音

我的理由是

- 敲三角鐵時，鐵會振動，所以有聲音。
- 敲三角鐵時，三角鐵附近的空氣會振動，所以會有聲音。
- 敲三角鐵時，三角鐵會振動到音波，所以會有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

6. 我們彈【吉他】的時候，吉他可以產生聲音，我覺得主要是因為



物體撞擊而產生聲音

我的理由是

- 彈吉他時，手和吉他的線發生了摩擦，所以會有聲音。
- 彈吉他時，線會振動，和旁邊的空氣互相撞擊，所以會有聲音。
- 因為吉他有一個音箱，裡面有很多的空氣，當我們彈吉他時，音箱裡的空氣會互相撞來撞去，所以有聲音。

物體振動而產生聲音

我的理由是

- 彈吉他時，吉他的弦會振動，所以會有聲音。
- 彈吉他時，吉他音箱裡的空氣會振動，所以會有聲音。
- 彈吉他時，吉他的弦會振動到音波，所以會有聲音。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

7. 我們用力敲【鐵琴】的時候，鐵琴的聲音會比較大聲，我覺得主要是因為

〔說明〕：右圖的鐵琴中間是空心的



敲擊力氣的關係

我的理由是

- 用力敲鐵琴時，鐵琴被撞擊或摩擦的力氣大，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鐵琴時，鐵琴周圍的空氣會被撞擊得很大力，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鐵琴時，鐵琴裡的空氣會跑得比較快，可以很快從鐵琴裡面跑出來，所以聲音會比較大聲。
- 因為用力敲鐵琴，聲音跑的速度會比較快，所以聲音會比較大聲。

物體振動的關係

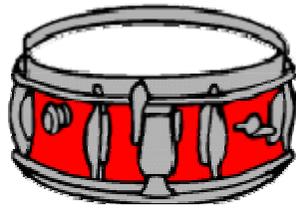
我的理由是

- 用力敲鐵琴時，鐵琴會震動的幅度比較大，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鐵琴時，鐵琴震動的速度比較快，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鐵琴時，鐵琴周圍的空氣會振動得比較厲害，所以聲音比較大聲。
- 力敲鐵琴時，鐵琴裡面的空氣振動得比較快，所以聲音比較大聲。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

8. 用力敲【鼓】，【鼓】的聲音會比較大聲，我覺得是因為

撞擊力氣的關係



我的理由是

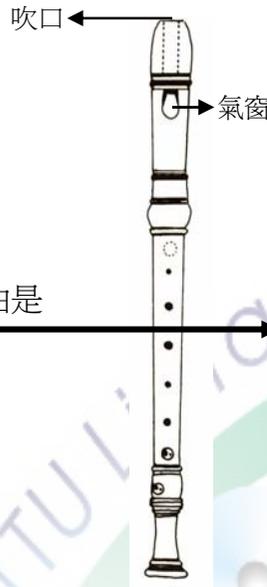
- 用力敲鼓時，鼓被撞擊或摩擦的力氣大，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鼓時，鼓裡的空氣被撞擊得很大力，所以聲音比較大聲。
- 用力敲鼓時，鼓裡的空氣被撞得越厲害，聲音就會越大聲。
- 用力敲鼓時，鼓裡的空氣跑的速度快，所以聲音比較大聲。

物體振動關係

我的理由是

- 用力敲鼓時，鼓皮振動的幅度比較大，所以聲音會比較大聲。
- 用力敲鼓時，鼓皮振動得比較快，所以聲音會比較大聲。
- 用力敲鼓時，鼓裡的空氣會振動得比較厲害，所以聲音會比較大聲。
- 用力敲鼓時，鼓裡的空氣跑得比較快，聲音可以很快傳出來，所以敲越用力會越大聲。

9. 我們用力吹【笛子】的時候，聲音會比較大聲，我覺得是因為



吹力的關係

我的理由是

- 吹越大力，就會有很多氣從笛子的洞跑出來，所以聲音比較大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣和笛子的摩擦就會越大，所以聲音比較大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣就會撞擊得越厲害，所以聲音比較大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣跑出來的速度會比較快，所以聲音比較大聲。

空氣振動的關係

我的理由是

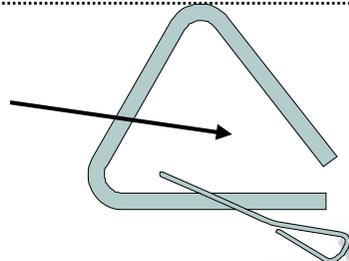
- 吹越大力，笛子裡的空氣會振動得比較大，所以聲音比較大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣震動速度會比較快，所以聲音比較大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣撞擊笛子的力氣會比較大，所以聲音會越大聲。
- 吹越大力，笛子裡的空氣可以很快的從笛子裡面跑出來，所以聲音會越大聲。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

10. 我們用力敲【三角鐵】的時候，聲音會比較大聲，我覺得是因為

說明：

三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方  
【三角鐵中間部位的空氣】



撞擊力氣的關係

我的理由是

- 用力敲三角鐵，鐵和鐵的撞擊或摩擦的力氣大，聲音會比較大聲。
- 用力敲三角鐵，三角鐵周圍的空氣會被用力撞擊，所以聲音比較大聲。
- 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣會轉得比較快，所以聲音會比較大聲。
- 用力敲三角鐵，聲音在三角鐵上面跑的速度比較快，所以聲音比較大聲。

物體振動的關係

我的理由是

- 用力敲三角鐵，三角鐵振動的幅度大，所以聲音比較大聲。
- 用力敲三角鐵，三角鐵會振動得比較快，所以聲音比較大聲。
- 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣會振動得比較大，所以聲音會比較大聲。
- 用力敲三角鐵，三角鐵裡的空氣就會振動得快，所以聲音會比較大聲。

11 我們用力彈【吉他】的時候，聲音會比較大聲，我覺得是因為



彈力的關係

我的理由是

- 彈很大力時，吉他的線彈會力越大，所以聲音會越大聲。
- 彈很大力時，吉他周圍的空氣會被撞擊得越大力，所以聲音越大聲。
- 彈很大力時，會有很多很多的空氣被撞到音箱裡，空氣在音箱裡的撞擊就會很大，所以聲音會比較大聲。

物體振動的關係

我的理由是

- 彈很大力時，吉他的線振動的幅度大，所以聲音比較大聲。
- 彈很大力時，吉他的線會振動得快，所以聲音比較大聲。
- 彈很大力時，吉他附近的空氣被振動的幅度會比較大，所以聲音比較大聲。

12. 我們敲鐵琴的時候，比較長的管子和比較短的管子哪一個敲起來的聲音會比較高呢？



管子短，聲音高

我的理由是

- 管子短，空氣比較快流出來，所以聲音高。
- 管子短，聲音跑得快，所以聲音高。
- 管子短，管子振動快，所以聲音高。
- 管子短，很快就振動完畢了，所以聲音會比較高。
- 管子短，裡面空氣少，空氣的振動快，所以聲音會比較高。

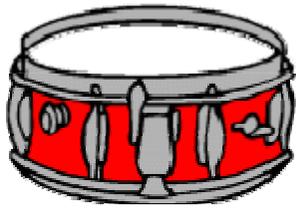
管子長，聲音高

我的理由是

- 管子長，空氣比較慢流出來，所以聲音高。
- 管子長，聲音跑得比較久，所以聲音高。
- 管子長，管子的振動比較慢，所以聲音高。
- 管子長，振動得時間會比較久，所以聲音高。
- 管子長，裡面的空氣多，振動起來就會比較慢，所以聲音高。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

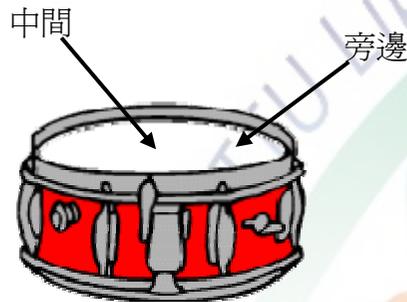
13.我們敲【同一個鼓】時，可不可以改變【鼓】的聲音【高低】呢？



我覺得可以改變鼓的聲音高低

我的理由是

說明：敲鼓的位置不一樣是指敲鼓的中間和敲鼓的旁邊



我覺得不可以改變聲音的高低

我的理由是

- 敲鼓的力氣不同，鼓的震動大小也不同。所以聲音有不同的高低。
- 敲鼓的力氣不同，鼓的震動快慢也不同。所以聲音會有不同的高低。
- 因為敲中間時，聲音傳到旁邊的速度比較慢，敲靠邊緣的位置時，聲音傳到旁邊的速度快。所以敲的位置不同，高低也不同。
- 因為敲中間時，鼓面較鬆；敲靠邊緣的位置時，鼓面較緊。所以敲的位置不同，高低也不同。
- 敲鼓的速度快慢不一樣，聲音的高低也會不一樣。因為你敲不同的快慢時，用的力氣也會不一樣，所以聲音的高低也會不一樣。

- 因為鼓面都是同一個，振動的速度都是一樣的，所以沒有辦法改變聲音的高低。
- 因為都是同一個鼓，裡面的空氣是固定的，所以沒有辦法改變聲音的高低。
- 如果你打鼓的時候，力氣用得一樣大，鼓的聲音高低就會一樣。
- 如果你打鼓的時候，敲相同的地方，鼓的聲音高低就會一樣。

14. 我們吹【笛子】的時候，要怎麼吹，聲音會最高呢？



【按住】所有洞口，聲音最高

我覺得原因可能是...

- 因為空氣只能從最下面的洞跑出來，速度比較慢，所以聲音高。
- 因為因為震動的空氣柱長度比較長，所以聲音比較高。
- 因為空氣在笛子裡的時間比較長，可以和笛子產生很多摩擦，所以聲音高。

【放開】所有洞口，聲音最高

我覺得原因可能是...

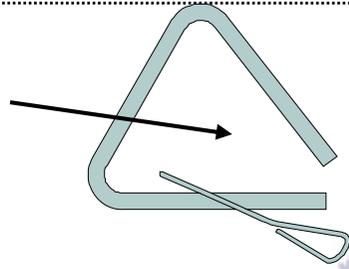
- 因為空氣跑出來的速度快，所以聲音就比較高。
- 因為震動的空氣柱短，所以聲音比較高。
- 外面的空氣可以和笛子裡面的空氣產生大量的摩擦或撞擊，所以聲音高。

附錄一：聲音概念二階層診斷試題

15. 我們敲同一支【三角鐵】的時候，應該怎麼樣改變三角鐵聲音的高低呢？

說明：

三角鐵裡面的空氣是箭頭所指的地方  
【三角鐵中間部位的空氣】



敲擊力氣不同，聲音的高低也不同

我的理由是

不管怎麼敲，都無法改變三角鐵聲音的高低

我的理由是

- 敲擊力氣不同，聲音的大小會不一樣，聲音的高低也會不一樣。
- 敲擊力氣不同，三角鐵振動的速度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。
- 敲擊力氣不同，三角鐵振動的幅度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。
- 敲擊力氣不同，三角鐵裡的空氣振動速度會不一樣，聲音的高低也會不一樣。

- 三角鐵的三根鐵都是一樣長的。
- 三角鐵中間的空間是固定的，裡面的空氣數量也是固定的。
- 同一支三角鐵，不管你怎麼敲，振動的快慢都一樣。

16. 【吉他】是一種常見的樂器，【吉他】上面有六條線，每條線都有不同的粗細，彈起來聲音也會不一樣。你覺得這些線的粗細和聲音的高低有什麼樣的關係呢？

粗的線，聲音高；細的線，聲音低。

我的理由是

- 粗線重，振動慢，所以聲音高。細線輕，振動快，所以聲音低。
- 粗線左右擺動的幅度大，所以聲音高，細線左右擺動的幅度小，所以聲音低。
- 粗線體積大，振動時和空氣的摩擦比較多，所以聲音高。細線體積小，振動時和空氣的摩擦少，所以聲音比較低。

粗的線，聲音低；細的線，聲音高。

我的理由是

- 粗線重，振動慢，所以聲音低。細線輕，振動快，所以聲音高。
- 粗線左右擺動幅度大，所以聲音低，細線左右擺動幅度小，所以聲音高。
- 粗線體積大，振動時和空氣的摩擦比較多，所以聲音會低。細線體積小，振動時和空氣的摩擦比較少，所以聲音高。

17. 我們打電話的時候，常常可以利用聲音來判斷這通電話是誰打來的；或者，我們聽到某種樂器的聲音時，就可以猜出這個聲音是什麼樂器發出來的。你覺得，為什麼會有這樣的現象呢？

因為每一種樂器都會有屬於自己，十分獨特，和其他樂器不一樣的聲音。

因為根據聲音的高低，就可以判斷出它是什麼樂器發出來的。

因為我們以前有聽過這些樂器的聲音以後，就會把他記住，下次聽到了，就可以判斷出來了。



| 第一類別 敲擊樂器－玩具鼓   |              | 教學時間：80 分鐘   |  |  |
|---|--------------|--|--|--|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 階 段 | 教 學 內 容  | 教 學 資 源  | 備 註  |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p> | 投入           | <p>T：你曾經看過或用過什麼樂器？</p> <p>S：三角鐵、爵士鼓、口風琴、鋼琴、笛子、吉他、鈸</p> <p>T：大家都有看過許多樂器，有沒有自己做過樂器？</p> <p>S：用寶特瓶、排笛、沙鈴</p> <p><b>【教師拿出玩具鼓。】</b></p> <p>T：怎麼樣讓他發出聲音？</p> <p>S：敲上面。</p> <p><b>【指導學生製作玩具鼓】</b></p> <p>T：老師給每一組一個氣球、一條橡皮筋、一個罐子請你們看看怎麼樣把他組合完成。</p> <p>S：是破掉的氣球嗎？</p> <p>T：自己嘗試看看，要用破掉的氣球還是完整的氣球，才能完成。</p> <p>T：如何讓鼓發出聲音？</p> <p>S：敲打、碰到鐵罐才有聲音、打會有回音</p> <p>T：為什麼打、敲，鼓就會有聲音？</p> <p>S：因為空氣和空氣撞擊，摩擦、橡膠皮在振動、空氣振動</p> <p>T：請把你的想法寫在學習單上。</p> <p><b>【每位學生書寫學習單】</b></p> <p><b>【請學生發表學習單內容】</b></p> <p>S：因為敲打鼓面的時候，罐子裡的空氣會振動。<br/>因為空氣在鼓裡被振動而磨擦所以會有聲音。<br/>空氣和空氣相撞在一起。<br/>打了以後音波反彈。</p> | <p>玩具鼓成品。</p> <p>學習單 1。</p> <p>玩具鼓製作材料：氣球一個、橡皮筋一條、牛奶罐一個。(每組)</p> | <p>※ 學生需要全組拉緊氣球，才能將氣球張開套入牛奶罐。</p> <p>※ 因為讓學生自我嘗試，因此氣球可能會不斷破損，必須預備更多氣球。</p> <p>※ 學生大多以縱切面剪開氣球。</p> <p>※ 有些學生認為聲音的來源是音箱裡的空氣振動。</p> |
|   | 探索           | <p>T：玩具鼓發出聲音時可以看到什麼現象？請大家觀察。</p>   | 每位學生自己   |  |



|   |            |  |   |   |
|---|------------|--|---|---|
| <p><b>二、聲音的能量-大小</b></p> <p>1. 物體能量越多，振動的幅度越大。</p> <p>2. 敲擊同一個樂器，敲擊力量的大小影響聲音的大小。</p> <p>3. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。</p> <p>4. 物體振動的強度越大，所產生的聲音越大。</p> | <p>投入</p>  | <p>T：如何控制玩具鼓的聲音大小？怎麼敲比較大聲？<br/>S：用力敲。<br/>T：輕輕敲聲音會如何？<br/>S：比較小聲？<br/>T：為什麼用力大，鼓聲就會大呢？把你的想法寫在學習單上<br/>【學生書寫學習單】</p>  | <p>玩具鼓<br/>學習單 1</p>                      | <p>澄清的教學。<br/>※ 學生通常會認為聲音大小是因為施力大小所致。</p>         |
|   | <p>探索</p>  | <p>T：現在請大家再仔細觀察，輕輕敲與用力敲時，除了大小聲之外，你還看到什麼不同的現象？<br/>【學生操作玩具鼓，觀察用力與輕敲鼓面的振動現象】</p>   | <p>玩具鼓</p>                                | <p>※ 學生會用手觸摸感覺鼓面的振動。</p>                          |
|   | <p>解釋</p>  | <p>【學生發表觀察到的現象及看法。】<br/>T：你輕輕敲與用力敲有什麼不一樣？<br/>S：敲很大力，振動比較大，敲小力，振動比較小。<br/><br/>※澄清學生的概念。<br/>T：為什麼敲擊的力量大，鼓聲會越大？<br/>S：因為越用力聲音就越大。<br/>T：鼓聲的大小與鼓面有關係嗎？<br/>S：聲音越大鼓面振動越大。<br/>T：鼓聲的大小是因為敲擊的力量影響還是鼓面振動幅度的影響？<br/>S：用力敲，振動大，聲音就大。<br/><b>澄清策略 1</b><br/>教師準備厚外套，用力敲擊，<br/>T：老師用力敲，你有聽到很大的聲音嗎？<br/>S：沒有<br/>T：為什麼用力敲卻沒有很大的聲音？<br/>S：因為衣服沒有振動。<br/>T：所以讓鼓發出很大聲音的主要因素是敲擊的力量大還是物體振動大？<br/>S：物體的振動大<br/><b>澄清策略 2</b><br/>學生無法看清楚振動大小，可在鼓面上放小石頭，當敲擊用力大時，小石頭跳動得比較高，反之則比較小。當聲音停止時，振動也就停止。</p> | <p>玩具鼓<br/><br/>厚外套<br/><br/>小石頭或小橡皮擦</p> | <p>※學生認為聲音大只是因為敲擊的力量大；但是要產生較大的聲音，物體的振動的幅度也要大。</p> |
|   | <p>精緻化</p> | <p>學生思考影響「大鼓」聲音大小的因素。<br/>T：如何控制大鼓聲音的大小？<br/>S：力量的大小<br/>T：力量的大小對鼓面產生什麼影響？把你的想法寫在學習單上。<br/>【學生書寫學習單】</p>   | <p>學習單 1</p>                              | <p>※ 教師評鑑學生是否能夠以振動幅度的大小說明影響大鼓聲音大小的因素。</p>         |

|   |    |   |              |   |
|---|----|---|--------------|---|
|   | 評鑑 | 教師評鑑學生概念。<br>※教師評鑑學生是否能夠說出物體振動幅度大小影響聲音的大小。  |              | ※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。   |
| <p><b>三、聲音的音調-高低</b></p> <p>1. 聲音的高低稱為音調。</p> <p>2. 打擊面的長短、打擊面的鬆緊、打擊面的大小會影響發出聲音的高低。</p> | 投入 | <p>教師用小鼓示範聲音的大小，用鐵琴示範聲音的高低，以確定學生不會混淆聲音的高低與大小。</p> <p>T：鼓能產生高低不同的聲音嗎？鼓能改變聲音的高低嗎？把你的想法寫在學習單上。</p> <p>【學生書寫學習單】</p> <p>【學生發表自己的想法】</p> <p>T：鼓能產生高低不同的聲音嗎？</p> <p>S：大小不一樣的鼓。可以產生高低不同的聲音。</p> <p>T：同一個鼓可不可以產生高低不同的聲音？</p> <p>S：不行，只能改變大小聲。</p> <p>S：可以，小鼓有調整器可以調整。</p> <p>T：同一個鼓可不可以產生聲音的高低？</p> <p>S：敲旁邊聲音比較高，敲中間聲音比較低。</p> <p>T：為什麼？</p> <p>S：氣球的厚度，中間比較厚、旁邊比較薄。</p> <p>T：除了厚薄，還有什麼不同？</p> <p>S：緊和鬆。</p> <p>T：如果是鬆緊，中間和旁邊哪裡比較緊，哪裡比較鬆？</p> <p>S：中間比較鬆、旁邊比較緊。</p> <p>T：我們來試試看是不是鬆緊影響聲音的高低。</p> <p>【教師示範氣球如何放鬆與拉緊。請學生調整氣球鬆緊，觀察聲音高低的變化。】</p> | 玩具鼓<br>學習單 1 | <p>※ 大多學生認為鼓只能改變大小聲，無法改變聲音的高低。</p> <p>※ 少部分學生會提到鼓的大小與鼓面厚薄及鬆緊會影響鼓聲的高低。</p> <p>※ 教師指導語必須詳細，操作步驟要說明清楚。</p> |
|   | 探索 | 學生改變氣球（鼓面）的鬆緊，同時敲打鼓面，觀察玩具鼓的聲音高低的變化。   | 玩具鼓          | ※ 氣球拉緊與放鬆的觀察必須由一位學生控制氣球，另一位學生敲打才能明顯地感覺到聲音高低的變化。   |
|   | 解釋 | <p>T：你們觀察後，鼓可不可以調整聲音的高低？</p> <p>S：可以</p> <p>T：怎麼調整？</p> <p>S：拉緊或放鬆。</p> <p>T：拉緊的時候聲音比較高還是比較低？</p> <p>S：比較高。</p> <p>T：放鬆呢？</p> <p>S：比較低。</p> <p>T：將你的想法寫在學習單上。</p>   | 學習單          |   |

附錄二-敲擊樂器教學記錄

|  |     |  |    |                               |
|--|-----|--|----|-------------------------------|
|  |     | <b>【學生書寫學習單】</b>   |    |                               |
|  | 精緻化 | T：為什麼敲大鼓的中間與鼓的邊緣，聲音高低會有些微的差異？<br>S：因為中間比較鬆，旁邊比較緊。<br>※教師評鑑學生是否能夠應用鼓面鬆緊影響聲音高低的概念。 | 大鼓 |                               |
|  | 評鑑  | 教師評鑑學生概念   |    | ※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。 |



| 第一類別 敲擊樂器—吸管木琴  |              | 教學時間：80 分鐘  |                                      |   |
|---|--------------|---|--------------------------------------|---|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 階 段 | 教 學 內 容   | 教 學 資 源                              | 備 註   |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p> | 投入           | <p>【教師指導學生製作吸管木琴】</p> <p>T：如何讓吸管木琴發出聲音？</p> <p>S：敲</p> <p>T：吸管木琴發出聲音時可以看到什麼現象？請觀察。</p>  | 製作吸管木琴的材料：吸管 5 支、竹筷 8 支、橡皮筋 10 條（每人） | ※鼓勵學生兩兩合作製作木琴，比較容易完成。   |
|   | 探索           | <p>【學生敲打吸管木琴，觀察吸管的振動現象】</p>   | 吸管木琴                                 |   |
|   | 解釋           | <p>【學生發表觀察到的現象及看法。】</p> <p>T：吸管木琴發出聲音時，可以看到什麼現象？</p> <p>S：吸管振動。</p> <p><b>※澄清學生的概念</b></p> <p>T：聲音的主要來源是吸管還是筷子？</p> <p>S：吸管</p> <p>T：我們如果要調整聲音的高低，要調整吸管還是筷子？</p> <p>S：吸管</p> <p><b>澄清策略：</b></p> <p>木筷長短一致，單獨敲擊木筷，無法產生聲音高低，套上吸管後才能發出高低不同的聲音，因此吸管木琴聲音的主要振動來源為吸管。</p> | 吸管木琴                                 | <p>※ 吸管木琴的主要振動來源是吸管，部分學生會誤認為竹筷。</p> <p>※ 這部分澄清策略以吸管的長短與聲音高低的關係來推論振動體為吸管，因此也可以先進行聲音高低的教學，再討論聲音的來源。</p> |
|   | 精緻化          | <p>教師拿出「鐘琴」。</p> <p>T：鐘琴要怎麼樣才能發出聲音？</p> <p>S：敲</p> <p>T：為什麼敲了鐘琴，就會有聲音？</p> <p>S：因為鐵片振動。</p>   | 鐘琴                                   | <p>※ 如果學生未能以振動現象解釋聲音的來源，可以運用鐘琴具有延音的特色，以觸摸停止的方式，引導學生思考振動與聲音的關係。（可參考玩具鼓的澄清策略）</p>                       |
|   | 評鑑           | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※教師評鑑學生是否能夠應用振動現象來說明鐘琴的聲音來源。</p>  |                                      | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。</p>  |
| <p><b>二、聲音的能量-大小</b></p>  | 投入           | <p>T：如何控制吸管木琴的聲音大小？</p> <p>S：用力敲聲音大，輕輕敲聲音小。</p> <p>T：聲音大小與吸管有什麼關係？用力敲與輕輕敲吸管有什麼不同？請觀察。</p>   | 吸管木琴                                 |   |

附錄二-敲擊樂器教學記錄

|  |     |   |      |   |
|--|-----|---|------|---|
| <p>1. 物體能量越多，振動的幅度越大。</p> <p>2. 敲擊同一個樂器，敲擊力量的大小影響聲音的大小。</p> <p>3. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。</p> <p>4. 物體振動的強度越大，所產生的聲音越大。</p> | 探索  | 【學生敲打吸管木琴，觀察吸管振動幅度的大小。】   | 吸管木琴 |   |
|  | 解釋  | <p>【學生發表觀察到的現象及看法】</p> <p>T：用力敲與輕輕敲吸管有什麼不同？</p> <p>S：用力敲，吸管振動大，輕輕敲吸管振動小。</p> <p>※ 澄清學生的概念。</p> <p>T：用力敲木琴會比較大聲是因為用力敲還是振動大？</p> <p>澄清策略：</p> <p>教師將手握柱吸管，再用力敲擊，吸管木琴無法發出很大的聲音？</p> <p>T：現在老師用力敲，你聽到很大的聲音嗎？</p> <p>S：沒有</p> <p>T：為什麼？</p> <p>S：因為吸管沒有振動。</p> <p>T：所以要讓吸管木琴產生比較大的聲音，主要因素是吸管振動大，還是用力敲？</p> <p>S：吸管振動大。</p> | 吸管木琴 |   |
|  | 精緻化 | <p>教師拿出鐘琴</p> <p>T：怎麼樣才能讓鐘琴發出很大的聲音？</p> <p>S：用力敲。</p> <p>T：為什麼用力敲鐘琴，就能發出很大的聲音？</p> <p>S：因為鐵片的振動比較大。</p>   | 鐘琴   | ※鐘琴振動的大小不易觀察，這個階段主要是希望學生能夠以吸管木琴的結果，推論鐘琴聲音大小的因素決定於鐵片振動的大小。 |
|  | 評鑑  | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※教師評鑑學生是否能夠以振動大小來描述影響聲音大小的因素。</p>   |      | ※學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。                              |
| <p><b>三、聲音的音調-高低</b></p> <p>1. 聲音的高低稱為音調。</p> <p>2. 打擊面的長短、打擊面的鬆緊、打擊面的大小會影響發出聲音的高低。</p>                                | 投入  | <p>T：吸管木琴有高低音嗎？</p> <p>S：有</p> <p>T：影響吸管木琴高低的因素是什麼？</p> <p>S：吸管的長短</p> <p>T：請你試試看哪一支吸管聲音比較高？</p>  | 吸管木琴 |   |
|  | 探索  | <p>【學生操作吸管木琴】</p> <p>學生操作吸管木琴，探索吸管長短與聲音高低的關係。</p>   | 吸管木琴 |   |
|  | 解釋  | <p>T：哪一支吸管的聲音最高？</p> <p>S：短的</p> <p>T：哪一支管的聲音比較低？</p> <p>S：長的。</p>  |      | ※學生在操作吸管木琴後，都能夠察覺吸管的長短與聲音高低的關係，如果少部分無法查覺，只要多操作幾次即可。       |
|  | 精緻化 | <p>【教師拿出鐘琴】</p> <p>T：你覺得哪一個琴鍵的聲音會最高？</p> <p>S：最短的</p>   | 鐘琴   |   |

附錄二-敲擊樂器教學記錄

|  |           |  |  |                                      |
|--|-----------|--|--|--------------------------------------|
|  |           | <p>T：你覺得哪一個琴鍵的聲音會最低？<br/>S：最長的。</p>            |  |                                      |
|  | <p>評鑑</p> | <p>教師評鑑學生概念<br/>※教師評鑑學生是否能夠說出物體長短與聲音高低的關係。</p> |  | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。</p> |



| 第二類別 撥彈樂器－單弦琴   |                | 教學時間：80 分鐘   |                   |   |
|---|----------------|--|-------------------|---|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 境 階 段 | 教 學 內 容  | 教 學 資 源           | 備 註   |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p> | 投入             | <p><b>【教師展示單弦琴】</b></p> <p>T：你覺得要怎麼做才会有聲音？</p> <p>S：撥</p> <p>T：我撥彈的是什麼東西？</p> <p>S：橡皮筋</p> <p>T：為什麼我撥彈就會有聲音呢？請把想法寫在學習單上</p> <p><b>【學生書寫學習單】</b></p> <p><b>【學生發表自己的想法】</b></p> <p>T：為什麼我撥彈就會有聲音呢？</p> <p>S：橡皮筋會彈、會振動，振動中間的盒子、要拉緊彈才会有聲音</p> <p><b>【教師指導學生製作單弦琴】</b></p>                    | 月曆紙<br>橡皮筋<br>橡皮擦 | ※ 月曆紙折成的琴身可用圓柱紙筒代替，但必須注意是否引發學生的另有概念。  |
|   | 探索             | <p>T：撥彈橡皮筋的時候除了聽到聲音之外，有沒有發現什麼現象？請大家觀察。</p> <p><b>【學生嘗試讓單弦樂器發出聲音，觀察單弦樂器發出聲音時所呈現的振動現象】</b></p>   | 每位學生自己製作的單弦琴。     | ※ 學生有時會以拉橡皮筋再放掉，使橡皮筋撞擊到紙筒產生聲音，這樣的聲音，不是撥彈樂器產生的聲音，必須「撥彈」橡皮筋所聽到的聲音，才是撥彈樂器產生的聲音。  |
|   | 解釋             | <p>學生發表觀察到的現象及看法。<br/>(學生若無法觀察到單弦琴振動的現象，教師再給與引導)</p> <p>T：撥彈橡皮筋的時候除了聽到聲音之外，有沒有發現什麼現象？</p> <p>S：振動</p> <p>S：你壓下去他會彈回來，然後發出聲音。</p> <p>T：振動的時候你也會聽到…</p> <p>S：聲音</p> <p><b>※澄清學生的概念：</b></p> <p>T：單弦琴能夠產生聲音，是因為撥彈還是因為弦的振動？請解釋原因。</p> <p>S：我撥彈然後弦振動，就會發出聲音。</p> <p><b>【教師壓住橡皮筋，用力撥彈】</b></p> | 單弦琴               | <p>※ 學生會認為聲音的來源為撥彈的動作：撥彈的動作在給物體振動的數量，聲音的來源物體振動，若只給能量但物體無法振動，仍無法產生聲音。</p> <p>※ 大多數學生會認為撥彈會讓橡皮筋產生振動然後有聲音，撥彈是必要因素。教師在這裡可以用</p> |

|  |     |   |               |  |
|--|-----|---|---------------|--|
|  |     | <p>T: 如果你把橡皮筋壓著再去彈, 會不會有剛才的聲音出現?</p> <p>S: 不會, 很快就停止了, 因為沒有振動。</p> <p>T: 所以單弦琴為什麼能夠發出聲音?</p> <p>S: 因為振動、橡皮筋在振動</p>  |               | <p>【撥彈卻沒有聲音】的衝突情境來釐清振動才是聲音產生來源。</p>  |
|  | 精緻化 | <p>教師拿出吉他。</p> <p>T: 如何讓吉他產生聲音?</p> <p>S: 撥弦</p> <p>T: 為什麼撥弦就會有聲音? 請把想法寫在學習單上。</p> <p>【學生書寫學習單。】</p> <p>【學生發表自己的看法】</p> <p>※ 教師評鑑學生是否能夠以振動現象說明聲音的來源。</p> <p>※ 澄清學生的概念:</p> <p>T: 剛才有小朋友說吉他會發出聲音是因為音箱的關係? 現在我把弦按著都不要讓他動, 這樣撥彈, 你聽的到原來吉他發出的聲音嗎?</p> <p>S: 不會</p> <p>T: 所以音箱能不能發出聲音?</p> <p>S: 不行</p> <p>T: 所以吉他能發出這種美妙的聲音(教師撥動弦)主要的因素是什麼?</p> <p>S: 弦</p> <p>T: 而且弦必須要怎樣才会有聲音?</p> <p>S: 振動</p> | <p>吉他學習單</p>  | <p>※ 吉他的音箱容易讓學生認為聲音的來源是音箱內的空氣振動。必要時, 教師可以【握柱弦撥彈, 沒有聲音】來證明弦振動是聲音的主要來源, 以澄清學生概念。</p> |
|  | 評鑑  | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※學生是否能夠說明聲音的來源是弦的振動。</p>  | <p>學習單</p>    | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念, 必須再回到概念澄清的教學。</p>  |
| <p>二、聲音的能量-大小</p> <p>1. 物體能量越多, 振動的幅度越大。</p> <p>2. 撥彈同一個樂器, 撥彈力量的大小影響聲音的大小。</p> <p>3. 物體的振動幅度越大, 產生的聲音越大。</p> <p>4. 物體振動的強度越大, 所產生的聲音越大。</p> | 投入  | <p>T: 怎麼才能讓「單弦琴」發出比較大的聲音? 請寫在學習單上。</p> <p>【學生書寫學習單。】</p> <p>【學生發表自己的想法】</p> <p>T: 怎麼樣才能讓「單弦琴」發出比較大的聲音?</p> <p>S: 大力</p> <p>T: 怎麼樣才能發出比較小的聲音?</p> <p>S: 小力</p>   | <p>單弦琴學習單</p> | <p>※ 學生通常會認為聲音大小是因為施力大小所致。</p>   |
|  | 探索  | <p>T: 請你注意觀察, 用力撥與輕輕撥對這條弦有什麼影響? 你可以看出橡皮筋有什麼不一樣嗎?</p> <p>S: 彈很大力的時候, 振動比較大</p> <p>T: 如果輕輕撥, 看到橡皮筋的現象怎樣?</p> <p>S: 振動比較小</p>  | <p>單弦琴</p>    | <p>※ 弦的振動容易觀察。</p>   |

|   |  |        |   |
|---|--|--------|---|
|   | <p>解釋</p> <p>T: 聲音的大小主要是因為手用力還是橡皮筋振動大小<br/>S: 手用力振動就會大<br/>T: 如果我手很用力, 可是橡皮筋沒有振動很大, 會不會有很大的聲音?<br/>S: 不會<br/>※ 澄清學生的概念:<br/>T: 請你手壓住, 用力撥撥看, 會不會產生很大的聲音?<br/>S: 不會<br/>T: 所以能夠發出很大的聲音是因為我用力的關係, 還是因為振動大?<br/>S: 振動大。<br/>T: 所以聲音大小主要是因為手用力的關係還是振動的大小?<br/>S: 振動的大小</p>                           | 單弦琴    | <p>※ 學生認為聲音大只是因為用力撥彈的關係, 教師在這裡要引導學生注意弦振動幅度的大小。</p>                                |
|   | <p>精緻化</p> <p>T: 好, 我們現在來看吉他是不是不一樣。如果要讓吉他發出比較大的聲音, 要怎麼辦?<br/>S: 要彈比較用力。<br/>T: 那是弦振動的關係, 還是手用力的關係?<br/>S: 用力然後振動<br/>※ 澄清學生的概念:<br/>T 我現在把弦握住用力彈, 有沒有聲音?<br/>S: 沒有<br/>S: 因為他沒有振動啊!<br/>S: 因為弦沒有振動<br/>T: 所以你要讓他很大聲除了要用力之外還要怎樣?<br/>S: 弦也要振動很大<br/>T: 所以吉他也是這樣子, 請你將想法寫在學習單上。<br/>【學生書寫學習單。】</p> | 吉他學習單  | <p>※ 教師評鑑學生是否能夠以振動幅度的大小說明影響大鼓聲音大小的因素。<br/>※ 學生會認為用力影響振動大小, 所以「力量」也是影響聲音大小的因素。</p> |
|   | <p>評鑑</p> <p>教師評鑑學生概念。<br/>※學生是否能夠說明聲音的大小是因為弦振動的大小。</p>  |        | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念, 必須再回到概念澄清的教學。</p>   |
| <p>三、聲音的音調-高低</p> <p>1. 聲音的高低稱為音調。<br/>2. 弦的長短、弦的鬆緊、弦的粗細會影響發出聲音的高低。</p> | <p>投入</p> <p>T: 有沒有辦法改變「單弦琴」的聲音高低? 請你把想法寫在學習單上。<br/>【學生書寫學習單。】<br/>【學生發表自己的想法】<br/>T: 有沒有辦法改變「單弦琴」的聲音高低?<br/>S: 可以<br/>T: 怎麼改變?<br/>S: 拉緊和放鬆<br/>S: 移動中間的東西</p>  | 單弦琴學習單 | <p>※ 大多數學生剛開始只能說出改變弦的鬆緊可以改變聲音的高低。</p>   |
|   | <p>探索</p> <p>T: 現在請大家試試看, 怎麼樣可以改變聲音的高低。<br/>【學生操作單弦琴, 嘗試調整聲音的高低】。</p>  | 單弦琴    |   |

|  |  |            |   |
|--|--|------------|---|
|  | <p>T: 你嘗試的結果, 如何讓單弦琴發出高低不同的聲音?<br/>                 S: 拉緊和放鬆橡皮筋。<br/>                 T: 拉緊時聲音比較…<br/>                 S: 高<br/>                 T: 放鬆時聲音比較…<br/>                 S: 低。<br/>                 T: 這樣的方式是改變橡皮筋的什麼?<br/>                 S: 鬆緊。<br/>                 S: 長短。<br/>                 ※ 澄清學生的概念:<br/> <b>【移動中間的物品, 製造不同長短的弦, 釐清學生長短與鬆緊因素的差別】</b><br/>                 T: 請你試試看移動中間的物品, 然後撥彈, 看看會有什麼樣的差別?<br/> <b>【學生移動弦中間的物品】</b><br/>                 S: 弦比較長, 聲音比較高。<br/>                 T: 請你將物品抽出來, 移動到不同的位置再放進去後撥彈, 聲音有什麼不同?<br/>                 S: 聲音變低。<br/>                 T: 移動物品其實改變了橡皮筋哪個部分<br/>                 S: 位置。<br/>                 T: 現在東西是不是把弦分成兩邊了, 你去彈一邊, 看看另一邊會不會動?<br/> <b>【為了更清楚呈現教師的引導語, 圖示於黑板】</b></p>  <p>T: 好, 現在請彈箭頭的部分, 再看看另一段會不會動。<br/>                 T: 你彈上面的時候下面會不會動?<br/>                 S: 不會<br/>                 T: 所以實際上振動的只有上方這一段。<br/>                 T: 這兩段有什麼不一樣?<br/>                 S: 一段比較長, 一段比較短。<br/>                 T: 長的聲音比較…<br/>                 S: 低。<br/>                 T: 短的聲音比較…<br/>                 S: 高。<br/>                 T: 好, 回到剛才拉動橡皮筋的方式, 拉長橡皮筋其實是改變橡皮筋的鬆緊還是長短?<br/>                 S: 鬆緊。<b>【如果學生尚未釐清鬆緊與長短差別, 教師必須明示拉長其實是拉緊】</b><br/>                 T: 所以橡皮筋有哪些調整聲音高低的方式?</p> | <p>學習單</p> | <p>※ 有些學生會認為橡皮筋拉緊, 橡皮筋變長, 所以聲音高, 形成橡皮筋長, 聲音高的錯誤概念。</p> <p>※ 學生在移動中間的物品時, 會直接拉動橡皮筋, 讓橡皮筋變長, 因此產生錯誤概念。</p> <p>※ 學生不容易體認橡皮筋長短的改變。</p> <p>※ 教師在說明時必須結合圖示說明, 才能清楚呈現振動的弦為哪一段。</p> |
|--|--|------------|---|

解釋

|  |     |   |    |   |
|--|-----|---|----|---|
|  |     | S: 長短、鬆緊。   |    |   |
|  | 精緻化 | <p>【教師拿出吉他，琴頭朝上】</p> <p>T: 吉他怎麼控制聲音的高低?</p> <p>S: 轉上面那一個 (指調音器)</p> <p>S: 按 (指按指板)</p> <p>T: 好我現在按 (教師按住一條弦), 如果我彈, 現在會動的是上面的弦還是下面的?</p> <p>S: 下面的</p> <p>T: 按住等於弦變...</p> <p>S: 短</p> <p>T: (教師撥彈) 聲音有沒有變高?</p> <p>S: 有</p> <p>T: 這是控制弦的長和短, 因為我沒有拉緊和放鬆, 如果要拉緊和放鬆要用誰?</p> <p>S: 轉動上面的東西 (指調音器)</p> <p>T: 好, 我現在讓弦變緊 (教師一手轉緊調音器, 一手不斷撥弦)</p> <p>T: 越緊聲音越...</p> <p>S: 高</p> <p>T: 好, 我現在放鬆 (教師轉鬆弦, 同時不斷撥弦), 越鬆聲音越...</p> <p>S: 低</p> <p>T: 請你寫在學習單上。</p> <p>【學生書寫學習單】</p> | 吉他 | ※ 教師利用吉他進行教學時, 為了清楚表示吉他弦的位置, 可以將吉他直立, 以上下區別位置, 以圖示輔助將會更清楚標示出弦的位置。 |
|  | 評鑑  | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※學生是否能夠說明弦的長短與鬆緊可以改變聲音的高低。</p>  |    | ※ 學生的回答如果呈現迷思概念, 必須再回到概念澄清的教學。                                    |

| 第二類別 撥彈樂器－玩具古箏  |              | 教學時間：80 分鐘  |   |   |
|---|--------------|---|---|---|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 階 段 | 教 學 內 容   | 教 學 資 源   | 備 註   |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p> | 投入           | <p>T：這是用弦組成的玩具古箏，你們看有幾條弦？</p> <p>S：2 條。</p> <p>T：我們現在要製作 2 條弦的古箏玩具。</p> <p>【教師指導學生製作古箏玩具—先綁一條弦。】</p> <p>T：要怎麼樣才能讓玩具古箏發出聲音？</p> <p>S：撥弦</p> <p>T：為什麼撥弦就能夠發出聲音？</p> <p>S：振動</p>   | <p>紙盒 1 個</p> <p>粗細不同的線各 1 條。</p> <p>木筷 3 支</p> <p>橡皮筋 2 條</p> <p>迴紋針備用</p> |   |
|   | 探索           | <p>T：請你觀察，撥彈弦發出聲音時，古箏是否也有振動的現象？</p> <p>【學生進行觀察】</p>   | 玩具古箏  | <p>※ 部分學生弦沒有綁緊，所以彈不出聲音。教師可以用這個例子帶出振動的概念。</p> <p>※ 教師要注意學生撥彈的方式是否正確。</p> |
|   | 解釋           | <p>【學生發表觀察到的現象及看法。】</p> <p>T：撥彈弦後，聽到聲音時，弦有振動嗎？</p> <p>S：有</p> <p>T：為什麼有些同學的古箏沒有聲音呢？</p> <p>S：因為線沒有綁緊。</p> <p>T：為什麼沒有綁緊，就沒有聲音呢？</p> <p>S：因為線沒有振動。</p> <p>T：所以如果撥彈後，弦沒有振動，會不會有聲音產生？</p> <p>S：不會</p> <p>T：因此，玩具古箏聲音的來源是「撥彈」這個動作，還是弦的振動？</p> <p>S：弦的振動。</p> | 玩具古箏  |   |
|   | 精緻化          | <p>T：吉他為什麼能夠發出聲音？</p> <p>S：因為弦振動</p> <p>T：是因為音箱的關係嗎？</p> <p>S：不是</p>  | 吉他  | <p>※ 由於吉他的聲音來源在單弦琴教學時已經進行，在這裡教師可用回憶的方式再次強調。同時，再釐清聲音來源並非音箱。</p>          |
|   | 評鑑           | 教師評鑑學生概念。   |   |   |

|   |  |   |                                      |   |
|---|--|---|--------------------------------------|---|
|   |  | ※教師評鑑學生是否能夠說明玩具古箏聲音來源是弦的振動。   |                                      | 思概念，必須再回到概念澄清的教學。   |
| <p><b>二、聲音的能量-大小</b></p> <p>1. 物體能量越多，振動的幅度越大。</p> <p>2. 撥彈同一個樂器，撥彈力量的大小影響聲音的大小。</p> <p>3. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。</p> <p>4. 物體振動的強度越大，所產生的聲音越大。</p> | 投入   | <p>T：如何讓玩具古箏發出更大的聲音？</p> <p>S：線要綁緊，彈的力量要大</p> <p>T：當你用力彈，與輕輕彈，弦會有什麼不同？請觀察。</p>  | 玩具古箏                                 |   |
|   | 探索   | <p>【學生操作玩具古箏，觀察振動幅度的大小。】</p>  | 玩具古箏                                 |   |
|   | 解釋   | <p>T：你用力撥的時候，弦會怎樣？跟平常小力撥的時候有什麼不一樣？</p> <p>S：振動比較大<br/>(教師在黑板上畫關係圖)</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR     A[手用力撥] --&gt; B[弦振動大]     B --&gt; C[音量大]             </pre> </div> <p>T：如果我很用力，可是振動很小，音量會不會變大？</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR     A[手用力撥] --&gt; B[弦振動大]     A --&gt; C[弦振動小]     B --&gt; D[音量大]     C --&gt; E[?]             </pre> </div> <p>S：不會</p> <p>T：所以主要影響聲音大小的是手用力撥還是弦振動？</p> <p>S：弦振動</p> <p>T：手用力撥只是給他力量，如果你給它力量它沒有振動會不會有聲音？</p> <p>S：不會</p> <p>T：所以應該說「彈的力量大讓聲音變大」還是「振動大，讓聲音變大」？</p> <p>S：振動大聲音就大。</p> | 玩具古箏                                 | <p>※ 教師在這裡使用關係圖釐清學生力量、振動與音量的關係。</p> <p>※ 教師在此讓學生體會影響聲音大小的主要因素為振動大小。</p> |
|   | 精緻化  | <p>T：怎麼樣讓吉它發出大小不同的聲音？</p> <p>S：用力彈，聲音大，輕輕彈，聲音小。</p> <p>T：用力大小其實是影響吉它弦的什麼現象？</p> <p>S：用力弦的振動大，輕輕彈弦的振動小。</p>  | 吉它                                   | <p>※ 由於吉他的聲音大小在單弦琴教學時已經進行，在這裡教師可用回憶的方式加強學生概念。</p>                       |
| 評鑑  | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※教師評鑑學生是否能夠以振動大小來描述影響聲音大小。</p> |   | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。</p> |   |

|  |    |  |      |   |
|--|----|--|------|---|
| <p><b>三、聲音的音調-高低</b></p> <p>1. 聲音的高低稱為音調。<br/>2. 弦的長短、弦的鬆緊、弦的粗細會影響發出聲音的高低。</p> | 投入 | <p>T: 玩具古箏可以改變聲音的高低嗎?<br/>S: 可以</p>  | 玩具古箏 |   |
|  | 探索 | <p>T: 請你現在試試看改變聲音的高低<br/>【學生自行探索改變聲音的高低】</p>   | 玩具古箏 |   |
|  | 解釋 | <p>T: 你找到什麼方法可以改變聲音的高低?<br/>S: 拉線, 拉緊和拉鬆<br/>S: 把竹筷子插入弦中旋轉, 筷子轉的越緊, 聲音就越高。<br/>S: 像吉他一樣<br/>T: 把筷子插入弦中旋轉, 轉越多圈聲音越高, 其實讓弦作什麼改變?<br/>S: 拉緊<br/>※引導學生改變弦的長短<br/>T: 如果按住弦中間的竹筷撥彈, 聲音會變...<br/>S: 比較高<br/>T: 按住是改變弦的什麼?<br/>S: 振動<br/>T: 他是改變弦的什麼才改變振動?<br/>S: 振動的大小、快慢、面積<br/>T: 按住是不是把弦分成兩邊, 你彈其中一邊看看另一邊會不會動?<br/>S: 不會<br/>T: 如果沒有按住是...<br/>S: 全部都在動<br/>T: 所以按住是影響弦的<br/>S: 振動、長短<br/>T: 我按下去是變長還是變短?<br/>S: 變短<br/>T: 聲音會變...<br/>S: 高<br/>T: 如果是長的呢? 聲音會變...<br/>S: 低<br/>T: 我們再試試另一種方法.. 你按住中間的筷子(音柱), 然後分別彈筷子的兩邊, 看看兩邊的聲音有什麼差別?<br/>S: 不一樣<br/>T: 怎麼不一樣, 哪邊聲音比較高?<br/>S: .....(因為大家音柱位置不同, 所以答案紛亂)<br/>T: 弦比較長的, 聲音如何? 比較高還是比較低?<br/>S: 比較低。<br/>T: 弦短的聲音...<br/>S: 比較高。</p> | 玩具古箏 | <p>※ 大多數學生找到的方法屬於改變弦的鬆緊。</p> <p>※ 學生對於改變弦的長短仍不熟悉。因此以按住竹筷, 弦分成兩邊的方式, 重新建立長短的概念。</p> <p>※ 以筷子為中心, 將弦分成長短不同的兩部分, 讓學生操作感覺弦長短與聲音高低的關係。</p> |

|  |     |  |           |   |
|--|-----|--|-----------|---|
|  |     | <p>T: 所以聲音的高低和弦的長短有什麼關係?</p> <p>S: 長的聲音低, 短的聲音高。</p> <p>【教師發下另外一條粗細不同的弦, 讓學生綁上去】</p> <p>【請學生將音柱拿掉】</p> <p>T: 請彈彈看, 哪一條弦聲音比較低?</p> <p>S: 粗的</p> <p>T: 細的聲音比較…</p> <p>S: 高</p>   |           | <p>※ 將音柱拿掉是為了減少操影響的因素, 以相同長度的弦做比較。</p> <p>※ 兩條弦的鬆緊程度無法完全一樣, 但是, 如果兩條弦的粗細相差大, 還是能夠比較聲音的高低。</p>   |
|  | 精緻化 | <p>T: 我們來看看吉他有幾條弦?</p> <p>S: 六條</p> <p>T: 吉他有幾條弦</p> <p>S: 六條</p> <p>T: 這六條弦有什麼不同?</p> <p>S: 粗細</p> <p>T: 這一個(教師彈細弦)和這一個(教師彈粗弦)哪一個聲音比較高(老師彈不同粗細的尼龍線)</p> <p>S: 第一個, 因為第一個線比較細</p> <p>T: 所以音比較高, 第二線比較…</p> <p>S: 粗</p> <p>T: 所以聲音比較</p> <p>S: 低</p> <p>T: 吉他怎麼控制聲音的高低?</p> <p>S: 轉上面那一個(指調音器)</p> <p>S: 按(指按指板)</p> <p>T: 轉調音器是調整什麼?</p> <p>S: 鬆緊會不一樣。</p> <p>T: 越緊聲音越…</p> <p>S: 越高</p> <p>T: 越鬆聲音越…</p> <p>S: 越低</p> <p>T: 好我現在按(教師按住一條弦), 聲音會變…</p> <p>S: 變高</p> <p>T: 按住等於弦變…</p> <p>S: 短</p> <p>T: 所以彈吉他以按指板的方式產生高低不同的聲音, 其實是改變弦的…</p> <p>S: 長短</p> | <p>吉他</p> | <p>※ 有些學生會注意到六條弦外表的材質不太一樣, 如果學生認為材質是影響聲音高低的因素, 可以比較其中三條材質一樣, 粗細不同的弦, 來證明相同材質聲音仍然會有高低的的不同, 因而推翻材質影響聲音高低的想法。</p> <p>※ 在此階段, 教師可以綜合弦的鬆緊、弦的長短、弦的粗細等三種影響聲音高低的因素。</p> |
|  | 評鑑  | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※教師評鑑學生是否能夠說出弦的長短、鬆緊、粗細能夠影響聲音的高低。</p>  |           |   |

| 第三類別 吹管樂器－吸管笛   |              | 教學時間：80 分鐘  |                               |  |
|---|--------------|---|-------------------------------|--|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 階 段 | 教 學 內 容   | 教 學 資 源                       | 備 註  |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p> | 投入           | <p>T：直笛要怎樣才会有聲音？</p> <p>S：吹</p> <p>T：為什麼吹就會有聲音呢？</p> <p>T：請你把想法寫在學習單上。</p> <p><b>【學生書寫學習單】</b></p> <p><b>【學生發表自己的想法】</b></p> <p>S：因為有洞所以可以發出聲音。</p> <p>S：裡面的空氣和管子振動。</p> <p>S：因為氣從洞跑出來。</p> <p><b>【教師拿出吸管笛】</b></p> <p>T：這支是吸管笛</p> <p>T：因為直笛比較複雜，所以我們用比較簡單的管樂器來看看為什麼能夠發出聲音。</p> <p>T：那我們先做支吸管笛來試試看。</p> <p><b>【教師指導學生製作吸管笛】</b></p>                    | <p>吸管</p> <p>棉花</p> <p>鐵絲</p> | <p>※ 學生用鐵絲固定棉花時，常常會讓棉花脫落，教師可以指導學生以鐵絲勾住棉花不讓它滑動。</p>   |
|   | 探索           | <p>T：請你觀察，吹吸管笛發出聲音的時候，還有什麼現象？或感覺到什麼？</p> <p><b>【學生嘗試讓吸管笛發出聲音，用手觸摸感覺吸管的振動】</b></p> <p>※可以將棉花先抽出來，用手堵住吸管的另一個洞口，就可以吹出聲音。</p>   | <p>吸管笛</p>                    | <p>※ 部分學生不容易將聲音吹出來。吹的時間太久，學生會感覺頭痛，要讓學生適時休息。</p>  |
|   | 解釋           | <p>學生發表觀察到的現象及看法。</p> <p>T：你吹的同時還感覺到什麼現象？</p> <p>S：振動</p> <p>T：什麼東西在振動？</p> <p>S：吸管</p> <p>T：除了這樣還有什麼現象？</p> <p>S：風會回來、空氣會彈回來</p> <p>T：請大家再試試看，能不能感覺到吸管振動或空氣彈回來？</p> <p><b>【學生再次進行探索】</b></p> <p>※澄清學生的概念：</p> <p><b>【由學生的看法引導學生注意，吹的動作會引起空氣的流動】</b></p> <p>T：為什麼吹的時候會有風彈起來呢？</p> <p>S：因為嘴巴空氣吹到裡面所以會有風。</p> <p>S：人的氣與吸管裡面的空氣…</p> <p>T：吹的時候為什麼感覺到風？</p> | <p>吸管笛</p>                    | <p>※ 由於空氣的振動不容易觀察，因此，學生發表完後，讓大家再根據部分學生觀察到的現象，再進行第二次觀察，希望每位學生都能夠感覺到振動。</p> <p>※ 空氣的振動無法觀察，因此教師由吸管的振動開始推論，讓學生有空氣振動的概念。</p> |

|            |  |              |  |
|------------|--|--------------|--|
|            | <p>S: 因為空氣流動<br/> <b>【讓學生思考吸管的振動是因為空氣的振動引起】</b><br/>                 T: 好, 第二個問題, 吸管為什麼會振動?<br/>                 S: 吹很大力<br/>                 T: 你有吹吸管讓他動嗎? 你是吹吸管本身嗎?<br/>                 S: 吹吸管的裡面。<br/>                 T: 裡面的什麼?<br/>                 S: 空氣<br/>                 T: 所以我們不是吹吸管是吹什麼?<br/>                 S: 空氣<br/>                 T: 讓空氣怎樣?<br/>                 S: 振動<br/>                 T: 那吸管為什麼也會動?<br/>                 (S 沒有聲音)<br/>                 T: 你吹進去的時候, 然後呢? 吸管是誰讓他振動的?<br/>                 S: 風<br/>                 T: 風就是什麼?<br/>                 S: 空氣<br/>                 T: 所以我吹的時候實際上是吹吸管裡的…<br/>                 S: 空氣<br/>                 T: 然後呢? 空氣再碰到誰?<br/>                 S: 吸管<br/>                 T: 所以吸管也會…<br/>                 S: 振動<br/>                 T: 我們吹會有聲音, 主要是因為裡面的空氣動還是外面的吸管動?<br/>                 (學生一陣喧嘩)<br/>                 T: 如果裡面的空氣沒有振動? 外面的吸管會不會振動?<br/>                 S: 不會<br/>                 T: 所以管樂器主要是誰振動而產生聲音?<br/>                 S: 空氣</p> |              | <p>※ 管樂器除了空氣的振動, 管壁也會振動。但在此將空氣的振動列為聲音的主要來源, 以銜接之後聲音的高低教學中振動體的長短概念。</p>   |
| <p>精緻化</p> | <p>教師拿出直笛。<br/>                 (教師拿出直笛)<br/>                 T: 為什麼我吹就會有聲音?<br/>                 S: 因為有很多洞。<br/>                 S: 跟吸管笛一樣。<br/>                 T: 怎樣一樣? 如果我都不按, 吹會不會有聲音?<br/>                 S: 有</p>  | <p>直笛學習單</p> | <p>※ 直笛的取得比較容易, 可以讓學生自行攜帶。<br/>                 ※ 學生不容易將吸管笛的概念延伸至直笛, 因為直笛的構造比較複雜, 學生會把注意力放在「按孔」的動作。因此讓學生「不</p> |

|   |    |  |        |   |
|---|----|--|--------|---|
|   |    | <p>T: 按著有沒有聲音?<br/>S: 有<br/>T: 所以主要的原因是洞嗎?<br/>S: 不是, 是吹<br/>T: 吹這個動作是把你的氣灌到哪裡去?<br/>S: 笛子裡面<br/>T: 吸管笛吹會發出聲音, 是因為誰在振動?<br/>S: 裡面的空氣<br/>T: 直笛吹會發出聲音, 是因為誰在振動?<br/>S: 裡面的空氣。<br/>T: 請把想法寫在學習單上。<br/>【學生書寫學習單。】<br/>【學生發表自己的看法】</p>   |        | <p>按孔」吹出聲音是很好的破除迷思方式。<br/>※ 「吹力」產生聲音是另一個學生容易產生的迷思概念, 因此教師必須明示空氣的振動, 讓學生將吸管笛的空氣振動與直笛連結。</p>            |
|   | 評鑑 | <p>教師評鑑學生概念。<br/>※學生是否能夠說明聲音的來源是空氣的振動。</p>   | 學習單    | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念, 必須再回到概念澄清的教學。</p>   |
| <p><b>二、聲音的能量-大小</b></p> <p>1. 物體能量越多, 振動的幅度越大。<br/>2. 吹奏同一個樂器, 吹的力量大小影響聲音的大小。<br/>3. 物體的振動幅度越大, 產生的聲音越大。<br/>4. 物體振動的強度越大, 所產生的聲音越大。</p> | 投入 | <p>T: 怎麼樣才有比較大的聲音?<br/>S: 吹大力<br/>T: 請你試試看, 怎麼樣才能吹出比較大的聲音? 請寫在學習單上。<br/>【學生書寫學習單。】<br/>【學生發表自己的想法】<br/>S: 吹大力<br/>T: 為什麼吹的越大力聲音會越大?<br/>S: 空氣越大<br/>S: 空氣振動的越大<br/>S: 反彈得比較快<br/>S: 摩擦的力量更大</p>  | 吸管笛學習單 | <p>※ 學生在此時已經能夠用空氣來解釋說明。</p>   |
|   | 探索 | <p>T: 好, 請你摸著吸管, 你吹得很大力與吹小力有什麼差別?<br/>【學生觀察吹大力與小力, 吸管振動的大小】</p>  | 吸管笛    | <p>※ 弦的振動容易觀察。</p>  |
|   | 解釋 | <p>T: 你吹得很大力與吹小力有什麼差別?<br/>S: 一個振動比較小, 一個振動比較大<br/>T: 為什麼你吹得很用力, 吸管的振動比較大?<br/>(教師畫關係圖在黑板上)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">用力吹 → 裡面的空氣振動大 → 吸管振動大 → 聲音大</p> </div> <p>T: 我們剛才已經說過, 我們吹不是吹吸管, 是吹什麼?<br/>S: 裡面的空氣</p> | 吸管笛    | <p>※ 大多數學生只能夠說出「用力吹, 所以聲音大」的因果現象。教師為了能夠讓學生注意到吹力影響空氣振動及吸管振動, 因此以關係圖填空的方式, 讓學生進行思考。<br/>(粗體部分為學生填空)</p> |



附錄四-吹管樂器教學記錄

|  |     |  |            |   |
|--|-----|--|------------|---|
|  |     | 【學生書寫學習單。】   |            |   |
|  | 評鑑  | 教師評鑑學生概念。<br>※學生是否能夠說明聲音的大小是因為空氣振動的大小。   |            | ※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。   |
| <p>三、聲音的音調-高低</p> <p>1. 聲音的高低稱為音調。</p> <p>2. 空氣柱的長短會影響發出聲音的高低。</p> | 投入  | T：直笛要怎樣控制聲音的高低？請寫在學習單上<br>【學生書寫學習單。】<br>【學生發表自己的想法】<br>S：全部放開比較高、全部按住比較低。<br>T：吸管笛怎麼調整聲音高低？<br>S：推上去越高聲音越高，拉下來聲音低。<br>S：推上去聲音高，拉下來聲音低。<br>S：折吸管也可以改變聲音的高低。   | 吸管笛<br>學習單 |   |
|  | 探索  | T：現在請各組討論，為什麼推上去聲音高，拉下來聲音低？<br>T：為什麼折吸管也可以改變聲音的高低？<br>【學生操作吸管笛，嘗試調整聲音的高低，並觀察改變的因素】。  | 單弦琴        |   |
|  | 解釋  | T：為什麼折吸管可以改變聲音的高低？<br>S：因為會改變吸管的長短。<br>T：為什麼推棉花也可以呢？<br>S：因為他把空氣擋住，然後上面的會振動，下面的不會振動。<br>S：因為折起來的時候，長度只有這樣，吹的地方也只有那一邊，棉花推進去，會把後面的地方都堵住，只吹到前面的，就跟折起來的是一樣的。<br>S：因為棉花比較高的時候，底下的空氣都沒有了，只有上面那一段空氣，它可以振動到的空氣比較少只有那一段而已，所以比較高；棉花拉得比較低的時候，空氣比較大一段，振動的空氣比較多了，所以聲音就比較低。<br>T：所以不管是折的還是推送的，改變的是什麼東西？<br>S：空氣的長度<br>S：空氣的長短<br>T：我現在要跟大家講一個名詞，因為空氣在管子裡面長長的，像柱子一樣，所以我們把它稱做為「空氣柱」。<br>S：空氣柱<br>T：所以控制它的就是空氣柱的…<br>S：長短 | 學習單        | <p>※ 將折吸管與推拉棉花的方式進行比較，可以推論出空氣柱的長短影響聲音的高低。</p> <p>※ 教師在此引進「空氣柱」一詞。</p> |
|  | 精緻化 | T：那直笛呢？<br>S：按住全部比較低<br>T：為什麼按住全部比較低？<br>(學生一陣喧嘩)  | 直笛<br>學習單  | <p>※ 學生不容易將吸管笛中空氣柱的長短概念應用至直笛。</p> <p>※ 教師可以利用圖示將直</p>                 |

附錄四-吹管樂器教學記錄

|  |           |   |  |                                      |
|--|-----------|---|--|--------------------------------------|
|  |           | <p>T：用吸管笛去推論。<br/>                 T：有沒有發現，全按的時候比較長，按一半的時候到這裡就沒了<br/>                 （教師拿直笛比出長短。）<br/>                 T：所以直笛也是用什麼來控制聲音的高低？<br/>                 S：空氣的長度。<br/>                 （學生書寫學習單）</p> |  | <p>笛中空氣柱的長短畫出來。</p>                  |
|  | <p>評鑑</p> | <p>教師評鑑學生概念。<br/>                 ※學生是否能夠說明空氣柱的長短影響改變聲音的高低。</p>   |  | <p>※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。</p> |



| 第三類別 吹管樂器—吸管排笛  |              | 教學時間：80 分鐘   |   |   |
|---|--------------|--|---|---|
| 核 心 概 念   | 5E 學 習 環 階 段 | 教 學 內 容  | 教 學 資 源                                     | 備 註   |
| <p><b>一、聲音的來源-振動</b></p> <p>1. 聲音是由於物體振動所產生的。</p> <p>2. 振動的發聲物體稱為聲源。</p> <p>3. 發出聲音的物體，代表物體本身有振動。</p>                                   | 投入           | <p>T：我們現在要將長短不同的吸管結合在一起，做成排笛。</p> <p>【教師指導學生製作吸管排笛】</p> <p>T：要怎麼樣才能讓吸管排笛發出聲音？</p> <p>S：吹</p> <p>T：為什麼吹就能夠發出聲音？</p> <p>S：空氣振動</p> | <p>吸管 5 支</p> <p>剪刀</p> <p>黏土</p> <p>膠帶</p> | <p>※ 學生製作時必須注意黏土要塞緊、吸管不能剪太短，否則吹奏會有困難。</p>                           |
|   | 探索           | <p>T：請你試試看，吹奏排笛時，吸管是不是也有振動？</p> <p>【學生進行觀察】</p>  | <p>吸管排笛</p>                                 |   |
|   | 解釋           | <p>【學生發表觀察到的現象及看法。】</p> <p>T：吹奏排笛時，吸管有振動嗎？</p> <p>S：有</p> <p>T：會有聲音主要是因為吹、空氣振動還是吸管振動？</p> <p>S：空氣振動</p>                          | <p>吸管排笛</p>                                 | <p>※ 如果學生尚未釐清主要振動體為空氣振動，則必須進行吸管排笛振動來源的教學。</p>                       |
|   | 精緻化          | <p>T：為什麼吹直笛能夠發出聲音？</p> <p>S：因為空氣的振動</p> <p>※若學生無法釐清空氣的振動、流動、摩擦、撞擊等現象，教師可以加以說明。</p>   | <p>直笛</p>                                   | <p>※ 由於直笛的概念不容易建立，因此在這裡重複利用直笛作為精緻化的真實樂器，讓學生強化直笛的聲音來源主要為管內的空氣振動。</p> |
|   | 評鑑           | <p>教師評鑑學生概念。</p> <p>※教師評鑑學生是否能夠說明直笛聲音來源是空氣的振動。</p>   |   |   |
| <p><b>二、聲音的能量-大小</b></p> <p>1. 物體能量越多，振動的幅度越大。</p> <p>2. 吹奏同一個樂器，吹的力量大小影響聲音的大小。</p> <p>3. 物體的振動幅度越大，產生的聲音越大。</p> <p>4. 物體振動的強度越大，所產</p> | 投入           | <p>T：如何讓吸管排笛發出更大的聲音？</p> <p>S：用力吹</p>  | <p>吸管排笛</p>                                 |   |
|   | 探索           | <p>T：用力吹與輕輕吹，吸管會有什麼不同的現象？請觀察。</p> <p>【學生操作吸管排笛，感覺振動的大小。】</p>   | <p>吸管排笛</p>                                 |   |
|   | 解釋           | <p>T：用力吹與輕輕吹，吸管會有什麼不同？</p> <p>S：用力吹吸管振動大，輕輕吹吸管振動小。</p> <p>T：為什麼有這樣的現象？</p>   | <p>吸管排笛</p>                                 | <p>※ 學生若無法說出空氣振動的大小，則必須回到吸管排笛聲音大小的教學。</p>                           |

附錄四-吹管樂器教學記錄

|  |     |  |      |   |
|--|-----|--|------|---|
| 生的聲音越大。  |     | S：因為空氣振動<br>T：影響聲音大小的主要因素是空氣振動的大小、吸管振動的大小、還是吹力的大小？<br>S：空氣振動的大小。   |      | ※ 教師也可以使用關係圖填空的方式引導學生回憶空氣振動的大小。               |
|  | 精緻化 | T：怎麼樣讓直笛發出大小不同的聲音？<br>S：用力吹，聲音大，輕輕吹，聲音小。<br>T：用力吹或輕輕吹其實是影響什麼，才會發出大小不同的聲音？<br>S：用力吹，空氣的振動大，聲音大，輕輕吹，空氣的振動小，聲音小。<br>T：主要影響直笛聲音大小的因素是吹力、空氣的振動、還是直笛本身的振動？<br>S：空氣的振動。 | 直笛   |   |
|  | 評鑑  | 教師評鑑學生概念。<br>※教師評鑑學生是否能夠以振動大小來描述影響聲音大小。  |      | ※ 學生的回答如果呈現迷思概念，必須再回到概念澄清的教學。                 |
| <b>三、聲音的音調-高低</b><br>1. 聲音的高低稱為音調。<br>2. 空氣柱的長短會影響發出聲音的高低。 | 投入  | T：吸管排笛如何吹奏高低不同的聲音？<br>S：越短的越高，越長的越低  | 吸管排笛 | ※ 吸管排笛的長短非常容易觀察，因此重點要放在學生是否能夠說明吸管的長短影響空氣柱的長短。 |
|  | 探索  | T：請觀察為什麼吸管越短聲音越高，吸管越長聲音越低？<br>【學生自行探索吸管長短影響的因素】  | 吸管排笛 |   |
|  | 解釋  | T：吸管的長短可以控制聲音的高低，中間是影響了什麼？<br><br>S：空氣的長度<br>S：空氣柱<br>S：空氣柱的長短<br>T：吸管越長、空氣柱越…<br>S：長，聲音越低<br>T：主要影響排笛聲音高低的，是吸管的長短還是空氣柱的長短？<br>S：空氣柱的長短                          | 吸管排笛 | ※ 教師藉由關係圖填空的方式讓學生回憶吸管的長短控制空氣柱的長短，影響聲音的高低。     |
|  | 精緻化 | T：直笛用按孔來控制聲音的高低，按孔其實是改變哪一個因素？<br>S：空氣柱的長短。<br>T：全部按住空氣柱比較…<br>S：長<br>T：聲音比較…<br>S：低<br>T：全部放開空氣柱比較…<br>S：短   | 直笛   | ※ 強化學生按孔為控制空氣柱長短的方法。                          |

附錄四-吹管樂器教學記錄

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
|    | T：聲音比較<br>S：高                              |  |  |
| 評鑑 | 教師評鑑學生概念。<br>※教師評鑑學生是否能夠說出空氣柱的長短能夠影響聲音的高低。 |  |  |



㊦ 鼓為什麼能夠發出聲音？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 如何控制鼓的聲音大小？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 鼓聲大小與鼓面有什麼關係？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 鼓可以改變聲音的高低嗎？為什麼？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 弦樂器為什麼能夠發出聲音？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 如何控制弦樂器的聲音大小？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 弦樂器如何改變聲音的高低？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 從今天的課程裡我學到了什麼？有什麼想法？

|  |
|--|
|  |
|--|

㊦ 直笛為什麼能夠發出聲音？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 如何控制直笛的聲音大小？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 直笛如何改變聲音的高低？

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

㊦ 從今天的課程裡我學到了什麼？有什麼想法？

|  |
|--|
|  |
|--|