

第七屆華碩科教獎

作品說明書

編號：2015018

作品名稱：弓在弦上不得不發~弓琴 latuk

學校名稱：高雄市桃源區樟山國民小學



作者	指導老師
六年甲班 謝鴻佑	周秋霞老師
六年甲班 謝孟舫	陸恩惠老師
六年甲班 吳君茹	林志明老師
六年甲班 吳慧馨	當地耆老
	吳茂松老師
	謝永隨先生

關鍵詞：樂器、弓琴

摘要

五年級自然與生活科技領域教到聲音的單元，知道聲音三要素：響度、音調、音色。影響三要素的原因各異，用力的大小、是否有共鳴箱會影響聲音的響度；物質粗細、大小、長短、鬆緊會影響聲音的音調；不同的材質和樂器都有其獨特的音色。弓琴是布農族傳統的樂器，但因久久未有人表演彈奏，以至於此項樂器漸漸失傳，此次的校舍落成，讓我們有機會看到弓琴的樣子，但還是不知道要如何彈奏，所以我們拜訪了製作弓琴的耆老，透過耆老的解說與示範，讓我們認識了弓琴這項樂器，進一步了解其製作方法及發聲原理。為了讓弓琴可以推廣，我們從生活取材，改良製作出簡易弓琴，希望帶著大家一起來認識布農族的弓琴 latuk。

壹、研究動機：

去年 12 月底本校新校舍落成，學校贈送重要貴賓的禮品是弓琴 latuk，是由本區的耆老親手製作的，據了解，本區布農族人會製作弓琴的人已屬少數，會彈奏弓琴的人更是少之又少，對於我們孩子而言，什麼是弓琴？可能還是第一次聽過呢！而弓琴的製作方法、彈奏方式以及發聲原理，更是完全不了解，所以為了認識本土文化與鄉土特色，希望透過此次的研究，讓這份傳統技藝得以傳承延續下去。

貳、研究目的：

- 一、 了解布農族弓琴的文化背景。
- 二、 認識弓琴的樂器特性與製作方法。
- 三、 探討弓琴的發聲原理。
 - (一) 聲音的發聲原理。
 - (二) 弦線種類的影響。
 - (三) 琴橋的影響。
 - (四) 彈撥弦線位置的影響。
 - (五) 按壓弦線位置的影響。
 - (六) 共鳴腔口腔位置的影響。

- 四、 提出如何將弓琴普及化的作法。
- 五、 培養從事科學研究的精神與態度。

參、 研究設備及器材

軟體設備：分貝計 app、調音器 app、聲音監控器 app。

硬體設備：電腦、手機。

製作弓琴材料：詳見下列實驗器材。

肆、 研究過程與方法

研究一： 了解布農族弓琴的文化背景。

實驗一： 文獻資料

- (一) 弓琴的文化：弓琴屬於擦弦樂器，是布農族人盛行的樂器，也是最主要的一種獨奏樂器，布農族人稱為 latuk。弓琴利用一條長條竹片彎曲成弓，再以一條鋼弦(或月桃弦)分別繫於竹弓兩端而形成的樂器。彈奏弓琴時，弓琴置於左手，右手以食指彈撥琴弦，此為空弦彈奏；或以左手食指壓弦，右手彈奏。若演奏空弦時(也就是左手不按弦)，演奏者以口含弓背，利用呼吸氣作口腔變化，還能夠產生以 Do 為基礎音所形成的三個泛音——Sol、Do、Mi。弓琴可做泛音奏法，從第四泛音起，包括五聲音階之所有音程。
- (二) 弓琴的功能：布農族使用弓琴的時候，大都為平日各人獨居時自娛之用，也有一些聚落的布農族人認為個人內心悲悽孤寂之時，以弓琴彈奏舒解心中的苦悶，因此音量微弱亦無所謂，畢竟它是彈給自己聽的樂器。但是在歡宴的場合，弓琴的合奏，弓琴與口簧、弓琴與五弦琴的二重奏，也都是常見的演奏方式。
- (三) 弓琴的特性：弓琴屬於擦弦樂器，是採用泛音奏法，如今其他種族已不使用弓琴，故不知其演奏方法。演奏弓琴時，口是共鳴箱。布農族演奏弓琴時，是以口腔發出 Do、Mi、Sol、Do 的泛音，有時壓住下方，發出 Re 的聲音，像這樣 Do、Re、Mi、Sol、Do 泛音，在口琴的演奏上，也可聽到。布農族的歌謠音階與 Do、Re、Mi、Sol、Do 的音階相同。

研究二：實地訪查：認識弓琴的樂器特性與製作方法。

實驗一：訪問耆老—布農族弓琴的由來

(一) 訪談對象：桃源區梅山里耆老

(二) 訪談內容：

1. 以前祖先在山上生活沒有甚麼娛樂，就做這個弓琴，彈奏起來非常動人、會很感傷。
2. 是布農族古老的樂器。
3. 雖然只有一根弦，卻比現在其他樂器好聽，以前的人聽了以後，大家心情會很快樂，後來的人聽了以後，會想流淚，想到以前祖先的生活。



實驗二：製作弓琴的步驟

器材：番刀、竹子、弦線(鋼弦，以前是用月桃纖維)、竹片、膠帶、剪刀、玉米。



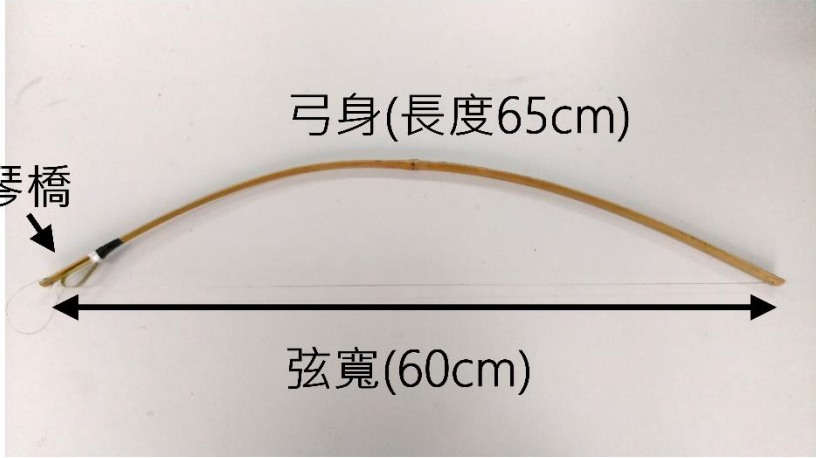
步驟：

- (一) **選竹**：先選竹子，在選竹子的時候，要找一根較老的竹子(箭竹)，大約兩年以上，竹子要曬乾。
- (二) **裁切**：裁切竹子的長度，要跟準備的弦長度一樣。
- (三) **竹片削薄**：將竹子切對半，處理節的部分，開始將竹片削薄。在削薄的過程中，可以試著將竹片彎曲看看，看竹片削薄的程度。
- (四) **製作溝槽**：在弓兩端做個小溝槽，讓弦較能卡住，不易滑動。
- (五) **燒孔穿弦**：在弓兩端打洞，讓弦可以穿過固定。在鑽洞的時候，會先將番刀用火烤過，會比較容易鑽洞，而且洞比較完整不分岔。
- (六) **製作琴橋**：利用剩餘的木片，製作琴橋，可調整聲音的音調，並加上玉米固

定。將U形竹片固定在弓琴較薄、較彎曲的一端(上端)。

(七) 試奏：試著彈撥弓琴，利用嘴巴當作共鳴腔，並練習弓琴彈撥的技巧。

	
1.選竹	2.裁切竹子長度
	
3.竹片削薄	4.製作溝槽
	
5-1.鑽孔	5-1.穿弦
	
6-1. 製作琴橋	6-2. 加上玉米

	
7-1.試奏	7-2.試奏
	
8.弓琴成品	

實驗三：弓琴的彈奏技巧

- (一) 弓琴是利用一條長條竹片彎曲成弓，再以一條鋼弦(或月桃弦)分別繫於竹弓兩端而製成的樂器。
- (二) 布農族弓琴的演奏是把有琴橋的一端放在上面，用口輕輕地銜住上方的竹片，左手支撐住弓琴的下端，通常以姆指按弦來改變音調，以右手的姆指和食指彈弦，但是撥彈的地方因人而異，有的在正上方，有的在正中間。
- (三) 演奏弓琴時，口是共鳴箱。若演奏空弦時(也就是左手不按弦)，演奏者以口含弓背，利用呼吸氣作口腔變化，還能夠產生以 Do 為基礎音所形成的三個泛音——Do、Mi、Sol。弓琴可做泛音奏法，從第四泛音起，包括五聲音階之所有音程。

	
<p>學生輪流試彈</p>	<p>學生輪流試彈</p>
	
<p>學生輪流試彈</p>	<p>師生與耆老大合照</p>

實驗四：學生自製弓琴

- (一) 準備材料：竹子、竹片、弦線、番刀、膠帶、玉米。
- (二) 依照耆老說明的製作步驟，學生學習製作傳統弓琴。
- (三) 使用自製傳統弓琴，練習弓琴彈奏技巧。

	
<p>準備材料</p>	<p>製作弓身-削薄</p>
	

製作弓身-鑽洞綁繩	製作琴橋竹片
	
組合弓身與琴橋	琴橋加上玉米
	
自製弓琴彈奏練習 01	自製弓琴彈奏練習 02

研究三： 探討弓琴的發聲原理。

實驗一： 聲音的發聲原理

(一) 產生聲音的因素：物體的振動與介質的傳遞。

(二) 聲音三要素：響度、音調、音色

1. 響度：聲音的強弱、大小。

(1) 響度愈大，聲音愈大，聲波震幅愈大。

(2) 響度愈小，聲音愈小，聲波震幅愈小。

(3) 以「分貝」(dB)表示響度大小，可用分貝計或噪音計測得。

2. 音調：聲音的高低。

(1) 發音體振動的頻率，頻率愈高音調愈高、頻率愈低聲音愈低。

(2) 以「赫茲」(Hz)表示音調的變化，人的耳朵平均可以聽見 20Hz~20,000Hz 之間的聲音。

3. 音色：聲音的獨特性。

(1) 不同發音體會產生不同的聲音波形，不同波形會有不同音色。

- (2) 大部分樂器所發出的聲波都不是單純的正弦波，而是由基音和多組不同頻率的泛音複合而成的複合波。

實驗二：弦線種類的影響。

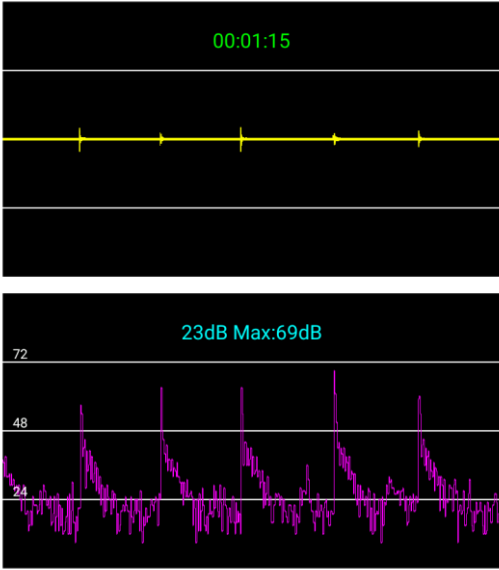
(一) 實驗器材：弓琴、鋼線(吉他線鐵 6)、銅線(漆包線)、尼龍線(釣魚線)、棉線、聲音監控器 app、手機、紙筆。

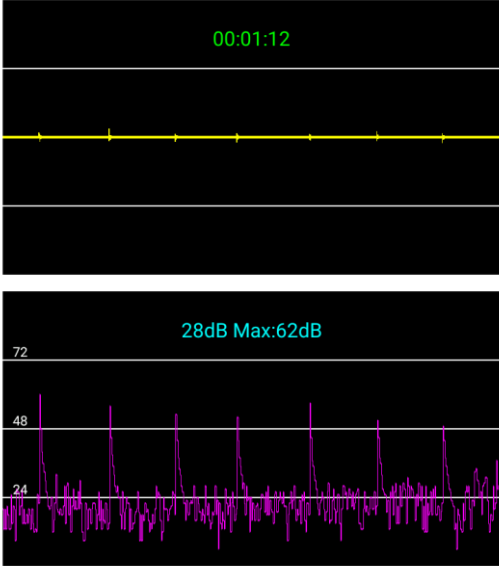
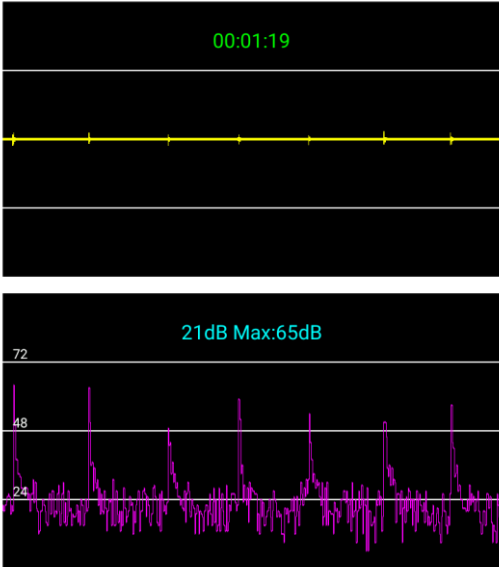
(二) 實驗步驟：

1. 製作一把弓琴。弓長 65 公分、弦寬 60 公分。
2. 準備四種不同弦線：鋼弦(吉他線鐵 6)、銅弦(漆包線)、尼龍弦(釣魚線)、棉弦，製作不同弦線的弓琴，錄製比較彈奏單音的變化。
3. 控制相同彈奏撥弦位置及撥弦拉力。

(三) 實驗記錄：

1. 波形與頻譜分析比較

線材	響度(dB)	音頻(Hz)	波形與頻譜
鋼弦	57	a# 113	
銅弦	X	X	銅線拉扯斷裂，未製成弓琴。

尼龍 弦	54	f 174	
棉弦	56	f 88	

(四) 實驗結果：

1. 線材本身特性不同，鋼線張力夠，棉線、尼龍繩有彈性，銅線韌性不足易斷裂。
2. 鋼線塑性高，製作時較方便固定；棉線、尼龍線較軟，製作時不易固定，造成製作上的困難。
3. 使用接近力道彈撥，鋼弦、尼龍弦、棉弦的響度差異不大。
4. 鋼弦彈撥聲音泛音廣，聽起來較悅耳。
5. 尼龍繩具有彈性，固定時弦線會被拉得較緊，以至於音頻較高，較刺耳。
6. 棉繩音頻較低，彈撥聲音也較低。

7. 以泛音悅耳程度比較：鋼弦>棉弦>尼龍弦，故為了讓弓琴較易製作、彈撥聲音較清晰悅耳，建議使用鋼弦。

實驗三：琴橋的影響。

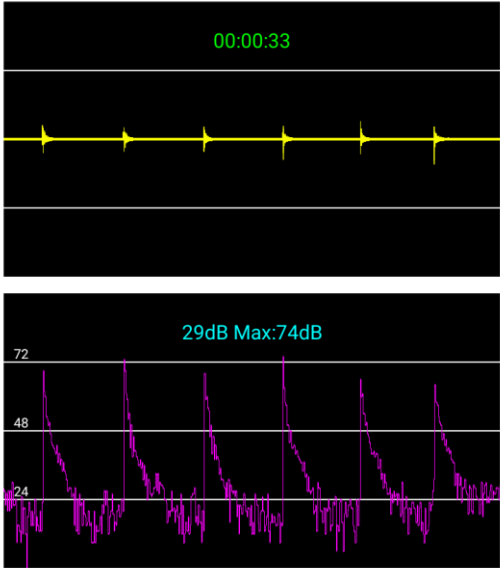
(一) 實驗器材：弓琴、琴橋(竹片、玉米、膠帶)、聲音監控器 app、手機、紙筆。

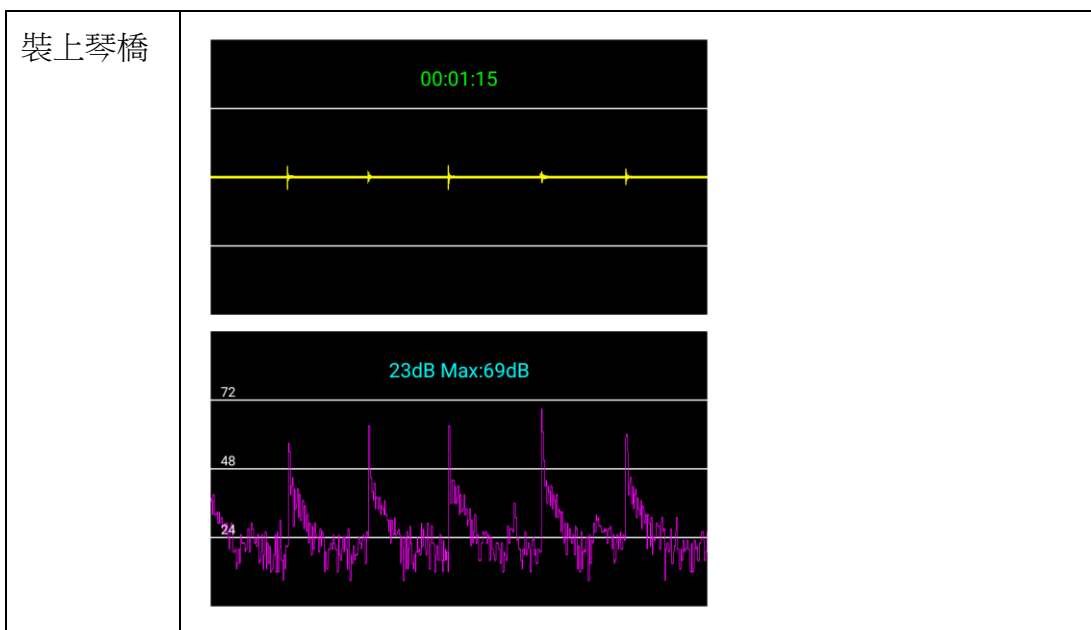
(二) 實驗步驟：

1. 製作一把弓琴，鋼弦，弓長 65 公分、弦寬 60 公分。
2. 未裝琴橋前彈撥空弦錄製彈奏單音的變化。
3. 裝上琴橋後彈撥空弦錄製彈奏單音的變化。
4. 控制相同彈奏撥弦位置及撥弦拉力。

(三) 實驗記錄：

1. 波形與頻譜分析比較

	波形與頻譜
未裝琴橋	



2. 音調比較

	音調(Hz)			平均
未裝琴橋	a 112	a 112	a 111	a 112
裝上琴橋	a# 114	a# 116	a# 115	a# 115

3. 響度比較

	響度(dB)			平均
未裝琴橋	64	62	58	61
裝上琴橋	58	56	57	57

(四) 實驗結果：

1. 從波形與頻譜分析比較圖，較無明顯差異，耳朵聽起來也差不多。
2. 從響度數據比較，未裝琴橋比裝上琴橋的聲音大一些，但耳朵聽不出明顯差異。
3. 直接用耳朵聽，聽不出明顯的差異。
4. 故琴橋的有無，較不影響弓琴彈奏的聲音(響度、音調、音色)。

實驗四：彈撥弦線位置的影響。

(一) 實驗器材：弓琴、手機、紙筆。

(二) 實驗步驟：

1. 取一把鋼弦弓琴，弓長 65 公分、弦寬 60 公分，於弦線上由琴頭(琴橋)算起，每格 5 公分作一記號，改變彈撥弦線位置。
2. 錄下聲音分析其基音頻率。
3. 控制相同撥弦拉力。

(三) 實驗記錄：

位置 (cm)	基音頻率(Hz)			平均
5	a# 116	a# 116	a# 115	a# 116
10	a# 114	a# 113	a# 114	a# 114
15	a# 115	a# 115	a# 115	a# 115
20	a# 115	a# 115	a# 116	a# 115
25	a# 115	a# 113	a# 114	a# 114
30	a# 116	a# 115	a# 116	a# 116
35	a# 114	a# 115	a# 113	a# 114
40	a# 114	a# 116	a# 116	a# 115
45	a# 114	a# 115	a# 115	a# 115
50	a# 116	a# 116	a# 116	a# 116
55	a# 115	a# 114	a# 115	a# 115

(四) 實驗結果：

1. 彈撥弦線位置改變，音頻未有明顯變化，彈奏出的音調差不多。
2. 同一把弓琴，彈撥弦線的位置不同，不影響弓琴彈奏的音頻、音調。

實驗五：按壓弦線位置的影響。

(一) 實驗器材：弓琴、手機、紙筆。

(二) 實驗步驟：

1. 取一把鋼弦弓琴，弓長 65 公分、弦寬 60 公分，於弦線上由琴頭(琴橋)算起，每格 5 公分作一記號，改變弦線按壓位置。

2. 錄下聲音分析其基音頻率。
3. 控制相同撥弦力道。

(三) 實驗記錄：

位置 (cm)	基音頻率(Hz)			平均
5-25	不易按壓彈奏	X	X	X
30	d 295	d 296	d 297	d 296
35	b 243	b 242	b 243	b 243
40	g 195	g 194	g 196	g 195
45	f 175	f 175	f 176	f 175
50	d 148	d 148	d 147	d 148
55	b 122	b 124	b 126	b 124

(四) 實驗結果：

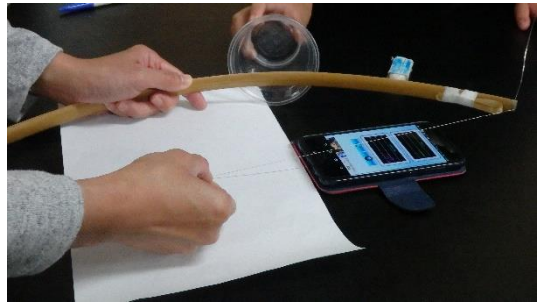
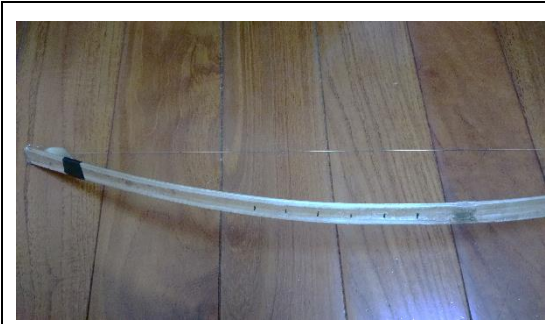
1. 因孩子手掌的寬度及按壓技巧，按壓的位置最高僅距琴頭 30 公分高，再高就很難按壓。
2. 從琴頭算起，按壓位置越接近琴頭，頻率愈高、音調愈高，反之則愈低。
3. 同一把弓琴，按壓弦線的不同位置，可改變弓琴彈奏的音頻、音調。離琴頭愈近，音頻愈高、音調愈高；離琴頭愈遠，音頻愈低、音調愈低。

實驗六：共鳴腔口腔位置的影響。

(一) 實驗器材：弓琴、手機、紙筆。

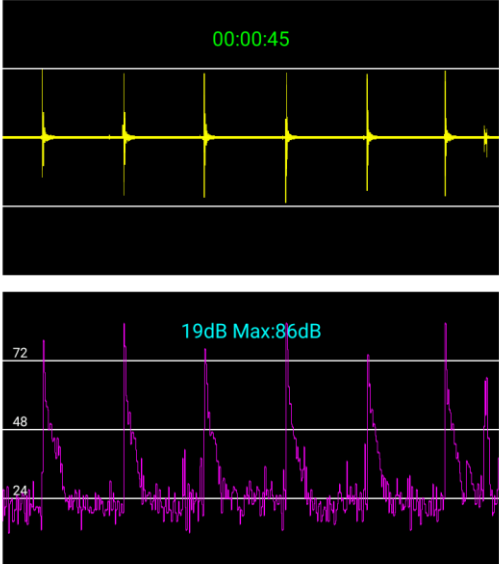
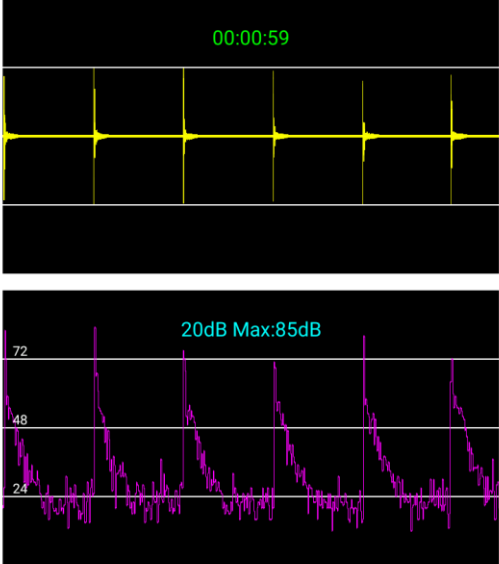
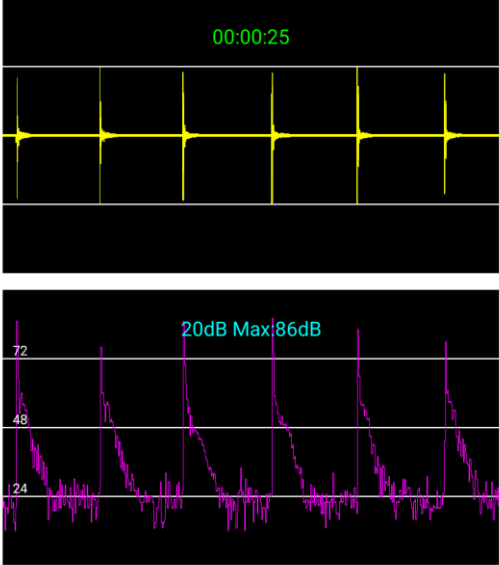
(二) 實驗步驟：

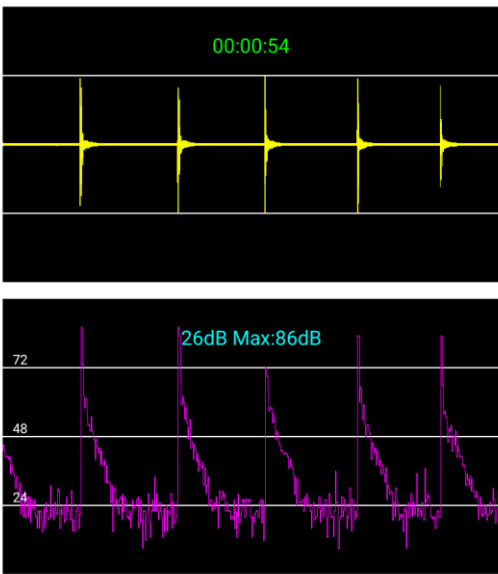
1. 主要口腔共鳴位置距琴頭 20-30 公分之間，效果較佳。
2. 取一把鋼弦弓琴，弓長 65 公分、弦寬 60 公分，於琴弓上由琴頭(琴橋)算起，自 20 公分起每格 2 公分作一記號，用塑膠杯取代口腔，改變共鳴腔放置的位置。
3. 記錄其想度與頻率的變化。



(三) 實驗記錄：

位置(cm)	響度(dB)	基音頻率(Hz)	波形與頻譜
20	75	a# 114	
22	75	a# 113	

24	76	a# 113	
26	75	a# 114	
28	76	a# 114	

30	76	a# 115	
----	----	--------	--

(四) 實驗結果：

1. 取塑膠杯當作共鳴箱，改變共鳴箱的位置，響度、音頻、波形與頻譜沒有明顯改變。
2. 同一把弓琴，共鳴腔位於距琴頭 20-30 公分之間，改變共鳴腔的位置，響度、音頻、波形與頻譜並無明顯差異，但與未加共鳴箱前比較，都有放大聲音的效果。

研究四： 提出如何將弓琴普及化的作法。

說明：參閱資料發現弓身部分可用壓條取代，於是試著製作看看。

(一) 實驗器材：壓條、棉線、手搖鑽、塑膠片、膠帶、玉米。

(二) 實驗步驟：

1. 從日常生活中取材，以壓條取代竹條、塑膠片取代竹片、珠子取代玉米。
2. 依製作方式完成弓琴，壓條(竹子)、棉線(鋼弦)、手搖鑽(番刀)、塑膠片(竹片)。
3. 因壓條有分上蓋和下底兩條，所以我們分別製作出四種不同款式的弓琴：(1) 上蓋正彎、(2)上蓋背彎、(3)下底正彎、(4)下底背彎。
4. 簡易弓琴製作完成，請學生彈奏示範，並比較其差異。

(三) 實驗記錄：

1. 簡易弓琴製作



1. 準備材料。



2. 取一壓條，量出弓長 65 公分，並加以劃記。



3. 從劃記處裁切適當長度，65 公分。



4. 在壓條左右兩端鑽洞。



5. 取一棉繩，固定在一端。



6. 將棉繩另一端固定，使其長度為 60 公分。








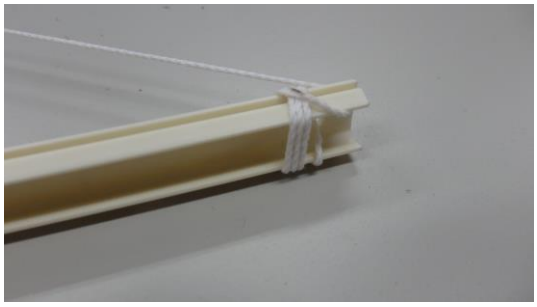


7. 簡易弓琴即完成。



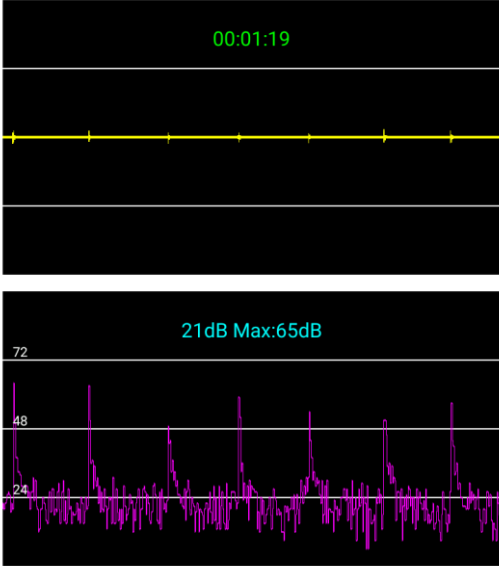
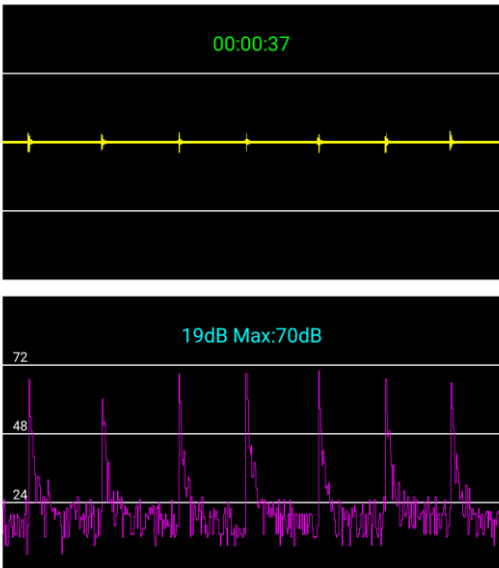
8. 可用塑膠片取代竹片，但塑膠片較柔軟，易震動產生雜音，故不建議裝上。

2. 四種自製簡易弓琴比較

上蓋正彎		
上蓋背彎		
下底正彎		
下底背彎		

3. 簡易弓琴與棉弦弓琴之比較

線材	響度(dB)	音頻(Hz)	波形與頻譜
----	--------	--------	-------

棉弦弓琴	57	f 88	
簡易弓琴	55	e 80	

(四) 實驗結果：

1. 簡易弓琴材料容易購買取得，方便準備材料。
2. 簡易弓琴製作省去繁瑣的工作，製作較快速，學生較容易上手製作。
3. 我們練習彈奏時，都覺得自己製作的那一把比較好用，和傳統弓琴比較，嘴巴含住的部分以簡易弓琴較不痛，彈起來比較輕鬆。
4. 簡易弓琴使用棉繩，和棉弦弓琴做比較，發現響度、音頻、波形頻譜無太大差異。
5. 簡易弓琴與棉弦弓琴的音頻同樣低沉，可以彈奏出相似的樂音。

伍、討論

- 一、 弓琴的歷史很久遠，耆老當時年紀尚小，耳濡目染看著大人製作學習，有些關於弓琴的傳說及緣由較不清楚，但可以知道的是，弓琴是布農族人自娛娛樂、抒發情緒的樂器。
- 二、 製作弓琴的工作繁瑣，尤其是要將竹片削薄、製作弓身以及琴橋的部分，需要有耐心、細心的態度，學生在製作的過程中，難免會定不下心，力道拿捏不準而失敗斷裂，需要重新製作，較花費時間。
- 三、 弓琴的彈奏不易，需要指導與練習，孩子在學習的過程中，因經驗不足，總是無法順利彈奏出共鳴悅耳的樂音，此部分仍需要長時間的練習。
- 四、 因為沒有完備的收音工具及檢測聲音的精密儀器，在進行實驗時，透過手機的 app 進行記錄，容易受到環境的干擾，造成數據上的誤差。
- 五、 自製簡易弓琴，琴橋竹片的構造，仍想不到用何種材料取代較佳，需要再嘗試，但因琴橋有無對弓琴彈奏影響不大，故不加上亦可。

陸、結論

- 一、 弓琴屬於擦弦樂器，是布農族人盛行的樂器，也是最主要的一種獨奏樂器，布農族人稱為 latuk。
- 二、 學生跟著耆老學習製作布農族傳統弓琴、練習彈奏的方法，傳承傳統技藝。
- 三、 不同的弦線會有不同的音色，弦線本身的特性會影響鬆緊度，從波形、頻譜分析、悅耳程度比較，鋼弦>棉弦>尼龍弦。
- 四、 琴橋的有無，較不影響弓琴彈奏的聲音(響度、音調、音色)。
- 五、 同一把弓琴，彈撥弦線的位置不同，不影響弓琴彈奏的音頻、音調。
- 六、 同一把弓琴，按壓弦線的不同位置，可改變弓琴彈奏的音頻、音調。離琴頭愈近，音頻愈高、音調愈高；離琴頭愈遠，音頻愈低、音調愈低。
- 七、 同一把弓琴，共鳴腔位於距琴頭 20-30 公分之間，改變共鳴腔的位置，響度、音頻、波形與頻譜並無明顯差異，但與未加共鳴箱前比較，都有放大聲音的效果。
- 八、 簡易弓琴取材方便、製作簡易，與棉弦弓琴做比較無太大差異，可以彈奏出相似的樂音，彈奏時嘴巴含住的地方也較不痛，相較於傳統弓琴，我們比較喜歡用簡

易弓琴。

柒、參考資料及其他

- 一、 清華與華碩原住民雲端科展：「飛鼠部落」生態文化與科學智慧。『弦外之音』研究成果報告。
- 二、 網路資料：
 - (一) 長者的話<布農族弓琴><https://www.youtube.com/watch?v=5BTJigsUUOs>
 - (二) 閱讀走山拉姆岸，製作布農族弓琴
<http://mypaper.pchome.com.tw/wymeng/post/1321459716>
 - (三) 原住民的音樂
http://web.arte.gov.tw/aborigine/introductory/music/museum/menu_pic16.htm
 - (四) 國家文化資料庫
<http://nrch.culture.tw/query.aspx?keyword=%e5%bc%93%e7%90%b4&advanced=&dobject=0&tp=0>
 - (五) 科學小原子 (Little Science Hunters) - 10 - 弓琴
<https://www.youtube.com/watch?v=GxCNOydlu8c>