

臺北市第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學科（一）

組 別：國小組

作品名稱：玻璃水噹噹

關 鍵 詞：敲擊、音高、玻璃容器

編 號：

摘要

學到五上自然課本第四單元《聲音的探討》時，老師告訴我們，玻璃杯裝水水位不同時，敲擊玻璃杯可以發出不同音高的聲音，所以我們想要嘗試用玻璃容器盛裝液體，演奏出一首曲子。我們讀了以往的科展報告，發現摩玻璃杯與敲玻璃杯，所發出之頻率相同，我們考慮發出聲音的難易度，所以選擇敲擊玻璃容器。本研究採用實驗法，研究敲擊玻璃容器可發出的音域廣度、敲擊玻璃容器達到不同音高所需要的水量、敲擊玻璃容器達到不同音高所需要的各種液體量、以玻璃容器盛裝音域較廣且能穩定測得音高的液體演奏樂曲。本研究結果發現，用杯壁較厚的直筒狀玻璃容器盛裝水敲擊出的音高最穩定，適合用來演奏樂曲。

壹、前言

一、研究動機

學到五上自然課本第四單元《聲音的探討》時，老師告訴我們，玻璃容器裝水水位不同時，敲擊玻璃容器可以發出不同音高的聲音；此外，我們四個人都有學樂器，對音樂比較有概念，因此我們想要嘗試用玻璃容器盛裝適合的液體，敲擊發出穩定的音高，演奏出兩首曲子。

二、文獻回顧

我們讀了以往的科展報告，發現摩玻璃杯與敲玻璃杯，所發出之頻率相同（陳冠文等，2004），我們考慮發出聲音的難易度，所以選擇敲玻璃容器。

我們先作前測，發現杯身跟杯緣如果寬度不同，所發出的音高會不同，所以選擇偏向直筒狀的容器（蕭詠儀等，2017）。

我們在讀相關報告時，比較少看到研究盛裝不同液體的玻璃容器，敲擊的音高變化，因此選擇幾種生活中容易取得的液體來實驗。

相關報告說明，敲擊有裝水的玻璃容器，可以隨著水量的增減，而改變敲擊出的音高：「一般敲擊玻璃杯而會發出不同音高，是在玻璃杯中裝入不等量的水，因為空氣柱高低不同造成所敲出的聲音頻率不同。」（杜洪齊等，2003）敲擊不同玻璃容器，能發出的音域廣度也不同（張庭甄等，2004）。

我們在讀相關報告時得知，要把音調準，要錄音下來以求證音高是準的，可以反覆測試（楊汭翰等，2005）。

三、研究目的

- (一) 研究敲擊不同的玻璃容器，可發出的音域廣度。
- (二) 研究敲擊盛裝水的玻璃容器，達到不同音高時，所需要的水量。
- (三) 研究敲擊盛裝不同液體的玻璃容器，達到不同音高時，所需要的液體量。
- (四) 研究敲擊盛裝不同液體的玻璃容器，達到不同音高時，液體離容器口的高度。
- (五) 使用玻璃容器盛裝音域較廣且能穩定測得音高的液體，演奏樂曲。

選擇敲擊音域
最廣的容器



容器裝水，
量測各音高
所需水量、
距離杯緣的
高度



容器盛裝敲
擊音高最穩
定的液體，
演奏樂曲



容器裝不同
液體，量測
各音高所需
水量、距離
杯緣的高度

貳、研究設備及器材

- 一、數種玻璃容器
- 二、敲擊器
- 三、針筒
- 四、木棒
- 五、尺
- 六、水
- 七、甘油
- 八、果糖
- 九、酒精
- 十、氣泡水
- 十一、膠水
- 十二、麥克風
- 十三、電腦
- 十四、線上調音軟體 (<https://www.musicca.com/tw/tuner>)
- 十五、錄音程式



參、研究過程或方法

一、實驗一：敲擊不同的玻璃容器，記錄可發出的音域廣度。

(一) 敲擊空的玻璃容器，記錄音高。

(二) 把玻璃容器裝水至距離杯口 1 公分（以免液體溢出），敲擊玻璃杯，記錄音高。

(三) 記錄步驟（一）、（二）的音高。

(四) 換不同的玻璃容器，重複步驟（一）至（三）。

二、實驗二：將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝水並敲擊，記錄達到不同音高時，所需要的水量。

(一) 將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝水，以半音為單位，按敲擊音高變化逐漸減少玻璃容器內的水量。

(二) 測量達到不同音高時的所需水量。

三、實驗三：將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝不同液體並敲擊，記錄每種液體達到不同音高時，所需要的水量。

(一) 將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝液體，以半音為單位，按敲擊音高變化逐漸減少玻璃容器內的液體量。

(二) 測量達到不同音高時的所需液體量。

(三) 換不同的液體，重複步驟（一）至（二）。

四、實驗四：將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝不同液體並敲擊，記錄每種液體達到不同音高時，液體離容器口的高度。

(一) 將實驗一音域最廣的玻璃容器盛裝液體，以半音為單位，按敲擊音高變化逐漸減少玻璃容器內的液體量。

(二) 測量達到不同音高時，液體離容器口的高度。

(三) 換不同的液體，重複步驟（一）至（二）。

五、實驗五：使用實驗一音域最廣的玻璃容器，盛裝實驗二、三、四音域較廣且能穩定測得音高的液體，演奏樂曲。

(一) 依據實驗二、三、四的結果，將液體增加到能演奏樂曲 *Jingle Bells*、〈小蜜蜂〉所需的音高。

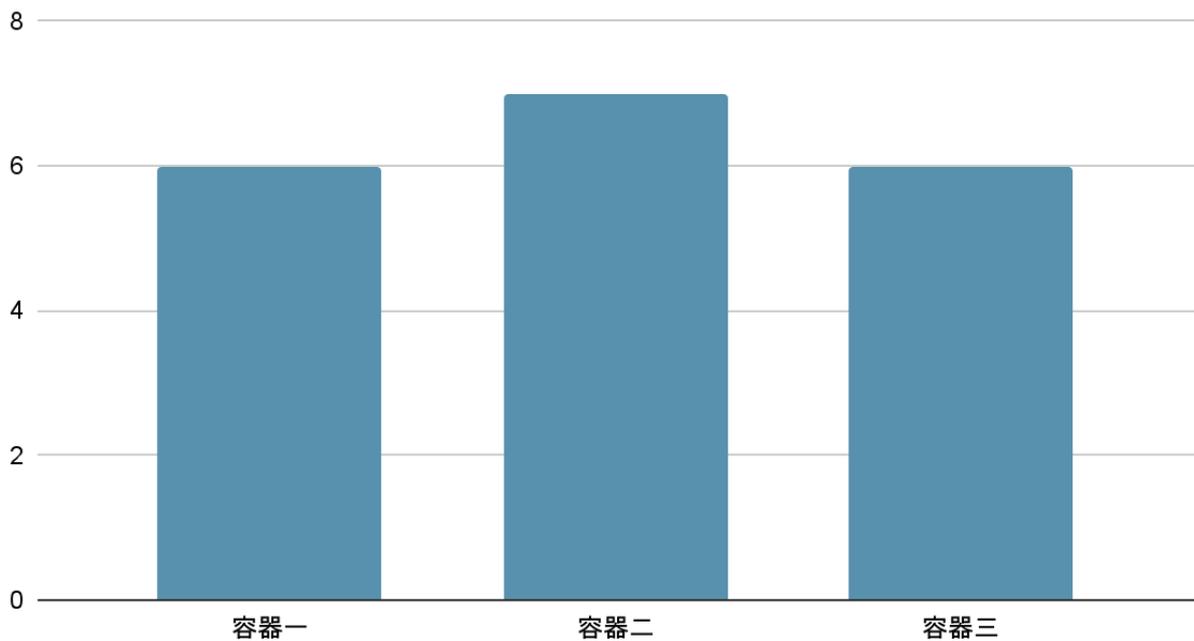
(二) 演奏樂曲 *Jingle Bells*、〈小蜜蜂〉。

肆、研究結果

一、實驗一：敲擊不同的玻璃容器，記錄可發出的音域廣度。

- (一) 測量到的音域廣度：容器二 > 容器一 = 容器三。
- (二) 測得音域最廣的是容器二，可以涵蓋七個半音，但音高不穩定。
- (三) 容器四和容器五因為音高會亂跳，難以測得。
- (四) 容器一與容器三音域可達六個半音，但是容器一測得音域穩定，因此選擇容器一來做後續的實驗。

敲擊不同容器能發出的音域廣度(半音)



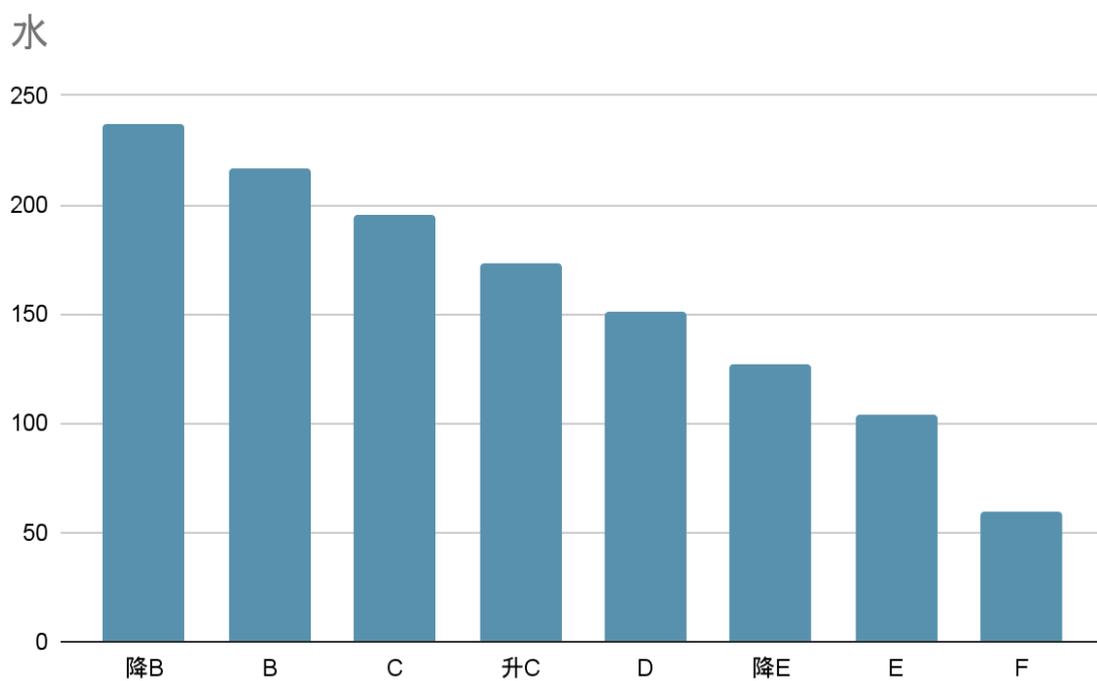
	敲擊空容器發出的音高	裝水至距離容器口 1 公分，敲擊容器發出的音高	音域廣度
容器一 	F	B 偏低	6 個半音
容器二 	E 偏高	A 不穩	7 個半音
容器三 	A 超高	降 E 偏高	6 個半音
容器四 	音高亂跳	降 B	難以測得
容器五 	音高亂跳	降 B	難以測得

二、實驗二：敲擊盛裝水的玻璃容器，達到不同音高時，所需要的水量。

(一) 每升高一個半音，水量約減少 20ml。

(二) 玻璃容器中盛裝的水越多，音高越低；盛裝的水越少，音高越高。

音高 (由低至高)	水量 (ml)
降 B	232ml
B	212ml
C	195ml
升 C	173ml
D	150ml
降 E	130ml
E	104ml
F	60ml



三、實驗三：敲擊盛裝不同液體的玻璃容器，達到不同音高時，所需要的液體量。

(一) 不同液體測出音 **B** 所需毫升數，由多到少為：甘油 > 酒精 > 果糖 > 氣泡水 = 水。

(二) 不同液體測出音 **F** 所需毫升數，由多到少為：酒精 > 氣泡水 = 水 = 膠水 > 果糖 > 甘油。

(三) 不同液體測出音 **B** 到音 **F** 相差的毫升數，由多到少為：甘油 > 果糖 > 酒精 > 水 = 氣泡水。

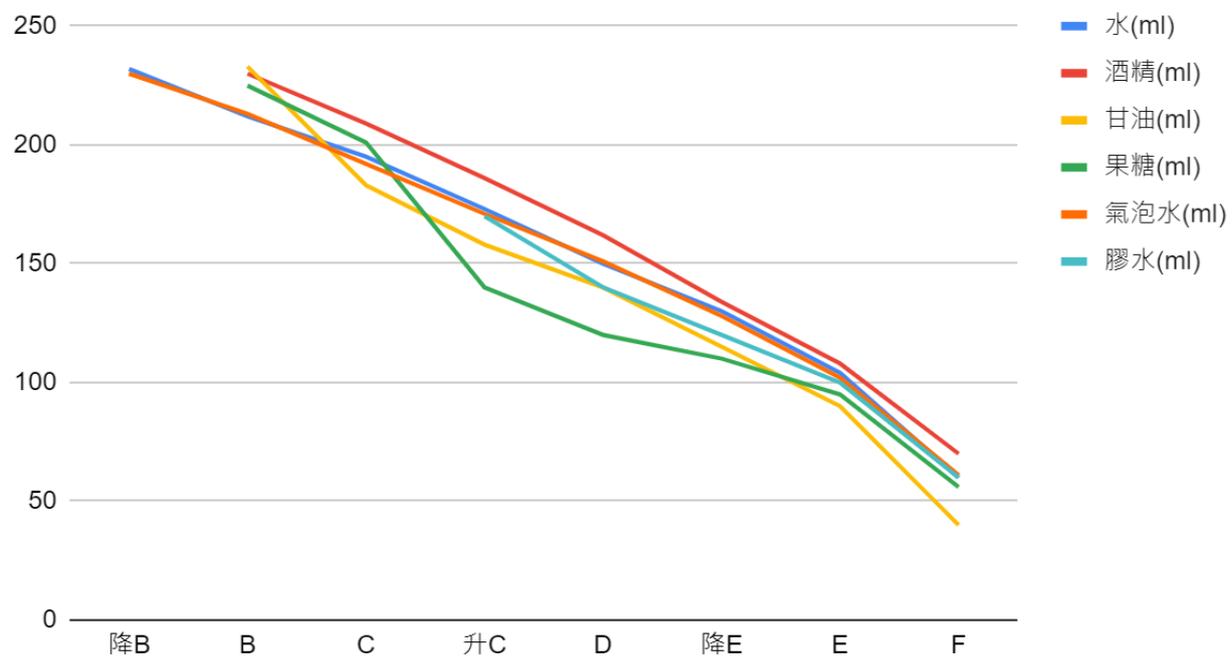
(四) 玻璃容器中盛裝的液體越多，音高越低；盛裝的液體越少，音高越高。

(五) 水、酒精、氣泡水這三種液體，每升高一個半音，減少的量較為穩定。

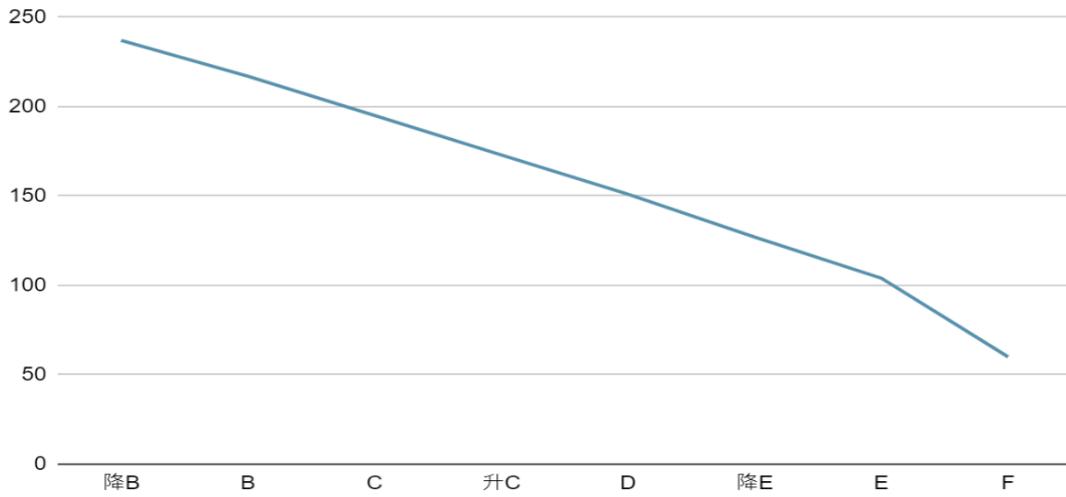
(六) 甘油、果糖、膠水這三種液體，每升高一個半音，減少的量較不穩定。

音高	水量(ml)	酒精量(ml)	甘油量(ml)	果糖量(ml)	氣泡水量(ml)	膠水量(ml)
降 B	232	無法測量	無法測量	無法測量	230	無法測量
B	212	230	233	225	213	無法測量
C	195	209	183	201	192	無法測量
升 C	173	186	158	140	171	170
D	150	162	140	120	151	140
降 E	130	134	115	110	128	120
E	104	108	90	95	102	100
F	60	70	40	56	61	60

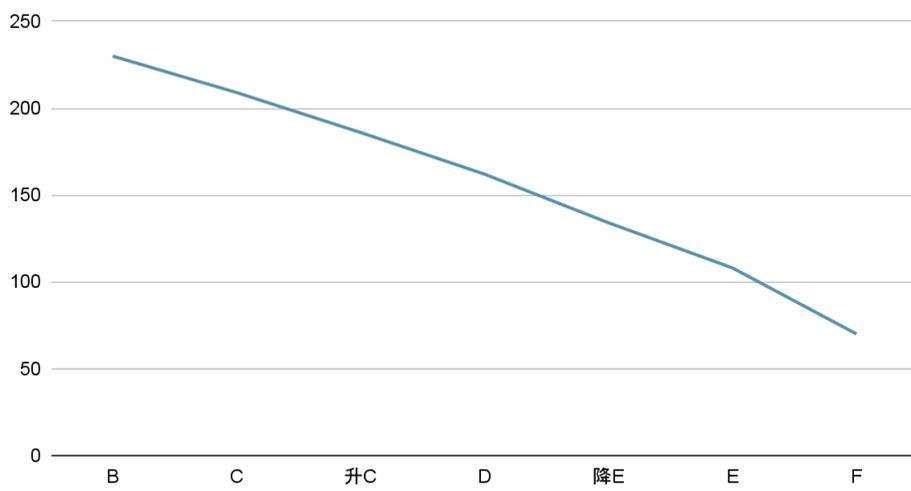
容器中盛裝液體的容量



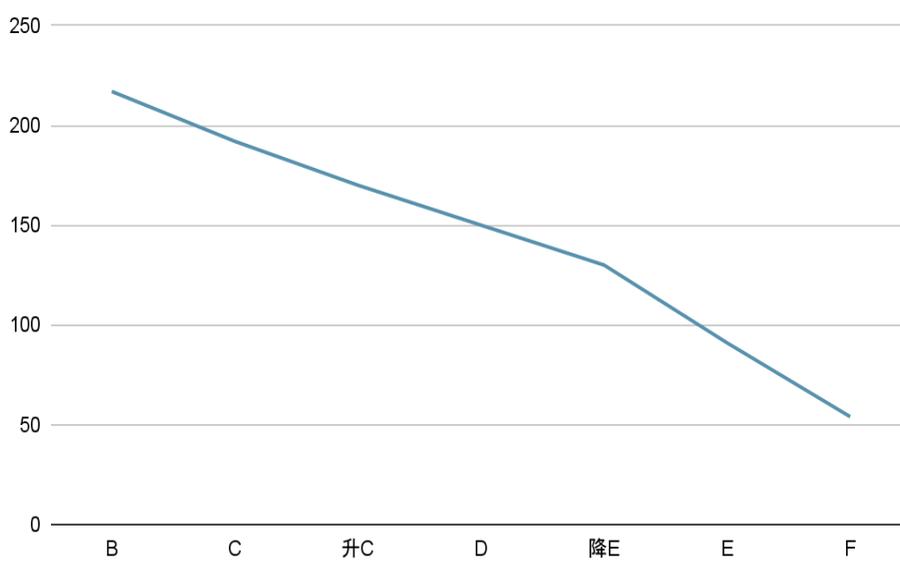
水



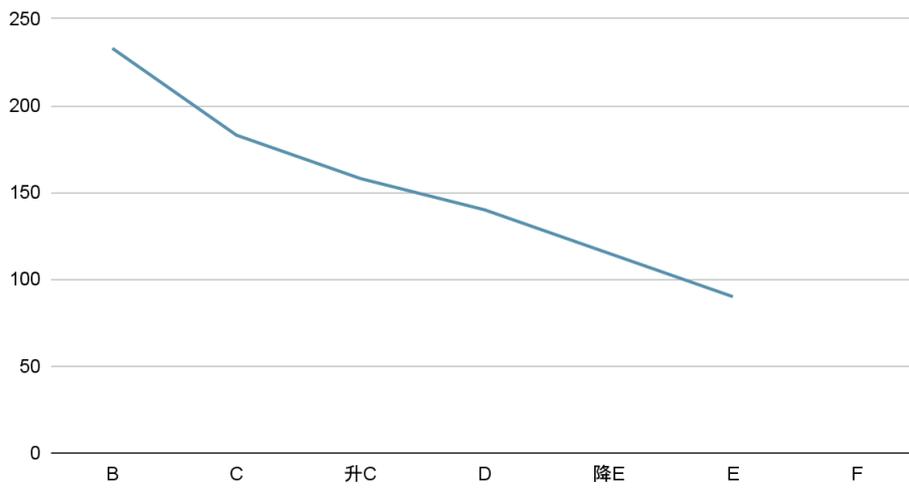
酒精



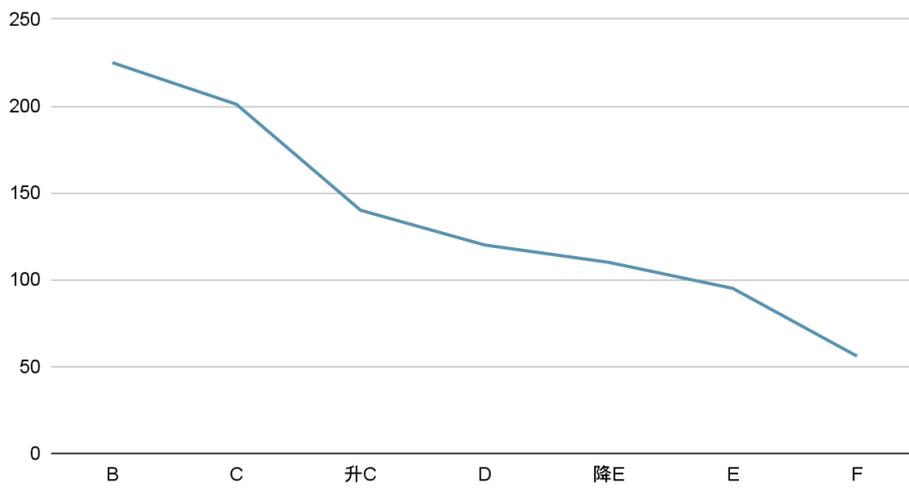
氣泡水



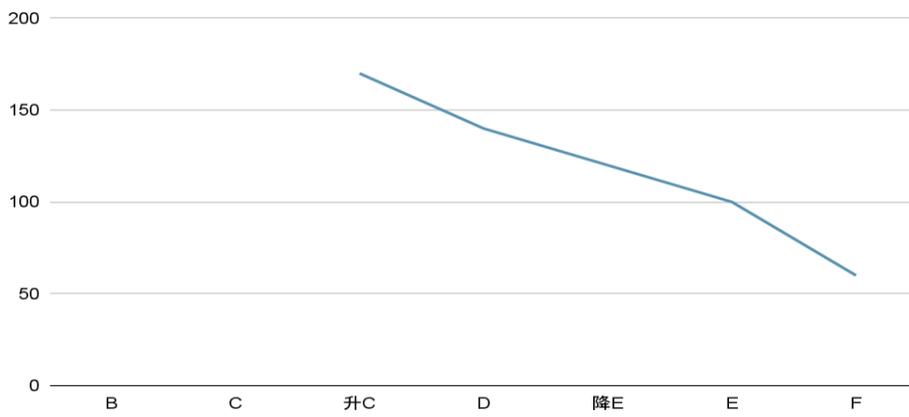
甘油



果糖



膠水

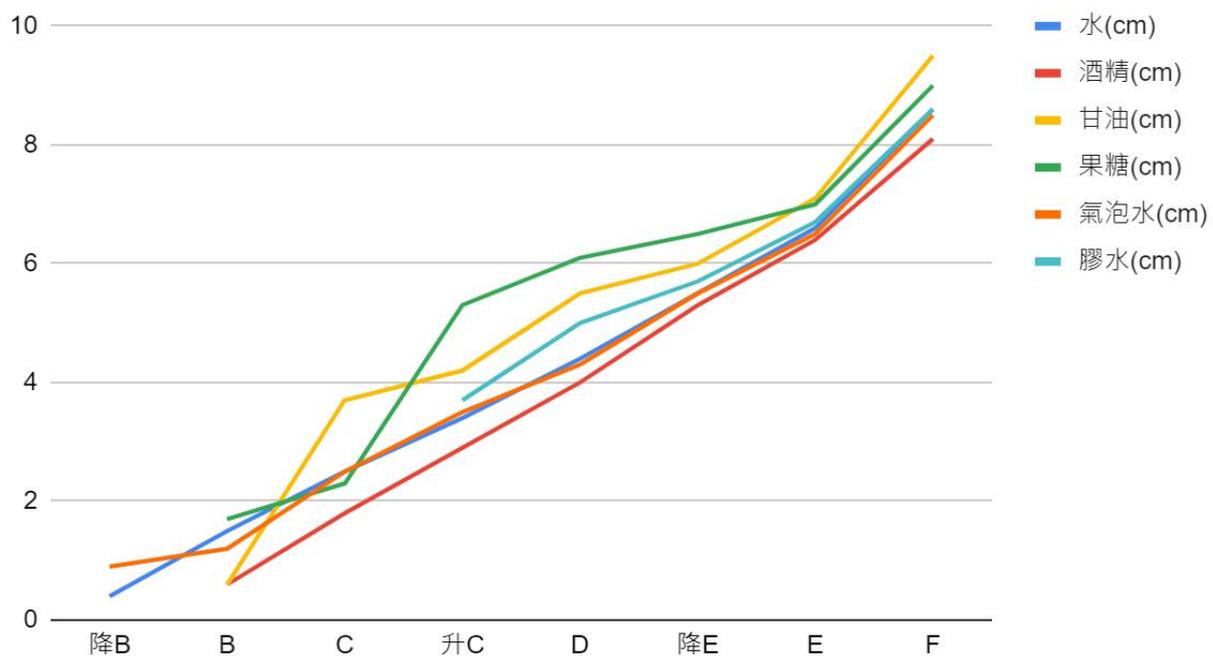


四、實驗四：敲擊盛裝不同液體的玻璃容器，達到不同音高時，液體離容器口的高度。

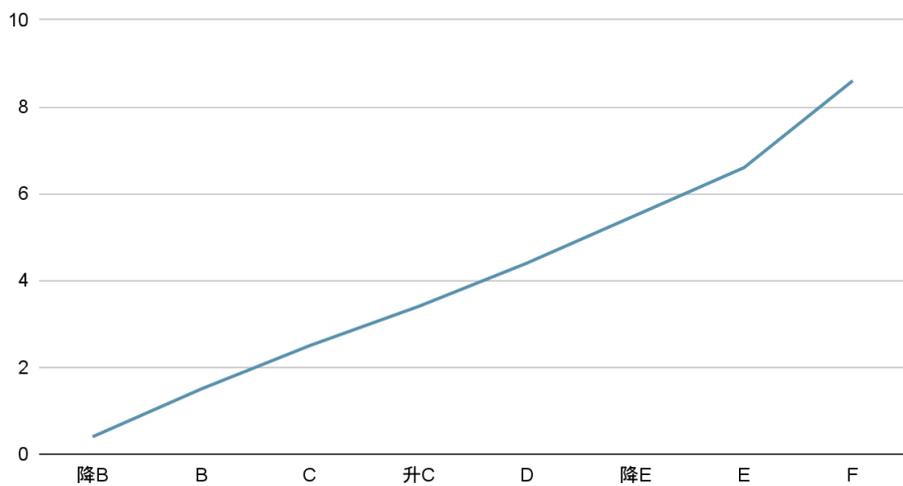
- (一) 不同液體測出音 **B**，液體離杯口距離由遠到近為：甘油 > 酒精 > 果糖 > 氣泡水 = 水。
- (二) 不同液體測出音 **F**，液體離杯口距離由遠到近為：酒精 > 氣泡水 = 水 = 膠水 > 果糖 > 甘油。
- (三) 不同液體測出音 **B** 到音 **F** 離杯口距離的差距（音 **B** 液體離杯口距離—音 **F** 液體離杯口距離），由多到少為：甘油 > 果糖 > 酒精 > 水 = 氣泡水。
- (四) 玻璃容器中盛裝的液體離杯口距離越近，音高越低；盛裝的液體離杯口距離越遠，音高越高。
- (五) 水、酒精、氣泡水這三種液體，每升高一個半音，離杯口的距離增加得較穩定。
- (六) 甘油、果糖、膠水這三種液體，每升高一個半音，離杯口的距離增加得較不穩定。

音高	水離容器口的距離 (cm)	酒精離容器口的距離 (cm)	甘油離容器口的距離 (cm)	果糖離容器口的距離 (cm)	氣泡水離容器口的距離 (cm)	膠水離容器口的距離 (cm)
降 B	0.4	無法測量	無法測量	無法測量	0.9	無法測量
B	1.5	0.6	0.6	1.7	1.2	無法測量
C	2.5	1.8	3.7	2.3	2.5	無法測量
升 C	3.4	2.9	4.2	5.3	3.5	3.7
D	4.4	4.0	5.5	6.1	4.3	5.0
降 E	5.5	5.3	6.0	6.5	5.5	5.7
E	6.6	6.4	7.1	7.0	6.5	6.7
F	8.6	8.1	9.5	9.0	8.5	8.6

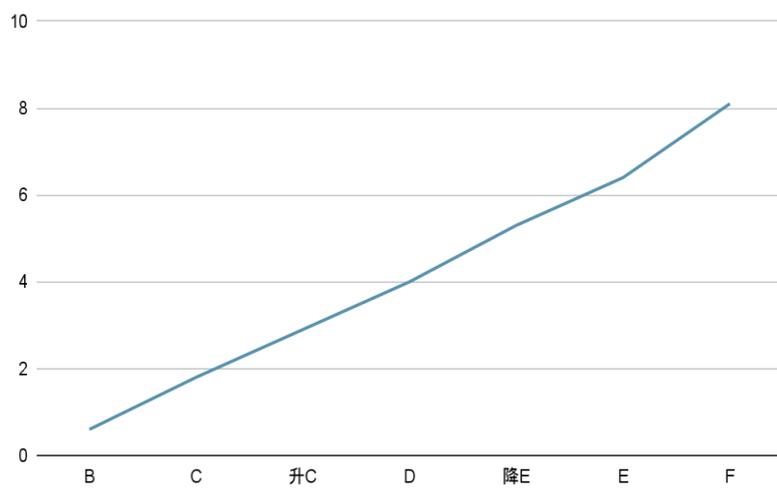
液體離容器口的距離



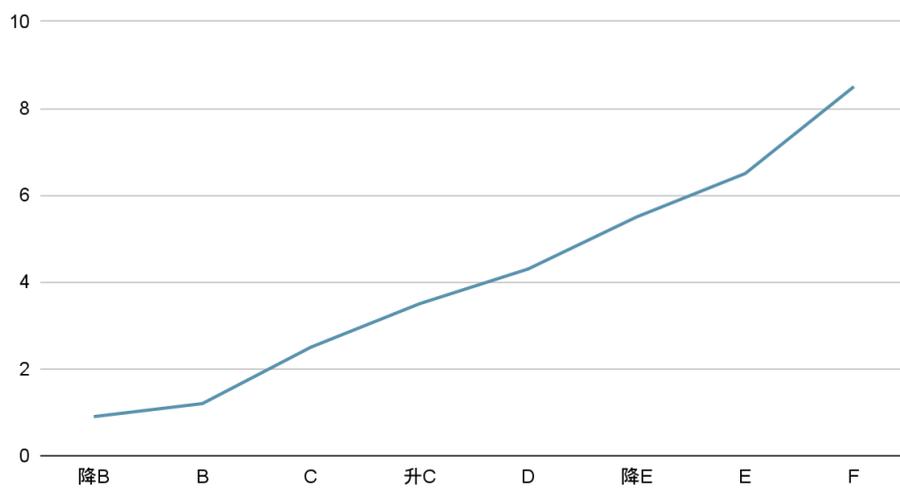
水



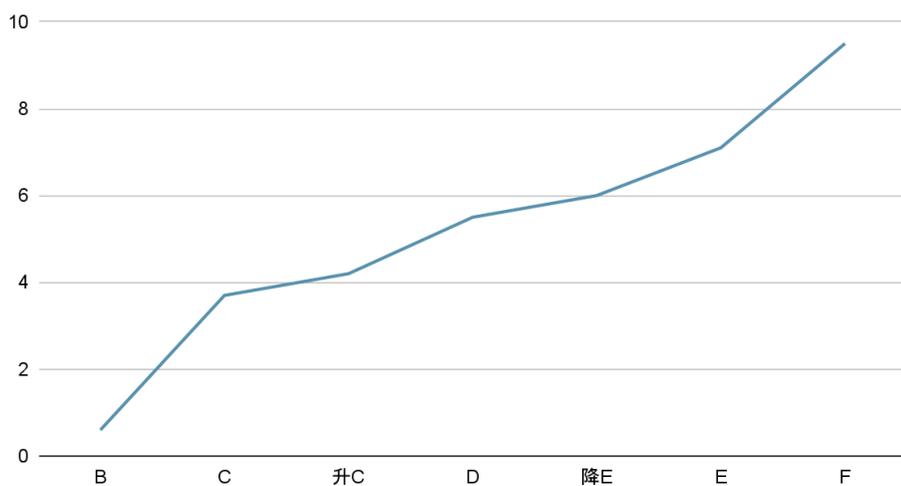
酒精



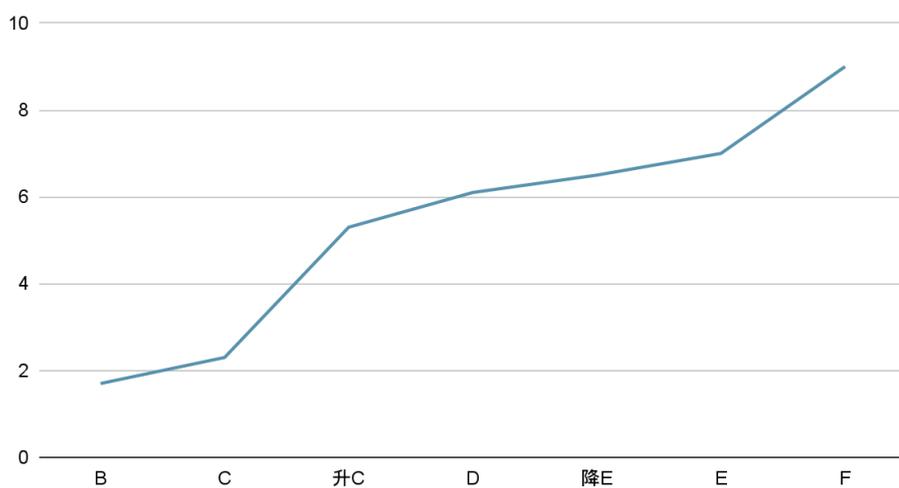
氣泡水



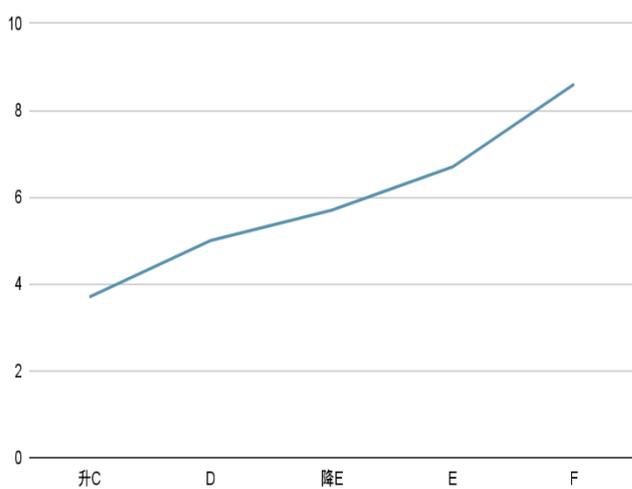
甘油



果糖



膠水



五、實驗五：使用實驗一音域最廣的玻璃容器（直筒狀、杯壁較厚），盛裝實驗二、三、四音域較廣且能穩定測得音高的液體（水），演奏樂曲。

(一) 演奏 *Jingle Bells*

<https://www.youtube.com/watch?v=MDYGSpm9Zm0>



(二) 演奏〈小蜜蜂〉

<https://www.youtube.com/watch?v=I7YERRUAZxc>



伍、討論

- 一、我們本來有做敲擊器以控制敲擊力度，但是前測發現用敲擊器協助敲擊跟用手持棒子敲擊的音高沒有差別，所以我們選擇用手持棒子敲玻璃杯。
- 二、我們一開始選用四款不同大小長直筒狀的玻璃具嘴量筒，希望能取得較廣的音域，但是實驗過程中發現，較長的具嘴量筒空杯與滿杯雖然測得音域差異大，但以半音為單位測量液體增減量時，音高很難量測，再查資料得知量筒杯壁較薄，容易受到敲擊力度的影響，敲擊時也容易出現泛音，所以測量難度高，因此放棄用具嘴量筒實驗。
- 三、選擇調音工具時，一開始我們選擇幾種實體調音器，測得的音高容易亂跳，或是測得的音高與我們耳朵所聽的音高不一樣。經請教師長與查資料，得知是泛音的影響。最後選擇本實驗使用的線上調音軟體。
- 四、本次實驗結果以達到音高所需的液體量、液體與杯緣的距離呈現，若進一步實驗，會將錄音檔匯入軟體，觀察頻譜圖，可能可以從波形、頻率看到更細緻的變化或趨勢。

陸、結論

- 一、玻璃容器一（直筒狀、杯壁較厚）盛裝液體測音高時，音高較穩定，音域符合實驗五需求。
- 二、玻璃容器中盛裝的液體越多，音高越低；盛裝的液體越少，音高越高。
- 三、玻璃容器盛裝水，敲擊玻璃容器能測量到的音域廣度最廣，且穩定度較高。
- 四、玻璃容器盛裝的液體濃稠度較高時，敲擊玻璃容器每升高半音，液體需減少的量變得不穩定。

柒、參考文獻資料

- 一、蕭詠儀、許宏澤（2017）。叮叮噹-圓筒狀玻璃杯振動聲音之研究（科展報告）。國立蘭陽女子高級中學。
- 二、黃瀨瑩、蕭宇岑、梁沛如（2019）。聽酒杯在唱歌-濃度與聲音頻率關係之探討（科展報告）。新北市立福和國民中學。
- 三、陳冠文、王智楷（2004）。酒杯發出之音符（科展報告）。臺中縣私立弘文高級中學。
- 四、張庭甄、莊承勳、謝碧娟、楊尹絜、武陳真、武恩卓（2004）。靜敲敲（科展報告）。屏東縣立新豐國小。
- 五、杜洪齊、謝怡倫、黃彥瑜（2003）。流體交響樂（科展報告）。國立台南女子高級中學。
- 六、楊芷芃、張倍瑚、林謙恩（2015）。水杯敲敲敲-泛音產生之研究（科展報告）。臺中市豐原區南陽國民小學。
- 七、黃庭光、周琴恩、簡于皓（2022）。與頻率共舞-探討玻璃杯內不同水量之頻率變化（科展報告）。臺北市立內湖國民中學。
- 八、楊內翰、陳品宏、黃新穎、黃意婷、趙悅伶（2005）。叮叮咚咚交響樂（科展報告）。屏東縣鹽埔國民小學。