

附件 4

金門地區第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：進擊的紙炮

關 鍵 詞：紙炮、甩炮、音量（最多 3 個）

編 號：（由主辦單位填寫）

摘要

我們看國語日報介紹傳統童玩「紙炮」，了解其發出聲響的原理，並找出增大音量的方法：人要站著用半手揮，紙張大小越大越好，紙的材質要堅韌而輕，與聽的人越近越好，最好是在密閉的環境中。

壹、 研究動機

我們在同學的國語日報剪報簿上看到介紹傳統玩具「紙炮」的做法的文章，一時興起用報紙摺了一個紙炮試玩，果真發出響亮的聲音，便想研究看看到底有什麼方法可以讓紙炮更大聲。

配合課程:康軒版 五下 第六冊 第四單元 聲音與樂器

貳、 研究目的

欲了解在進行「紙炮的音量」實驗設計時，所遇到的下列問題：

- 一、 怎樣比較音量的大小？
- 二、 哪些原因可能影響紙炮的音量？
- 三、 進行實驗時，哪些原因要改變？哪些原因要保持相同？

參、 研究設備與器材

- 一、 器具：分貝計、相機腳架、一公尺長木尺。
- 二、 紙類：皺紋紙、丹迪紙、水彩紙、西卡紙、報紙、錫箔紙、圖畫紙、雲彩紙、牛皮紙、書面紙、宣紙、海報紙、描圖紙。



肆、 研究過程與方法

通則：

經我們請教老師及翻閱康軒出版社出版的第六冊自然課本後，了解到音量的大小單位是「分貝」(dB)，有專門的儀器「分貝計」可以用來測量音量的大小，解決了第一個問題：怎樣比較音量的大小？

哪些原因可能會影響分貝計測量到的音量大小？我們想出十個可能會影響紙炮音量大小的原因，實驗時每次控制其他九個條件不變，只改變一個條件。實驗時在教室中固定位置，

由固定一個人，保持每次力量、姿勢一致。另一個人把分貝計固定在腳架上，並用木尺量出離分貝計黑色頭50公分的地方用黃膠帶在教室地板上標示，動手揮紙炮的同學先空手試揮，調整自己的位置確保手下來的地方會在膠帶上。當動手揮的同學下指令開始，負責分貝計的同學按下分貝計上的「Max」按鍵，觀察紀錄到的音量，通知第三位專門負責作紀錄的同學。

每個實驗項目先做五次，再把最高、最低的結果找出來，補做兩次實驗，如果比最高值高或比最低值低則保留原結果，如果在兩值之間則把原來的換掉，再計算五次結果的平均值。

影響紙炮音量的原因如下：

一、 慣用手與非慣用手

由於三人都是右撇子，先用慣用手右手實驗，再換至非慣用手左手實驗，三人輪流擔任揮紙炮的人。紙張先用四開丹迪紙摺成單紙炮實驗。



二、 手的姿勢

揮紙炮的同學先拿著摺好的紙炮，先以像左圖的全手揮(將手直直高舉和身體平行再向下揮下來)做實驗，再用右圖的半手揮(手像英文字母L一樣再揮下來)做實驗。紙張先用四開丹迪紙摺成單紙炮實驗。



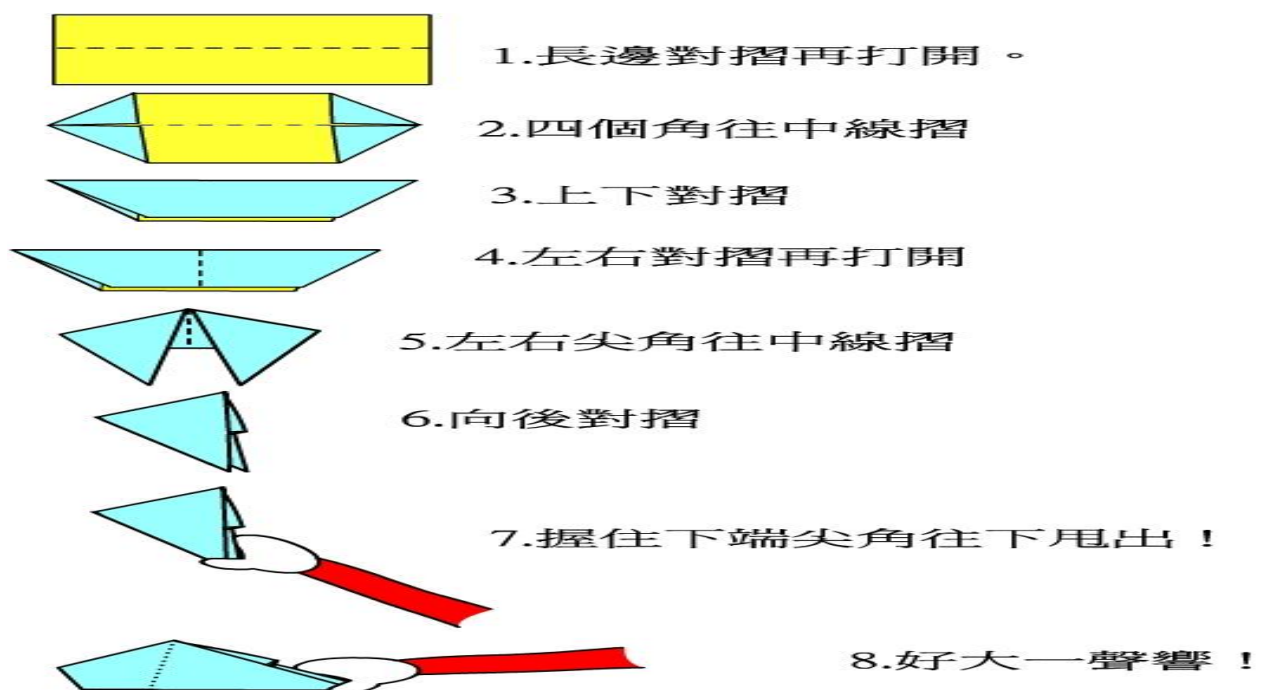
三、 人的姿勢

負責揮紙炮的同學分別以坐在椅子上、站著、蹲著、盤腿坐在地上四種身體姿勢依通則進行實驗。紙張先用四開丹迪紙摺成單紙炮實驗。



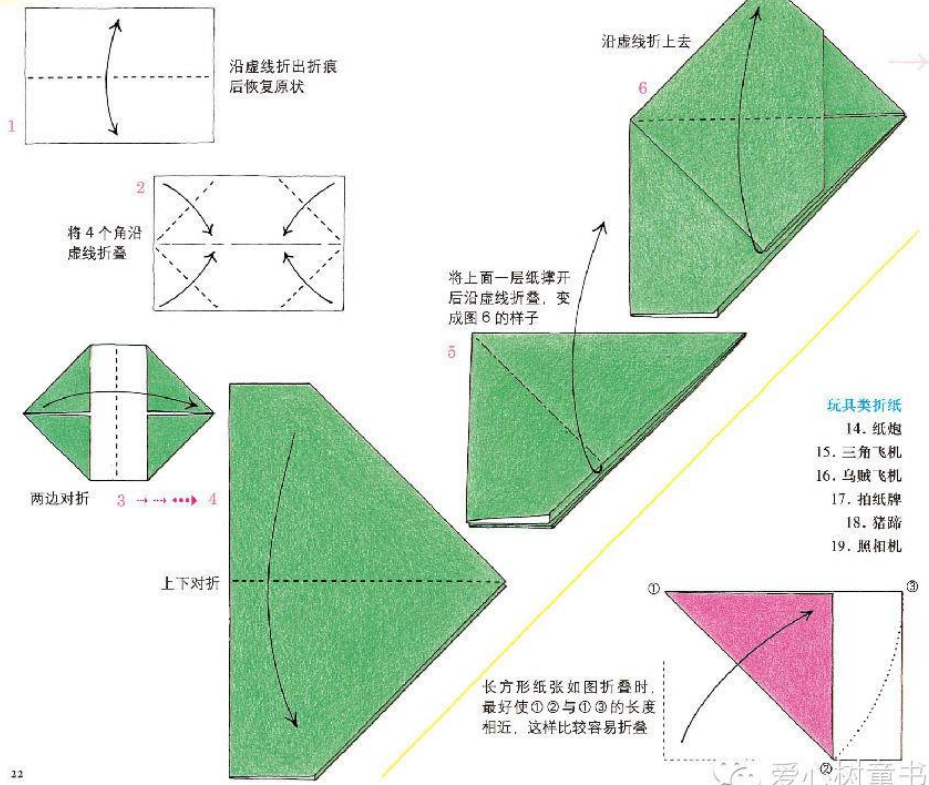
四、 紙的摺法

由前面三個實驗我們開始固定揮的姿勢：人直立站著、半手揮、用慣用手揮紙炮。這次改用一張四開的報紙做實驗。在網路上找到有兩種摺法，之前我們是摺簡單的單紙炮：

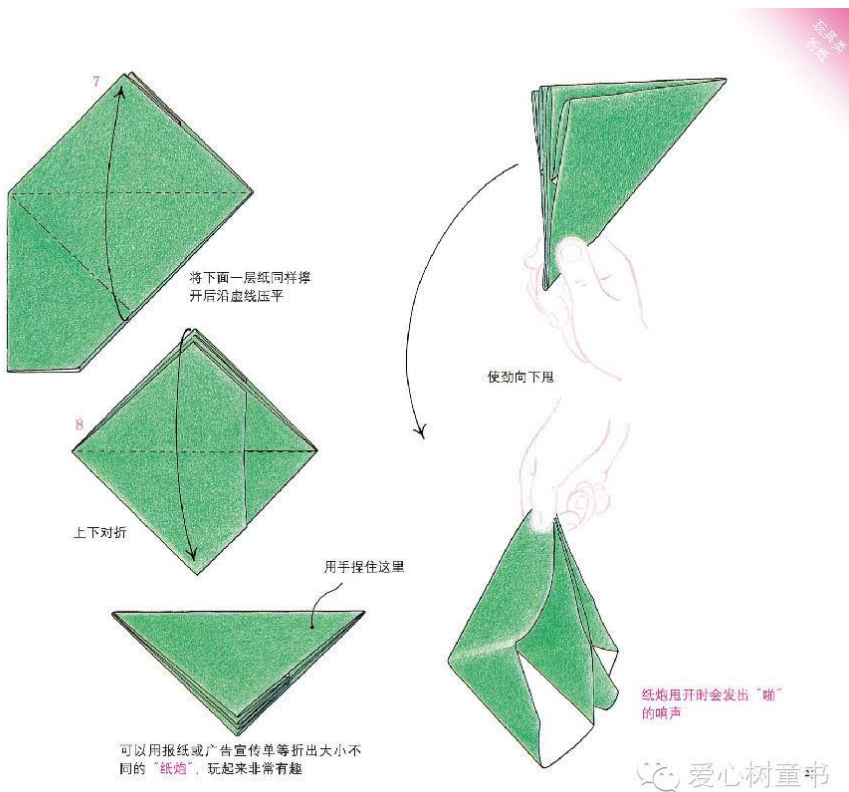


後來找到雙紙炮摺法，同樣用一張四開報紙摺來測試：

14 紙炮 用长方形的纸折这个作品



22



五、 紙的大小

我們教室最好取得的就是對開的報紙。我們逐一摺成一半的四開、八開、十六開、三十二開來摺成單紙炮，再分別依通則實驗。

格式	對開	四開	八開	十六開	三十二開
長(mm)	780	540	390	270	195
寬(mm)	540	390	270	195	135



六、 紙的材質

我們把文具店中有的各種紙張都買回來裁成四開(因為皺紋紙能買到最大尺寸就是四開，教室的圖畫紙和水彩紙也都是四開)後，摺成單紙炮分別實驗。共有十三種類的紙可供測試。由左而右分別是：



皺紋紙、丹迪紙、水彩紙、
西卡紙、報紙



錫箔紙、圖畫紙、雲彩紙、
牛皮紙、書面紙



宣紙、海報紙、描圖紙

七、 紙的厚度

教室裡最容取得的就是報紙。我們把報紙撕成四開的大小，再分別用一、二、三、四、五張四開的報紙來摺成單紙炮依通則測試音量。後來想到，再加上釘書機釘起來，和用膠水黏起來不同的固定法分別測試。



八、 紙的狀態

我們實驗都是用新的紙。後來想到把全新、揉成一團再攤平、泡水後再風乾，三種狀態的四開報紙各兩張，摺成單紙炮依通則實驗。





九、 和分貝計的距離

我們把用四開圖畫紙摺成單紙炮。紙炮和分貝計的距離從通則的 50 公分，拉長為 1、2、3、4、6 公尺作實驗。



後來我們發現戶外似乎有影響，把同樣的實驗移到戶外空曠的地方再作一次。





十、 環境

我們把用四開圖畫紙摺成單紙炮。紙炮和分貝計間的距離固定為六公尺，分別在教室裡、走廊上、學校中庭依通則作實驗。



伍、 實驗結果

除實驗九之二、實驗十外，其他實驗均在最大環境音量 41.2 分貝的教室內操作。

一、 慣用手與非慣用手

操作者	A		B		C	
	慣用手	非慣用手	慣用手	非慣用手	慣用手	非慣用手
1	72.9	70.4	71.1	77.3	52.3	56.4
2	76.9	70.2	80.1	71.0	52.9	56.9
3	77.7	78.5	71.9	84.6	52.3	55.6
4	71.1	81.0	74.8	75.6	53.8	49.8
5	69.8	74.5	75.7	71.6	52.2	52.4
平均	73.7	74.9	74.7	76.0	52.7	54.2

二、 手的姿勢

姿勢	全手揮	半手揮
1	59.3	69.9
2	53.4	78.7
3	50.0	73.4
4	51.5	69.7
5	48.8	69.7
平均	52.6	72.3

三、 人的姿勢

姿勢	坐椅子	站	蹲	盤腿坐地
1	74.1	117.4	78.9	73.3
2	75.3	109.8	74.5	89.2
3	77.8	115.9	75.9	73.3
4	74.8	104.4	75.9	73.5
5	74.1	117.1	78.1	71.6
平均	75.2	112.9	76.7	76.2

四、 紙的摺法

摺法	單紙炮	雙紙炮
1	51.9	54.2
2	52.8	52.6
3	49.0	55.0
4	50.1	46.3
5	50.6	52.6
平均	50.9	52.1

五、 紙的大小

尺寸	對開	四開	八開	十六開	三十二開
1	74.2	50.4	50.1	46.1	45.3
2	76.1	54.6	50.5	49.1	45.0
3	90.9	52.1	55.2	45.7	43.3
4	71.1	52.9	51.9	51.8	45.3
5	85.8	51.2	50.4	51.6	43.4
平均	79.6	52.2	51.6	48.9	44.5

六、 紙的材質

材質 1	皺紋紙	丹迪紙	水彩紙	西卡紙	報紙	錫箔紙	圖畫紙
1	54.5	74.0	打不開	打不開	69.9	74.1	78.5
2	51.2	79.1	打不開	打不開	72.5	75.9	74.5
3	59.0	73.1	打不開	打不開	72.0	78.6	75.5
4	51.2	77.9	打不開	打不開	73.1	71.6	72.3
5	55.0	79.4	打不開	打不開	70.3	73.7	77.7
平均	54.2	76.7			71.6	74.8	75.7

材質 2	雲彩紙	牛皮紙	書面紙	宣紙	海報紙	描圖紙
1	72.6	75.6	79.5	59.1	78.7	78.5
2	77.3	76.6	79.5	58.0	74.0	75.2
3	75.2	79.4	71.6	62.3	76.4	77.6
4	75.5	78.7	81.8	54.1	76.7	79.9
5	79.2	76.5	75.9	54.3	71.4	69.0
平均	76.0	77.4	77.7	57.6	75.4	76.0

七、 紙的厚度

厚度(無)	1 張	2 張	3 張	4 張	5 張
1	71.2	79.2	89.5	80.0	59.3
2	77.4	88.8	77.2	76.1	52.6
3	73.6	71.4	88.3	77.4	53.9
4	77.2	77.0	78.9	70.8	55.4
5	72.2	77.8	79.0	77.5	56.3
平均	74.3	78.8	82.6	76.4	55.5

厚度(釘書機)	1 張	2 張	3 張	4 張	5 張
1	72.4	79.4	75.1	77.2	79.8
2	75.5	76.3	73.7	73.9	73.9
3	71.6	71.4	75.7	76.3	76.8
4	74.8	76.0	77.0	74.5	78.1
5	71.0	70.8	79.4	79.9	78.1
平均	73.1	74.8	76.2	76.4	77.3

厚度(膠水)	1 張	2 張	3 張	4 張	5 張
1	77.0	74.4	50.0	72.6	53.0
2	78.4	78.2	52.3	78.5	50.6
3	71.9	71.8	53.7	78.9	55.0
4	71.8	78.8	53.8	78.8	51.7
5	78.6	76.6	51.4	70.5	52.0
平均	75.5	76.0	52.2	75.9	52.5

八、 紙的狀態

狀態	新的	泡水風乾	揉過
1	55.6	62.7	53.5
2	56.1	56.2	52.4
3	57.9	54.7	52.3
4	57.3	53.7	51.2
5	58.2	55.1	53.2
平均	57.0	56.5	52.5

九、 和分貝計的距離

距離(教室內)	0.5m	1m	2m	3m	4m	6m
1	75.7	74.9	79.8	72.3	70.8	77.3
2	72.3	71.4	87.1	70.8	73.9	71.8
3	72.9	77.6	73.3	76.2	73.7	88.0
4	75.7	83.1	77.3	79.5	71.5	70.7
5	89.4	71.4	77.1	76.8	69.9	80.0
平均	77.2	75.7	78.9	75.1	72.0	77.6

環境音量：41.2 分貝

距離(中庭)	0.5m	1m	2m	4m	6m
1	76.6	55.0	54.0	57.1	52.6
2	67.0	58.9	55.3	54.6	54.1
3	62.4	57.0	54.2	54.1	54.2
4	61.6	54.8	54.6	52.1	52.7
5	64.7	57.1	54.0	53.4	52.7
平均	66.5	56.6	54.4	54.3	53.3

環境音量:52.6 分貝

十、 環境

環境	教室	走廊	中庭
1	77.5	85.9	54.4
2	79.4	74.9	54.1
3	84.3	77.4	56.4
4	70.6	79.6	59.4
5	70.6	74.2	56.9
平均	76.5	78.4	56.2
環境音量	41.2	48.5	52.6

陸、 討論

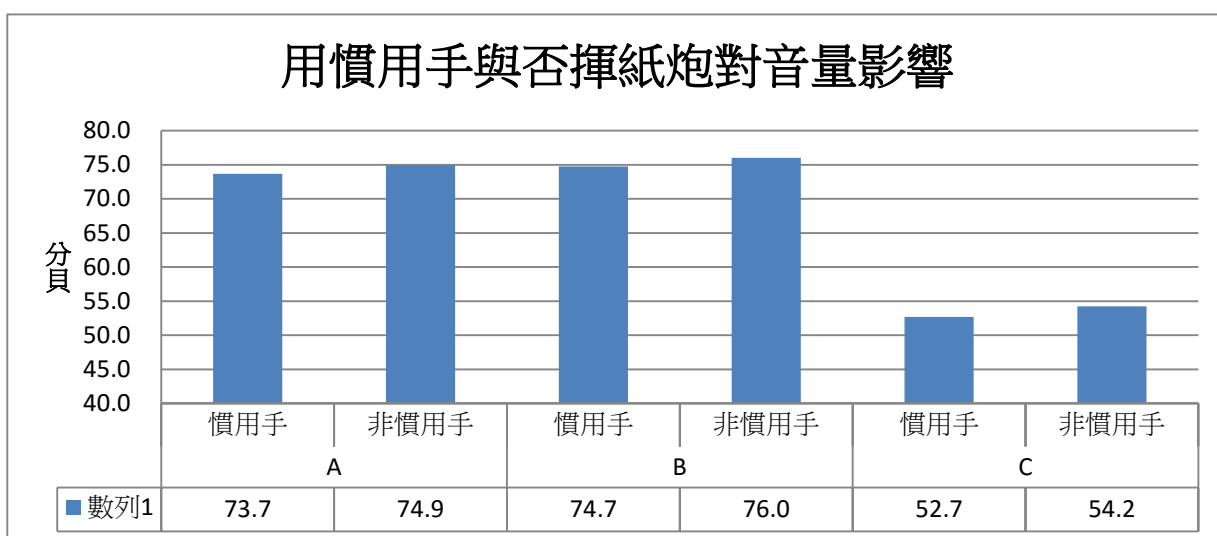
根據我們當初看到的國語日報剪報(捌、參考資料_四)：

「紙炮會發出聲音，主要是跟牛頓第一定律(慣性)及空氣的疏密波有關。當我們用手捏住紙炮尾端，用力往下甩到定點時，由於牛頓第一定律(慣性)的原理，向內摺的紙本來跟著手的劃動而具有速度；手停止時，外面的紙被手捏住，內摺的紙卻仍隨著原來的速度向前，就會往外彈開，造成空氣分子快速震動的『疏密波』。這種聲波經由空氣介質傳到耳朵當中，我們就會聽到高分貝的聲響。」

再依據實作的數據，針對十個影響紙炮音量的原因探討如下：

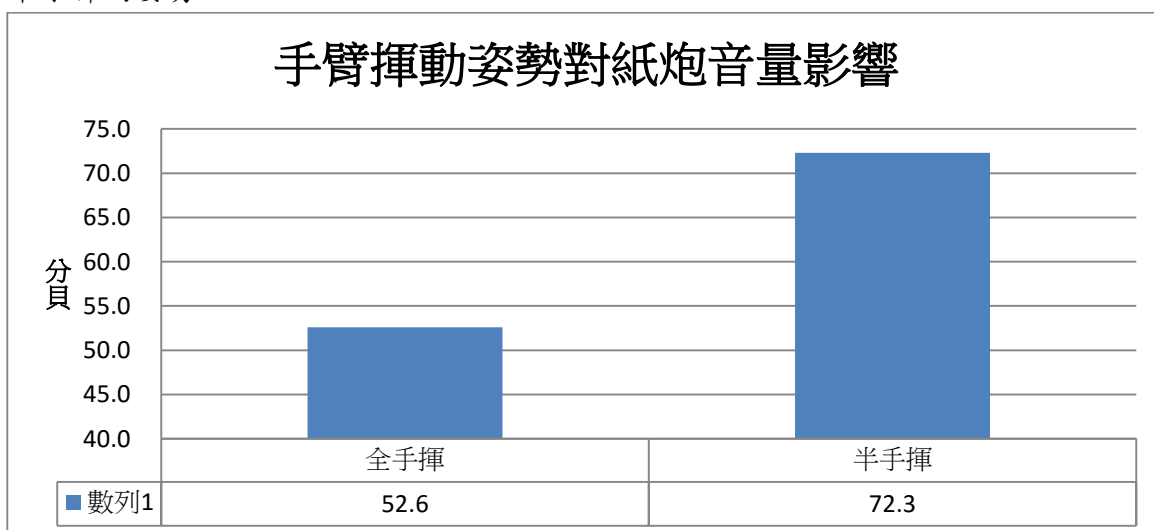
一、 慣用手與非慣用手

三個人都是非慣用手稍微音量大一點，但差距不明顯，為了方便出力，之後的實驗還是以慣用手為主。



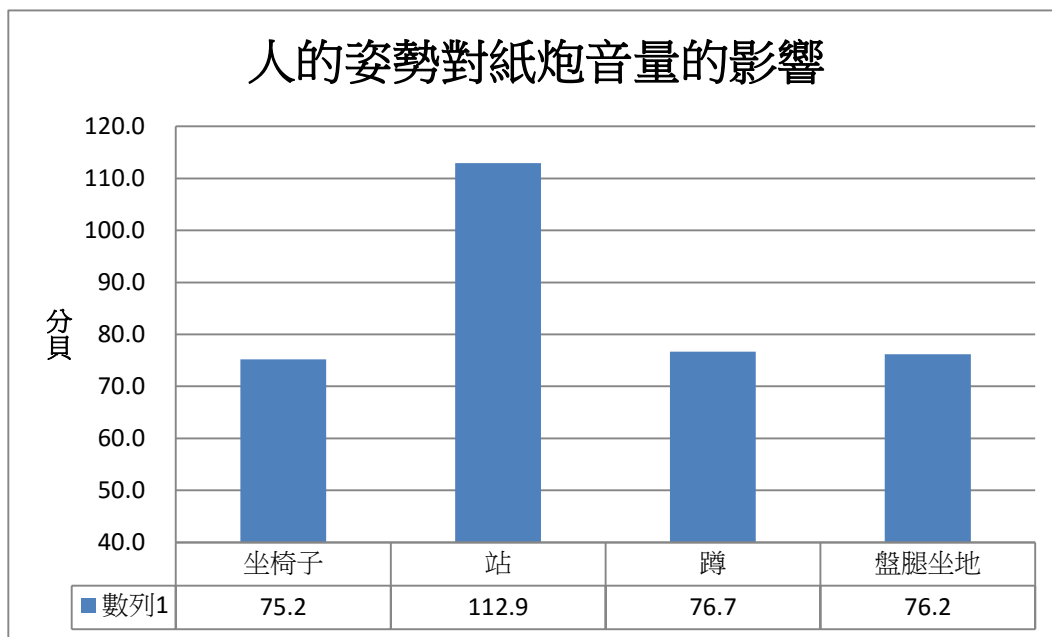
二、 手的姿勢

本來我們以為全手揮的高度較高，可能會有較大的音量。但結果卻相反，半手揮音量很明顯的較大，根據操作紙炮的同學說法，半手揮反而比較好出力，因此我們之後的實驗都用半手揮的姿勢。



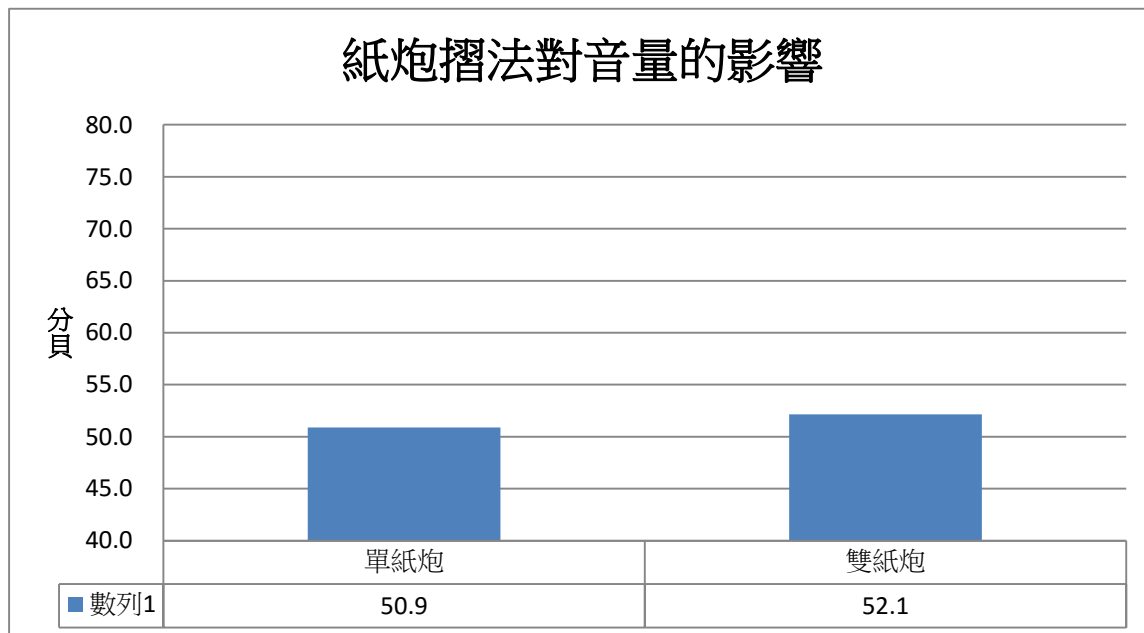
三、 人的姿勢

四種姿勢中，很明顯的站著揮紙炮的音量是遠大於其他姿勢。根據操作紙炮的同學說法，他覺得站著揮比較好出力，不會被卡住。



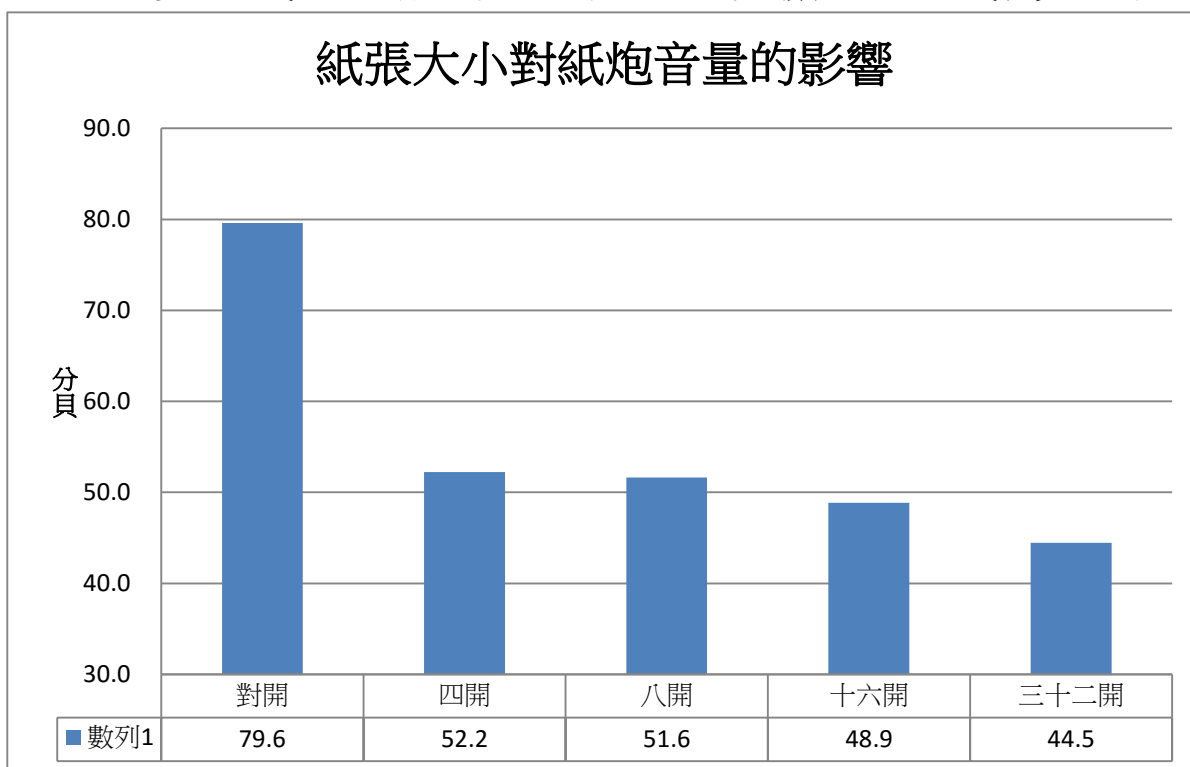
四、 紙的摺法

雙紙炮的音量稍微大一點，但這差距還在分貝計的 1.5 分貝誤差範圍內，可以視為沒有差距。而且雙紙炮只能有一邊被甩出來，摺法又較單紙炮麻煩，因此之後的實驗我們都一律摺單紙炮。



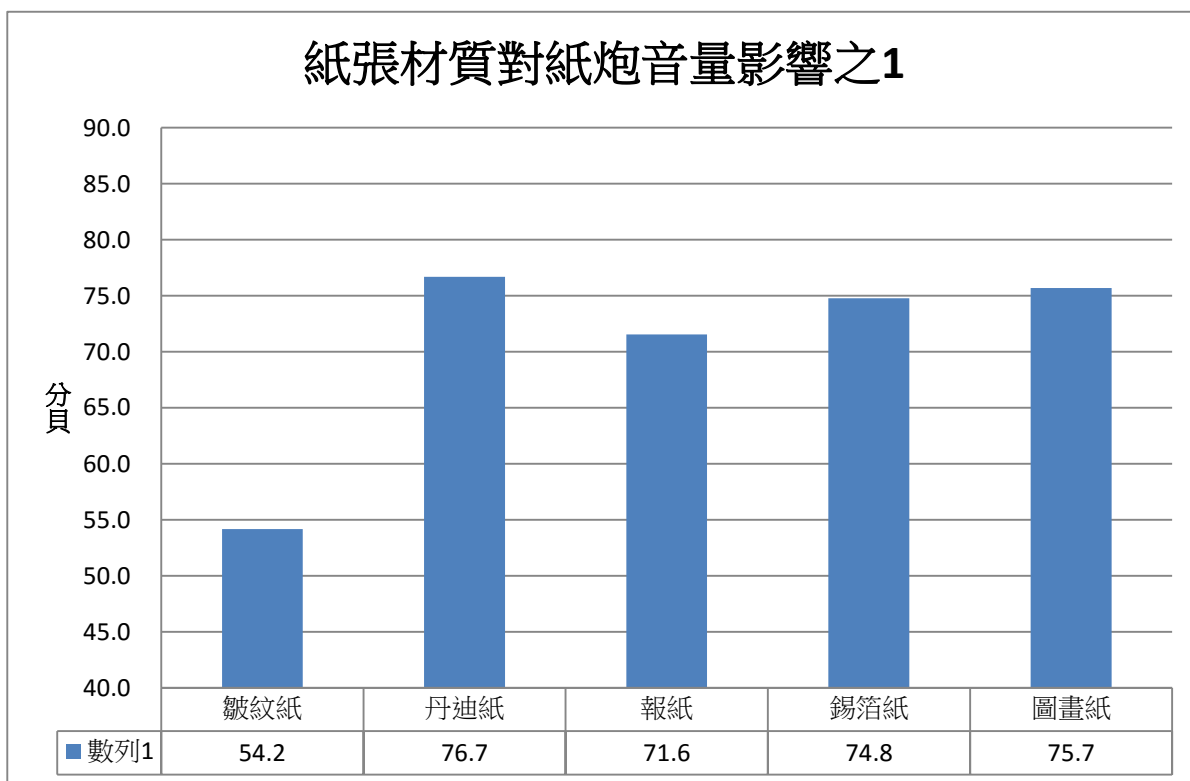
五、 紙的大小

紙張越大，摺成的紙炮發出更大的音量。可能是面積較大，能造成較多的疏密波。

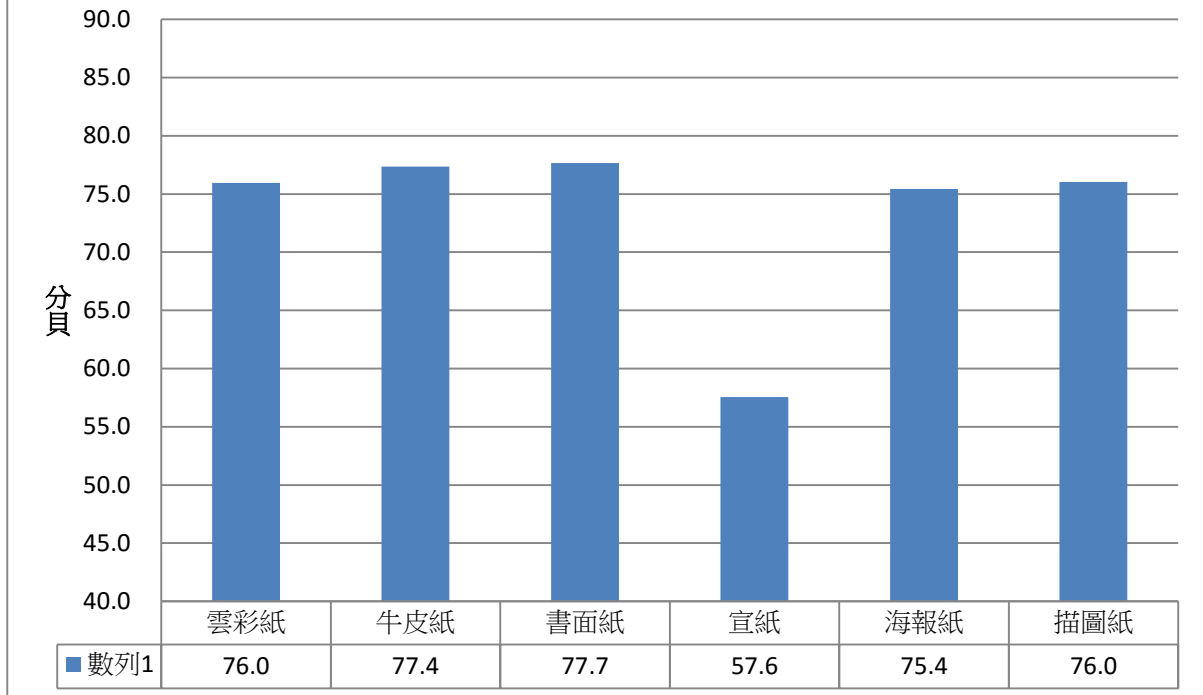


六、 紙的材質

一些太厚重的紙(水彩紙、西卡紙)無論怎麼揮都打不開，而較軟的紙(皺紋紙、宣紙)可能是材質太軟，推不動空氣，所以音量較小。而其他堅韌而輕的紙較能有推力，所以發出較大的音量。



紙張材質對紙炮音量影響之2



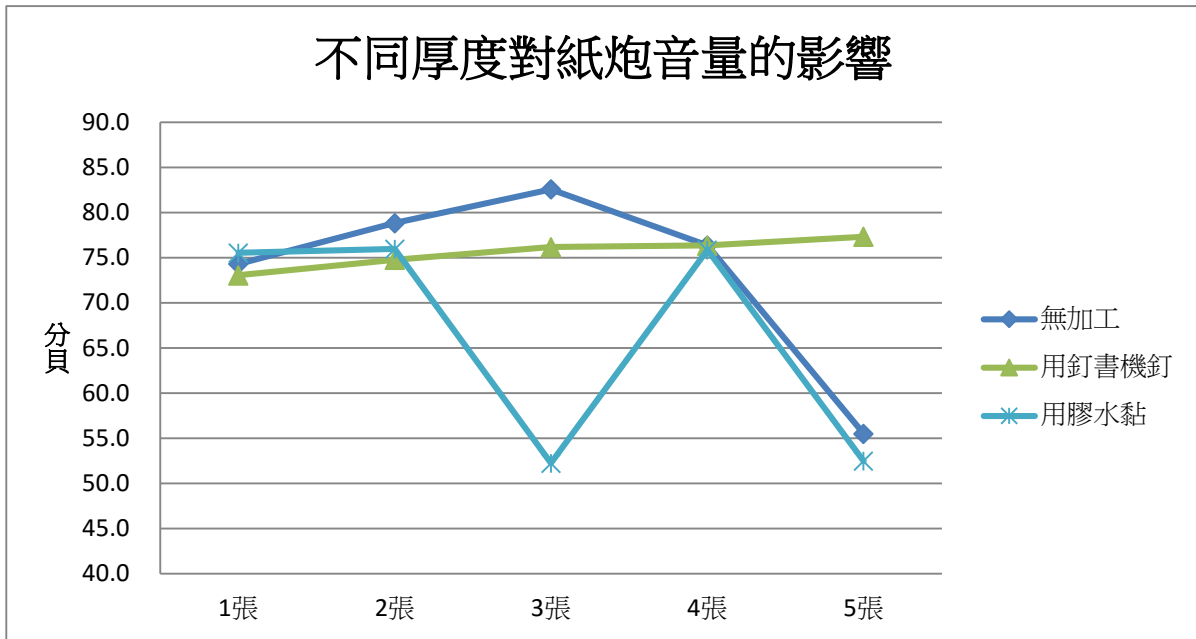
七、 紙的厚度

在沒有用其他物質幫忙固定四邊的情況下，厚度對音量的影響忽大忽小，這是因為向內摺的紙會以不整齊的樣子彈出來，造成忽大忽小的結果。

而用釘書機釘住四周(長邊四根,短邊三根)時,較厚的紙可能因較有力推動周圍的空氣,音量稍微大一點,但差距不明顯。

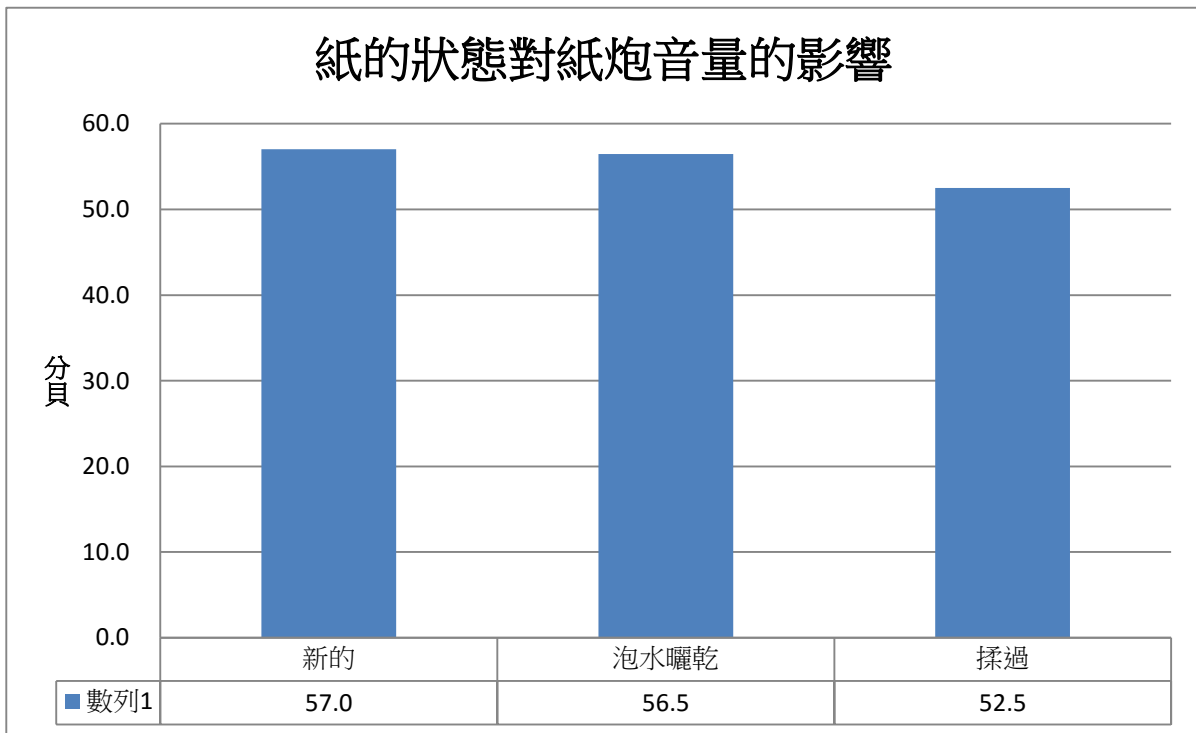
而用膠水黏住四周,則有時因為膠水塗不均勻,反而有反效果,太厚的部分打不開,或是音量偏低。根據前面「紙的材質」的實驗,可能是加上膠水使報紙變得太厚重,反而打不開。

但我們發現一層紙的紙炮容易破,反而兩層紙以上合起來不容易破。一層可能是太薄,受不了太大的力量。



八、紙的狀態

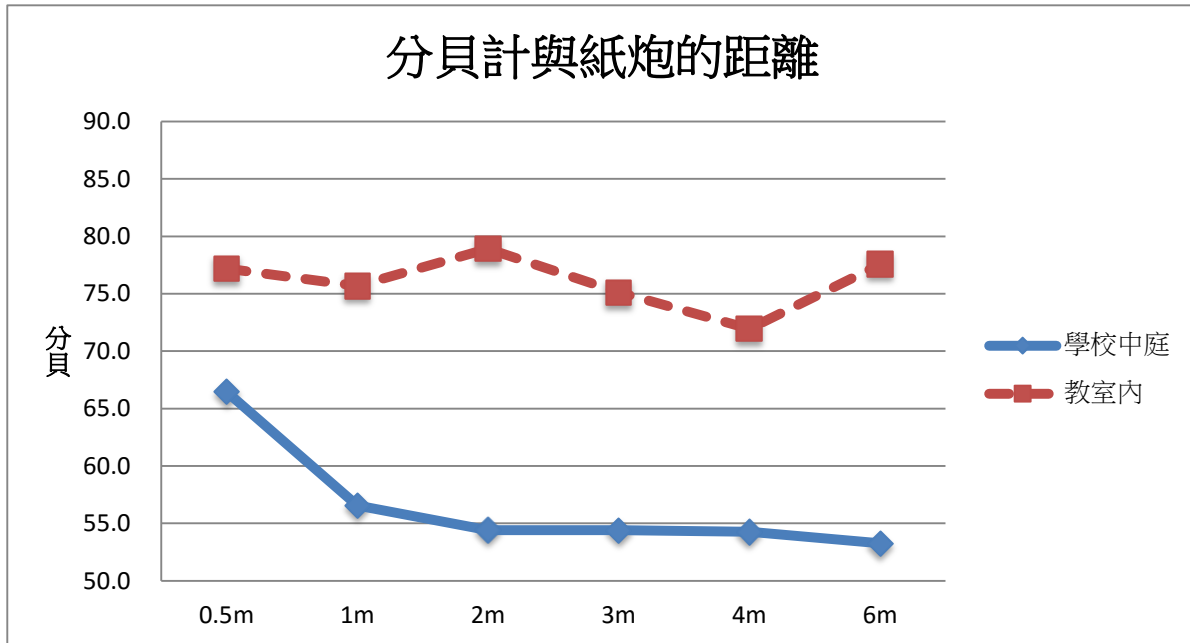
新的報紙和泡水風乾的報紙作成紙炮音量可以視為沒有差距，但是新的較容易破，泡水風乾後的報紙反而不容易破。而揉過再攤平的報紙作成的紙炮音量較小，可能是因為被弄軟了，力量較小，推不動空氣造成的。



九、 和分貝計的距離

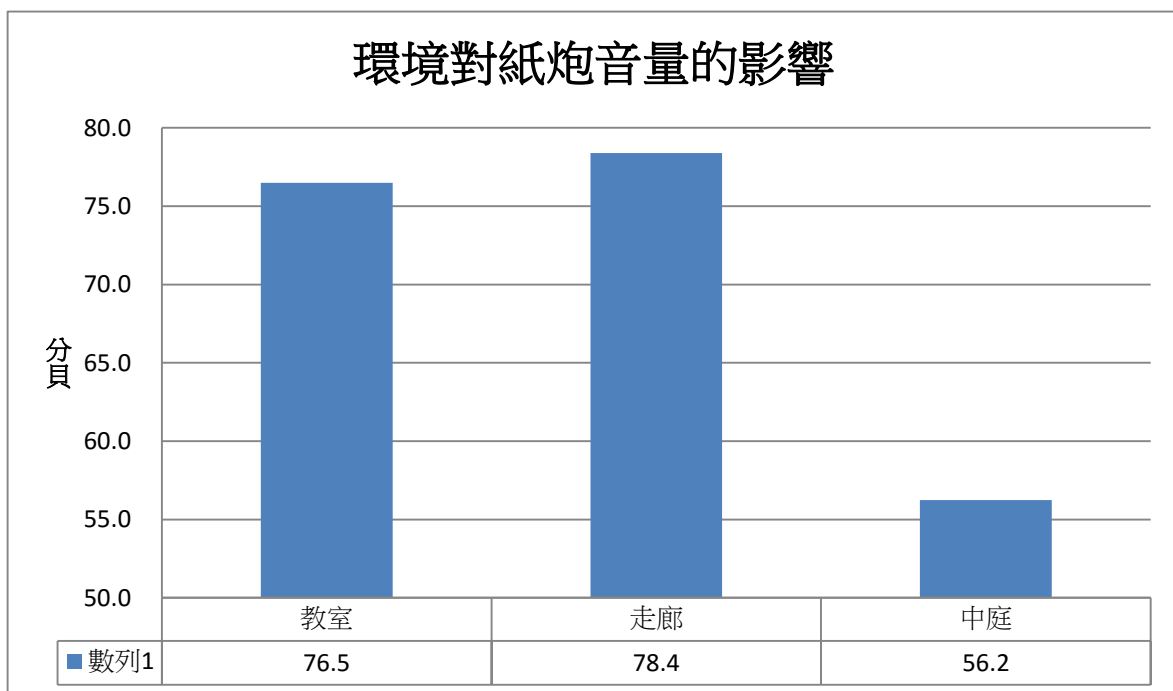
在室內，紙炮和分貝計的距離遠近，對音量影響不明顯。但在作完後面環境的實驗，我們發現在空曠室外就很明顯的，距離越遠音量會越小，在六公尺外就和背景的音量差不多了。

這個應該是在教室、走廊，因為有天花板、牆壁能把空氣的疏密波反彈回來，才使分貝計接收的音量不會差太多。而在空曠的室外，疏密波就不斷往遠處擴散，自然離的越遠，能接收到的音量越小。



十、 環境

如前面距離所述，在越密閉的環境玩紙炮音量會越大。在空曠的地方音量就會覺得較小。



柒、 結論

會影響紙炮音量的因素	不會影響紙炮音量的因素
手的姿勢、人的姿勢、紙的大小、紙的材質、紙的狀態、和分貝計的距離、環境	慣用手、紙炮摺法、紙的厚度

一、綜合我們的研究，要讓紙炮的音量最大，可以：

手的姿勢：半手揮

人的姿勢：站著

紙的大小：越大越好

紙的材質：堅韌而輕(像丹迪紙、錫箔紙、圖畫紙、雲彩紙、報紙、牛皮紙、書面紙、海報紙、描圖紙)

紙的狀態：全新的或泡水再風乾的都可

和接受者的距離：越近越好

環境：密閉的

二、要紙炮更堅固耐用，可以：

紙的狀態：泡水再風乾

紙的厚度：兩~三層，用釘書針固定邊緣

捌、 參考資料及其他

一、 康軒版五下(第六冊)自然課本、教學指引。

二、 單紙炮摺法：

<http://tmrc1.tp.edu.tw/HTML/RSR20081123222524C0W/%E5%8F%83%E8%B3%BD%E4%BD%9C%E5%93%81/pages/031.htm>

三、 雙紙炮摺法：

http://blog.sina.com.cn/s/blog_6aae54500102v5qc.html

四、 〈科學環保紙炮〉，朱晋杰 文，張震洲 攝影。《國語日報》，中華民國 103 年 2 月 5 日，第 6 版