

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 物理科

第三名

080113

「聲」動凌「波」舞

學校名稱：彰化縣秀水鄉明正國民小學

作者： 小五 王立威 小五 張銓敏 小五 許芳馨 小五 林柏儀 小五 林子恆	指導老師： 廖秀紋 蘇瑞鴻
---	-----------------------------

關鍵詞：聲波、共振、舞動

「聲」動凌「波」舞

摘要

一種利用聲音舞動的小玩具「聲動蛇舞」-- 將毛根隨意盤旋成蛇狀做為舞者，放在杯身被剪出孔，且倒扣成杯底朝上的舞台杯之上，當嘴巴湊近杯孔，持續發出「嗚 ~」的聲音時，蛇會出現舞動的現象。但它為何會舞動？要如何做，才能使它舞動順利？這之中所牽涉到的因素，除了需考慮到舞者的結構外，還牽涉到舞台杯的構造，以及聲波對它的影響。

壹、研究動機：

老師曾經教我們做了一個利用聲音舞動的小玩具，它的構造是由一個杯身被剪出孔的杯子，倒扣平放於桌面，杯底朝上，變成舞台，再利用金蔥毛根隨意盤旋成蛇，做為舞者。當嘴巴湊近杯孔，持續發出「嗚 ~」的聲音時，蛇竟會受鳴動影響而開始舞動！但大家的蛇舞動情況都不太一樣，有的甚至完全不動，這使我們覺得既新奇又有趣，於是決定請老師指導我們進行研究。並將這種玩具根據它的特性，利用趣味的諧音，取名為「聲動蛇舞」。

貳、研究目的：

一、觀察影響舞者舞動的因素：

- (一) 調整發聲器的聲音時，對舞動現象是否會有影響？
 - 1、聲音的響度不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 2、聲音的音調不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 3、聲音的音色不同，對舞動現象是否會有影響？
- (二) 觀察舞者的構造改變時，對舞動現象是否會有影響？
 - 1、舞者的材質不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 2、舞者的底盤形狀不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 3、舞者的底盤大小（重量大小）不同，對舞動現象是否會有影響？
- (三) 比較杯孔的樣式改變時，對舞動現象是否會有影響？
 - 1、孔的屏障不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 2、孔的大小不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 3、孔的位高不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 4、孔的形狀不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 5、孔的數量和相對位置不同，對舞動現象是否會有影響？
- (四) 改變舞台杯的結構時，對舞動現象是否會有影響？
 - 1、杯的大小不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 2、杯的高度不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 3、杯的材質不同，對舞動現象是否會有影響？
 - 4、杯口的遮蔽情況不同，對舞動現象是否會有影響？

(五) 改變舞者的盤旋方向，對舞動現象是否會有影響？

(六) 改變舞者的重心位置，對舞動現象是否會有影響？

二、探討舞者能舞動的原因？

三、找出最容易舞動的構造？

參、研究器材與設備：

一、實驗器具：各式紙杯、免洗湯桶、飲料塑膠杯、保麗龍杯、金蔥毛根、毛根、軟鐵絲包裝紮線、吸管、紙片、保麗龍球、尺、美工刀、剪刀、油性筆、圓規、切割墊、噪音計(分貝計)。

二、文書記錄：紙、鉛筆、橡皮擦、電腦。

肆、研究過程或方法：

一、文獻探討：我們利用網路，查閱到一些可能和這次實驗牽涉的影響因素，並得知其意思：

(一) 聲音的三要素：響度、音調、音色

1、響度：聲音的強弱程度，由聲音的能量(振幅)決定。振幅愈大，響度越大。

2、音調：聲音的高低，決定於發音體的振動頻率。頻率愈大，音調愈高。

3、音色：由此分辨不同樂器或人的聲音，由聲音的波形決定，也稱為音品。

(二) 共振：兩個振動頻率相同的物體，當一個發生振動時，引起另一個物體振動的現象。

(三) 功(W)：力的量值和沿施力方向所經位移的乘積。功和能可以互相轉換。

$$W = \bar{F} \cdot \bar{S}$$

，單位：焦耳=牛頓×公尺

(四) 動能：物體運動時所得到的能量。質量 m 的物體，在速率 v 時的動能為 E_K 。

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

，單位仍然為焦耳。

(五) 位能：因為位置不同，而有的能量差。質量 m 的物體，在重力場下，高度 h 時的位能為 U。 $U = mgh$ ，單位仍然為焦耳。

二、「聲動蛇舞」的基本特徵：

(一) 整體結構可區分為「舞台杯」、「舞者」。

(二) 舞台為中空且幾乎密閉的杯盒，杯盒側邊有洞孔。

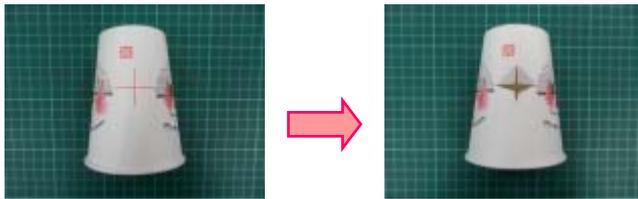
(三) 舞者輕盈，可放置在舞台杯上。(如右圖)

(四) 聲音從洞孔鳴動後，舞者會震動起舞。



三、製作「聲動蛇舞」：

(一)「舞台杯」：



(圖一)

(圖二)

- 1、在 270CC 的紙杯杯身，距離杯底 2.4 公分處，畫出高 2.4 公分，寬 3 公分的十字。如(圖一)
- 2、沿著十字割開，並將紙往杯內凹折，形成有屏障的杯孔，「舞台杯」便完成。如(圖二)

(二)「舞者」：



(圖一)

(圖二)

(圖三)

- 1、取半條金蔥毛根。如(圖一)
- 2、將金蔥毛根沿著直徑約 2 公分的管狀(筆)環繞。如(圖二)
- 3、取下金蔥毛根後，慢慢調整成向上盤旋的蛇狀，且蛇的環狀底盤大小須接近直徑 2 公分便完成。如(圖三)

PS、由舞蛇的下方看時，底盤極像環狀，如右圖。



四、實驗方式：

分為「觀察影響舞者舞動的因素」，以及「探討舞者能舞動的原因」兩部份進行實驗：

第一部分：觀察影響舞者舞動的因素

(一) 決定對照組：

- 1、舞台杯：使用 270 CC 大小的紙杯，杯孔的位高(舞台台面和杯孔的距離)設為 2.4 公分，杯孔大小為高 2.4 公分，寬 3 公分的十字屏障。
- 2、舞者：使用 1/2 條金蔥毛根，盤旋出環狀底盤，且底盤直徑為 2 公分的蛇。

(二) 分組實驗：

利用對照組，每次改變其中一項變因，其餘變因固定，分別設計以下幾組方式，在安靜的環境下進行實驗，且每個實驗最少均需實驗 30 次，以進行客觀的觀察，並測量舞者出現舞動的最小分貝（選擇數據較準確的 5 次來登錄），並觀察、比較其舞動情形。

1、改變發聲器的聲音：

- (1) 聲音的響度不同：用嘴盡可能保持鳴出「DO」的音調，並慢慢調高音量，測試不同的舞動情況：抖動、移動、轉動。
- (2) 聲音的音調不同：分別利用「嘴巴」和「鍵盤樂器」做為發聲器，測量在不同音調時，出現舞動所需的最小分貝。而鍵盤樂器則選擇學校樂隊現有的「口風琴」和「手風琴」
- (3) 聲音的音色不同：利用樂器的三大類型為發聲體，每種類型再各自選用兩種不同的樂器做為比較。

管樂器		弦樂器		打擊樂器	
直笛	陶笛	小提琴	烏克麗麗	小鼓	大鼓

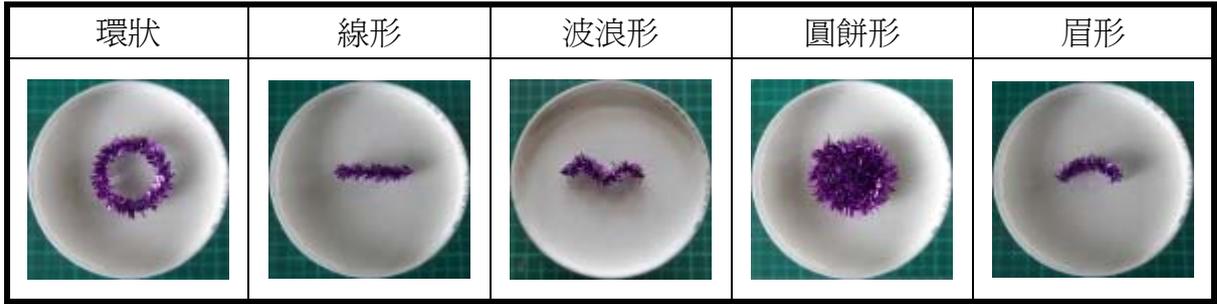
2、改變舞者的構造：

- (1) 舞者的材質不同：分別用以下的材質，盡可能盤旋成蛇形，並使底盤直徑為 2 公分。

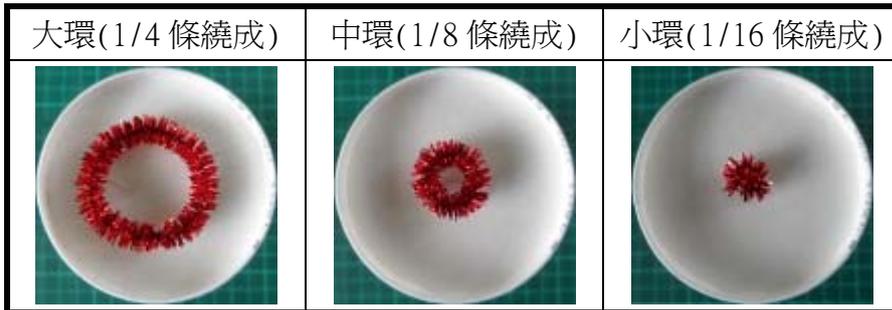
金蔥毛根	毛根	軟鐵絲	軟鐵絲包裝紮帶
			
紙片	吸管	保麗龍球	
			

- (2) 舞者的底盤形狀不同：根據一般蛇在扭動身體時，可能會出現的底盤形狀，用金蔥

毛根截取製作，並將直徑長度控制在 2 公分。

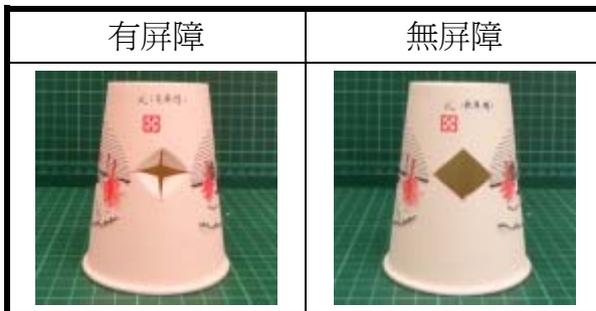


(3) 舞者的底盤大小不同：將同一條金蔥毛根，分別取出不同比例的長度，繞成環狀。



3、改變杯孔的樣式：

(1) 孔的屏障不同：將杯孔的原有的屏障割除，成為無屏障。



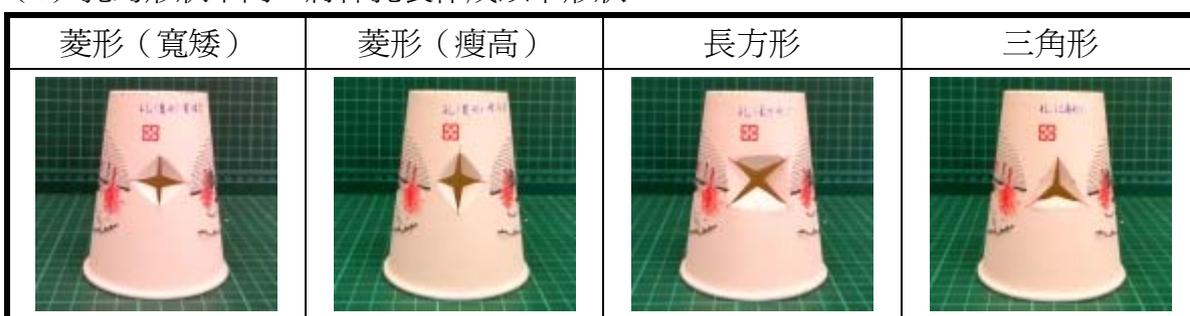
(2) 孔的大小不同：將原本的杯孔命名為「中孔」，等比例放大 2 倍者為「大孔」，另等比例縮小 2 倍者為「小孔」。



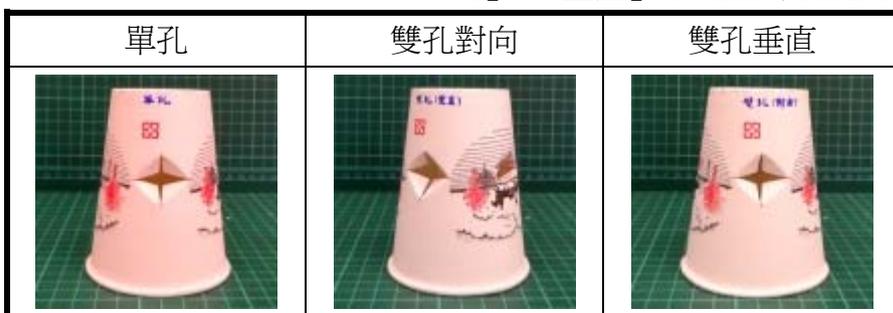
(3) 孔的位高不同：為了使杯孔的相對位高更明顯，所以換成使用市售大杯（750 CC）的飲料紙杯，並將杯孔的位高（舞台台面和杯孔的距離）分別設為：高（2.4 公分）、中（6.4 公分）、低（10.4 公分）。



(4) 孔的形狀不同：將杯孔製作成以下形狀。



(5) 孔的數量和相對位置不同：將杯孔分為單孔和雙孔，再將雙孔的相對位置設計成「對向」和「垂直」，以觀察聲波流失時，對舞動現象的影響。



4、改變舞台杯的結構：

(1) 杯的大小不同：由於一般紙杯的直徑變化不大，所以改找相同高度，但直徑變化較大的市售裝湯、麵的湯桶，以觀察比較。



(2) 杯的高度不同：分別利用杯口一樣大，但高度不同的紙杯，製作出和舞台的距離相同位高，且大小相同的杯孔，以觀察比較。



(3) 杯的材質不同：分別選用市售飲料中常見三種材質：紙杯、塑膠杯、保麗龍杯，且因保麗龍的材質，只有大杯的才有，所以此組實驗均改以大杯的進行實驗。

(4) 杯口的遮蔽情況不同：比較舞台杯的杯口放在桌面上形成「有遮蔽」，和懸空「無遮蔽」的差別。



5、改變舞者的盤旋方向：觀察舞蛇的重心均在中央，且金蔥毛根的走向相同，但盤旋方向不同時（其中一隻舞蛇為順時針盤旋，另一隻舞蛇為逆時針盤旋），舞者舞動的方向是否有受影響。

6、改變舞者的重心位置：將原本重心位在中央的舞蛇，底盤不做任何改變，只調整上半部的身體，使舞蛇的盤旋方向不變，且與舞台接觸面的毛根走向也不變，但重心的位置不在中央，對舞者的舞動現象有什麼差別。



第二部份：探討「舞者」能舞動的原因

「舞者」能舞動的原理



- 1、發聲器貼住杯孔發聲鳴動（藍色箭頭），聲波（藍色弧線）傳入杯中（如上圖）。使「舞台」出現震動，而舞台也對舞者產生一股「向上震動的作用力」。
- 2、當舞台對舞者的作用力 > 重力時，舞台上的輕盈小「舞者」便可隨著起舞。
- 3、當聲波的「音量（振幅）」越大，「舞者」的震動也越明顯，便可能會出現「上下跳動」、「移動」、「轉動」的現象。
- 4、當聲波的「音調（頻率）」越高，「舞者」舞動的速度也越快。

「舞者」能轉動的條件



「舞者的腳」

須同時具備以下的條件：

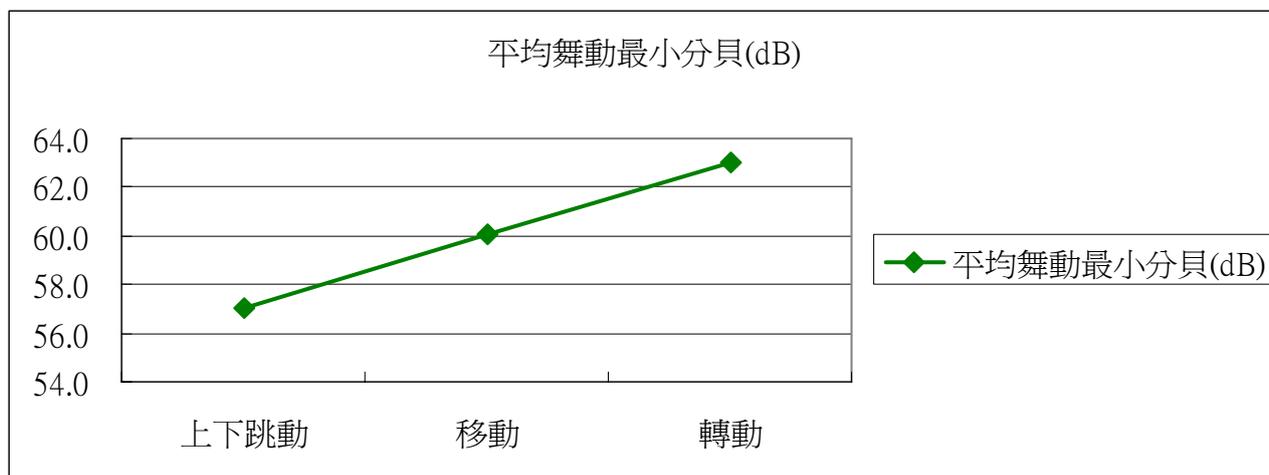
- 1、「舞者的腳」與「舞台杯」的接觸面，須為「數個點」，且數量多會較好。
- 2、「舞者的腳」須立起，且走向要有斜度。
- 3、舞者的「每隻腳」越有彈性越好。

伍、研究結果和討論：

一、改變發聲器的聲音：

(一) 聲音的響度不同：

結果 \ 舞動情形		舞動情形		
		上下跳動	移動	轉動
舞動最小分貝	第一次	57.0	60.0	63.0
	第二次	57.0	60.1	63.0
	第三次	57.1	60.0	63.0
	第四次	57.0	60.1	63.0
	第五次	57.0	60.0	63.0
平均舞動最小分貝(dB)		57.0	60.0	63.0



分析：1、平均舞動最小分貝：上下跳動 < 移動 < 轉動。

2、分貝越大，上下震動、移動、轉動均越厲害。

討論：

聲音的響度（聲波振幅）越大，能振動的空氣量越大，使舞台的振幅越大，所以毛根物舞動的情況會越明顯。

(二) 聲音的音調不同：

1、用「嘴」發聲，舞者產生舞動的最小分貝(dB)：

音調簡寫	1	2	3	4	5	6	7	高1
嘴	74.5	77.1	79.1	80.5	81.5	81.9	82.1	83.1

分析：音調越高，需要的分貝也越高。

2、用「鍵盤樂器」發聲，舞者產生舞動的最小分貝(dB)：有「×」的符號是表示「音量已調到最大，但舞蛇仍完全不動」。

音調簡寫	低4	低5	低6	低7	1	2	3	4
口風琴	104.3	106.0	108.0	114.4	115.1	112.7	110.7	109.1
手風琴	98.2	99.4	100.4	100.2	101.5	102.6	103.0	103.6

音調簡寫	5	6	7	高1	高2	高3	高4	高5
口風琴	×	×	109.3	115.2	112.5	105.1	104.2	×
手風琴	105.6	106.5	107.0	107.2	102.5	110.8	110.9	111.1

音調簡寫	高6	高7以上
口風琴	×	均×
手風琴	114.7	均×

分析：1、有的音調完全不動。

2、音調越高，需要的分貝有越高的趨勢。

3、當音調過高時，雖將音量調到最大，但舞蛇仍完全不動。

討論：

- 1、雖然使用相同的發聲器，但在某些音調，會完全不會振動，應該是因為聲波頻率和舞台杯的固有振動頻率差太多，所以共振的效果不佳。
- 2、通常音調（聲波頻率）越高，聲波波長會越短，需要的響度（聲波振幅）也越大，才能提供足夠的能量，使舞台杯震動。

(三) 聲音的音色不同：

1、用「管樂器」發聲，舞者產生舞動的最小分貝(dB)：有「×」的符號是表示「音量已調到最大，但舞蛇仍完全不動」。

音調簡寫	1	2	3	4	5	6	7	高1
直笛	98.1	113.6	×	×	×	×	×	×
陶笛	×	×	×	×	×	×	×	×

2、用「弦樂器」發聲，舞者產生舞動的最小分貝(dB)：有「×」的符號是表示「音量已調到最大，但舞蛇仍完全不動」。

音調簡寫	1	2	3	4	5	6	7	高1
小提琴	106.0	113.0	108.3	109.7	×	×	×	×
烏克麗麗	93.5	84.7	88.1	92.0	92.6	×	×	×

3、用「打擊樂器」發聲，舞者產生舞動的最小分貝(dB)：

小鼓	92.8
大鼓	68.3

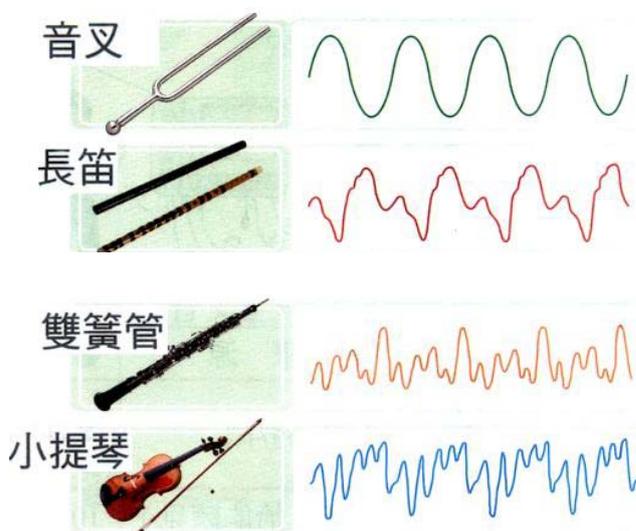
分析：1、打擊樂器的鼓類，舞者最容易舞動。

2、音色越低沉，需要的分貝也越低。

討論：

1、不同樂器發聲，共鳴管或共鳴箱大小會不同，且震動空氣的量及方向也不同，所以若聲波易流失，而未有效的聚集傳入杯孔時，舞者便不容易舞動。

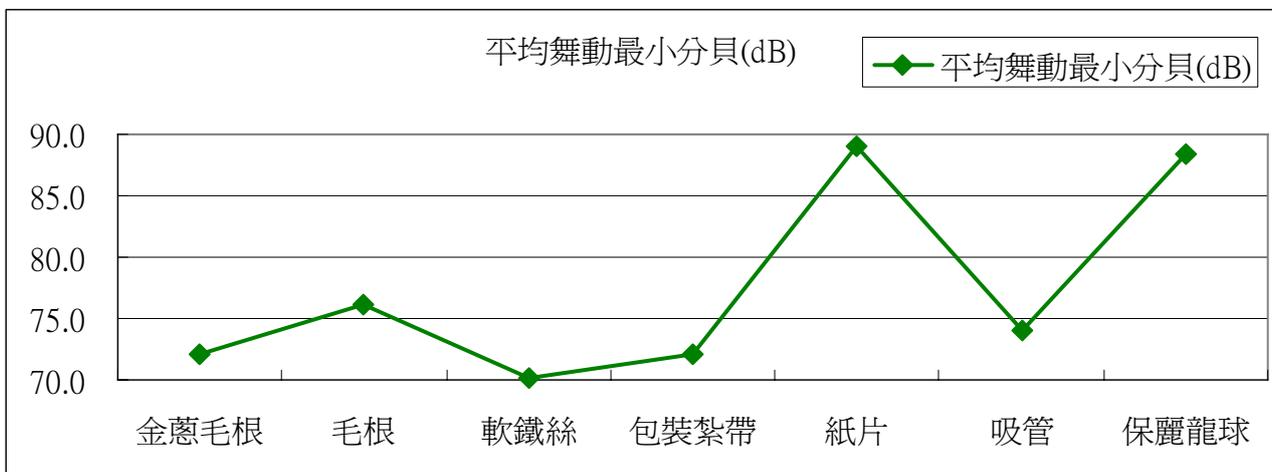
2、不同的樂器，聲音的波形也不同。(像下圖便是利用網路所查到之「相同頻率時，不同樂音的波形」。)由此觀察，波形複雜的似乎比波形單純的更易舞動。



二、改變舞者的構造：

(一) 舞者的材質不同：

結果 \ 材質		材質						
		金蔥毛根	毛根	軟鐵絲	包裝紮帶	紙片	吸管	保麗龍球
舞 動 最 小 分 貝	第一次	72.0	76.1	70.3	72.0	89.1	74.0	88.2
	第二次	72.1	76.1	70.2	72.2	89.0	74.0	88.4
	第三次	72.0	76.2	70.0	72.2	89.0	74.0	88.2
	第四次	72.0	76.1	70.3	72.3	89.1	74.0	88.5
	第五次	72.4	76.1	70.0	72.0	89.1	74.1	88.4
平均舞動最小分貝(dB)		72.1	76.1	70.2	72.1	89.1	74.0	88.3



分析：1、平均舞動最小分貝：軟鐵絲 < 金蔥毛根 = 包裝紮帶 < 吸管 < 毛根 < 保麗龍球 < 紙片。

2、重量越輕，越容易舞動。

3、所有材質均能出現「上下跳動」和「移動」。

4、金蔥毛根、毛根、軟鐵絲包裝紮帶會出現「轉動」，但軟鐵絲包裝紮帶轉動效果較不佳，且金蔥毛根比毛根的轉動效果更好。

5、吸管和保麗龍球「上下跳動」的幅度很大，就像在「彈跳」，且吸管的彈跳效果最好，分貝越大聲，越容易彈出舞台外。

6、紙片舞動的效果最差，感覺像在「微微飄移」。

討論：

1、實驗中的舞者材質，因為都是選用輕盈的，所以「舞台給予舞者的作用力」較容易克服「重力」，因此均能出現「上下跳動」和「移動」。

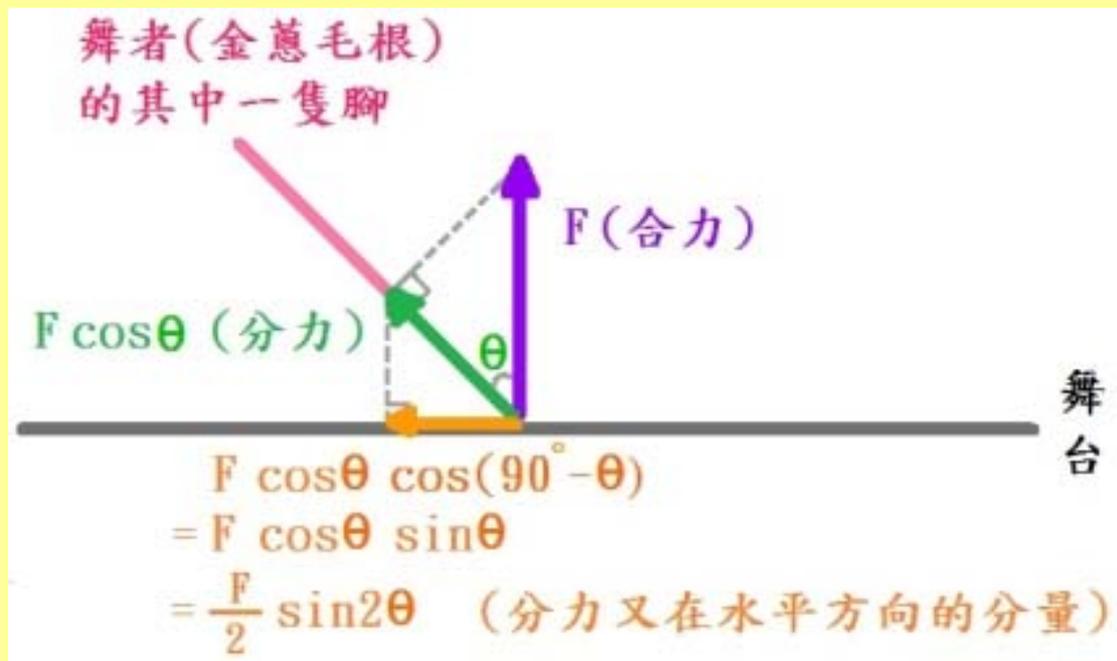
2、只有金蔥毛根、毛根、軟鐵絲包裝紮帶會出現「轉動」，這三者的共通點都是：「舞者的腳立起，且有斜度」。而金蔥毛根和毛根都具有「與舞台杯的接觸面，為數

量很多的點」，所以效果又比包紮帶好，再加上金蔥毛根的「每隻腳彈性均比毛根的好」，所以金蔥毛根的製作的舞者，旋轉效果最好。

- 3、吸管和保麗龍球「上下跳動」的幅度很大，它們的共通點都是「底盤極小（重量極小）」，再加上「舞台」中央的震動的幅度最大，所以放置位置越靠近舞台中央時，便越容易彈起。
- 4、紙片因為面積大，空氣阻力也大，所以舞動的效果最差。
- 5、「舞者的腳」與舞台接觸面，如果走向為「\\\\\\\\\\\\\\\\」時，會往左移動或順時針方向轉動；如果走向為「/////」，則會往右移動或逆時針方向轉動。

舞者的水平舞動分析

(一)



- 1、當聲波從杯孔傳入杯中，會震動舞台，使舞台對舞者產生一股「向上震動的作用力」，但舞者因受到「重力」持續往下作用，所以當「舞台對舞者的作用力」>「重力」時，兩者相減後的「合力 F 」(如上圖紫色的力)便往上作用。
- 2、而「合力 F 」在沿著「舞者的腳」之「走向」上，會產生一股「分力 $F \cos \theta$ 」(如上圖綠色的力)，這股分力在水平方向上，又有一股「水平分量 $\frac{F}{2} \sin 2\theta$ 」(如上圖橘色的力)則可使舞者「水平移動」。
- 3、當舞者的腳有很多根時，在舞台的投影方向會改變，所以便造成「轉動」效果。

當 $\theta = 45^\circ$ ，且 F 固定時， $\frac{F}{2} \sin 2\theta$ 有極大值。

所以可知：當金蔥毛根的方向與舞台成 45° 時，舞者在水平方向移動之速率最大。

(二)

當嘴巴發出「嗚」聲之頻率，與舞台震動的頻率，兩者產生共振現象時，舞台震動的振幅最大。此時「舞台對舞者的作用力－重力」= F 會最大。

綜合(一)、(二)可知：金蔥毛根往某一方向移動之速率想要最大，則 $\theta = 45^\circ$ ，且舞台振幅也要最大(即 F 最大)。

舞者的上下跳動之分析

(一)

$$W = F \times S \quad \begin{array}{l} \text{(舞台對舞者所作的功)} \\ \text{(舞台對舞者的作用力)} \end{array}$$

當舞台對舞者的腳作用時，舞者的腳彈性越好，或舞台的彈性越好，兩者之間「作用時間」就越久，所以「作用距離 S 」便越長，因此「舞台對舞者所作的功 W 」便越多。

(二)

$$W = \frac{1}{2} m v^2 \quad \begin{array}{l} \text{(舞者離開舞台的瞬間速度)} \\ \text{(舞者的質量)} \end{array}$$

舞台對舞者的腳作用時，舞者因質心位置幾乎沒變，所以舞者的位能幾乎沒變，因此「舞台對舞者所作的功」會全部轉變為「動能 $\frac{1}{2} m v^2$ 」。

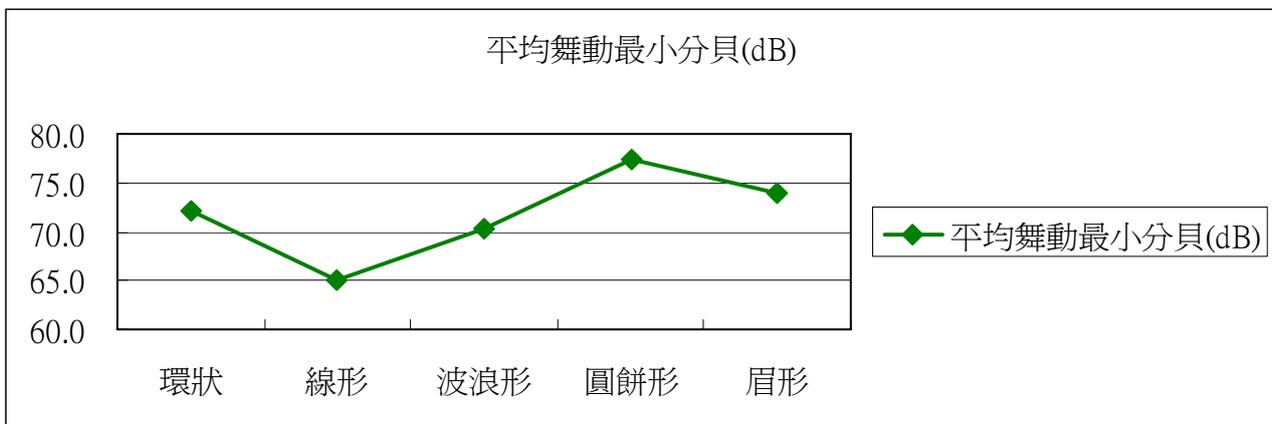
所以可知：當「舞者質量 m 」固定時，如果舞者的腳或舞台的彈性越好，「舞台對舞者所作的功 W 」會越大，「舞者離開舞台的瞬間速度 v 」便越大，因此跳得也越高。

當「舞者的腳或舞台的彈性」固定時，「舞台對舞者所作的功 W 」也固定，這時「舞者質量 m 」如果越大，「舞者離開舞台的瞬間速度 v 」便越小，因此越不易跳動。

綜合 1、2 可知：舞者向上跳動的速率想要最大，則質量要越小，且舞者的腳或舞台的彈性也要越好。

(二) 舞者的底盤形狀不同：

結果		底盤形狀				
		環狀	線形	波浪形	圓餅形	眉形
舞 動 最 小 分 貝	第一次	72.2	65.1	70.6	77.1	74.0
	第二次	72.2	65.2	70.4	77.4	74.1
	第三次	72.1	65.2	70.4	77.8	74.1
	第四次	72.1	65.0	70.4	77.8	74.0
	第五次	72.2	65.1	70.0	77.1	74.0
平均舞動最小分貝(dB)		72.2	65.1	70.4	77.4	74.0



分析：1、平均舞動最小分貝：線形 < 波浪形 < 環狀 < 眉形 < 圓餅形。

2、底盤用材料的越少，越容易舞動。

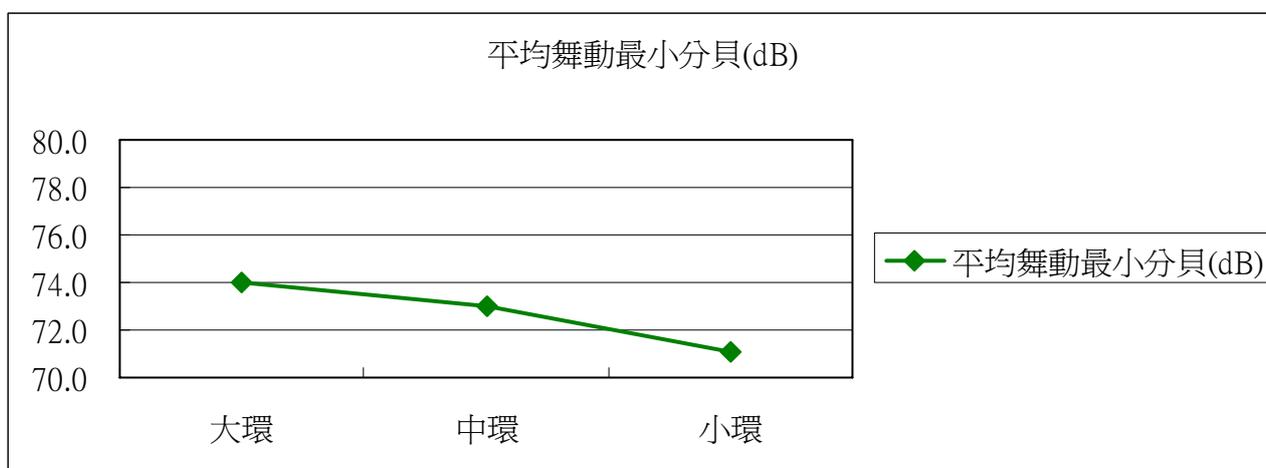
3、眉形雖重量輕，但舞動的分貝排序卻未如預測，可能是因在拿取的過程中，未調整好金蔥毛根的走向。

討論：

舞者的底盤形狀改變後，仍均能出現移動和轉動，是因為控制舞動方向的，主要是「舞者的腳」。且底盤用材料的越少，重量會越輕，因此越容易舞動。

(三) 舞者的底盤大小 (重量大小) 不同：

結果		底盤大小		
		大環	中環	小環
舞 動 最 小 分 貝	第一次	74.0	73.0	71.0
	第二次	74.0	73.0	71.0
	第三次	74.0	73.0	71.1
	第四次	74.0	73.0	71.2
	第五次	74.1	73.0	71.3
平均舞動最小分貝(dB)		74.0	73.0	71.1



分析：1、平均舞動最小分貝：小環 < 中環 < 大環。

2、重量越輕，且越集中於舞台中央，越容易舞動。

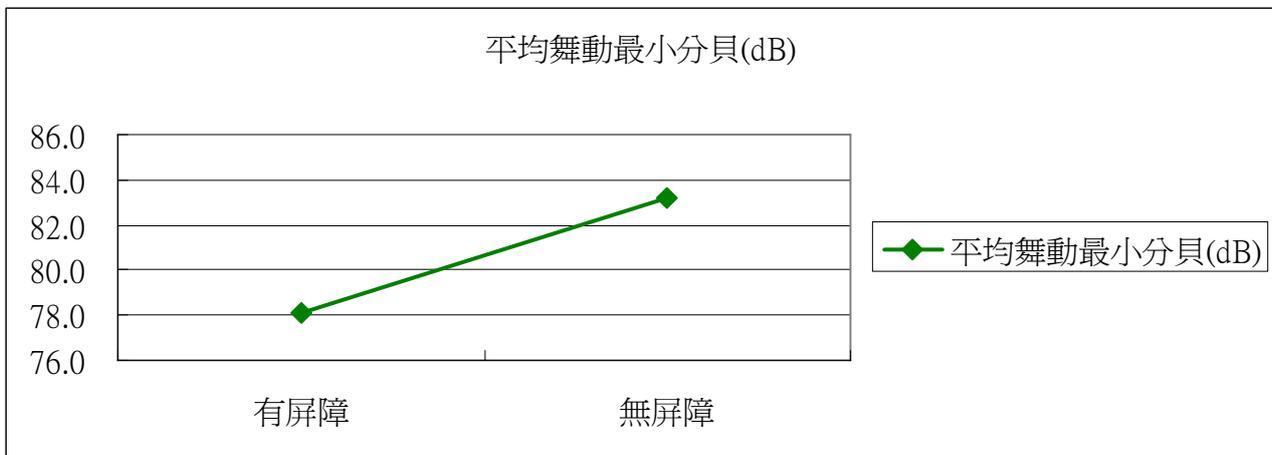
討論：

舞者的環狀底盤越小，不只重量會越輕，而且也越能集中於舞台中央，震動的幅度也越大，所以越容易舞動。

三、改變杯孔的樣式：

(一) 孔的屏障不同：

結果 \ 屏障		屏障	
		有屏障	無屏障
舞 動 最 小 分 貝	第一次	78.0	83.1
	第二次	78.2	83.2
	第三次	78.2	83.2
	第四次	78.0	83.2
	第五次	78.2	83.3
平均舞動最小分貝(dB)		78.1	83.2



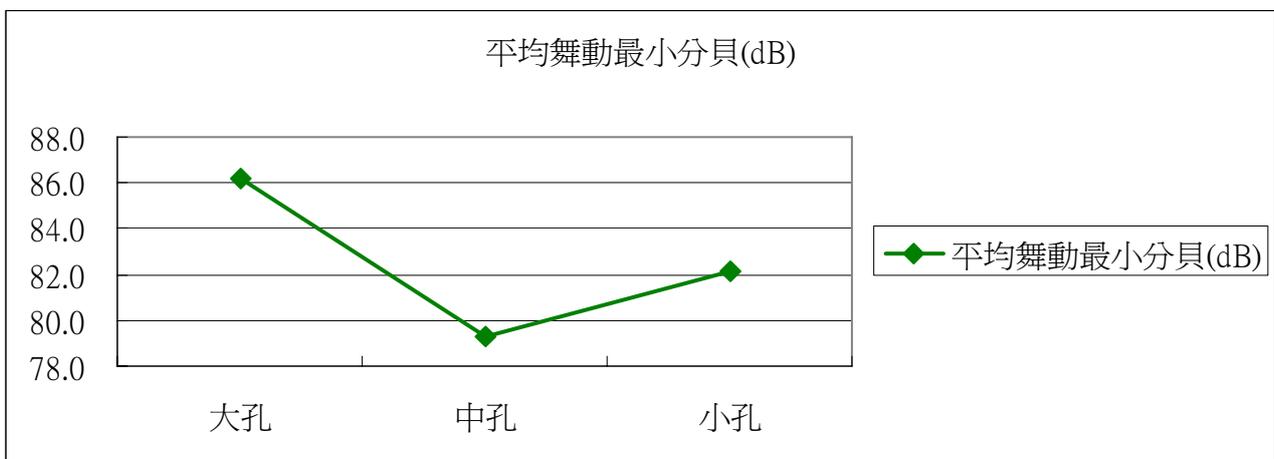
分析：平均舞動最小分貝：有屏障 < 無屏障。

討論：

杯身之孔無屏障時，雖然聲波較容易傳進杯內，但卻也容易從洞孔散出，所以需要明顯加大音量，才會開始出現舞動。

(二) 孔的大小不同：

結果		大小		
		大孔	中孔	小孔
舞 動 最 小 分 貝	第一次	86.0	79.4	82.1
	第二次	86.1	79.1	82.4
	第三次	86.2	79.2	82.2
	第四次	86.4	79.2	82.1
	第五次	86.3	79.4	82.0
平均舞動最小分貝(dB)		86.2	79.3	82.2



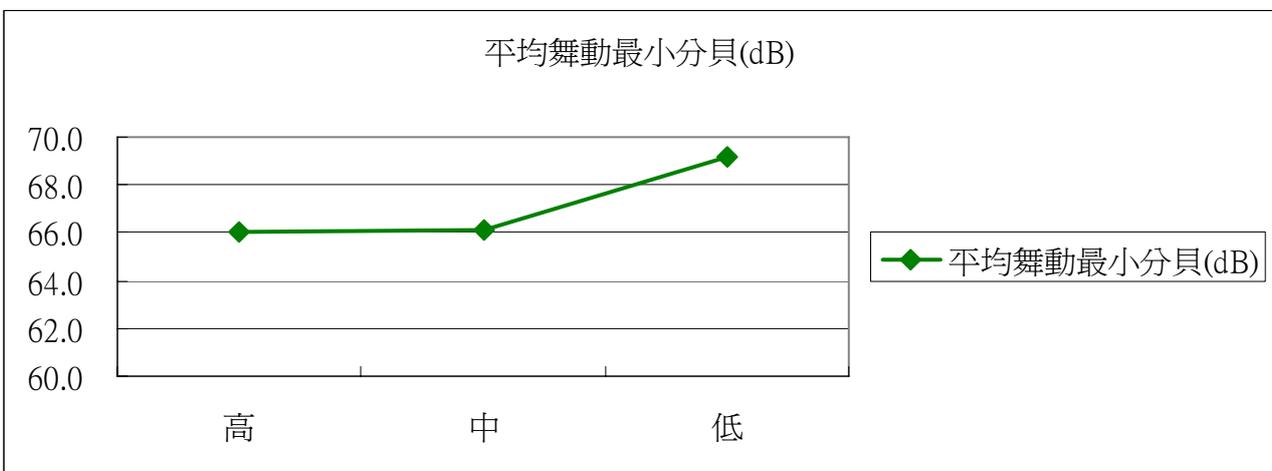
分析：平均舞動最小分貝：中孔 < 小孔 < 大孔。

討論：

杯身之孔越大，嘴巴越不易完全包密；越小孔，能傳入杯內的聲音越少，所以反而都比和嘴巴差不多大的中孔，所需舞動的分貝還大。

(三) 孔的位高不同：

結果		位高		
		高	中	低
舞 動 最 小 分 貝	第一次	66.0	66.0	69.2
	第二次	66.0	66.1	69.1
	第三次	66.0	66.1	69.1
	第四次	66.1	66.2	69.1
	第五次	66.2	66.2	69.2
平均舞動最小分貝(dB)		66.1	66.1	69.1



分析：1、平均舞動最小分貝：高=中<低。

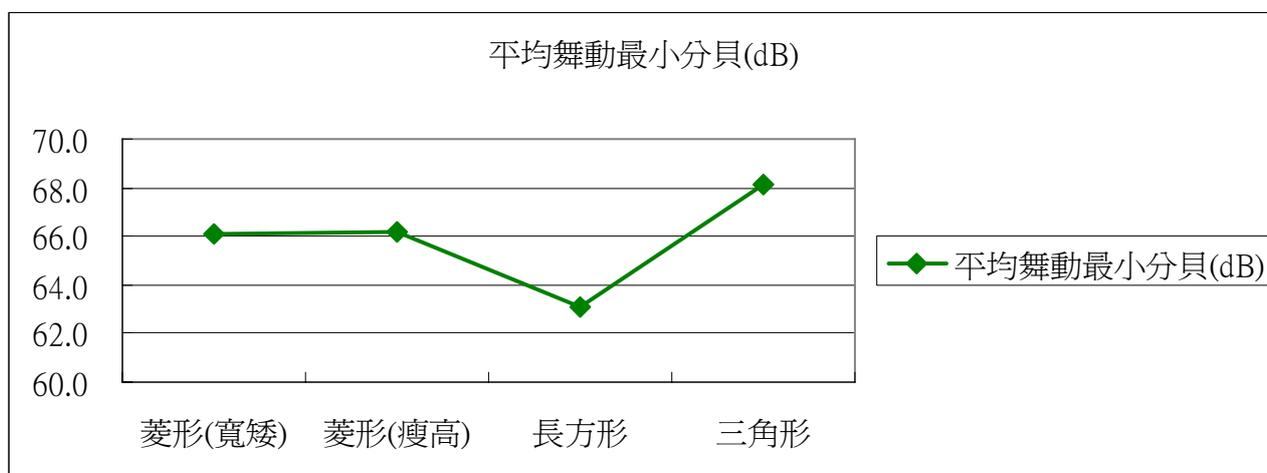
2、雖然表面上看來，位高在「高」和「中」時相同，但實際上，有時「高」比「中」的分貝更小時，也能出現舞動。

討論：

杯身之孔位置越低時，聲波要行進到舞台的距離就越遠，而能量也容易在中途被消耗掉，所以需要較大的響度。

(四) 孔的形狀不同：

結果 \ 形狀		形狀			
		菱形 (寬矮)	菱形(瘦高)	長方形	三角形
舞 動 最 小 分 貝	第一次	66.0	66.2	63.1	68.0
	第二次	66.2	66.3	63.0	68.3
	第三次	66.0	66.3	63.0	68.3
	第四次	66.1	66.1	63.1	68.0
	第五次	66.0	66.1	63.1	68.2
平均舞動最小分貝(dB)		66.1	66.2	63.1	68.2



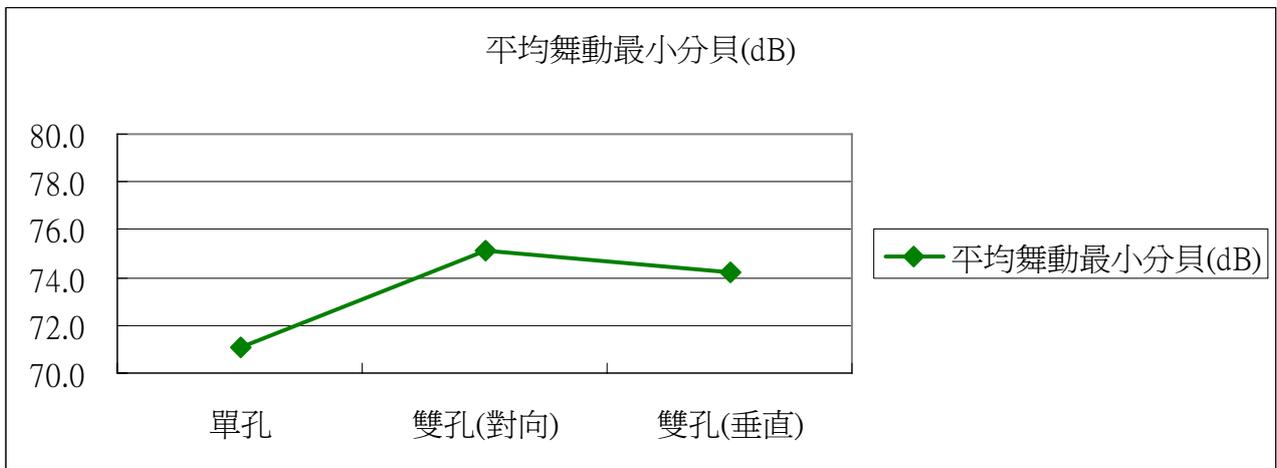
- 分析：1、平均舞動最小分貝：長方形 < 菱形（寬矮） < 菱形（瘦高） < 三角形。
- 2、三角形所需的分貝明顯較大。
- 3、雖然長方形所需分貝最小，「菱形（寬矮）」和「菱形（瘦高）」所需的分貝較為接近，但不同人發聲測量，或換不同的杯子時，容易出現不同的情況。

討論：

杯身之孔形狀改變時，音量變化較不大，且不同人發聲測量，或換不同的杯子時，容易出現不同的情況，所以應該要配合嘴型大小，但三角形所需音量通常是最大的。

(五) 孔的數量和相對位置不同：

結果		數量和位置		
		單孔	雙孔(對向)	雙孔(垂直)
舞 動 最 小 分 貝	第一次	71.0	75.2	74.3
	第二次	71.2	75.0	74.1
	第三次	71.0	75.3	74.2
	第四次	71.1	75.0	74.0
	第五次	71.0	75.3	74.3
平均舞動最小分貝(dB)		71.1	75.2	74.2



分析：1、平均舞動最小分貝：單孔 < 雙孔(垂直) < 雙孔(對向)。

2、「雙孔」所需的分貝均較「單孔」大。

3、雙孔時，雖然洞孔的相對位置改變，對所需舞動的最小分貝影響不大，但雙孔位在對向的，仍是會比雙孔位在垂直的分貝大。

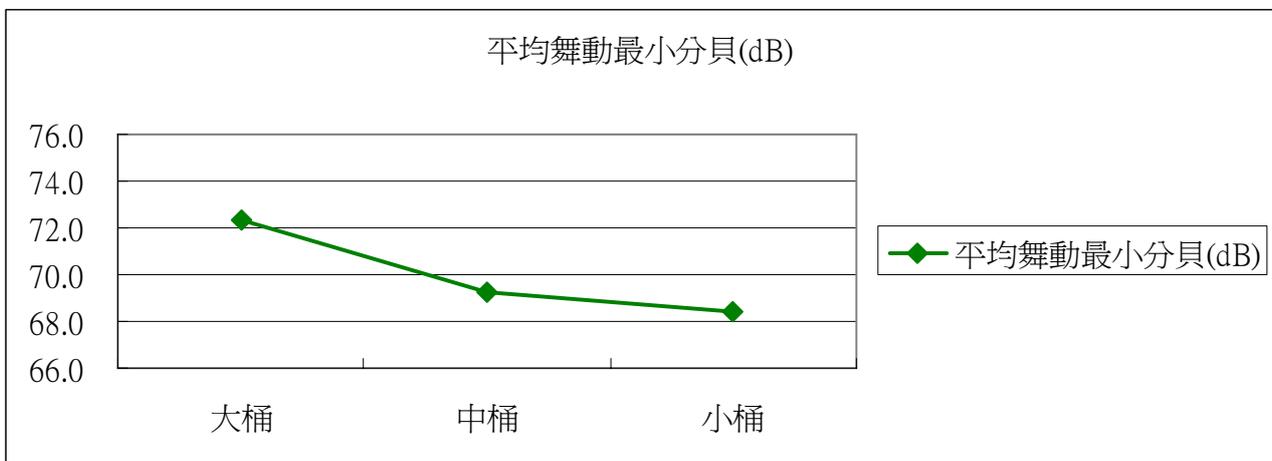
討論：

聲音會從杯身之孔發散出去，所以杯身之孔越多或越大，聚音效果也越不好。而且聲波比較容易直接從對向的洞孔流失，所以雙孔的相對位置位在對向時，所需舞動的分貝，會稍比位在垂直的大。

四、改變舞台杯的結構：

(一) 杯的大小不同：

結果		直徑大小		
		大桶	中桶	小桶
舞 動 最 小 分 貝	第一次	72.2	69.4	68.6
	第二次	72.6	69.2	68.2
	第三次	72.1	69.3	68.5
	第四次	72.4	69.4	68.2
	第五次	72.2	69.1	68.4
平均舞動最小分貝(dB)		72.3	69.3	68.4



分析：1、平均舞動最小分貝：小桶<中桶<大桶。

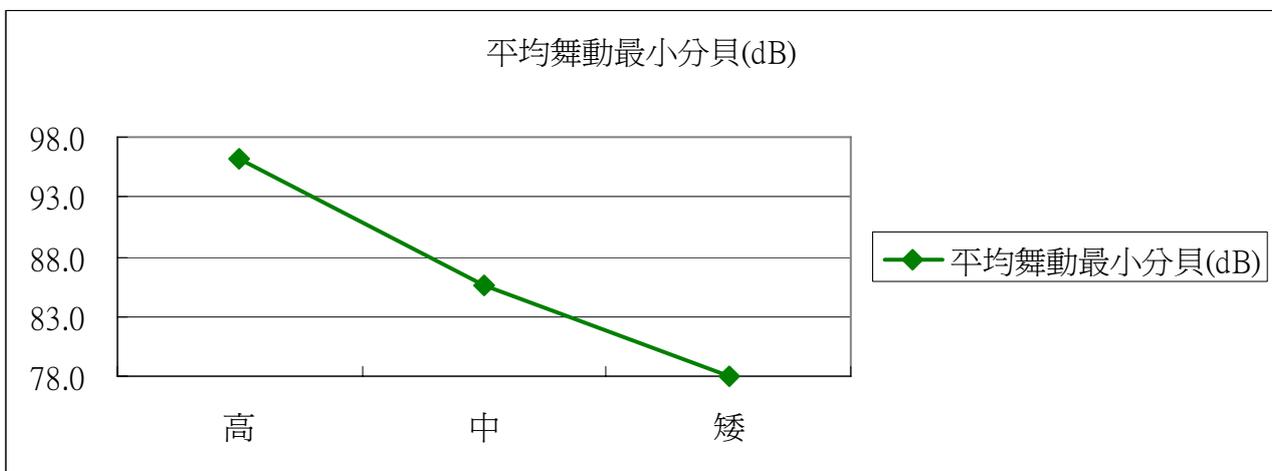
2、「大桶」和「中桶」的材質均較「小桶」厚，且似乎越大的越厚。

討論：

杯桶越大，杯底（即舞台）所需承受的壓力也越大，所以會做得越厚，因此震動舞台面所需的音量也越大。

(二) 杯的高度不同：

結果		杯高		
		高	中	矮
舞 動 最 小 分 貝	第一次	96.0	85.5	78.0
	第二次	96.4	85.8	78.2
	第三次	96.3	85.4	78.1
	第四次	96.1	85.5	78.1
	第五次	96.2	85.6	78.0
平均舞動最小分貝(dB)		96.2	85.6	78.1



分析：1、平均舞動最小分貝：矮<中<高。

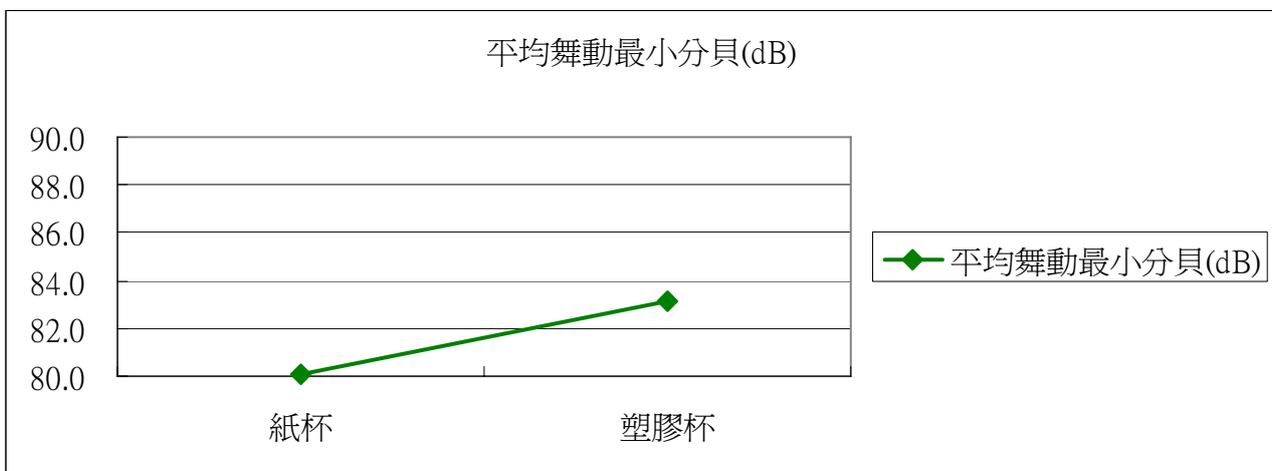
2、在請教了飲料店的老闆娘後，得知「通常中杯和高杯的杯子，是用來裝熱飲的，所以常會塗有防水的材料，且不同廠商生產的紙杯，成分會有差異」。

討論：

杯子越高，杯底（即舞台）所需承受的壓力也越大，所以應該會做得比矮杯厚，因此震動舞台面所需的音量也越大。

(三) 杯的材質不同：

結果		材質		
		紙杯	塑膠杯	保麗龍杯
舞 動 最 小 分 貝	第一次	80.0	83.0	略
	第二次	80.2	83.3	略
	第三次	80.1	83.0	略
	第四次	80.2	83.1	略
	第五次	80.0	83.1	略
平均舞動最小分貝(dB)		80.1	83.1	略



分析：1、平均舞動最小分貝：紙杯 < 塑膠杯。

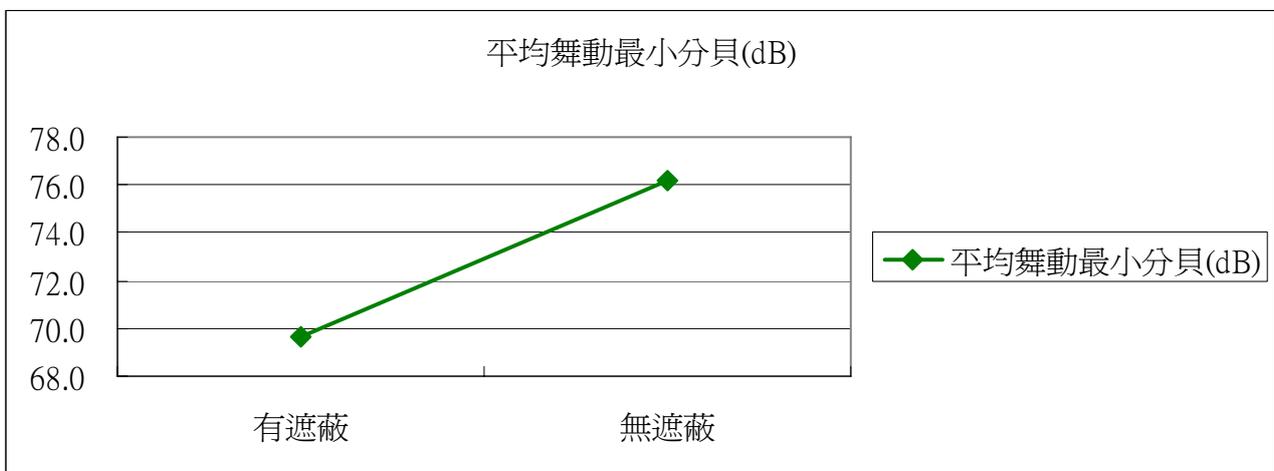
- 2、保麗龍杯就算已經將音量加到最大，但仍是完全不動，所以無法測得數據，故省略不記錄。
- 3、雖然「紙杯」的分貝比「塑膠杯」所需的分貝小，但換成不同的紙杯時，會出現相反的情況。

討論：

- 1、保麗龍杯最不容易出現共振，所以舞者完全無法舞動。
- 2、「塑膠杯」雖易共振，但因杯底有多個突起的回收標誌，所以也易使舞者被卡住。
- 3、「紙杯」易共振，且杯底平坦，圓周還有「護欄」可避免舞者掉落，所以以此當舞台最好，只是紙杯的厚薄、成分、杯底的彈性，只要稍微不同，便很容易使舞者舞動所需的響度出現改變，所以常因此而造成測量誤差。

(四) 杯口的遮蔽情況不同：

結果		遮蔽情況	
		有遮蔽	無遮蔽
舞 動 最 小 分 貝	第一次	69.7	76.4
	第二次	69.2	76.0
	第三次	69.6	76.0
	第四次	69.8	76.3
	第五次	69.8	76.3
平均舞動最小分貝(dB)		69.6	76.2



- 分析：1、平均舞動最小分貝：有遮蔽 < 無遮蔽。
 2、杯口無遮蔽時，明顯比有遮蔽的分貝大。

討論：

杯口無遮蔽時，聲波容易從杯口發散流失，所以比杯口有遮蔽的聚音功能差，因此舞動所需的分貝也較大。

五、改變舞者的盤旋方向：（其中一隻舞蛇為順時針盤旋，另一隻舞蛇為逆時針盤旋，這兩者的重心均位在中央）

「與舞台接觸面的毛根」走向	均為「\\\\\\\\」	均為「/////」
舞者的舞動方向	兩隻舞蛇均為「順時針方向轉動」	兩隻舞蛇均為「逆時針方向轉動」

討論：

舞蛇的盤旋方向雖然不同，但只要調整毛根的走向，便能控制舞者轉動的方向，因此可以證明「舞者的盤旋方向，對舞者的轉動現象影響不大」，而且「毛根的走向，可以決定舞者的轉動方向」。

六、改變舞者的重心位置：（利用同一隻舞蛇，盤旋方向不變，且金蔥毛根的走向也不變）

重心位置	位在中央	不在中央
舞者的舞動現象	會在舞台中央「上下震動」和「轉動」	除了能「上下震動」和「轉動」外，還會在舞台上「移動」得相當厲害

討論：

舞蛇的重心位置是否位在中央，對舞者的「上下震動」和「轉動」現象影響不大，但對舞者的「移動」現象影響卻很大。

綜合「實驗五」和「實驗六」可知：

- 1、舞者的「移動」現象，是受到舞者的「重心位置」和「毛根的走向」而影響。
- 2、舞者的「轉動」現象，主要是由「毛根的走向」來控制。

陸、結論：

- 一、調整發聲器的聲音時，響度越大，音調頻率越接近紙杯的固有頻率，且能將聲波有效聚集的傳入杯孔，音色越低沉的樂器，舞動越明顯。
- 二、舞者的「重量」和「腳」對舞動影響很大。重量越輕，「腳越立起、有斜度、彈性佳，與舞台杯的接觸『點』數量越多」，或「底盤越小（重量越小），越接近舞台中央」，舞動的效果越豐富、明顯。
- 三、杯孔的形狀對舞者舞動的影響較不大，但若杯身之孔有屏障，能配合嘴型的大小，位於接近舞台的高處，能使舞者較容易舞動。
- 四、杯身之孔越多或越大，或位在鳴聲洞口的對向，舞者舞動所需的響度要越大。
- 五、杯桶越大或杯子越高時，以及杯口懸空無遮蔽時，舞者舞動所需的響度要越大。
- 六、紙杯的條件最適合做為舞台杯，但紙杯的厚薄、成分、杯底的彈性，也易造成測量誤差。
- 七、舞者的盤旋方向，對舞動影響不大，但舞者的「重心位置」會影響到舞者的「移動」方向，而「舞者的腳」與舞台接觸面的「走向」，則會影響到舞者「移動」和「轉動」的方向。
- 八、當金蔥毛根的腳和舞台的夾角為 45° ，且聲波頻率和紙杯頻率相同，而產生共振現象時，舞者水平舞動會最明顯。
- 九、舞者向上跳動的速率想要最大，則質量要越小，且舞者的腳或舞台的彈性也要越好。
- 十、作用於舞者上的力主要是「重力」和「舞台對舞者的作用力」，而「舞台對舞者的作用力」則由傳入杯中的「聲波」所造成。
- 十一、當聲波的「音量（振幅）」越大，「舞者」的震動會越明顯。聲波的「音調（頻率）」越高，「舞者」震動的速度也越快。
- 十二、影響舞者舞動的因素有很多，歸納來說，若能注意以下幾點，必可以完成一個最容易，且舞動最豐富明顯的「聲動蛇舞」：
 - 1、發聲器：響度大、音調不宜過高、音色較低沉。
 - 2、舞者：「輕盈」材質為必要條件，如果「腳能立起、有斜度、彈性佳，與舞台的接觸『點』數量越多」，則易轉動；如果舞者「底盤越小（重量越小），越位於舞台中央」，則上下跳動的幅度會越大。
 - 3、杯孔：單孔有屏障、大小和形狀要配合嘴型、位在接近舞台的高處。
 - 4、舞台杯：較低的小杯紙杯、杯口有遮蔽。

柒、參考資料及其他：

- 一、黃福坤。貳、聲音的三要素 —— 響度、音調、音品。台灣師大物理系 物理教學示範實驗教室。民國 100 年 6 月 20 日。取自：
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=modules/sound/section2>
- 二、王耀輝。多變的聲音。科學的家庭教師。民國 100 年，取自：
http://www.phyworld.idv.tw/NATURE/nature_01/EXE/3-4_102_ANS.pdf
- 三、共振的威力。霍格華茲 九又四分之三月台。科學萬應室。民國 103 年，取自：
<http://chc.k12.edu.tw/1003015434/sciclass/back/011.htm>
- 四、高苑科技大學。第七章 動能與位能。物理科學 學習網。學習資源。物理強化學習。民國 103 年，取自：<http://teacher2.kyu.edu.tw/nstr/phx/phx07.pdf>

【評語】 080113

能從有趣的遊戲中分析出影響舞者舞動的因素，加以作探討，
難能可貴。