

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：跳舞的水滴

關 鍵 詞：跳舞水滴、法拉第波、表面張力

編 號：

目錄

摘要	1
壹、前言.....	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	2
貳、研究設備及器材	3
參、研究過程與方法	4
一、研究流程	4
二、實驗原理	5
三、實驗準備過程.....	6
四、實驗準備遇到的困難與解決方法	7
五、實驗步驟	8
肆、研究結果.....	13
一、不同濃度的底液，對滴出水滴完整性的影響.....	13
二、不同底液的振動頻率，對滴出水滴完整性的影響	15
三、不同底液的振動音量，對滴出水滴完整性的影響	17
四、不同濃度的滴液，對滴出水滴完整性的影響	19
五、不同液體型態的底液，對滴出水滴完整性的影響	20
六、不同固體型態的底盤，對滴出水滴完整性的影響	22
伍、討論	24
陸、結論	25
柒、參考資料	25

摘要

當水滴滴落水面，水滴通常會馬上和水面結合而看不出水滴。跳舞的水滴是讓水面藉由垂直振動產生法拉第波，所以即使水滴滴下，也有機會可以維持完整的水珠狀態一段時間。我們發現改變底液濃度、滴液濃度、底液種類與型態、振動源音量、振動源頻率等條件，都會影響水滴是否可以完整在液面上漂浮。

在進行實驗之前，需要確認振動源維持一致，以及控制水滴的大小相同。最後我們選擇音響喇叭當振動源，可以控制垂直振動的頻率跟強度。水滴則是使用醫療型點滴，可以滴出固定的水滴體積（1mL的水滴出60顆水滴）。

用洗碗精配置濃度為0.5%~2%泡泡水當底液，利用音響喇叭產生70分貝的音量和140Hz的頻率，使底液的液面產生法拉第波，再將0.5%泡泡水滴液滴下，最容易讓水滴維持在液面上。在最佳設置下，只將底液置換成其他液態溶液，如汽水和沙拉油，產生水滴的機率反而降低或無法形成水滴。進一步將底液換成固體，也發現固體平面上無法維持完整的水滴。

壹、前言

一、研究動機

有一天，我們一起去露營，原本風和日麗的天氣卻突然變得烏雲密布，下起了小雨，所以我們打算把放在外面桌上的餐具洗一洗收起來。洗碗的時候，朋友卻意外發現，旁邊用大桶子浸泡碗盤的洗碗水，當雨滴在上面，竟然偶爾可以看到一小顆水珠。雖然只有不到一秒的瞬間，第一次看到這樣的現象覺得很神奇，因為一直以為水珠滴到水面上會馬上和水結合在一起。

後來我們查資料，發現水滴滴在水面上，如果用快速攝影機錄影，再慢動作回放[1]，因為水滴跟水面中間有空氣層，所以水珠的確會有很短暫的瞬間可以停留在水面上，只是肉眼很難察覺空氣層的存在。

所以我們想要研究，有沒有什麼方法可以讓水滴更穩定的維持在液面上。找尋相關資料，發現當液面產生法拉第波，會讓水滴有跳動[2]，而讓水滴維持在液面上較容易被肉眼觀察。我們看完原理後，便下定決心要用法拉第波上跳舞的水滴當實驗主題。

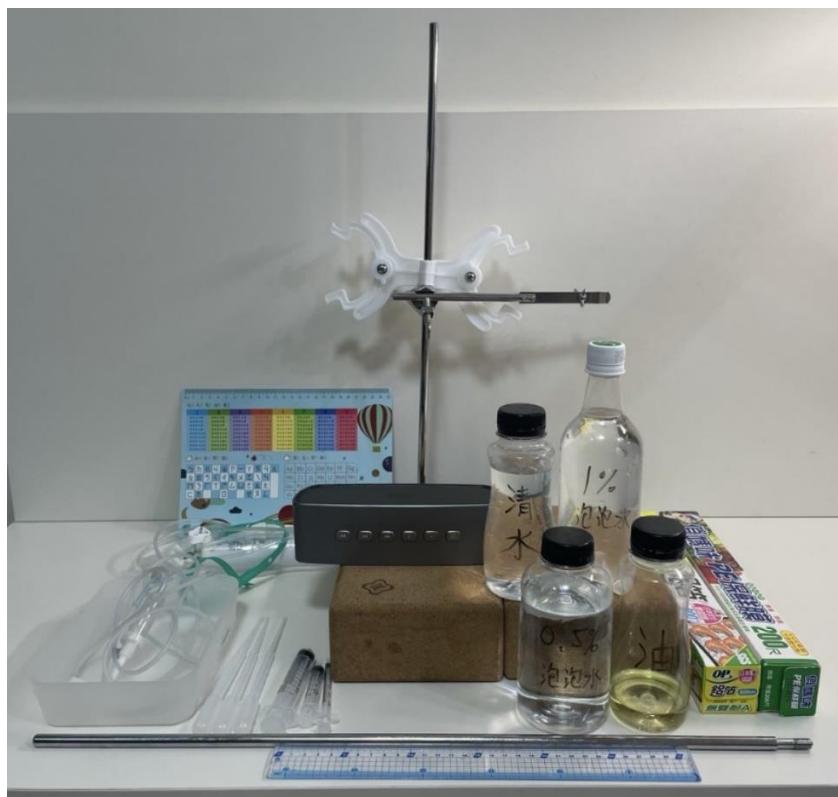
二、研究目的

- (一) 不同濃度的底液，對滴出水滴完整性的影響。
- (二) 不同震動的頻率，對滴出水滴完整性的影響。
- (三) 不同震動的音量，對滴出水滴完整性的影響。
- (四) 不同濃度的滴液，對滴出水滴完整性的影響。
- (五) 不同液體型態的底液，對滴出水滴完整性的影響。
- (六) 不同固體型態的底盤，對滴出水滴完整性的影響。

貳、研究設備及器材

表一 實驗器材

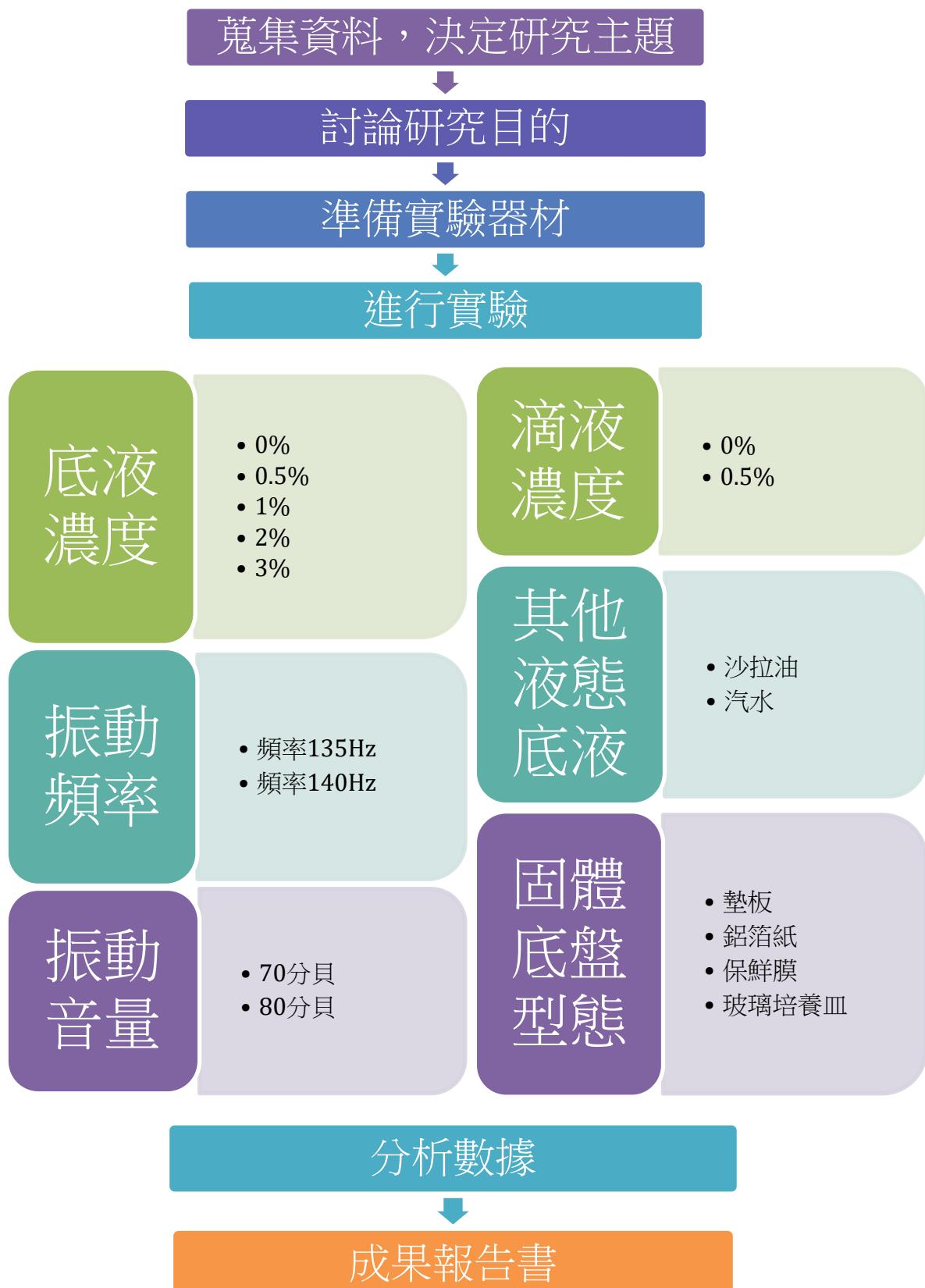
編號	項目	數量	編號	項目	數量
1	瑜珈磚	2	14	0%清水	500mL
2	鐵架	2	15	0.5%泡泡水	500mL
3	蝴蝶夾	1	16	1%泡泡水	500mL
4	方型塑膠淺盤	1	17	2%泡泡水	500mL
5	醫療型點滴	2	18	3%泡泡水	500mL
6	小點滴	2	19	汽水	200mL
7	滴管	5	20	沙拉油	200mL
8	針筒	2	21	墊板	1
9	手機	1	22	玻璃培養皿	1
10	音響	1	23	保鮮膜	1段
11	錄影器材	1	24	鋁箔紙	1段
12	分貝機	1	25	馬達	1
13	掛勾	2	26	尺	1



圖一 實驗器材 [自行拍攝]

參、研究過程與方法

一、研究流程

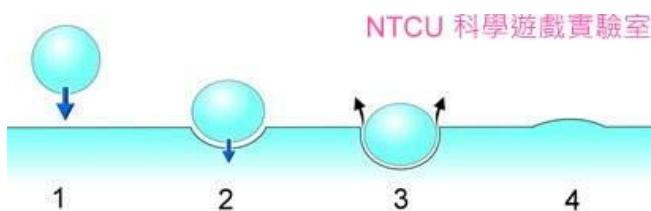


圖二 研究流程

二、實驗原理

(一) 水滴滴到平靜液面時，水珠會快速消失（如圖三）[2]，過程如下：

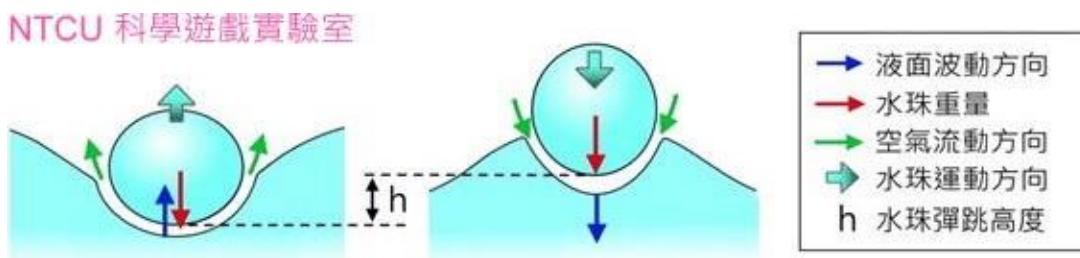
1. 水滴因為重力，會垂直掉下。
2. 水滴跟底液接觸面會形成一層空氣層，所以水滴與底液不會結合在一起，而形成水珠。
3. 由於表面張力往上撐、水珠的重量往下壓，空氣層中的空氣很快就被擠壓出去。
4. 在很短的時間內，水珠與底液結合，水珠消失。



圖三 水滴滴到平靜液面的示意圖 [2]

(二) 當底液具有規律性的波動（也就是法拉第波），水珠就不容易和底液結合，可以維持較長時間的完整水滴（如圖四）[2]，說明如下：

1. 水珠會受到多種作用力交互影響。
2. 當水珠在底下時，由於表面張力、水珠的重量、液面振動等因素，空氣層中的空氣會被擠壓出去（綠色箭頭）。同時，水珠因為法拉第波向上的波動，使水珠會往上彈跳（如圖四左側）。
3. 當水珠彈跳到上方時（如圖四右側），液面因法拉第波向下的波動（藍色箭頭），與水珠的距離拉開，因此空氣可以進入水珠和液面中間，使得水珠往下被空氣支撐，而不會與底液結合。



圖四 水滴滴到振動產生法拉第波的液面示意圖 [2]

實驗原理資料來源：科學遊戲實驗室 – 跳舞水珠 [2]

三、 實驗準備過程

我們進行跳舞的水滴實驗的基本條件和流程如下：

- (一) 以間隔10cm的瑜珈磚當底座，使振動源在振動的時候，不會連帶使桌面振動，而影響整個實驗的準確性。
- (二) 喇叭放在瑜珈磚的中央，調整音量大小與振動頻率，來改變底液的振動效果。
- (三) 使用方形淺盤容器，放在喇叭中央，底液倒入容器高度維持在1cm。
- (四) 使用醫療型點滴控制滴液，每次將滴液裝入醫療型點滴後，需要把空氣排掉，直到滴出來的水滴流暢，才開始實驗。
- (五) 滴液滴下的高度離水面1cm，且維持角度90度，滴出來的點在方形淺盤容器的正中央，並控制流速穩定，每滴間隔2-3秒，讓前一滴水滴有足夠的時間觀察，並避免下一滴水滴滴在還沒消失的水滴之上，必要的時候可些微水平移動點滴出水口。
- (六) 一次實驗滴100滴滴液，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影下來。
- (七) 因為滴下的水珠經過一段時間，一定會跟水面溶合，所以我們判斷水珠是否完整，作了一個基本定義，水珠為肉眼可見，並在水面停留1到2秒就算是一滴成功的水滴，相反的，若水珠很快溶於水面就定義為失敗。



圖五 實驗架設圖 [自行拍攝]

四、 實驗準備遇到的困難與解決方法

(一) 選擇振動源

原本我們在參考資料[2]上看到的方法是用馬達當震動源，但是我們發現馬達很難固定在方形淺盤容器上，即使勉強固定容器上，馬達振動時，因為方形淺盤重量過輕，容易一起移動，因此導致馬達碰撞瑜珈磚的邊緣而卡住，使轉動不順暢，甚至馬達掉落。

後來我們改用小型音響，並用手機app發送單一頻率音源，發現振動變的穩定許多，還可以控制頻率跟聲音大小，所以選用音響來當振動源。

(二) 如何穩定滴出固定大小的水滴

一開始我們參考別人科展的資料[3,4]，這份研究結論是在塑膠滴管、滴定管、針筒和點滴中，針筒滴出的水滴最穩定，所以我們準備了針筒（如圖六），和另外一種容易取得的物品，塑膠滴管（如圖七）來作實驗。但我們發現使用針筒時，我們沒辦法很好的控制力道，常常一次同時滴出許多滴，且按壓針筒的時候會改變出水口跟水面的高度，並不如滴管方便好滴，所以我們選擇用滴管，它可以讓我們很好的控制力道。



圖六 針筒 [自行拍攝]



圖七 滴管 [自行拍攝]

經過需多次實驗，我們發現不同人使用滴管時，即使實驗條件相同，滴出的水滴大小和成功率卻相差很大，因此我們捨棄了已經完成的實驗，重新尋找適合滴出穩定水滴的方式。

後來我們改用容易取得的小型點滴（如圖八），雖然水滴大小和成功率都一樣了，而且還不用控制力道，但這支點滴可以裝的水很少，滴完100滴需換水多次，每

次拿下換水跟掛回點滴，高度跟位置都會有些許差異，也增加了實驗的變數。所以我們換成醫療型點滴（如圖九），終於找到可以穩定滴出水滴的方式。



圖八 小型點滴 [自行拍攝]



圖九 醫療型點滴 [自行拍攝]

(三) 點滴中的空氣容易影響實驗結果

雖然醫療型點滴已經可以穩定滴出大小相同的水滴，但我們發現當裝水時，有空氣進入儲水區，在滴水時，空氣會堵在出口變成氣泡，會滴不太出來或產生有泡泡的水滴，使水珠跟平常不同，所以我們之後每次裝水進點滴，會先把空氣排掉，才開始進行實驗。

五、 實驗步驟

(一) 實驗一、不同濃度的底液，對滴出水滴完整性的影響

1. 將清水倒入方形容器高度1cm，當作水滴落下的底液。
2. 將方形容器置於當振動源的音響正中央，音響的初始設定音量為70分貝，頻率140Hz（如圖十）。
3. 滴液使用清水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底液改變為0.5%的泡泡水（如圖十一），重複步驟2至步驟4。
6. 將步驟1的底液改變為1%的泡泡水（如圖十二），重複步驟2至步驟4。
7. 將步驟1的底液改變為2%的泡泡水（如圖十三），重複步驟2至步驟4。
8. 將步驟1的底液改變為3%的泡泡水（如圖十四），重複步驟2至步驟4。



圖十 清水
[自行拍攝]



圖十一 0.5%泡泡水
[自行拍攝]



圖十二 1%泡泡水
[自行拍攝]



圖十三 2%泡泡水 [自行拍攝]



圖十四 3%泡泡水 [自行拍攝]

(二) 實驗二、不同底液的振動頻率，對滴出水滴完整性的影響

1. 將清水倒入方形容器高度1cm，當作水滴落下的底液。
2. 將方形容器置於當振動源的音響正中央，音響的音量維持為70分貝，頻率由140 Hz（如圖十五）改為135Hz（如圖十六）。
3. 滴液使用清水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底液改變為0.5%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
6. 將步驟1的底液改變為1%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
7. 將步驟1的底液改變為2%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
8. 將步驟1的底液改變為3%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。



圖十五 清水 頻率140Hz [自行拍攝]



圖十六 清水 頻率135Hz [自行拍攝]

(三) 實驗三、不同底液的震動音量，對滴出水滴完整性的影響

1. 將清水倒入方形容器高度1cm，當作水滴落下的底液。
2. 將方形容器置於當振動源的音響正中央，音響的音量由70分貝（如圖十七）改為80分貝（如圖十八），頻率回到初始設定的140Hz。
3. 滴液使用清水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底液改變為0.5%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
6. 將步驟1的底液改變為1%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
7. 將步驟1的底液改變為2%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
8. 將步驟1的底液改變為3%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
9. 重複步驟1至步驟8，並將步驟2的音量維持為80分貝，頻率改為135Hz。



圖十七 清水 音量70分貝 [自行拍攝]



圖十八 清水 音量80分貝 [自行拍攝]

(四) 實驗四、不同濃度的滴液，對滴出水滴完整性的影響

1. 將清水倒入方形容器高度1cm，當作水滴落下的底液。
2. 將方形容器置於當振動源的音響正中央，音響回到初始設定音量為70分貝，頻率140Hz。
3. 滴液使用0.5%的泡泡水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底液改變為0.5%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
6. 將步驟1的底液改變為1%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
7. 將步驟1的底液改變為2%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。
8. 將步驟1的底液改變為3%的泡泡水，重複步驟2至步驟4。

(五) 實驗五、不同液體型態的底液，對滴出水滴完整性的影響

1. 將沙拉油（如圖十九）倒入方形容器高度1cm，當作水滴落下的底液。
2. 將方形容器置於當振動源的音響正中央，音響回到初始設定音量為70分貝，頻率140Hz。
3. 滴液使用清水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底液改變為汽水（如圖二十），重複步驟2至步驟4。



圖十九 沙拉油 [自行拍攝]



圖二十 汽水 [自行拍攝]

(六) 實驗六、不同固體型態的底盤，對滴出水滴完整性的影響

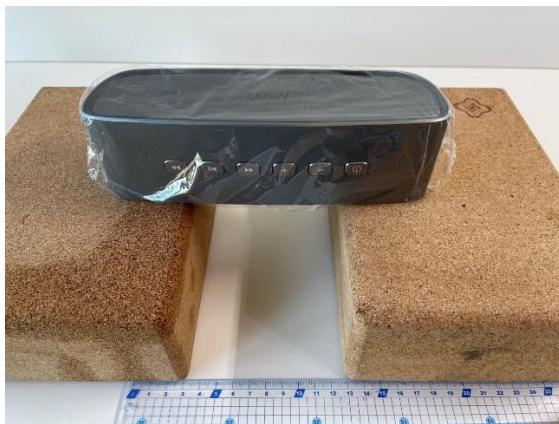
1. 使用塑膠材質（如圖二十一）墊板當作水滴落下的底盤。
2. 將墊板置於當振動源的音響正中央，音響回到初始設定音量為70分貝，頻率140 Hz。
3. 滴液使用清水置於醫療型點滴中，滴下的高度離水面1cm。
4. 一次實驗滴100滴滴液，判斷滴下去的水珠成功或失敗，紀錄成功次數，並將水滴滴下過程錄影。
5. 將步驟1的底盤改變為鋁箔紙包覆墊板（如圖二十二），重複步驟2至步驟4。
6. 將步驟1的底盤改變為保鮮膜直接包覆音響（如圖二十三），重複步驟2至步驟4。
7. 將步驟1的底盤改變為玻璃培養皿（如圖二十四），重複步驟2至步驟4。



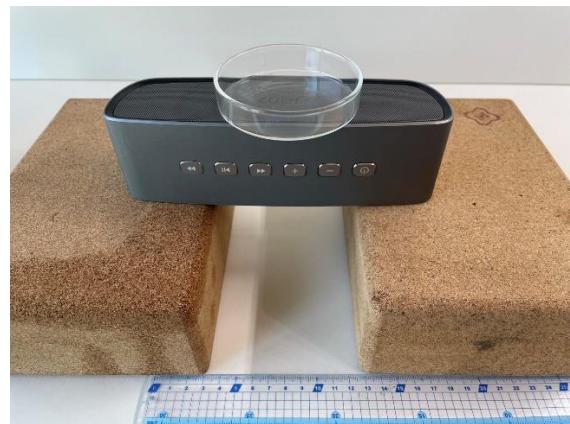
圖二十一 塑膠墊板 [自行拍攝]



圖二十二 墊板包鋁箔紙 [自行拍攝]



圖二十三 音響包保鮮膜 [自行拍攝]



圖二十四 玻璃培養皿 [自行拍攝]

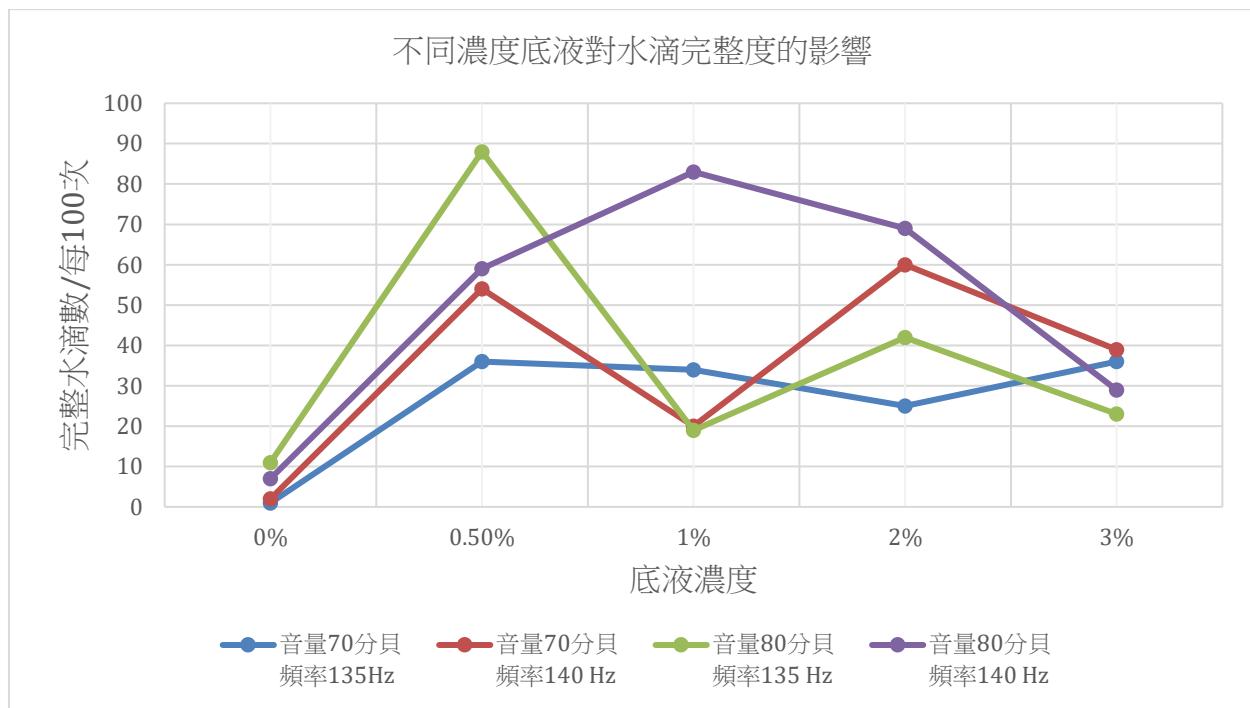
肆、研究結果

一、不同濃度的底液，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道改變不同濃度的底液，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

表二、不同濃度底液中，滴100滴水的完整水滴數

震動條件 底液濃度	音量70分貝 頻率135Hz	音量70分貝 頻率140 Hz	音量80分貝 頻率135 Hz	音量80分貝 頻率140 Hz
0%	1	2	11	7
0.5%	36	54	88	59
1%	34	20	19	83
2%	25	60	42	69
3%	36	39	23	29



圖二十五 不同濃度底液中，滴100滴水的完整水滴數

由圖二十五可以看出底液0%的清水表現最差，不管什麼振動條件，失敗的占大多數。濃度介於0.5%至2%的泡泡水，會隨著震動的音量跟頻率有所差異，但0.5%跟2%表現較佳。而3%也因為濃度太濃，完整水滴數相較其他濃度有下滑。

經過仔細觀察，雖然用肉眼看起來，0%清水當底液，還是有形成法拉第波，但不足撐起完整的水滴，水的重力跟表面張力的作用，使得0%清水的水滴容易被壓破，完整水滴的次數相對很少，在100次滴水中，最多也只有11次成功。

改用泡泡水後，因為表面張力比清水減小許多，所以振動產生的法拉第波可以撐起完整的水滴，成功次數明顯增加，但泡泡水濃度不同，最佳的振動條件也隨之改變，在0.5%泡泡水當底液時，最佳振動條件是音量80分貝、頻率135Hz；而在1%與2%泡泡水當底液時，最佳振動條件是音量80分貝、頻率140Hz。

另外我們發現，3%泡泡水濃度太濃，從瓶子中倒水到方形淺盤的時候，會出現少許的泡沫（如圖二十六紅圈處），水滴滴下時也容易形成新的泡沫，我們猜測可能是因為這些泡沫影響了法拉第波，使的3%的結果變得沒有那麼的好。



圖二十六 3%泡泡水容易在表面有泡沫，影響法拉第波的效果 [自行拍攝]

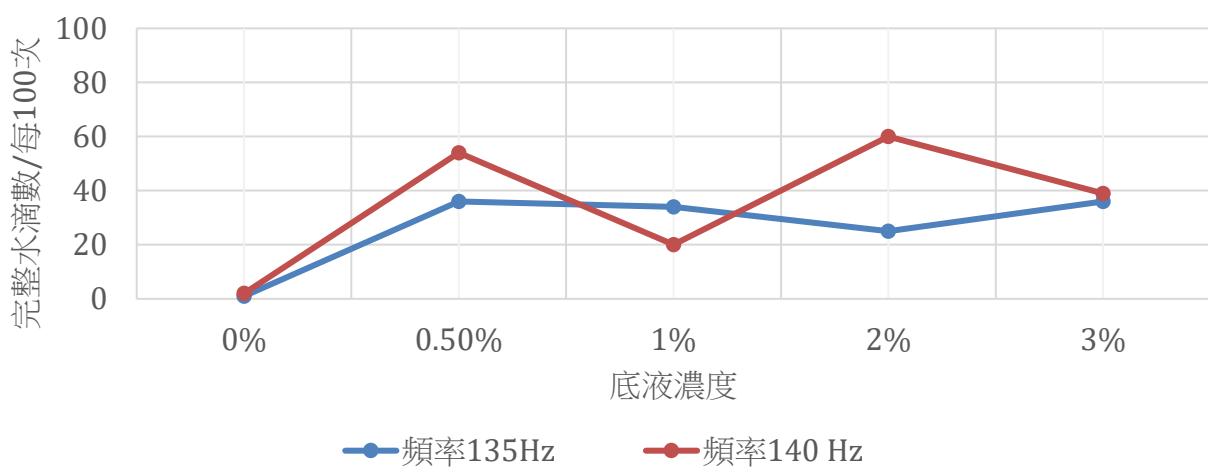
二、不同底液的振動頻率，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道改變不同底液的振動頻率，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

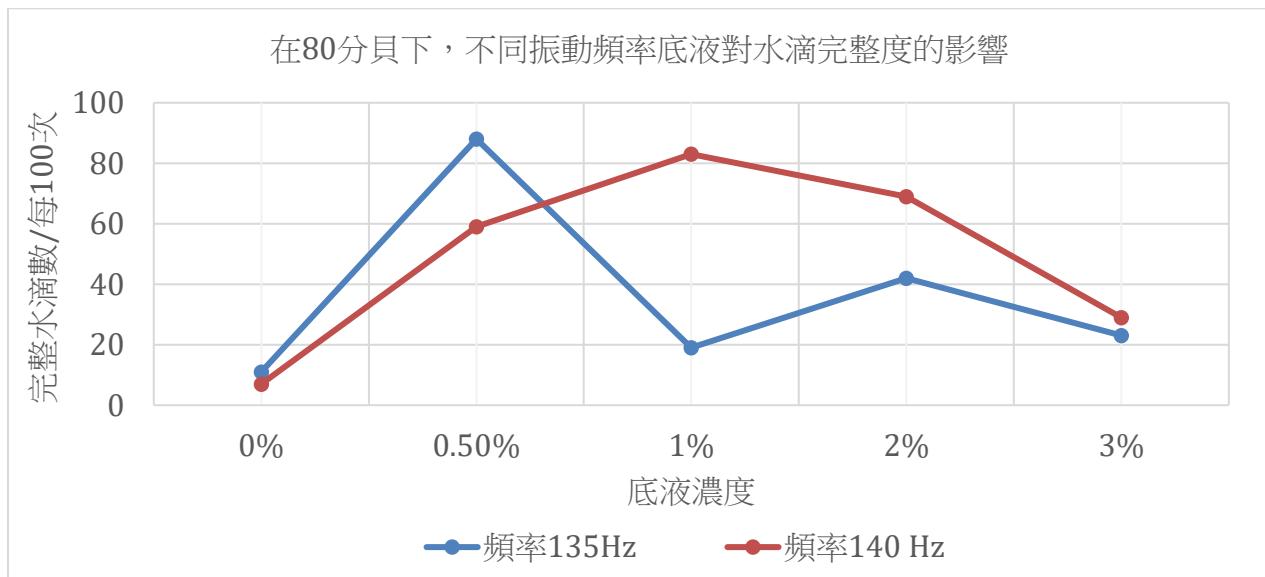
表三 不同振動頻率下，滴100滴水的完整水滴數

振動音量		振動頻率	頻率135Hz	頻率140 Hz
80分貝	0%	11	7	
	0.5%	88	59	
	1%	19	83	
	2%	42	69	
	3%	23	29	
70分貝	0%	1	2	
	0.5%	36	54	
	1%	34	20	
	2%	25	60	
	3%	36	39	

在70分貝下，不同振動頻率底液對水滴完整度的影響



圖二十七 70分貝的音量加上不同振動頻率，滴100滴水的完整水滴數



圖二十八 80分貝的音量加上不同振動頻率，滴100滴水的完整水滴數

由圖二十七與圖二十八，我們發現不管振動音量是70分貝或80分貝，振動頻率140Hz在大部分情況下優於135Hz。

在我們仔細的觀察下發現，140Hz的法拉第波比135Hz明顯，而實驗過程中，我們也嘗試了145Hz，但法拉第波太大，水滴反而容易破；而130Hz的法拉第波太小，也無法成功。

因為振動頻率140Hz的實驗，觀察到的水滴相對穩定，成功次數也較多，因此之後實驗只改變一個變因時，頻率我們都採用140Hz。

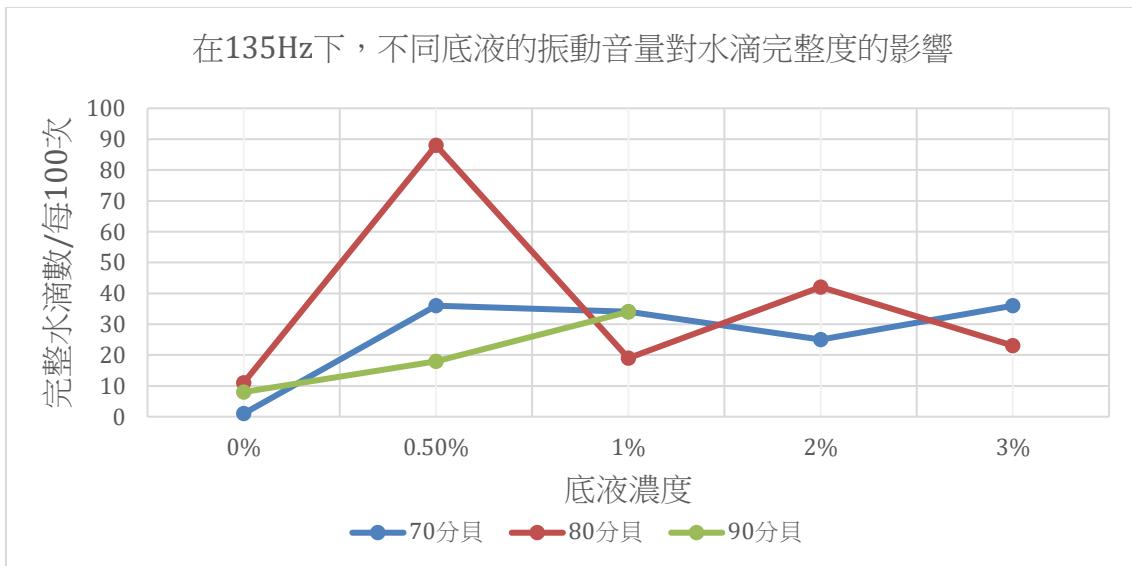
三、不同底液的振動音量，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道改變不同底液的振動音量，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

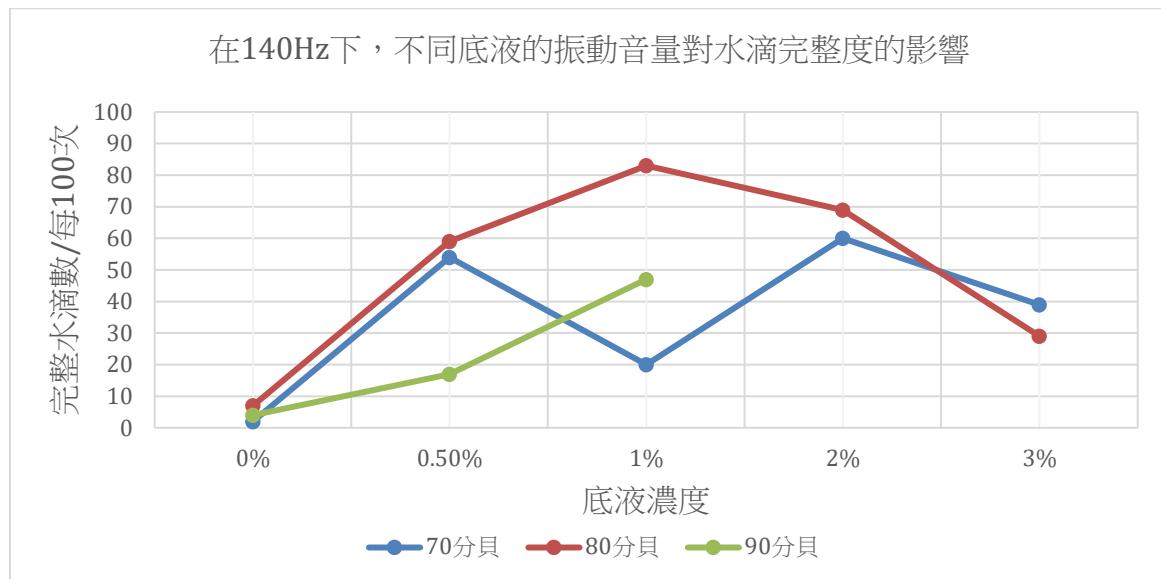
表四、不同振動音量下，滴100滴水的完整水滴數

振動音量 振動頻率		70分貝	80分貝	90分貝 *
頻率135Hz	0%	1	11	8 *
	0.5%	36	88	18 *
	1%	34	19	34 *
	2%	25	42	-- *
	3%	36	23	-- *
頻率140 Hz	0%	2	7	4 *
	0.5%	54	59	17 *
	1%	20	83	47 *
	2%	60	69	-- *
	3%	39	29	-- *

* 音量90分貝時，水珠完整度判定不易，底液濃度2%以上已難以判斷



圖二十九 135Hz的頻率加上不同振動音量下，滴100滴水的完整水滴數



圖三十 140Hz的頻率加上不同振動音量下，滴100滴水的完整水滴數

由圖二十九與圖三十，我們可以看出在底液濃度比較低時，80分貝在大部分情況下優於70分貝；當底液濃度高到3%時，70分貝反而優於80分貝。

在我們仔細的觀察下發現，80分貝的法拉第波比70分貝明顯，肉眼就可以清楚看見，但底液濃度增加時，水珠滴下時，容易造成水花噴濺，使得水滴破掉。也因為80分貝的現象不穩定，有時候難以判定水滴成功與否，因此之後實驗只改變一個變因時，音量我們都採用70分貝。

另外我們也做了90分貝的實驗，但法拉第波太大，底液濃度在2%以上時，還沒開始滴水珠就已經水花四濺（如圖三十一紅圈處），做了一些實驗後覺得噴出來的水滴會影響我們判斷，因此我們決定不將90分貝在底液2%以上的結果列入比較。



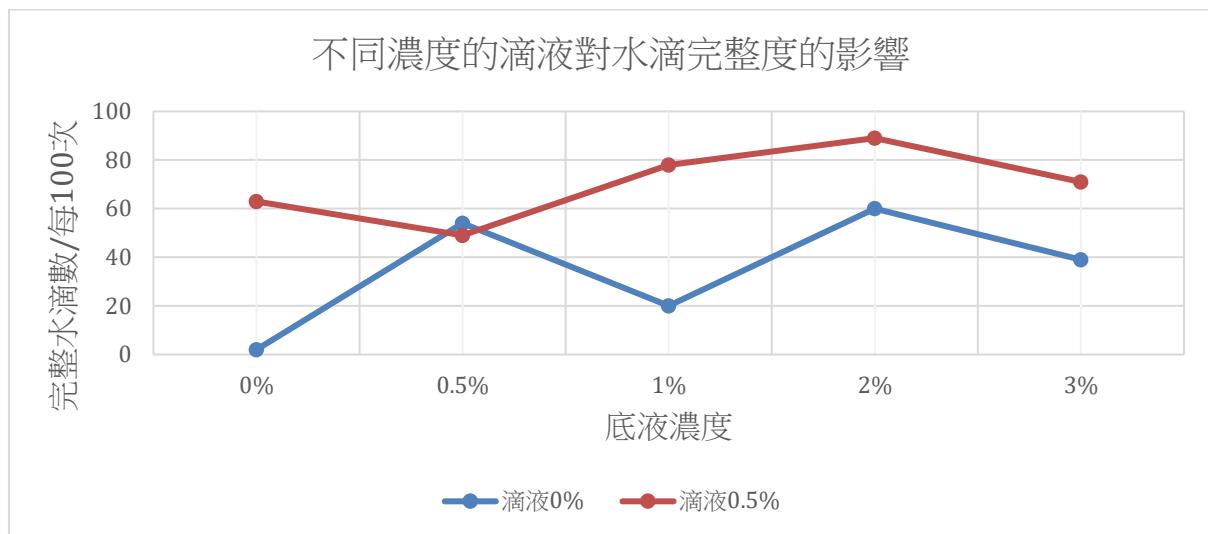
圖三十一 振動頻率90分貝，底液濃度2%，水面濺起水花 [自行拍攝]

四、不同濃度的滴液，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道改變不同滴液的濃度，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

表五、不同濃度滴液，滴100滴水的完整水滴數

底液濃度	滴液濃度與 振動條件	滴液0%	滴液0.5%
0%		2	63
0.5%		54	49
1%		20	78
2%		60	89
3%		39	71



圖三十二 不同濃度滴液，滴100滴水的完整水滴數

由圖三十二，我們可以看出滴液0.5%的明顯優於0%，而且在各種底液濃度中，幾乎都大於一半的次數成功，只有滴進0.5%的底液時，滴液濃度0%跟0.5%差不多。

我們從之前的觀察，發現0%清水的滴液，滴進0.5%的底液最好。但換成0.5%滴液時，發現0.5%底液竟變成最差的一個條件。也發現2%底液的表現最好，可以推測當滴液有濃度時，底液濃度較高會愈好，一直加到3%底液時，水面上仍然容易會有泡泡，如同之前的實驗會影響成功的次數。

五、不同液體型態的底液，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道將底液換成其他液體，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

表六、不同液體型態的底液，滴100滴水的完整水滴數

底液濃度與種類	振動條件	音量70分貝 頻率140Hz
0%		2
0.5%		54
1%		20
2%		60
3%		39
油		5
汽水		0



圖三十三 不同液體型態的底液，滴100滴水的完整水滴數

由圖三十三，我們發現在不是泡泡水的液體中，換成其他液體當底液都不太好，只有沙拉油勉強成功五次，汽水則一次也沒有。

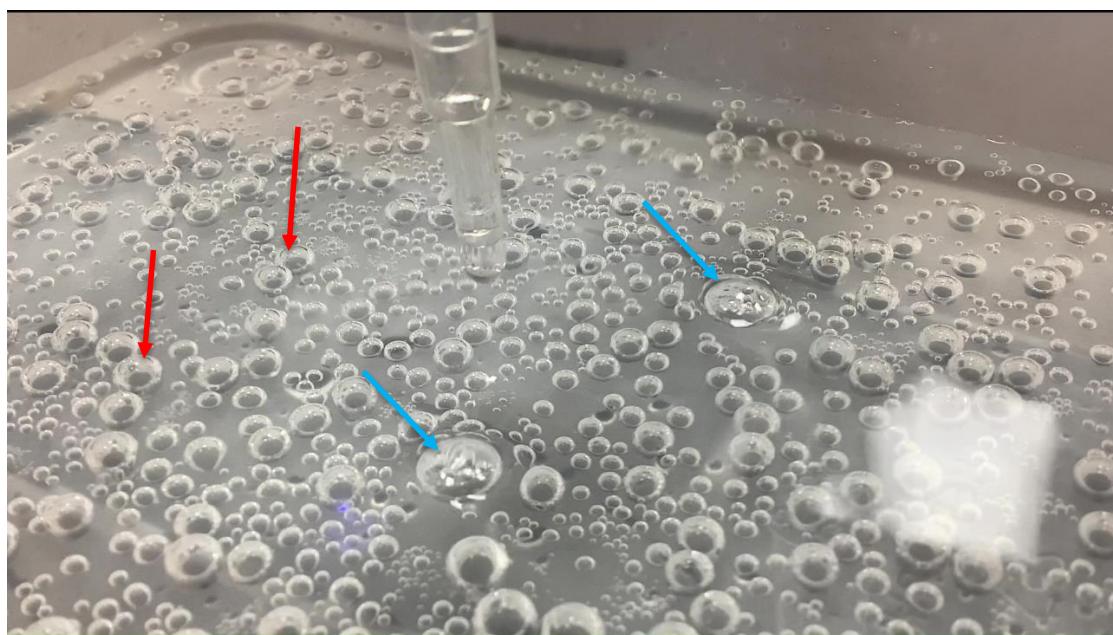
在我們仔細的觀察下發現，之前實驗用泡泡水找到的最佳條件中（振動頻率140Hz，音量70分貝），底液用沙拉油幾乎無法形成法拉第波，肉眼看起來是時有時無的法拉第波（如圖三十四），可能是因為這樣，只有滴出五滴完整水滴（如圖三十四紅圈處）。如果改變不
20

同振動頻率，可以看到法拉第波較明顯，但我們希望變因只有一個，因此我們沒有改變振動的條件。



圖三十四 振動頻率140Hz，音量70分貝，沙拉油幾乎無法形成法拉第波 [自行拍攝]

另外在我們用泡泡水找到的最佳振動條件中，底液使用汽水，完全沒有形成法拉第波，可能是因為這樣，沒有成功滴出任何一滴完整水滴。經過我們的仔細觀察，汽水無法形成法拉第波的原因可能有兩個，第一個可能是因為汽水倒入方形容器時，底下有大顆的氣泡（如圖三十五紅箭頭處），因此影響了法拉第波；第二個可能是因為底下會不斷地冒出小氣泡（如圖三十五藍箭頭處），影響了法拉第波的形成。



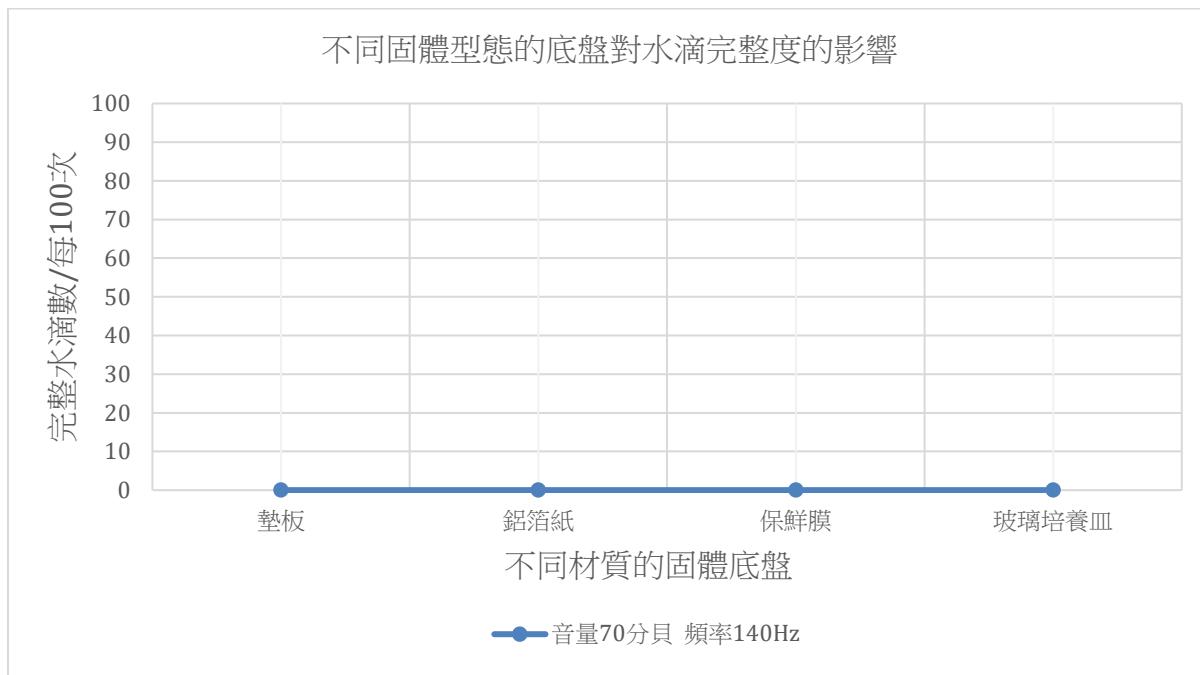
圖三十五 底液汽水因為氣泡多，無法形成法拉第波 [自行拍攝]

六、不同固體型態的底盤，對滴出水滴完整性的影響

我們想要知道將底液換成其他固體，對水滴完整性的影響，滴100滴水來實驗，看能滴出幾滴完整的水滴，表格如下：

表八、不同固體型態的底盤，滴100滴水的完整水滴數

固體型態底盤	振動條件	音量70分貝 頻率140Hz
墊板		0
鋁箔紙		0
培養皿		0
保鮮膜		0



圖三十六 不同固體型態的底盤，滴100滴水的完整水滴數

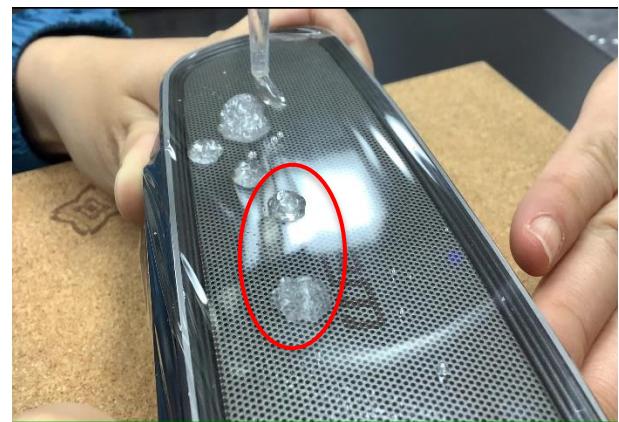
由圖三十六我們可以知道在固體上完全無法滴出完整水滴，本來想說固體也可以形成法拉第波，但其實無法形成。

我們發現在我們用泡泡水找到的最佳振動條件中，墊板和保鮮膜雖然有形成水珠，但跟滴在液體上形成的水珠不同。滴在塑膠墊板上的水珠會水花四濺（如圖三十七紅圈

處）、滴在保鮮膜的水珠會分裂成很多小水珠（如圖三十八紅圈處），這兩種材質當底盤，讓水滴下來雖然能有水滴的樣子，但因為衝擊而破壞了水滴的完整性。

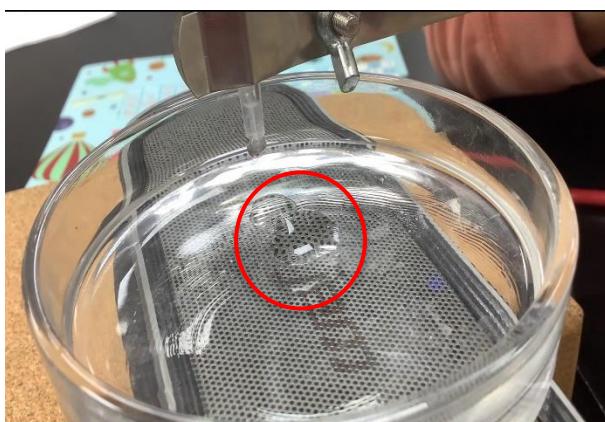


圖三十七 塑膠墊板上水花四濺 [自行拍攝]



圖三十八 保鮮膜上分裂成小水珠 [自行拍攝]

另外兩種材質則有類似的現象，滴在玻璃培養皿跟鋁箔紙上，我們發現沒有形成水珠，一滴下去就變成一灘水（如圖三十九與圖四十的紅圈處），完全無法有完整的水滴。甚至當滴下的水比較多時，這些先滴下的水就會之前實驗0%的清水一般，在水灘中有水波紋，慢慢形成法拉第波，為了實驗的準確性，我們會稍微移動滴下的位置，不讓後來滴出的水滴滴在這些水灘上。



圖三十九 培養皿上變成一灘水 [自行拍攝]



圖四十 鋁箔紙上變成一灘水 [自行拍攝]

伍、討論

一、 實際生活中發現跳舞的水滴

跳舞的水滴現象是由於振動產生法拉第波，導致水滴不溶於水。經過了許多的實驗，我們發現水滴要能完整的出現在水面上，並不是容易的事，需要有許多條件的配合，生活中較常出現的清水，在沒有振動的條件下，幾乎無法形成完整的水滴，更不會有水滴在液面上跳動的現象。

回想起來，當初能在露營時觀察到這種現象十分難得，但只要條件適當，在日常生活中也可以看到，例如：大卡車停等紅燈時，滴下的冷卻水形成水坑，會因為引擎的振動，使後來滴出的水滴在上面跳動；煮菜的鍋子，加熱形成水氣，也會形成法拉第波，讓之後滴下的水珠完整的在熱鍋上跳動。在仔細的觀察下，生活中還是可以處處可見跳舞的水滴。

二、 遇到困難並找尋突破方法

在進行實驗的過程中，我們在如何滴出穩定的水滴，遇到很大的困難。從針筒、滴管、小點滴、一路換到醫療型點滴，我們在失敗中不斷尋找，也捨棄了很多紀錄的實驗數據，學會了如何精確地控制實驗條件，讓人為變因減小，並從中獲得了寶貴的經驗。

雖然我們在參考資料中，有前人提出的最佳方法，但我們發現，在不同的實驗環境與實驗進行方式之下，會有極大的差異。在參考前人經驗的同時，不能照單全收，還是要靠實際的操作，不斷修改，才能完成好的科學研究。

三、 未來發展

這次實驗讓我們對法拉第波有更進一步的了解，也想更進一步研究跳舞水滴的其他變化。其中我們在變換不同底液時，發現每一種底液觀察到的現象都不同，值得仔細研究，如何讓水在各種液體中都能完整存在更長的時間。

實驗中關於水滴成功與否的判定，是看水滴能否維持1-2秒，但從滴下開始，並不容易準確計算時間，導致有些剛好在1-2秒消失的水滴，稍微影響結果。如何能精確定義水滴成功與否，也是未來實驗能再精進之處。

另外，我們雖然觀察到能形成完整水滴的最佳條件，但對於法拉第波與這些最佳條件之間的關係，仍須學習更多的物理知識，才能進一步將理論與實際結合。

陸、結論

- 一、在針筒、滴管、小點滴和醫療型點滴中，醫療型點滴較能滴出大小固定的水滴，使實驗能在相同的標準來比較。
- 二、在音響和馬達兩種振動源中，音響較為穩定，且能調整振動的頻率跟音量。
- 三、當作底液的泡泡水太濃或太淡都不好，濃度介於0.5%~2%，可滴出完整水滴的機率較高。
- 四、振動頻率140Hz形成的法拉第波，可滴出完整水滴的機率較高。
- 五、振動源的音量大小70分貝形成的法拉第波，較不易使液面濺起水花，可維持實驗穩定，滴出完整水滴的機率高且容易判斷。
- 六、使用滴液0.5%比起使用清水當滴液，可滴出完整水滴的機率較高。
- 七、換成其他液體型態的底液，在相同的振動條件下，滴出完整的水滴的機率不高。
- 八、固體無法形成能承接完整水滴的法拉第波，所以無法滴出完整的水滴。

柒、參考資料

- 一、蔣儀宣、朱鳳華、徐悅聲（2012）。與波共舞的飄浮水滴。2012年臺灣國際科學展覽會。
- 二、科學遊戲實驗室 - 跳舞水珠。<https://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-029.html>。
- 三、劉勝傑、戴于傑、胡郁淇（2019）。大珠小珠落一盤 - 出水端水滴體積變化之研究。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。
- 四、(2013)。天外飛來一滴水。高雄市新興高中 101 學年度校內科學展覽會。