中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　物理科

佳作

030104

躍動～水中上升氣泡左右振盪之探討

學校名稱：新北市立蘆洲國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳妤安 國二 陳文雯 國二 張辛瑀	蔡怡德 郭春華

關鍵詞：氣泡、震盪、浮力

摘要

因為喝汽水而引發的好奇心，開始了這次的實驗，我們為了觀察氣泡上升時左右振盪的變化而設計了氣泡保存器，可以在水中釋放不同直徑的氣泡，使實驗順利進行，經由實驗我們觀察到氣泡上升時左右振盪的振幅與氣泡的直徑有密切的關係，而氣泡在左右振盪時產生的形變，也是我們第一次留意到的獨特風景。

壹、研究動機

每每喝汽水時，總會看到氣泡快速向上爬升，其中有些氣泡在上升時會有週期性的左右來回的振盪，這個現像使我們感到十分好奇，是什麼力量使得氣泡產生這樣的變化？而氣泡左右振盪的過程是不是有什麼規律性呢？我們決定解開其神秘的面紗。

貳、研究目的

目的一、設計與製作氣泡產生器。

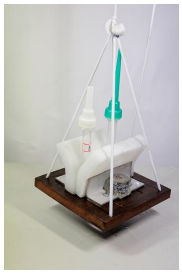
目的二、針對氣泡產生器的缺點，再次設計、改良、製作氣泡保存裝置與氣泡上升速度的測量。

目的三、製作各種不同直徑的氣泡，測量氣泡直徑大小對氣泡左右振盪頻率和振幅的影響。

目的四、拍攝氣泡左右振盪時的形狀變化過程，以便分析研究。

参、研究設備與器材

實驗器材：自製氣泡產生器、自製氣泡保存裝置、U 形管、200 cm高水箱、30 cm高水箱、攝影機、打氣馬達、5 cc注射針筒、錶玻璃。



圖一：自製氣泡產生器

圖二：自製氣泡保存裝置

圖三：打氣馬達

圖四 200 cm高水箱

圖五：實驗中的 U 形管

圖六：5 cc注射針筒和錶玻璃

肆、研究過程方法與結果

研究一、設計與製作氣泡產生器：

（一）需求：

因為我們想要觀察不同直徑的氣泡在水中左右振盪的軌跡，因此我們希望能夠有一個能在水中產生氣泡的裝置，且要符合以下兩項的要求：

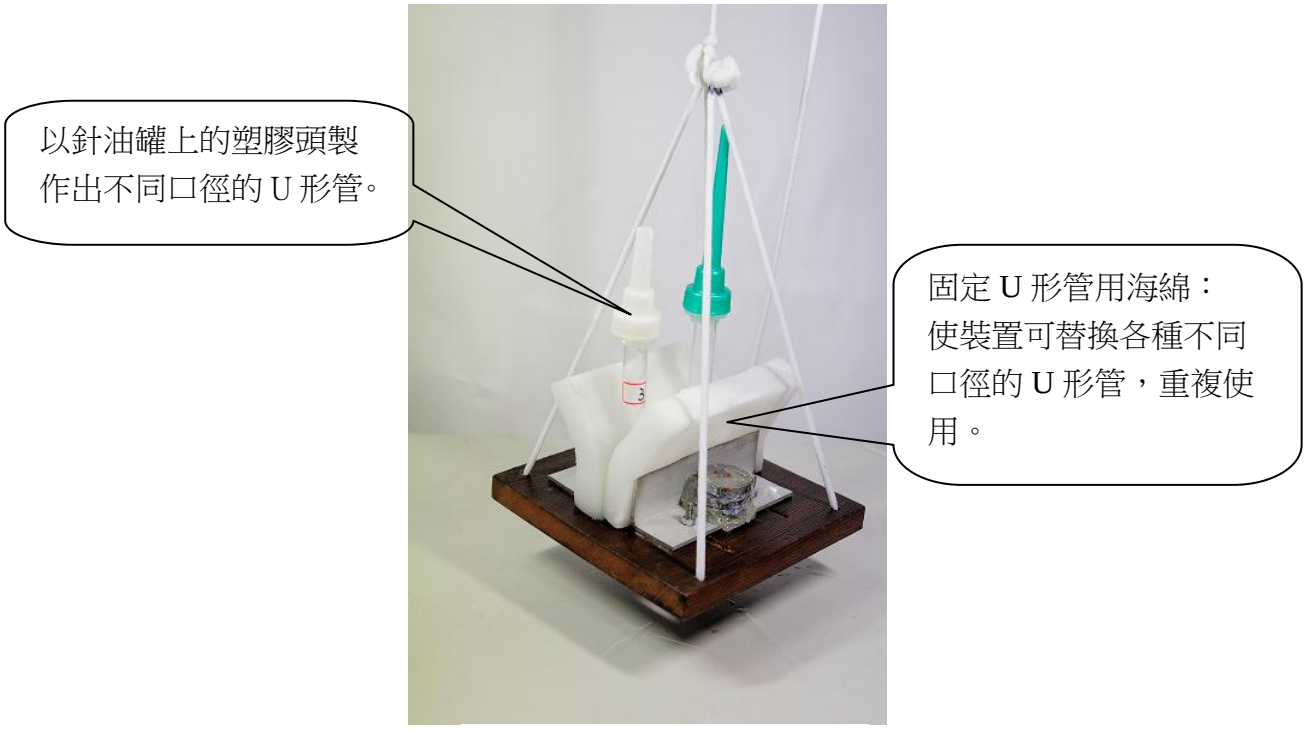
1. 能夠在水中產生各種不同直徑大小的氣泡。
2. 能在實驗控制下穩定的產生氣泡，使實驗重複進行時能得到具有一致性的結果。

（二）設計思考方向：

利用打氣馬達定量且定速的將空氣送往水中，並改變出氣口的大小來產生不同直徑的氣泡。

（三）實驗裝置製作：

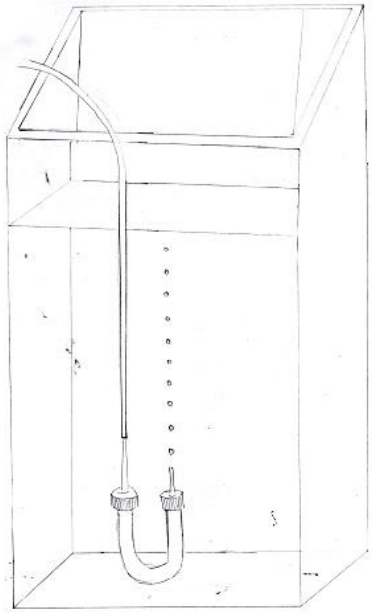
1. 利用針油罐上的塑膠頭製作出進氣口及不同大小的出氣口，出氣口的口徑分別為3㎜、5㎜、7㎜、10㎜和14㎜。
2. 將製作好的進氣口與出氣口，分別安裝置U型管的兩側，裝置如圖五。
3. 將一對L型的鋁條架設於邊長20公分的木板上，調整鋁條間的距離，使它恰好夾住兩塊海綿。
4. 利用海綿的彈性將步驟2所製作的的U型管固定於木板上，使出氣口垂直立於木板中央，實驗裝置如圖七。
5. 將打氣馬達連接進氣口，使用500㎝長的繩子將裝置緩慢的垂降進200㎝高的水箱中。
6. 開啓馬達即可產生氣泡。



圖七：氣泡產生器

（四）實驗裝置測試結果：

1. 我們所設計的氣泡產生器可以在水中規律而穩定的產生氣泡。
2. 更換不同出氣口的U型管可以產生不同直徑的氣泡。
3. 氣泡在水中上升時有著相等的間隔不會互相干擾如圖八。



圖八：氣泡產生示意圖

研究二、針對氣泡產生器的缺點，再次設計、製作氣泡保存裝置與氣泡上升速度的測量。

（一）需求：

我們所設計的氣泡產生器雖然可以達到我們實驗的要求，「穩定的產出各種不同的直徑氣泡」，但我們在實驗時觀察到當氣泡越小時，氣泡左右振盪的幅度也會變小，因此我們希望知道直徑多小氣泡會出現穩定的上升而不產生左右振盪的現象，而我們的實驗裝置只能提供直徑大於3㎜以上的氣泡，無法使我們的實驗繼續進行，因此我們重新設計與製作新一代的實驗裝置：「氣泡保存裝置」，且要符合以下兩項的要求：

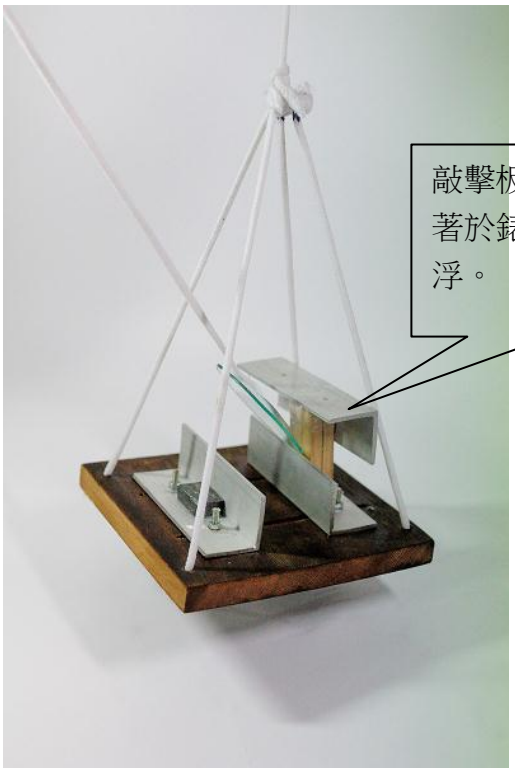
1. 能夠通過實驗控制來產生不同直徑大小的氣泡，且最小直徑能小於3㎜。
2. 能控制氣泡穩定的產生，使實驗重複進行時能得到具有一致性的結果。

（二）設計思考方向：

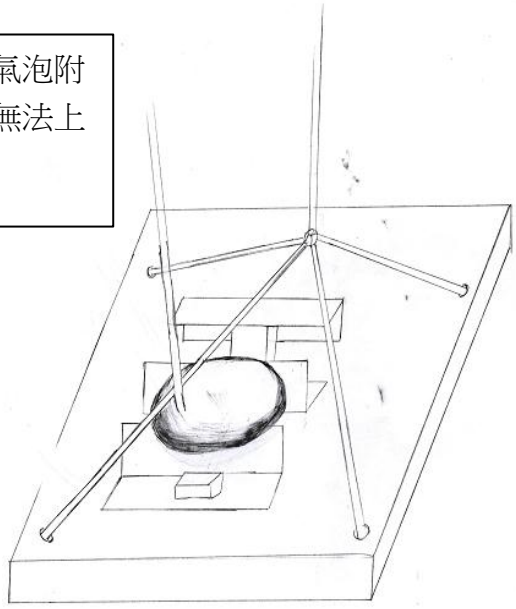
在水面下使用 5 cc注射針筒製作氣泡，以控制氣體的含量來達到產生不同氣泡大小的效果，使氣泡保存在錶玻璃下，將氣泡送入水中進行釋放。

（三）實驗裝置製作：

1. 將一對 L 型的鋁條架設於邊長 20 公分的木板上。
2. 錶玻璃凹面向下架設於 L 形鋁條上，錶玻璃的一端與鋁條相連，另一端連接長 500 cm的繩子，以完成掀蓋裝置。
3. 安裝 L 型鋁條及木塊在錶玻璃與鋁條相連的一側製作敲擊板。
4. 裝置完成如圖九和圖十。
5. 將我們所製作的裝置放置於水面下，使用 5 cc注射針筒製作氣泡，並保存在裝置中的錶玻璃下。
6. 使用500cm長的繩子將裝置緩慢的垂降進200cm高的水箱中。
7. 在水底將錶玻璃掀開釋放氣泡，即可觀察氣泡上升時的左右振盪現象。



圖九：氣泡保存裝置



圖十：氣泡保存裝置示意圖

（四）實驗裝置測試結果：

1. 使用我們所設計的氣泡保存裝置，可以觀察各種氣泡在水中左右振盪的情形。
2. 我們在測試實驗裝置時發現，當氣泡大於15mm時，氣泡會在水中分裂，無法完整，因此我們在實驗當中選用1mm到14mm的氣泡來做觀察。

（五）氣泡上升時，氣泡直徑大小與上升速度之關係。

1. 將高200cm水箱裝入28℃的水至水深180cm。
2. 使用5cc注射針筒製作氣泡製做出1mm的氣泡，保存於氣泡保存裝置中。
3. 將含有氣泡的裝置緩慢垂降至水底。
4. 架設攝影機於水箱旁，拍攝紀錄水柱高138cm到155cm處。
5. 將氣泡釋放，觀察記錄並拍攝氣泡上升時運動的軌跡。

6. 使用影像軟體「威力導演」，將我們所錄製的影片以1/30秒進行格放，分析記錄氣泡上升的垂直速度。
7. 將氣泡直徑大小改為2㎜、3㎜、4㎜、5㎜、6㎜、7㎜、8㎜、9㎜、10㎜、11㎜、12㎜、13㎜和14㎜，重複步驟2到步驟5。
8. 將上述實驗所得結果紀錄整理如表一。

（三）實驗結果：

表一：不同直徑氣泡上升的速度

氣泡直徑（㎜）	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
上升速度（cm/s）	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

注一：我們曾經將我們實驗用的水柱分為上、中、下三個實驗區，發現三個實驗區氣泡上升的速度幾乎相同。

研究三、改變氣泡不同直徑大小，測量氣泡直徑對氣泡左右振盪頻率和振幅的影響。

（一）說明：

當氣泡上升過程會規律性的左右振盪，因此我們對氣泡上升時的振盪頻率和振幅做觀察

（二）實驗步驟

1. 將高200㎝水箱裝入28℃的水至水深180㎝。
2. 使用5cc注射針筒製作氣泡製做出1㎜的氣泡，保存於氣泡保存裝置中。
3. 將含有氣泡的裝置緩慢垂降至水底。
4. 架設攝影機於水箱旁，拍攝紀錄水深138㎝到155㎝處。
5. 將氣泡釋放，觀察記錄並拍攝氣泡左右振盪時運動的軌跡。
6. 使用影像軟體「威力導演」，將我們所錄製的影片以1/30秒進行格放，分析氣泡上升時左右振盪的頻率與振幅。
7. 重複多次實驗並紀錄左右振盪的頻率，和振幅重複出現的最大值。
8. 分別將氣泡直徑大小改為2㎜、3㎜、4㎜、5㎜、6㎜、7㎜、8㎜、9㎜、10㎜、11㎜、12㎜、13㎜和14㎜，重複實驗步驟2到步驟7。
9. 將上述實驗所得結果紀錄整理如表二到表三及圖十一。

（三）實驗結果：

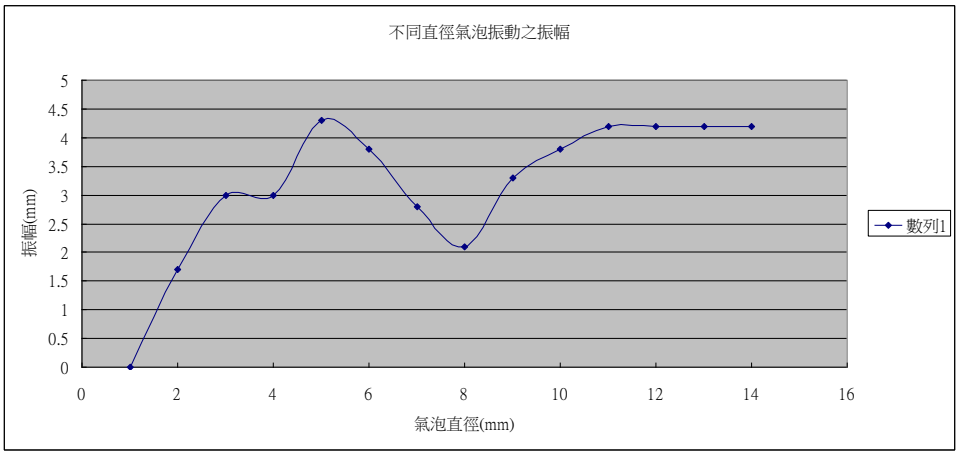
表二：不同直徑氣泡左右振盪的頻率：

氣泡直徑（㎜）	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
振動頻率（Hz）	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

注二：在實驗過程中，我們也曾對我們的實驗數據感到十分的困惑，我們也不斷的重複進行實驗，但我們發現氣泡上升時左右振盪的頻率幾乎是一個定值。

表三：不同直徑氣泡左右振盪的振幅：

氣泡直徑（㎜）	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
振幅（㎜）	0.0	1.7	3.0	3.0	4.3	3.8	2.8	2.1	3.3	3.8	4.2	4.2	4.2	4.2



圖十一：不同直徑氣泡左右振盪之振幅

研究四、拍攝氣泡左右振盪時形狀變化的過程，以便分析研究：

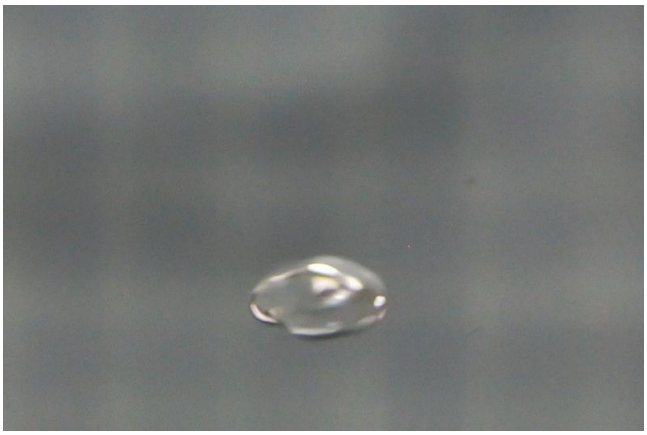
（一）說明：

1. 在實驗中我們發現，當氣泡直徑小於 5 ㎜時，氣泡振盪的振幅隨氣泡的直徑增加而增加，當氣泡直徑在 6 ㎜到 8 ㎜之間時，氣泡振盪的振幅卻隨著氣泡的直徑增加而減少，因此我們想要瞭解，不同直徑的氣泡在運動時為什麼會產生這樣的變化。
2. 因為氣泡左右振盪的速度快，難以觀察，所以我們設法以相機拍攝氣泡左右振盪的影像，以便進一步的分析與研究。

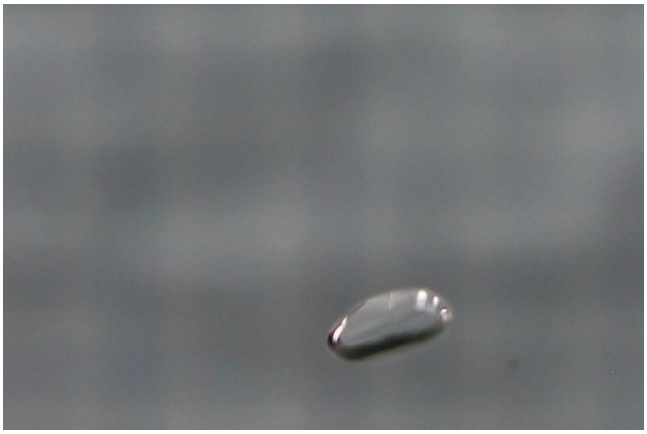
（二）實驗步驟

1. 將高200cm水箱裝入28℃的水至水深180cm。
2. 使用5cc注射針筒製作氣泡製做出3㎜的氣泡，保存於氣泡保存裝置中。
3. 將含有氣泡的裝置緩慢垂降至水底，在水中釋放氣泡。
4. 利用攝影機及相機拍攝氣泡左右振盪的過程。
5. 分別將氣泡直徑大小改為7㎜和14㎜重複實驗步驟2到步驟4。。
6. 以攝影機所拍攝的影片 做為對照，將相片 進行分析，結果如圖十二到圖二十

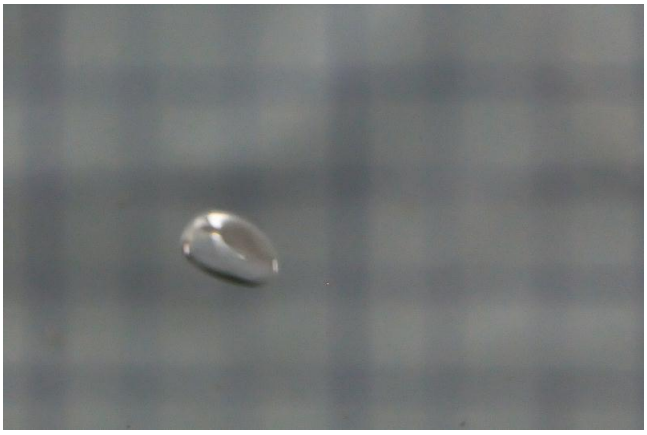
（三）實驗結果：



圖十二：直徑 3 ㎜氣泡在水中上升



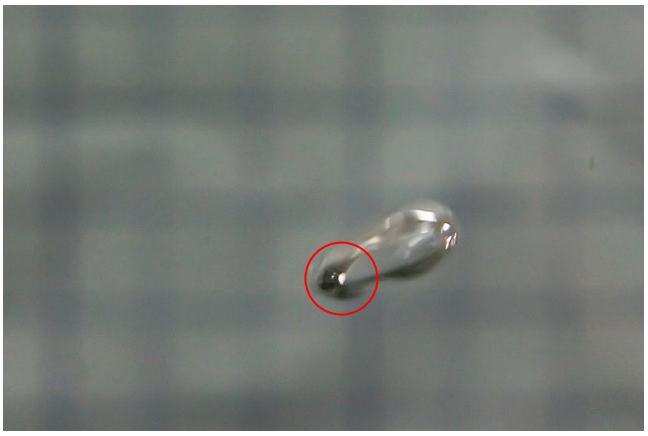
圖十三：直徑 3 ㎜氣泡在水中向右振盪



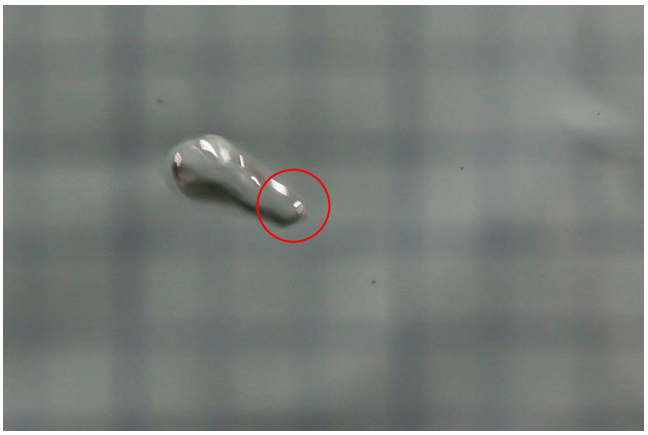
圖十四：直徑 3 ㎜氣泡在水中向左振盪

由圖十二至圖十四我們可以觀察到，當氣泡直徑小於 5 ㎜時，氣泡的形狀為扁平的橢圓體，而在左右振盪時，迎水端較寬而另外一端則較細。

圖十五：直徑 7 ㎜氣泡在水中上升



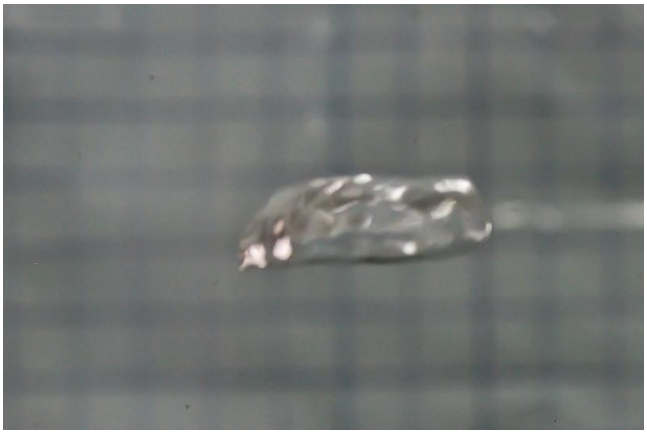
圖十六：直徑 7 ㎜氣泡在水中向右振盪



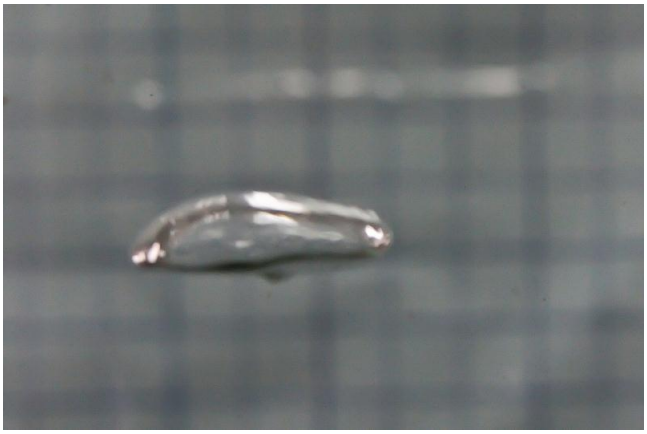
圖十七：直徑 7 ㎜氣泡在水中向左振盪

由圖十五至圖十七我們可以觀察到，當氣泡直徑為 6 ㎜到 8 ㎜時，氣泡的形狀為扁平的橢圓體，且在氣泡的底層會產生一個扁平狀的小突起物，在氣泡振盪至最右端即將折返時，此小突起會因慣性作用而繼續向右振盪。

圖十八：直徑 14 ㎜氣泡在水中上升



圖十九：直徑 14 ㎜氣泡在水中向右振盪



圖二十：直徑 14 ㎜氣泡在水中向左振盪

由圖十八至圖二十我們可以觀察到，當氣泡直徑大小大於 9 ㎜時，原先氣泡底層的突起物會增大至與氣泡成為一個整體，氣泡在左右振盪的過程中，氣泡整體都比直徑 5 ㎜以下的氣泡來得大，且邊緣較不穩定。

伍、討論

一、實驗器材的研發與製作：.

在實驗進行的過程中，我們希望氣泡進行振盪運動時是穩定且平衡的，因此我們使用了200cm的水箱來提供180cm的水深，使氣泡有較長的距離及時間來達到穩定的狀態，在這樣的想法下，我們所遭遇到的困難點是「如何在水中產生可用來做為實驗觀察的氣泡」，由於水深有180cm我們無法直接用手在水底操作實驗器材，因此我們設計的實驗必需要能在水箱外遙控氣泡的釋放。

（一）氣泡產生器：

一開始我們使用打氣馬達向水中打入空氣的概念，製作了「氣泡產生器」，在實驗中我們發現，這個裝置藉由馬達和出氣口的配合，可以穩定且勻速的產生相同的氣泡，但當我們繼續深入研究之後發現，實驗裝置受到馬達排氣量、水壓及表面張力等因素的限制，使得這個裝置只能產生3mm到14mm的氣泡，我們就算使用極小的出氣孔也只能得到許多分裂的氣泡群，且氣泡群會互相撞擊干擾使實驗無法繼續進行，當我們遇到困難時也曾經查閱各種相關資料，也做出許多嘗試及改良，可惜還是無法達到我們實驗的要求，因此我們把之前的想法全部推倒重新來過。

（二）氣泡保存裝置：

這是一個全新的念頭，我們開始考慮把氣泡『抓』入水中，因此我們有了「氣泡保存裝置」的想法，就在順利的將氣泡送入水中之後，遇到了新的困難，我們發現當氣泡過小，氣泡會附著在玻璃上無法順利脫離，為此我們在裝置上增加了敲擊板的構造，當繩子拉動錶玻璃後，錶玻璃會與敲擊板發生碰撞，碰撞產生的振動可是使氣泡順利脫離，而我們的水柱高足以使氣泡重新回到穩定的運動狀態。

二、不同氣泡大小對上升速度、振盪頻率及振幅之關係：

（一）上升速度：

氣泡在水中運動時受到很大的阻力影響，因此當氣泡一離開裝置，很快就可以達到力的平衡，因此在實驗中氣泡的直徑大小對上升速度的影響不明顯。

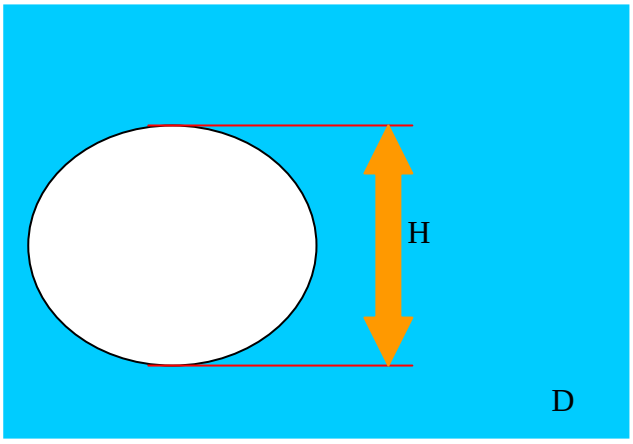
（二）振幅及頻率：

如圖十一，我們發現當氣泡直徑為1mm時，我們觀察到不會有左右振盪的現象，氣泡直徑在2mm到5mm時，氣泡直徑越大，左右振盪的振幅也隨之增大，且在氣泡直徑為5mm時左右振盪的振幅達到最大值4.3mm，當氣泡直徑在6mm到8mm時，當氣泡直徑越大，左右振盪的振幅也越小，當氣泡直徑為9mm以上時氣泡左右振盪的振幅有逐漸增大的現象，當氣泡直徑為11mm至14mm時，氣泡左右振盪的振幅都為4.2mm，而氣泡的直徑大小對左右振盪頻率的影響似乎不明顯。

對此提出我們的分析：

1. 如圖二十一，氣泡上下的壓力並不相等，當H較小時氣泡的壓力差較小，產生形變的作用力也較小，因此當氣泡直徑為1㎜時不會有左右振盪的現象。

2. 而氣泡直徑為2㎜至5㎜時，當H變大時氣泡的壓力差較大，產生形變的作用力有較大，所以氣泡直徑越大，左右振盪的振幅也隨之增大。



$$\triangle P = HD$$

△P：壓力差
D：液體密度
H：氣泡直徑

圖二十一：氣泡所受的壓力差

3. 當氣泡直徑為6㎜至8㎜的氣泡在進行振盪時，水的表面張力漸漸無法使氣泡維持完整的橢圓體結構，且在氣泡的底層會產生一個扁平狀的小突起物，如圖十五至圖十七，且我們也觀察到在氣泡振盪至最右端即將折返時，此小突起物會因慣性作用而繼續向右振盪，產生了類似於阻尼的效果，因此氣泡直徑在6㎜至8㎜時，當氣泡直徑越大，左右振盪的振幅越小。

4. 當氣泡直徑為9㎜至14㎜時，原先氣泡底層的突起物會增大至與氣泡成為一個整體，而使氣泡整體進行同步的振盪，因此氣泡直徑越大左右振盪的振幅也會越大，而氣泡直徑大於14㎜之後，則完全無法維持氣泡形狀而發生破裂。

陸、結論

一、氣泡左右振盪的振幅大小會受氣泡直徑大小所影響：

1. 氣泡直徑為1mm無振盪的產生。
2. 氣泡直徑為2mm至5mm時及9mm至14mm，振盪的振幅隨直徑增加而增加，其中5mm有最大的振幅。
3. 氣泡直徑為5mm至8mm時，振盪的振幅隨直徑增加而減少。

二、氣泡直徑大小對氣泡上升速度及左右振盪的頻率影響不明顯。

三、氣泡上升時，氣泡的形變外觀有週期性的變化。

柒、未來展望

實驗中我們發現氣泡上升時的左右振盪具有穩定的規律性，我們認為氣泡左右振盪的過程就是簡諧運動，且在我們這次的實驗中一直沒有找到明顯能影響振盪頻率的變因，未來我們希望能繼續從這兩個方向努力繼續我們實驗的旅程。

捌、參考資料

國中自然與生活科技 翰林版第四冊 p132~p165 民國 102 年 2 月初版 翰林出版事業
國中自然與生活科技 康軒版第五冊 p7~p11 民國 99 年 9 月初版 康軒文教事業

【評語】030104

1. 整體而言,作者完成了一個有趣的實驗,在解說時可以快一點，並切入重點。

2. 實驗內容可以再深入探討可能會較佳。

3. 非常詳盡的觀察，對複雜的氣泡現象有初步的描述。

4. 對基本的原理值得多花時間了解。