

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：浮沉人生大解密

一、摘要：

我們利用淨水器的濾芯容器，進行開放式浮沉子的下沉與上浮條件和順序的探究，搭配 U 形管內的水位高度上升來得知壓力變化情形。結果得到兩種下沉路徑，較快壓縮空氣使浮沉子在內壁附近直接下沉；而緩慢壓縮，浮沉子則會離開內壁至水面中央，持續進行氣體壓縮，待克服水的表面張力後才會下沉。接著探討重量和孔徑大小對沉浮的影響，在下沉實驗中，相同口徑時，重量愈重，所需的空氣壓縮量愈少，下沉愈快，且重量每增加 0.2 克重，空氣壓縮量增加 8ml 左右，而相同重量時，口徑愈大，下沉也愈快。而在上浮實驗中，呈現先降後升的結果，重量愈輕或孔徑愈小的浮沉子於下沉後反而最快上浮，但孔徑大小對上浮順序影響較小。

二、探究題目與動機

我們幾位同學在網路上看到有關浮沉子的影片，自己做過實驗後發現，每一顆不同的浮沉子下降和上升的順序有所不同，所以我們決定找出造成浮沉子下降和上升順序不同的原因。

三、探究目的與假設

- (一)製作浮沉子裝置：容器選擇→浮沉子選擇→U形管設計
- (二)下沉路徑之探討：貼著內壁下沉→離開內壁至水面中央處下沉
- (三)下沉及上浮順序之探討：進水孔大小之影響→總重量之影響

四、探究方法與驗證步驟

(一) 製作浮沉子裝置：

- 1.容器選擇：為避免容器本身的體積變化，首先使用玻璃瓶(圖 1)進行鑽孔加工，後來想到淨水器的濾心容器(圖 2)，運用其良好的密封效果良好，果真大幅提升裝置的氣密效果。
- 2.浮沉子選擇：浮沉子分為密閉式及開放式兩種，我們選用小型玻璃瓶(圖 3)作為我們實驗中的浮沉子，進行開放式浮沉子的變因探討。
- 3.U 形管設計：使用外徑 20mm 的壓克力管以及內徑 16mm 的塑膠軟管，加工接合製成。利用注射針筒(圖 4)壓縮空氣，藉由水位上升高度表示瓶內的壓力變化。(圖 5)



圖 1 玻璃瓶
鑽孔加工



圖 2 濾心容器，
氣密效果良好



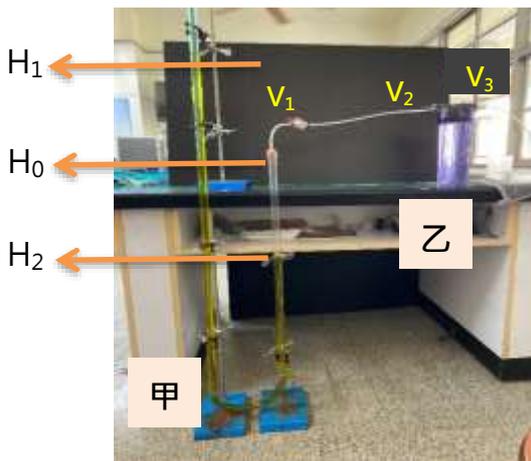
圖 3 玻璃瓶作為
開放式的浮沉子



圖 4 針筒進行
瓶內氣體壓縮



圖 5 U 形管測量
瓶內壓力變化



器材說明：

甲：U 形管，裝入染色的水

乙：濾心容器，內有浮沉子

H_0 ：1 大氣壓時的水位高度

H_1 ：裝置內氣壓增加後，左管水位高度

以 (H_1-H_0) 的高度差表示瓶內的增加壓力。

H_2 ：裝置內部氣壓增加後，右管的水位高度

V_1 ：1 號閥門，連接 U 形管右管及 2 號閥門

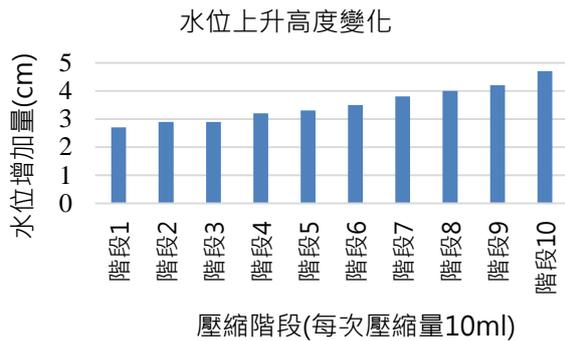
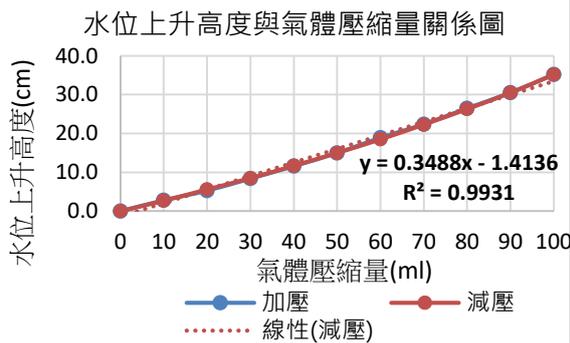
V_2 ：2 號閥門，連接 1 號閥門及濾心容器

V_3 ：3 號閥門，連接濾心容器及注射針筒

圖 6 浮沉子實驗裝置

4. 實驗裝置的氣體壓縮量與 U 形管水位上升高度

氣體壓縮量(ml)		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
水位高度(cm)	加壓	0	2.8	5.3	8.4	11.6	15.0	18.9	22.4	26.5	30.5	35.2
	減壓	0	2.7	5.6	8.5	11.7	15.0	18.5	22.3	26.3	30.5	35.2
	變化量		2.7	2.9	2.9	3.2	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.7



(1) 加壓和減壓過程中，氣體壓縮量和水位上升高度得到一致的結果，確認實驗裝置氣密效果良好，是可信賴的，且水位上升高度與氣體壓縮量之間呈現線性關係。

(2) 每次壓縮 10ml，水位上升量逐漸增加，階段 10 的水位上升量為階段 1 的 1.74 倍。

(二) 下沉路徑之探討：

1. 觀察與想法：測試浮沉子下沉過程中，我們發現存在兩種下沉路徑，其示意圖如下方所示(圖 7)，因此進行兩種路徑的壓力比較。

2. 操作方法：注射針筒進行較快壓縮，紀錄浮沉子貼著內壁下沉及再上浮條件；進行較慢壓縮，紀錄浮沉子離開內壁至水面中央下沉及再上浮的條件。

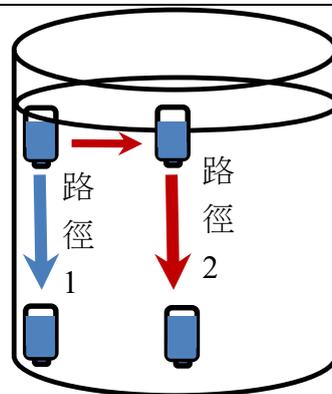


圖 7 下沉路徑示意圖

裝置條件：瓶內水量 1110ml；浮沉子總重量 6.48gw；排水孔 7.16mm					
	下沉路徑 1		下沉路徑 2		
觀察情形	下沉	上浮	離開內壁	下沉	上浮
壓縮體積(ml)	65.0	49.7	61.5	82.9	56.7

3. 分析：

- (1) 我們觀察到隨著氣體壓縮量的增加，浮沉子不會立刻下沉而是持續停留於水面一段時間，且此時水面下凹(圖 8)，因水的表面張力提供向上的力量，故延遲了下沉的時間點。
- (2) 針筒由 100ml 刻度處開始壓縮，過程中如採取較快壓縮，每次壓縮停留 1~2 秒，浮沉子會貼著內壁直接下沉至底部，且壓縮量平均值為 65.0ml；又若過程中採取緩慢壓縮，每次壓縮停留 4~5 秒，便會發現空氣壓縮量於 61.5ml 時，浮沉子離開玻璃內壁至水面中央停留，至壓縮量為 82.9ml 時開始下沉。
- (3) 兩種下沉途徑空氣壓縮量相差 17.9ml，原因為表面張力在水面中央最為對稱，展現出最大值，而貼著內壁下沉時，則因水和玻璃間的吸附力(圖 9)減少了所需的氣體壓縮量。
- (4) 當浮沉子下沉後，釋放壓力並不會立即上浮，也是表面張力存在的證明。



圖 8 浮沉子在水面中央，受到表面張力作用



圖 9 浮沉子在側壁，受到表面張力作用

(三) 下沉及上浮順序之探討：

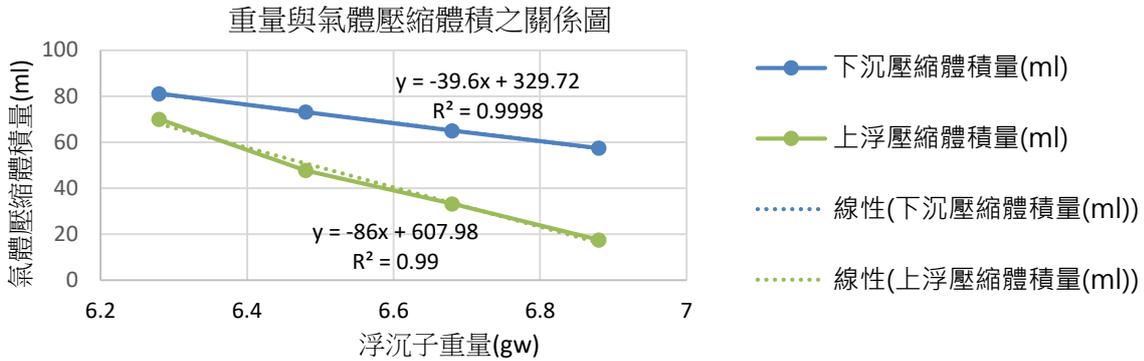
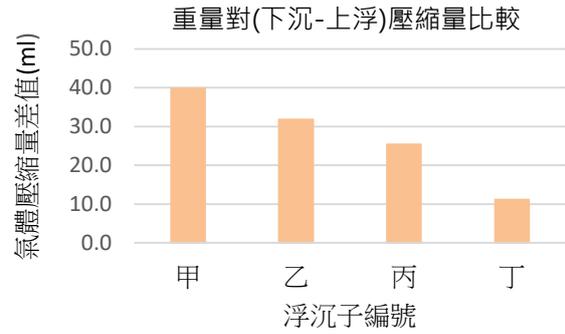
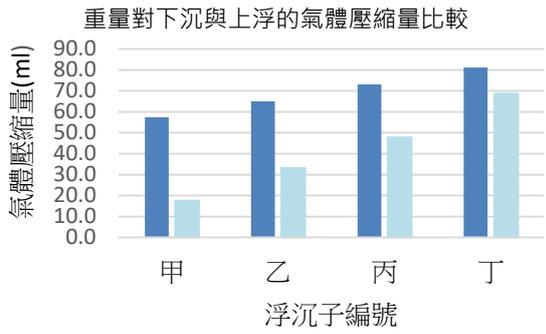
我們假設浮沉子的總重量和進水的難易度會影響下沉的順序，也連帶影響了上浮的結果，因此設計以下的實驗。

1. 總重量的影響

(1) 所需氣體壓縮量之比較

- ◎ 裝置條件：瓶內水量 1110ml；排水孔 7.16mm，水溫 24 度
- ◎ 浮沉子總重量：(甲)6.88gw (乙)6.68gw (丙)6.48gw (丁)6.28gw
- ◎ 下沉路徑：離開內壁至中央處下沉

浮沉子編號	甲	乙	丙	丁
浮沉子重量(gw)	6.88	6.68	6.48	6.28
下沉壓縮體積量(ml)	57.4	65.0	73.1	81.1
壓縮體積差值 (ml)		+7.6	+8.1	+8.0
上浮壓縮體積量(ml)	17.6	33.2	47.7	70.0
壓縮體積差值 (ml)		+15.6	+14.5	+22.3
(下沉-上浮)壓縮量差值(ml)	39.8	31.8	25.4	11.1



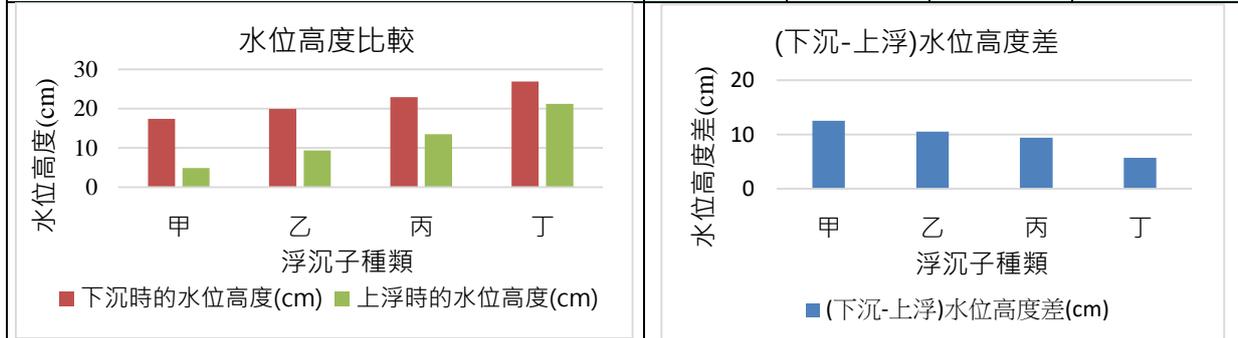
- ①下沉部分，浮沉子的重量愈重，下沉愈快。在我們的裝置中，總重量為 6.88gw 的浮沉子，氣體壓縮量達 57.4ml 開始下沉，而 6.28gw 的浮沉子則須達到 81.1ml 的壓縮量才會下沉。
- ②浮沉子重量變化與下沉所需的氣體壓縮量變化一致。重量增加 0.2gw，氣體壓縮量規律增加 8.0ml 左右。但在與上浮的氣體壓縮量差異表現較不一致。
- ③上浮部分則和下沉順序相反，重量最輕的浮沉子氣體壓縮量由 81.1ml 減少至 70.0ml 時便開始上浮，呈現出先降後升的結果。
- ④升降的壓力差部分，呈現出浮沉子重量愈大，上浮與下沉的氣體壓縮量差值也愈大；重量愈小，氣體壓縮差值也隨之明顯減少。6.88gw 的浮沉子壓縮量達 57.4ml 方才下沉，但持續停留在水底至壓縮量減少至 17.6ml 時，才開始上升，差值高達 39.8ml。
- ⑤下沉及上浮部分，所需的氣體壓縮量和重量均可得到各自的線性關係，在相近的重量範圍內，可透過此公式預測所需的氣體壓縮量。

(2) 所需瓶內壓力變化之比較

我們取得下沉及上浮時的氣體壓縮量之後，再透過自製 U 形管內的水位上升高度來測量裝置內的壓力值，並且計算出壓力差來進行比較。

浮沉子編號	甲	乙	丙	丁
浮沉子重量(gw)	6.88	6.68	6.48	6.28
下沉壓縮體積量(ml)	57.4	65.0	73.1	81.1
下沉時的 U 形管水位上升高度(cm)	17.8	19.9	22.9	26.7
[下沉時的壓縮量/上升高度]之比值(ml/cm)	3.2	3.3	3.2	3.0

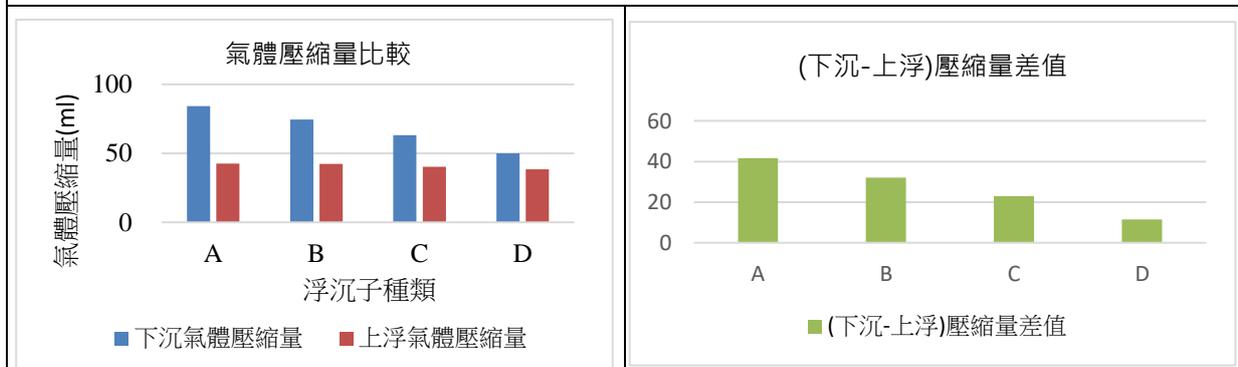
上浮壓縮體積量(ml)	17.5	33.2	47.7	70
上浮時的 U 形管水位上升高度(cm)	4.9	9.4	13.5	21.2
上浮時的壓縮量/上升高度之比值(ml/cm)	3.6	3.5	3.5	3.3



- ①同樣地，浮沉子重量愈小，下沉所需增加的壓力較大，以 6.28gw 的浮沉子為例，下沉時瓶內增加的氣壓為 6.88gw 的 1.5 倍。
- ②我們也分析了氣體壓縮量與水位上升高度的比值，以 6.28gw 丁浮沉子比值最小，下沉時平均壓縮 3ml 空氣量可使水位上升 1cm；上浮時則是平均壓縮 3.3ml 空氣量可使水位上升 1cm。
- ③在進/排水孔相同的條件下，愈輕的浮沉子愈慢下降，但最快上升。

2. 進水孔徑之影響

- ◎ 裝置條件：瓶內水量 1110ml；浮沉子重量 6.48gw；水溫 26.8 度
- ◎ 浮沉子進/排水孔大小：(A)2.9mm (B)3.5mm (C)4.5mm (D)5.5mm
- ◎ 下沉路徑：離開內壁至中央處下沉



- (1) 重量相同時，進水孔愈大，浮沉子變愈快下沉，但愈慢上浮。
- (2) 相同重量之下，進水孔大小對上浮條件的影響較小，造成的壓縮量變化較小。

3. 綜合比較

我們將相同重量不同孔徑以及相同孔徑不同重量的浮沉子，共 8 個，進行比較，得出下沉及上浮的順序。

下沉順序	編號	重量	孔徑	上浮順序	編號	重量	孔徑
1	D	6.48	5.5	1	丁	6.28	7.2
2	甲	6.88	7.2	2	丙	6.48	7.2
3	C	6.48	4.5	3	A	6.48	2.9
4	乙	6.68	7.2	4	B	6.48	3.5
5	丙	6.48	7.2	5	C	6.48	4.5
6	B	6.48	3.5	6	D	6.48	5.5
7	丁	6.28	7.2	7	乙	6.68	7.2
8	A	6.48	2.9	8	甲	6.88	7.2

(1)下沉部分中因為每次實驗時的水溫不同，水的表面張力也有所不同，可能對下沉順序有些微影響。但仍可判斷下沉趨勢為：較重的重量搭配較大的孔徑，下沉速度較快；較輕的重量搭配較小的孔徑，下沉速度則較慢。

(2)上浮順序則和重量有較大之關聯，重量愈輕，上浮愈快，而孔徑大小則較無相關。

五、結論與生活應用

- 1.我們運用 RO 淨水器的濾心罐做為容器，以小型玻璃瓶作為開放式的浮沉子，搭配注射針筒定量壓縮空氣，紀錄浮沉子下沉和上浮所需壓縮量，再透過 U 形管觀察過程中的壓力變化。
- 2.利用我們自製的實驗裝置進行系統的加壓和減壓，再觀察 U 形管內的水位變化，實驗結果一致，也得到水位上升高度和空氣壓縮量間的線性關係，確定我們裝置是可信賴的。
- 3.存在兩種下沉路徑，氣體較快壓縮造成浮沉子於容器內壁旁直接下沉，所需的壓縮量較少；而較慢壓縮則會使得浮沉子離開內壁前往水面中央，待壓縮量為前者 1.27 倍時開始下沉。判斷應是水的表面張力大小不同所致。
- 4.下沉後，系統減壓過程，浮沉子仍停留在底部不會立即上升，顯示下沉所需克服的力量為浮力和表面張力之總和。
- 5.進水孔徑相同時，浮沉子重量愈重，愈快下沉，且在我們的實驗裝置中得到重量增加 0.2gw，氣體壓縮量規律增加 8.0ml 左右。而減壓時則相反，是呈現浮沉子重量愈輕，愈快上浮，為先降後升的結果。
- 6.重量相同時，浮沉子孔徑愈大，下沉愈快，但上浮所需的壓縮量則相近，顯示重量對上浮的影響較大。
- 7.綜合比較 8 個浮沉子的下沉及上升順序，其趨勢為較重的重量搭配較大的孔徑，下沉速度較快；較輕的重量搭配較小的孔徑，下沉速度則較慢。且上浮順序則和重量有較大之關聯，重量愈輕，上浮愈快，而孔徑大小則影響較重量小。

六、參考資料

1. 浮沉玩偶 設計者：蕭次融教授 <http://teacher.klsh.kl.edu.tw>
2. 梅期光(2016),『實作』水壓力握力器與浮沉子救生員
https://www.ps-taiwan.org/Bimonth/article_detail.php?classify=c6&cid=101