

創意浮沉子

李敏淑 蕭次融

浮沉子或與其相關的名詞，在網路上可以找到許多資料，但多用於教學或遊戲。至於將浮沉子用於競賽的，則無論中外只有遠哲科學教育基金會，首創於1995年的第一屆遠哲科學趣味競賽，以「浮沉玩偶」為主題。之後也比賽多次，都有所創新，請見參考文獻。本屆的「創意浮沉子」有異於以前的競賽者有二：(一)活動一的「依序沉浮」競賽中的浮沉子個數沒有上限，而對於未依序沉浮或中途故障的浮沉子，加了罰則。(二)在活動二增加了一項「催眠氣功」，共有兩個新增的操作，「催眠」要使浮沉子沉在瓶底至少5秒鐘，以及「氣功」要使沉在瓶底的浮沉子浮上來。如此的創新項目，不僅可以增加競賽的鑑別度，更增加了操作浮沉子的趣味性。

一、目的

本活動要求學生以簡單的器材製作浮沉子，親自調整浮沉子的密度以體驗浮力原理。探究從「寶特瓶外」施壓寶特瓶時，瓶內物體沉浮的變因，並操控浮沉子的沉浮次序，享受操控浮沉子沉浮的樂趣。進而比賽如何操控寶特瓶的施壓最能使浮沉子如意沉浮，例如使其依序下降，反序上升等等動作。

二、原理

物體在水中，若其密度大於其周圍的水密度，物體就會下降。反之，若小於水的密度，物體就不會下降，而沉下的物體就會上升。若兩者的密度相等，物體就會停在水中的任意深度。物體的密度(D)與質量(M)以及體積(V)的關係，可以用式子表示如下：

$$D = \frac{M}{V}$$

由上式可知要改變物體的密度有兩種方式：一為固定 M ，改變 V ；另一為固定 V ，改變 M 。就本活動所討論的浮沉子而言，這兩種方式均可以做到，均可以使浮沉子的密度比水的密度大或小，甚至相等。若能夠如此調整就可操控浮沉子的下降或上升，甚至停在水中。

「帕斯卡原理」說：「密閉流體的任一部分受壓，所受的壓力會傳至流體的每一部分，大小不變」。因此，在裝滿水的密閉寶特瓶，在瓶外的任一地方施壓，瓶內的浮沉子均會感受到壓力。若浮沉子有小孔可讓水進出，則水會從小孔進入浮沉子內，浮沉子增加質量因此密度變大而往下降；若放鬆壓力，則被壓進浮沉子內的水就會流出來，浮沉子減輕質量而浮上來。由此可知改變小孔的大小，控制水從小孔進出的難易與快慢，就可控制浮沉子增減質量的快慢。小孔的孔徑約在0.3mm時，最容易控制浮沉子增減質量的速率。

若浮沉子完全密閉，水不能進出浮沉子，就不能改變其質量，但若能改變其在水中的體積，就

如阿基米得原理所說，物體在水中所減輕的重量（亦即浮力）等於該物體所排開的同體積的水重，因此可以改變其所得的浮力，亦即施壓時體積變小，浮力變小而下降；反之減壓時體積會恢復脹大，如此改變手壓就可以操縱其沉浮。例如用塑膠滴管所製成的密閉浮沉子，因塑膠的軟硬不同以及施壓的不同，浮沉子受壓改變體積的程度以及快慢的速率不同，就可以因其在水中所得浮力的改變，用來控制其沉浮次序。

三、活動一 依序沉浮

(一)場地

課桌椅或與其相當的桌子。

(二)使用器材

1. 大會提供

吸管（吸飲料用的，內徑約0.5~0.7cm）10支，銅釘（5分或6分）80支（剩餘的銅釘請交還大會）

2. 學生自備

寶特瓶（無色透明，約500~700mL至少3個）、打火機、蠟燭、蠟燭墊（不得使用其他火源，違者取消該隊參賽本項資格）、鉗子、尺、剪刀、美工刀、簽字筆（油性）、橡皮筋、透明膠帶、透明容器（調整浮沉子用，例如燒杯、塑膠杯、剪掉上半部的寶特瓶等等）、抹布、浮沉勾（見附件三）

(三)競賽說明

1. 操作方式

- (1) 在現場製作每組n個浮沉子（n必須大於等於4，製作方法，見附件一。所有附件均為參考資料，比賽時，以競賽手冊本文為準。）共3組，並且要在浮沉子的上端兩面編寫號碼。
- (2) 每隊要製作3組浮沉子，隊員可以合力製作3組浮沉子，但比賽時，必須各自操控一個寶特瓶（寶特瓶不能相互借用）。寶特瓶必須要用橡皮筋套在瓶身的中段，並用透明膠帶固定作為「中線」。
- (3) 隊員必須各自調整浮沉子，使其能依編號（1、2、3、...、n）順序下降後，再依順序（n、...、3、2、1）上升。
- (4) 製作與調整浮沉子的時間共30分鐘。

2. 注意事項

- (1) 操控浮沉子時，必須一個浮沉子完成動作後，才輪到下一個，例如下降時，1號浮沉子完全沉到瓶底，其他浮沉子全部浮在瓶內的上端，而且每一個浮沉子的頭部都要頂到水面，即所謂的「頂天立地」，等候裁判認定1號浮沉子已完成動作後，說「下一個」口令時，才可

使2號浮沉子開始下降，而在2號的浮沉子下降的過程中，1號浮沉子要「立地」，3號以上的浮沉子要「頂天」等候。

- (2) 操作「下降」時，任一浮沉子的下端過了「中線」，就「視同下降」，若該浮沉子不該下降而下降，就算違規下降。要下降的浮沉子過了中線後，要使其底端立在寶特瓶的底部，亦即「立地」後，才可以視為完成了下降的動作。
- (3) 操作「上升」時，注意事項類同上述的下降動作，亦即最後下降的n號浮沉子上升到「頂天」，裁判說「下一個」口令後，(n-1)號的浮沉子才可開始上升的動作。在上升的過程中，n號要頂天，(n-2)號以下的浮沉子均要立地等候。
- (4) 在操作「上升」的過程中，任一浮沉子的頂端過了「中線」，就「視同上升」，因此，若該浮沉子不該上升而上升，就算違規上升。
- (5) 已依序完成上升動作的浮沉子，在操作其他浮沉子上升時，因任何原因而再下降了，就視同違規。
- (6) 操作1~4號的浮沉子時，不管下降或上升，均須單手操控（單手壓放寶特瓶），違者不計雙手壓放寶特瓶的該項（指那一個正在下降或上升的浮沉子）成績。
- (7) 活動一每人的操作時間共100秒。
- (8) 本項活動所需的浮沉子，雖然必須在現場指定的時間內製作，但因其製作與調整吸水量，均需要相當多的練習才能熟練，而所需材料均很容易取得，因此建議各位參賽者，要在事先勤加練習製作與操控浮沉子。

3. 評分標準

- (1) 任何依序下降或上升的每一個浮沉子，成功者各得1點；未依序下降或上升的浮沉子，亦即下降時超前或落後，上升時落後或超前，則視同違規，而每一違規扣2點。
- (2) 例如表1中的例1，下降的順序是1253476，則因5號與7號的浮沉子超前下降，就視為違規，因此只剩下12346號（表1中數字的頂上有一黑點的記號）的5個浮沉子依序下降，所以得5點，但5號與7號的浮沉子，因違規各扣2點，如此(5-4)，結果只得1點；若是如例2，下降的順序是1324567則因134567號的浮沉子均為順號下沉，可得6點，但2號落後下降，扣2點，結果6-2得4點；若是如例3的順序2135476，則只能得4點，但要扣違規的146的3個浮沉子，結果4-6得負2點。同理，上升時也以類似的方式計點，示例如表一。
- (3) 由以上所舉例子，可知要得到好成績不在於多，但要確實。在此，確實包含兩個項目：一為製作，另一為調整密度。若浮沉子頂端沒封好漏氣，則寶特瓶一壓，浮沉子就沉下去，再也浮不上來，如此不僅影響其他浮沉子的下降次序，更會影響上升的次序，導致負點，成為害群之馬。
- (4) 凡是放進寶特瓶內的浮沉子，比賽一開始均算數，學生不得宣布放棄，不繼續比賽（即使明知會得負點）。
- (5) 操作1~4號的浮沉子，必須單手壓放寶特瓶，違者該號浮沉子不計績，例如操作4號浮沉子

下降時用雙手壓寶特瓶，則該4號的下降不計績，但可以繼續用雙手壓寶特瓶，5號以上的浮沉子均可計績。操作上升時亦同。

(6) 每隊三人的成績加總（正點與負點均要算），作為該隊活動一的成績。

表一：依序沉浮的計點方式舉例

例	下降		上升	
	次序	得點	次序	得點
1	$\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{7}\overset{\cdot}{6}$	5-4=1	$\overset{\cdot}{7}\overset{\cdot}{6}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}$	5-4=1
2	$\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{6}\overset{\cdot}{7}$	6-2=4	$\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{6}\overset{\cdot}{7}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{3}$	4-6=-2
3	$\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{7}\overset{\cdot}{6}$	4-6=-2	$\overset{\cdot}{6}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{7}$	4-6=-2
4	$\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{4}$	4-2=2	$\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{5}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{1}$	4-2=2
5	$\overset{\cdot}{1}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{4}$	4-0=4	$\overset{\cdot}{4}\overset{\cdot}{3}\overset{\cdot}{2}\overset{\cdot}{1}$	4-0=4

註：表中次序欄的數字表示浮沉子的編號，數字上標有一小點的，表示該浮沉子下降或上升成功，可各得1點。沒有標小點的為違規超前或落後下降，以及超前或落後上升的浮沉子，各扣2點。

四、活動二：聽話沉浮

(一)場地

課桌椅或與其相當的桌子。

(二)器材

1. 大會提供

無

2. 學生自備

見材料總表

(三)競賽說明

1. 操作方式

- (1) 活動二的浮沉子，其製作無任何限制，因此材料自備，浮沉子的形狀也不限，但瓶子必須無色透明約500~700mL的塑膠瓶，兩個浮沉子(長度必須各小於5公分，製作方法見附件一)，而且浮沉子的正面與背面均要標明A與B(用油性筆寫在浮沉子任一部位的兩面)。於比賽前預先製作完成三組浮沉子攜至會場。在本項競賽開始前，要自行檢查並調整好，等候比賽。
- (2) 本活動的比賽共有6個項目，而每一項目有兩個操作，因此共有12個操作，如後述。
- (3) 比賽時，在每一動作前要先宣告何種操作，以利評審，而每一操作只有兩次機會。
- (4) 計點方式舉例如下：為說明方便，兩個浮沉子分別以A與B代表(兩個浮沉子應標明A與B，並塗以不同顏色以利裁判分辨)。例如下降時A先下降然後B下降，簡記為「A先降B後降」；上升時B先上升然後A上升，則記為「B先升A後升」。同時上升或下降，則在A與B之間以短線相連，並用()括在一起，如操作5與操作6：

1) 順向降升

操作1：A先降B後降；

操作2：B先升A後升。

2) 逆向降升

操作3：B先降A後降；

操作4：A先升B後升。

3) 同時降升

操作5：(A-B) 同時下降；

操作6：(A-B) 同時上升。

兩個浮沉子要並肩下降與上升，以至多不相差1公分或浮沉子的一半高度為原則。

4) 上下交換

操作7：A上升；B下降。

兩個浮沉子要在幾乎同一時間，A從瓶底往上升、B從瓶頂往下降，約在瓶子的中段相遇，亦即A與B，上下交換位置。

操作8：A下降；B上升，操作7的反向。

5) 等候迎送

操作9：一個停在瓶子的中區，另一個由底部上升至頂端。

操作10：一個停在瓶子的中區，另一個由頂端下降至底部。

在操控操作9與操作10的過程中，停在中區的浮沉子，頭與腳都不能超過上下分隔線。

6) 催眠氣功

操作11：手壓寶特瓶使任一浮沉子下降，沉在瓶底，手離開瓶子後，沉在瓶底的浮沉子必須停留在瓶底至少5秒鐘。

操作12：手再壓寶特瓶使沉在瓶底的浮沉子上升，升到頭頂天。

註：以上說明僅供參考，比賽時上舉六大項目的操作次序不拘，但要事先告訴裁判要操作的項目。

2. 注意事項

- (1) 寶特瓶要用兩條橡皮筋套在瓶身，並以透明膠帶固定作為分隔線。如此將瓶子分為高度幾近相等的三個區域：(上)、(中)、(下)。
- (2) 操作1至4時，要有一瞬間保持浮沉子一個在(上)區頂天，一個在(下)區立地。
- (3) 操作5與6是「同時升降」，因此操作時，兩個浮沉子要一起升或降，並且在上升或下降過程中的任一時刻，兩個浮沉子的高度相差以不大於1公分或半個浮沉子的高度為原則。
- (4) 操作7與8是「上下交換」，因此操作時，要兩個浮沉子一升一降，在(中)區相會，然後錯開各自繼續升降。因此在開始操作時，兩個浮沉子必須一個在頂端(頂天)，另一個在底部(立地)。操作時，除需要幾乎同時升降之外，亦必須在中區相會後，繼續各自升降。
- (5) 操作9與10是「等候迎送」，因此操作時，必須將兩個浮沉子中的一個先停留在(中)區等

候，以便迎送另一個浮沉子上升或下降。

(6) 以上10個項目，比賽一開始，就不能打開或調整瓶蓋。

(7) 要比賽操作11與12之前，可以打開瓶蓋調整瓶內壓力，但不得取出浮沉子。若在操作1~10之前，先比賽操作11與12，則可在操作11與12之後，打開瓶蓋以調整瓶內壓力，但同樣不得取出浮沉子。

(8) 每人的操作時間共100秒。

3. 評分標準

(1) 計點方式：每一規定操作成功得1點，失敗不計點。

(2) 操作時，寶特瓶可以放在桌上，也可以手持瓶子，以單手操控浮沉子的下降或上升，不得用雙手壓放寶特瓶，違者不計該操作的成績。

五、評等

(一) 活動一：三個人的得點（包括正點與負點）相加，按得點總和高低排序後，依六等第計分法（見表二）計分，得成績 x 。

(二) 活動二：三個人的得點相加，按得點的總和高低排序後，依六等第計分法計分，得成績 y 。

(三) 名次

1. 活動一的成績（ x ）加上活動二的成績（ y ）得 z 。

2. 依 z 的高低排序後，再以六等第計分法計分與名次，分數最高的隊伍頒發單項競賽優勝獎。若分數相同時以活動一得分高者獲得，若活動一的分數再相同時以活動一的原始得點高者為單項競賽優勝獎。

3. 本項競賽的得分與大會的另外三項競賽成績相加後，依成績高低排序，總成績高者，依序頒發大會獎，總成績相同時，依競賽手冊中各競賽項目的排序一一參酌，以其得分作為評比的標準。

4. 六等第記分法如表二：

表二：六等第記分法

名次	一	二	三	四	五	六
隊數	1	3	6	10	15	其它
得分	30	21	15	12	9	6

六、活動三：創意浮沉子

競賽說明

1. 只要能符合以手壓寶特瓶的方式操控瓶內浮沉子的下降與上升即可，沒有任何限制。歡迎有創意的造型與創意的操作，例如美麗的舞女跳華爾滋、操控三個或以上的浮沉子變序沉

浮、或浮沉子沉浮時可發亮等等創意作品。

2. 要繳創意作品書面報告（包括文字、圖或照片，至多A4紙兩頁）
3. 活動三的評分方式，依整體創意40%、功能20%、美觀20%、書面報告20%等特色評分，得分最高的隊伍，頒發創意獎。此項評分獨立計算，不列入總成績內。
4. 活動三單獨計績，與活動一、二的成績無關。

七、競賽時間

(一)製作時間（含競賽說明）：30分鐘

(二)評審時間（含評分說明）：30分鐘

八、總評分

活動一與活動二，分別排序，以六等第計分後，兩部份的分數相加即為本項目成績。最高分者若不只一隊則以活動一成績較佳者為第一名，可獲單項冠軍。

活動三，創意競賽成績不併入大會獎計分，另予頒發數名創意獎。

九、給評分者的建議

(一)檢查事項

1. 活動一

- (1) 寶特瓶用橡皮筋圈一條中線（要檢查是否用透明膠帶固定），將瓶子分為上下大致相等的兩區域。
- (2) 每一個浮沉子是否都在適當位置的雙面寫編號。
- (3) 製作浮沉子時，只可以用打火機或蠟燭。

2. 活動二

- (1) 寶特瓶上是否用透明膠帶固定了橡皮筋，將瓶子分成上、中、下等三區域。
- (2) 兩個浮沉子分別寫有A與B，並塗以不同的顏色。

3. 檢查未通過者，可在3分鐘內補全（該隊比賽延後兩輪），否則取消該項目未通過者的參賽資格。

(二)學生操作

1. 比賽活動一時

- (1) 寶特瓶可放在桌上，或手拿瓶子懸空操控均可，但要注意在操控1~4號浮沉子的下降與上升時，必須單手壓放寶特瓶。
- (2) 注意每一操作必須確實，亦即遵守「頂天立地」，學生完成一個動作後必須喊口令「下一個」，學生才可以啟動下一個動作。

(3) 比賽一開始，就不能打開瓶蓋取出浮沉子，因此損壞的浮沉子，沉在瓶底，無論在操作下降或上升時，均視同違規，各扣2點。

2. 比賽活動二時

(1) 瓶子可置於桌上，但只可以單手壓放寶特瓶；也可以一手托瓶底，另一手壓放寶特瓶。

(2) 必須要求學生先宣告做何操作，才可允許開始動作，而且每一操作只能做兩次，若失敗，該操作沒有成績，但還可以繼續作下一個操作。

(三)節省時間：活動一與活動二的評審要同時進行。

十、給競賽者的建議

(一) 請參考「給評分者的建議」，確實做到符合各檢查項目以及操作時應注意事項。

(二) 活動一與活動二的器材均容易取得(若無法取得，請洽遠哲科學教育基金會，電話2363-3118)，因此要事先勤加演練。製作與操作方法，請參考附件一、二、三。

(三) 活動一的n個浮沉子，要在適當位置的兩面均要寫編號，違者會被取消參賽資格。

(四) 調整活動一的沉浮次序很費時，因此要事前勤加練習。

(五) 切記：比賽一開始，就不能打開瓶蓋，沉在瓶底的浮沉子就取不出來，在操作下降或上升時均會遭扣2點，因此製作與調整浮沉子均要確實，以免成為害群之馬。

(六) 活動二的兩個浮沉子，水的進出孔較大的一個為A，其密度較大。水的進出孔較小（孔徑約在0.3mm）的一個為B，調整浮沉子內的水量，使其密度稍小於A，兩個浮沉子的密度，可能只差半滴水。只有如此才能輕輕施壓瓶子，A就能先於B下降，輕輕放鬆手壓，B才會先於A上升，而且才會易於完成其他的操作。

(七) 活動二的裝置，因必須事先製作，因此時間一久，瓶內的水可能會有氣泡或長霉菌，會影響浮沉子的沉浮。因此建議使用煮開過的熱水，等稍冷後倒入寶特瓶並蓋好瓶蓋（不要太緊），等其冷到室溫，才放入浮沉子調整其沉浮。

(八) 兩個浮沉子，除了要用油性筆標記A與B之外，還要著不同的顏色，以利分辨。

十一、參考文獻

1. 蕭次融，「浮沉潛艦」，在〈動手玩科學2〉，pp.10~17，遠哲科學教育基金會，台北，2002年9月。
2. 蕭次融，「聽話的浮沉子」在〈第十三屆遠哲科學趣味競賽〉分區手冊，pp.17~34，2007年7月。
3. 蕭次融、余甄紘，「聽話的浮沉子」pp.31~35，307期，2008年4月；「跳號沉浮的浮沉子」pp.35~39，308期，2008年5月，科學教育月刊，台灣師範大學。

十二、材料總表

名稱	品名	規格	數量	備註
活動一	吸管		10支	大會發給
	銅釘	6分長	80支	
	寶特瓶(無色透明)	約500~700mL	3支	自備
	茶杯或燒杯(透明)	約250mL	3個	
	簽字筆	油性	2支	
	剪刀		1把	
	美工刀		1把	
	蠟燭		3支	
	蠟燭墊		3個	
	打火機		1個	
	鉗子		3把	
	橡皮筋		10條	
	膠帶	透明	1個	
浮沉勾	見附件三	3支		
活動二	聽話沉浮	見附件二	3套	自備

十三、時間總計

- (一)本項競賽時間：共計60分鐘
- (二)製作時間(含說明及領取材料) 18隊共30分鐘
- (三)評審時間：18隊共30分鐘
 - 附件一、浮沉子的製作與操作
 - 附件二、聽話浮沉子的製作與操作
 - 附件三、浮沉勾的製作

附件一、浮沉子的製作與操作

浮沉子的種類很多，作法亦多。以下僅舉簡便的例子供作參考：

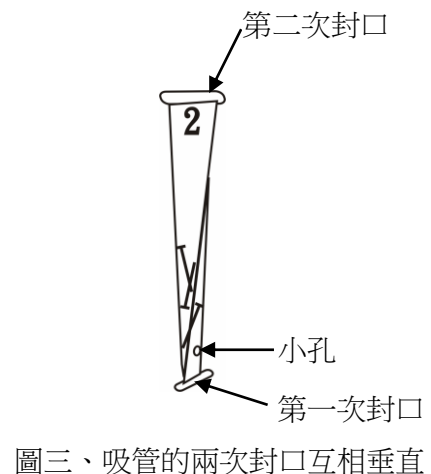
(一)使用吸飲料用的吸管製作浮沉子

1. 剪一段吸飲料用的吸管（約 5 公分長），用打火機、酒精燈或蠟燭火焰底部的外焰熱一熱（吸管靠近外焰，不可放進焰內），使吸管稍微熔化後用鉗子夾緊，以封住管口如圖一，或放在瓶蓋上，用打火機或剪刀等的邊緣壓扁管口，使其密封，如圖二。
2. 在吸管內放入2~4支（視吸管的粗細與長短而定）的銅釘（不易生鏽）後，用同樣的方式封住吸管另一頭的管口。封這一個管口時，最好要與先前封住的管口垂直，如圖三。然後在兩端均封了口的吸管上端寫一個號碼（例如圖三的上端寫一個2字），另一端用另一支銅釘扎一小孔，如圖三中吸管的末端有一小孔。
3. 同上述製作步驟1與2的方式，製作一組n個浮沉子，並在浮沉子的上端兩面都分別寫編號1~n。



圖一、使用鉗子製作浮沉子

圖二、用打火機壓扁(封住)管口



圖三、吸管的兩次封口互相垂直

(二)觀察浮沉子的沉浮

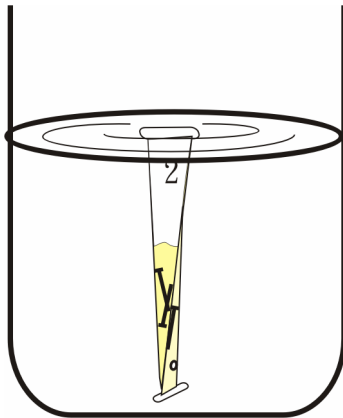
1. 將製作好的浮沉子，放入透明茶杯的水中（注意看浮沉子的末端，有一小孔的那一端要在下面），用手指壓扁浮沉子的中腹部位後，在水中放開手指，浮沉子就會吸進一點水。
2. 要細心調整浮沉子內的水量，當手指放開後，浮沉子必須只露出水面一點點如圖四，如果不是這樣就要重覆步驟1。
3. 調整好的浮沉子放入寶特瓶（瓶內裝水約9.5分滿），蓋緊瓶蓋後，用手掌輕壓瓶子，試試浮沉子是否會沉下瓶底？放鬆壓力，浮沉子是否會浮上來？若不是，就必須取出浮沉子，重新在杯中調整浮沉子內的水量，很可能只差一滴或半滴水而已。然後再放入茶杯內，確定

其浮沉情況適當後，才可放入瓶內再試。

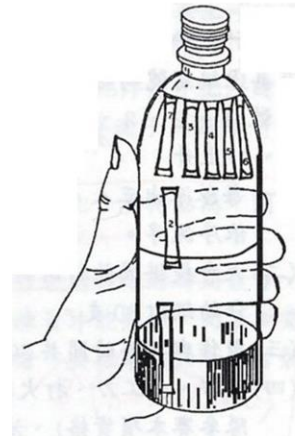
- 4.若成功了，就注意觀察浮沉子的沉浮過程中，浮沉子內的水面是否上升或下降，其水面高低相差如何？由此可調整浮沉子的沉浮次序。

(三)操控浮沉子依序沉浮

- 1.將編號1與2的浮沉子，同前述步驟1~3的方法調整，放入寶特瓶內，當手掌壓寶特瓶時，是否1號會先下降，之後2號才開始下降？放鬆手壓時，2號會先於1號浮上來？
- 2.同樣方法調整浮沉子3號後，放入寶特瓶內，試一試3個浮沉子是否會依序下降，並反序浮上來。若成功了，就用同樣的方法調節4~n號的浮沉子，在茶杯內調整其浮沉程度適當後，才放入寶特瓶內。試試所有浮沉子是否會依序下降，反序上升，以挑戰聽話的n個浮沉子，如圖五。



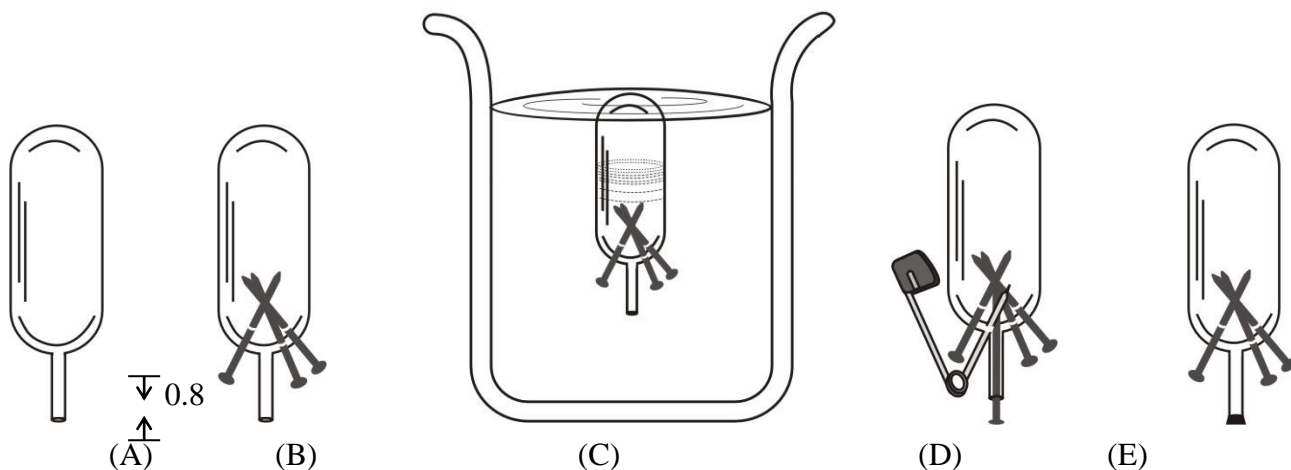
圖四、浮沉子的頂端，只露出水面一點點



圖五、操控浮沉子的方式

(四)使用滴管製作可變序沉浮的浮沉子

- 1.取滴管（塑膠製，容量1mL）數支。以油性色筆分別寫號碼。
- 2.將吸管的細長部分剪掉，只留約0.8公分，如圖六(A)。
- 3.從滴管頭部靠近細管的地方插入銅釘（不易生鏽）3~5支如圖六(B)，即成「浮沉子」。
- 4.將浮沉子置於杯內的水中，試其浮出水面的高度，用手指在水中輕壓浮沉子，當手指一鬆，水即進入浮沉子，增加其質量。取出浮沉子，輕壓，水即滴出，浮沉子減重。如此反覆，調整浮沉子浮出水面的高度，使其只露出水面一點點即可，如圖六(C)，即成為可變質量的浮沉子。
- 5.若在吸管口插入一支銅釘，封閉管口，或採用下述步驟6的方法，用打火機加熱封口，而以別針在吸管頭戳一小孔（孔徑約0.2~0.3mm）如圖六(D)，然後如同步驟4調整浮沉子的浮沉程度，就可由小孔的大小，控制水進出小孔的速率，進而控制浮沉子的沉浮次序。
- 6.若要完全封閉浮沉子，如圖六(E)，則用打火機或蠟燭的火焰熱一下細管口，至受熱部分變成透明，然後在瓶蓋上或桌上用打火機的側面壓一下，或用鉗子夾緊便可完全封閉浮沉子。



圖六、使用點滴吸管製作浮沉子的程序

(五)使用吸飲珍珠奶茶用的粗吸管製作可變序沉浮的浮沉子

1. 製作方法類似前述「(一)使用吸飲料用的吸管製作浮沉子」，不過因管口較大，必須使用鉗子才容易成功。

(六)依序沉浮的操作

1. 製作好的 n 個浮沉子（在其頂端的兩面寫好號碼），因此要依號碼調整其浮出水面的程度（1號較重，只露出水面一點點； n 號碼越大越輕，但也只露出水面較高一點而已）後，放進寶特瓶（約600mL）內，使其能依編號（1、2、3、...、 $n-1$ 、 n ）順序下降後，再反序（ n 、 $n-1$ 、...、3、2、1）上升。
2. 操控浮沉子時，必須一個浮沉子完成動作後，才輪到下一個，例如下降時，1號浮沉子完全沉到瓶底，其他浮沉子全部浮在瓶子的上端，而且各浮沉子的頭部都要頂出水面，即所謂的「頂天立地」，等候教師認定1號浮沉子已完成動作後，說「下一個」時，才可使2號浮沉子開始下降，而在2號的浮沉子下降的過程中，1號浮沉子要「立地」在瓶底，3號以上的浮沉子要「頂天」，頭露出水面等候。
3. 倘若要做為競賽，要在瓶子上下的中間，用簽字筆或套一個橡皮筋做一個「中線」的記號，而在操作「下降」的動作時，任一浮沉子的下端過了「中線」，就「視同下降」，這個不該下降的浮沉子就算違規下降了。要下降的浮沉子過了中線後，要使其底端立在寶特瓶的底部，亦即「立地」後，才算完成了下降的動作。
4. 操作「上升」的動作時，注意事項類同上述的下降動作，亦即最後下降的 n 號浮沉子浮到「頂天」，裁判說「下一個」口令後， $n-1$ 號的浮沉子才可開始上升。在上升的過程中 n 號要頂天， $n-2$ 號以下的浮沉子要立地等候。
5. 已依序完成上升動作的浮沉子，在操作其他浮沉子上升時，因任何原因而再下降，就視同違規，扣1點。

二、補充說明

(一)本來好好的浮沉子，為什麼現在不聽話了？

很可能是因為吸管(浮沉子)內的水位太低。在這種情況下，若壓放寶特瓶的力道太大，就會導致浮沉子內的空氣，以氣泡的方式跑出來，如此水就會進入浮沉子，浮沉子的密度變大就會沉在瓶底，即使放鬆手壓的壓力，浮沉子也不再浮起來。另外，吸管放在寶特瓶內太久了會長霉，而瓶內的水溫改變，也會影響浮沉子的沉浮。

(二)要如何才能將沉在瓶底的浮沉子拿出來？

把寶特瓶內的水倒出來，當然可以拿出浮沉子，但這樣不僅浪費水，也不方便。最好的方法是用「救生員(浮沉勾)」如附件三，將浮沉子套鉤上來。

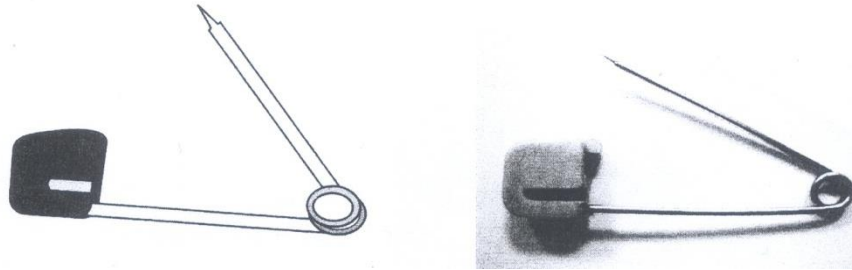
附件二、聽話浮沉子的製作與操作

一、浮沉子的製作

浮沉子的製作請參考附件一，可以用吸管飲料用的吸管或塑膠滴管（1mL，化學實驗用，或在西藥房可以買得到），不過要兩個浮沉子能順序與反序沉浮，必須要其中的一個進出水的孔徑約在0.2~0.3mm，才能使兩個浮沉子的進出水速率的不同以造成浮沉子的質量改變，便可以控制其沉浮的次序。至於如何扎小孔徑在0.2~0.3mm，請見下述。

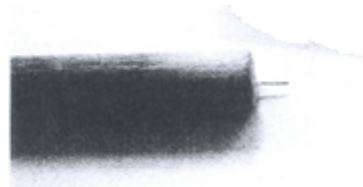
二、扎小孔的方法

(一) 扎小孔時，可以用小別針或縫衣針線用的針，但只能扎入針頭尖尖的一小部分。若針頭全部扎入，則孔就太大了。這種扎法須要一點技巧與練習，因此最好先將針頭用銼刀磨一下如圖一與照片一。



圖一與照片一、針頭磨成凸狀的別針

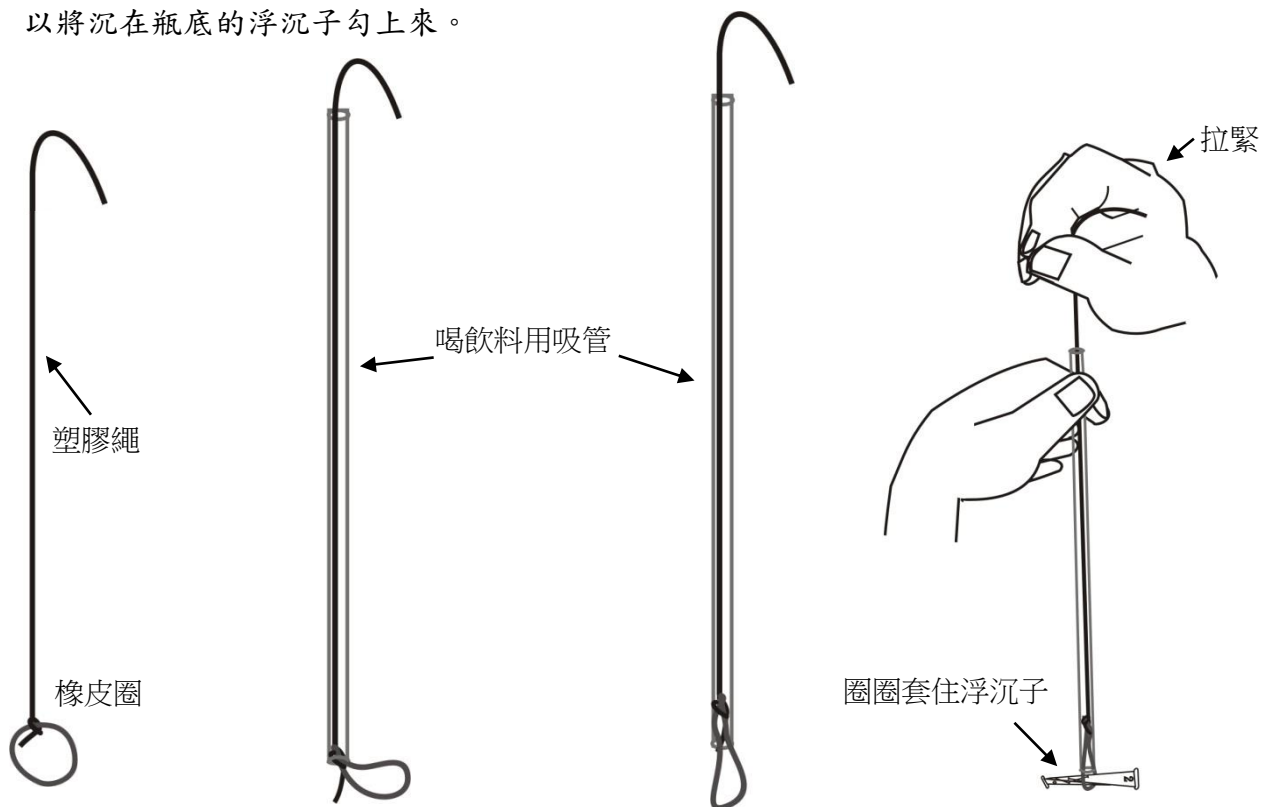
(二) 使用鍼灸的30G號針，或用吉他的E弦（最細的弦），斜斜地將弦剪一段就成為針，並將其插入一小段的竹筷作為柄即可（如照片二）



照片二、以竹筷作柄的針頭

附件三、浮沉勾的製作

1. 取一條塑膠繩子，約33公分長。
2. 在繩子的一端綁一個小橡皮圈，如圖一。
3. 繩子的另一端穿過喝飲料用的吸管，如圖二，就完成了一個浮沉勾。
4. 要取出沉在瓶底的浮沉子，要先使橡皮圈與吸管成為約直角，比較容易從上套住沉在瓶底而直立的浮沉子，如圖二，
5. 若要取出平躺於瓶底的浮沉子，就要調整浮沉勾的橡皮圈，使其幾乎平行於吸管如圖三，如此比較容易橫移橡皮圈，以套上躺在瓶底的浮沉子。
6. 將浮沉勾伸入寶特瓶內，橡皮圈套住了浮沉子後，用一手的大姆指與食指抓住吸管的頂端，另一手的大姆指與食指拉緊塑膠繩（見圖四的左右手指架勢），使圈圈套緊浮沉子，就可以將沉在瓶底的浮沉子勾上來。



圖一、塑膠繩子的一端綁住一個小橡皮圈

圖二、塑膠繩穿過喝飲料用的吸管，橡皮圈與吸管成直角

圖三、橡皮圈與吸管平行

圖四、手指抓住吸管的頂端，另一手的手指拉緊塑膠繩以束緊浮沉子