

聽話的浮沉子

蕭次融 教授

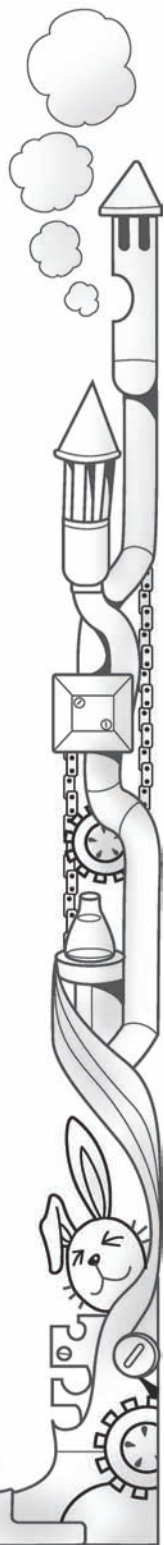
一. 目的

以簡單的器材製作浮沉子，體驗浮沉原理，探究物體浮沉的變因，進而操控浮沉子的浮沉次序。比賽誰最能操縱浮沉子聽話沉浮。

二. 原理

物體在水中的沉浮，遵從「浮沉原理」。當物體的重量（重力）大於浮力時，物體即下沉。反之，當物體在水中的浮力大於物體的重量時，物體即浮上來。物體在水中所得浮力的大小，就如同「阿基米得原理」所說：「一個物體在液體中得到的浮力等於其所排開的液體的重量」。如果能夠改變寶特瓶內浮沉子的重量，或其在水中的體積（浮力），就可以操縱浮沉子的浮沉。

「帕斯卡原理」說：「密閉流體的任一部分受壓，所受的壓力可以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外的任一地方施壓，瓶內的浮沉子會感受到壓力。若浮沉子有小孔可讓水進出，則水會從小孔進入浮沉子內，浮沉子增加重量而往下沉；若放鬆壓力，則被壓進浮沉子內的水就會流出來，浮沉子減輕重量而浮上來。因此改變小孔的大小，控制水從小孔進出的快慢，就可控制浮沉子增減



重量的快慢。小孔的孔徑約在0.2~0.3mm 時，最容易調節浮沉子增減重量的速率。

若浮沉子完全密閉，水不能進出浮沉子，就不能改變其重量，但若能改變其在水中的體積，即改變其所得的浮力，也可以操縱其浮沉。例如用塑膠滴管所製成的密閉浮沉子，因塑膠的軟硬不同，浮沉子受壓改變體積的程度也不同，就可以利用其在水中所得浮力改變的快慢，來控制其沉浮次序。

三. 競賽方式

★ 製作與操作

浮沉玩偶（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. 剪一段吸飲料用的透明吸管（5~6公分長），用打火機、酒精燈或蠟燭的火焰底部的外焰熱一熱（吸管靠近外焰，不需放進焰內），使吸管稍微熔化後用箝子夾緊，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，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，如圖三中吸管的下端有一小孔。

3. 同上述製作步驟1與2的方式，製作7個浮沉子（不一定要用透明吸管）。在7個浮沉子的上端兩面都寫編號，例如1~7。

(二) 觀察浮沉子的沉浮

1. 將製作好的浮沉子，放入茶杯內的水中（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。

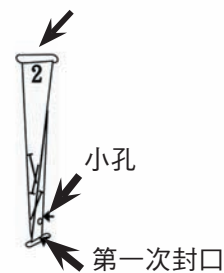


圖一：使用箱子製作浮沉子



圖二：打火機壓扁(封住)管口

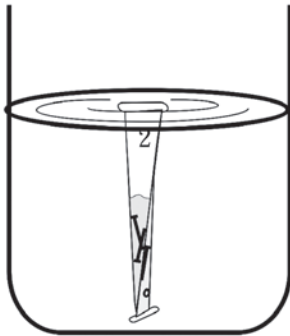
第二次封口



圖三：吸管的兩次封口互相垂直

2. 要細心調整浮沉子內的水量，當手指放開後，浮沉子必須只浮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，就注意觀察浮沉子在沉浮的過程中，浮沉子內的水面是否上升或下降，其水面高低相差如何？



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

(三) 操控浮沉子依序沉浮

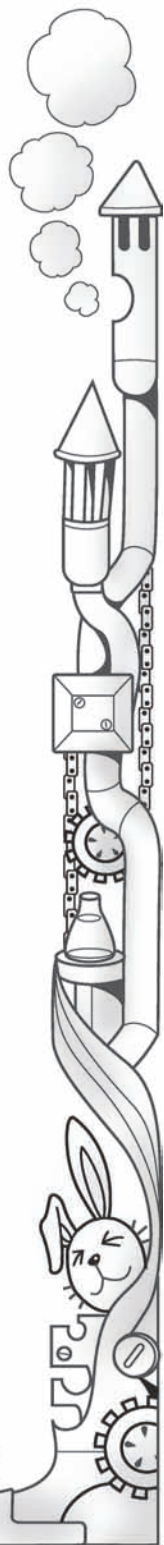
1. 將編號1與2的浮沉子，同前述步驟1~3的方法調整，放入寶特瓶內，當手掌壓寶特瓶時，是否1號會先下沉，之後2號才開始下沉？放鬆手

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沉，並反序浮上來。若成功了，就用同樣的方法調節4~7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，試試其是否依序沉下浮上，以挑戰聽話的七個浮沉子，如圖五。

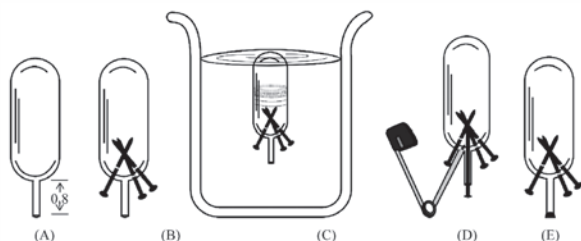
(四)使用點滴吸管製作可變序沉浮的浮沉子

1. 取點滴吸管（塑膠製，容量1 mL）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. 從點滴吸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，試其浮沉的程度，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，輕沉子，輕壓，水即滴出，浮沉子減重。如此反覆，調整浮沉子的沉浮程度，使其只冒出水面一點點即可，如圖六(C)，即成爲可變質量的浮沉子。
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 0.2~0.3 mm）如圖六(D)，然後如同步驟4調整浮沉子的沉浮程度，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，或用箱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，必須使用箱子才容易成功。最好點選下列的網址 <http://www.wretch.cc/video/yagg1234> 就可以看到製作與操控變序沉浮的浮沉子的說明。

(六) 依序沉浮的操作

1. 製作好的七個浮沉子（在其適當的表面已寫

有號碼），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；7號較輕，也只露出水面較高一點）後，放進寶特瓶（約600 mL）內，使其能依編號（1、2、3、4、5、6、7）順序下降後，再反序（7、6、5、4、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，例如下沉時，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號的浮沉子下沉的過程中，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「下沉」的動作時，任一浮沉子的頂端過了「中線」，就「視同下沉」，這個不該下沉的浮沉子就算違規下沉了。要下沉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，才算完成了下沉的動作。
4. 操作「上浮」的動作時，注意事項類同上述的下沉動作，亦即最後下沉的7號浮沉子浮到「頂天」，裁判說「下一個」口令後，6號的

浮沉子才可開始上浮。在上浮的過程中7號要頂天，5號以下的浮沉子要立地等候。

5. 已依序完成上浮動作的浮沉子，在操作其他浮沉子上浮時，因任何原因而再下降了，就視同沒有該浮沉子，而不計其績。

四. 補充說明

1. 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。

2. 要如何才能將沉在瓶底的浮沉子拿出來？使用「救生員」

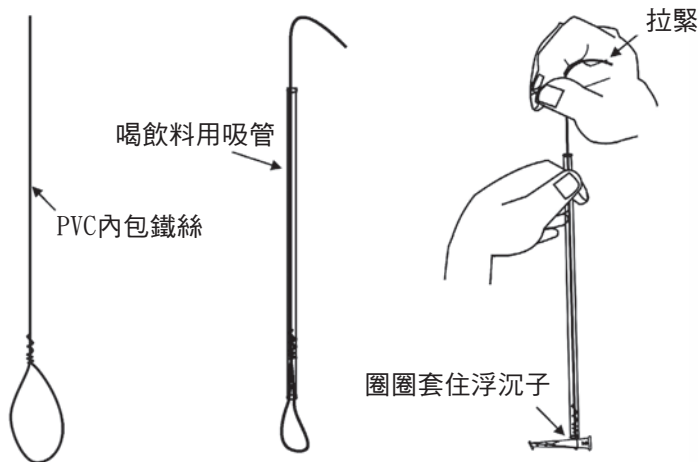
把寶特瓶內的水倒出來，當然可以拿出浮沉子，但這樣不僅浪費水，也不方便。最好的方法是用「救生員」如圖七，將浮沉子套鉤上來。

3. 救生員的製作與操作

救生員的作法如下：取一條用塑膠包裹的鐵線 (PVC內包鐵絲) 或漆包銅線，一端做一個圈圈，如圖七(A)。鐵線的另一端穿過喝飲料用的吸管，如圖七(B)，就完成了一個「救生員」。

使用救生員來拯救沉在瓶底的浮沉子的方法如下：先將圈圈彎一彎，使圈圈與吸管成直角以便容易從上套住溺水沉在瓶底而直立的浮沉子，請見照片一(A)。圈套了浮沉子後，一手的大拇指與食指抓住吸管的頂端，另一手的大拇指與食指拉緊鐵線的另一端，請見照片一(C)的左右手指架勢，使圈圈套緊浮沉子，如圖七(C)、照片一(B)，如此就可以將沉溺在瓶底的浮沉子勾上來。

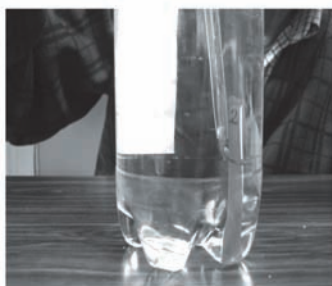
有些學生最初不易操作救生員的動作，圈套了浮沉子後常忘記要用手指握住吸管，才能用另一手拉緊鐵線的另一端，如此才能束緊浮沉子，以避免往上提時浮沉子脫落。



- (A) 細鐵絲的一段，做一個圈圈 (B) 鐵絲穿過喝飲料用的吸管 (C) 手指抓住吸管的頂端，另一手的手指拉緊鐵絲以束緊浮沉子

圖七： 救出沉在瓶底的浮沉子

第十三屆
遠哲科學趣味競賽



(A)圈套沉溺的浮沉子



(B)束緊浮沉子



(C)救出浮子沉子，注意左手
指握住吸管，右手指拉緊

照片一：用「救生員」救溺水的浮沉子的分解動作

活動一：依序沉浮

★ 競賽說明

(一)操作方式

於30分鐘內，在現場製作至多七個浮沉子，
在其上端的兩面編寫號碼並調整好後放進透明

的寶特瓶（約600mL）內，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。

1. 每隊要製作兩瓶的浮沉子，每兩人隊員要合作，製作一組浮沉子，並共用，各自操控同一個寶特瓶，使其自製的浮沉子依序沉浮。
2. 大會提供喝飲料用的吸管（內徑約0.5~0.7公分）15支及五分的銅釘40支。
3. 製作與調整時間共30分鐘。
4. 剪刀、美工刀、打火機、蠟燭（不得使用其他火源，違規者取消該隊參賽本項資格）、油性色筆、尺、寶特瓶（用油性筆，劃一中線）、抹布、「救生員」或鑷子等各隊自備。

（二）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，例如下沉時，1號浮沉子完全完全沉到瓶底，其他浮沉子全部浮在瓶內的上端，而且各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」時，才可使2號浮沉子開始下降，而在2號的浮沉子下沉的過程中，1號浮沉子要「立地」，3號以上的浮沉子要「頂天」等候。
2. 操作「下沉」的動作時，任一浮沉子的頂端過了「中線」，就「視同下沉」，這個不該

下沉的浮沉子就算違規下沉。要下沉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沉的動作。

3. 操作「上浮」的動作時，注意事項類同上述的下沉動作，亦即最後下沉的 n 號浮沉子上浮到「頂天」，裁判說「下一個」口令後， $(n-1)$ 號的浮沉子才可開始上浮的動作。在上浮的過程中 n 號要頂天， $(n-2)$ 號以下的浮沉子要立地等候。
4. 已依序完成上浮動作的浮沉子，在操作其他浮沉子上浮時，因任何原因而再下降了，就視同沒有該浮沉子，而不計其績。
5. 評分方法見後述，從評分的例子可以看出，要得點高，關鍵在於操控動作要確實，不在於浮沉子多。
6. 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，但因其製作與操控均需要相當多的練習才能熟練，而所需材料均很容易取得，因此各位參賽者，要在事先勤加練習製作與操控浮沉子。

(三) 評分標準

1. 任何依序下降或上升的每一個浮沉子，各得1點，而未依序下降或上升的浮沉子，亦即下降時超前，上升時落後，則視同沒有該浮

沉子的存在，故不計其成績。

- 例如下降的順序是1253476，則因5號與7號的浮沉子超前下降，就視同沒有了5號與7號的浮沉子，因此只剩下12346號的5個浮沉子，所以得5點；若是1345627則因3456超前於2，先下降，故只能算127號的3個浮沉子，所以只能得3點；若是2345671，則只能得1點。同理，上升時也以類似的方式計點，示例如表一。

- 每隊四人的成績加總，作為該隊活動一的成績。

表一：依序沉浮的計點方式舉例

下降		上升	
次序	得點	次序	得點
$\dot{1}\dot{2}\dot{5}\dot{3}\dot{4}\dot{7}\dot{6}$	5	$\dot{7}\dot{6}\dot{5}\dot{3}\dot{4}\dot{1}\dot{2}$	5
$\dot{1}\dot{3}\dot{4}\dot{5}\dot{6}\dot{2}\dot{7}$	3	$\dot{5}\dot{6}\dot{7}\dot{4}\dot{1}\dot{2}\dot{3}$	3
$\dot{2}\dot{3}\dot{4}\dot{5}\dot{6}\dot{7}\dot{1}$	1	$\dot{6}\dot{5}\dot{4}\dot{3}\dot{2}\dot{1}\dot{7}$	1
$\dot{1}\dot{2}\dot{3}\dot{5}\dot{4}$	4	$\dot{4}\dot{5}\dot{3}\dot{2}\dot{1}$	4
$\dot{1}\dot{2}\dot{3}\dot{4}$	4	$\dot{4}\dot{3}\dot{2}\dot{1}$	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，表示該浮沉子可以計點。

活動二：聽話沉浮

★ 競賽說明

(一) 操作方式

- 活動二為開放型的，因此材料自備，瓶子及浮沉子（玩偶）的材質、大小、形狀均不限，但浮沉子必須兩個。於比賽前預先製作完成

四組浮沉玩偶攜至會場。在本項競賽開始前，要自行檢查並調整好，等候比賽。

2. 在比賽表演前要先宣告操作的項目以利計點，而每一項目只能有兩次的操作機會。
3. 計點方式舉例如下：為說明方便，兩個玩偶分別以A與B代表，演示時兩個玩偶應以不同顏色分辨。

(二)計點方式

下降時A先B後，簡記為(降)AB；上升時B先A後，則記為(升)BA。同時上升或下降則A與B間以短線相連，並用()括在一起：

(1)順向降升

例1：(降)AB..... 得10點(基本分)

例2：(升)BA..... 加10點

(2)逆向降升

例3：(降)BA..... 加10點

例4：(升)AB..... 加10點

(3)同時降升

例5：降(A-B)..... 加10點

例6：升(A-B)..... 加10點

(4)上下交換

例7：A(升)B(降)... 加10點

(註：約在同一時間，A從瓶底往上升、B從瓶頂往下降，亦即A與B，上下交換位置)

例8：A(降)B(升)，例7的反向.. 加10點

(5) 中途迎送

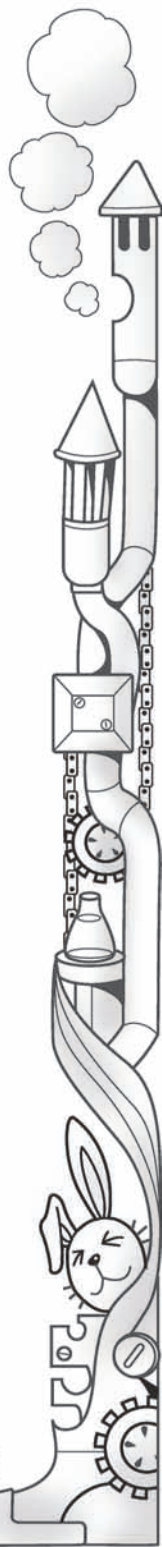
例 9：一個停在中間，另一個由底部上升至頂端..... 加10點

例10：一個停在中間，另一個由頂端下降至底部..... 加10點

註：以上例舉僅供參考，表演時次序不拘，但要事先告訴裁判操作的項目。

(三) 注意事項

1. 寶特瓶要用油性筆劃兩條平行的圓周，或用兩條橡皮筋套在瓶身，將寶特瓶分為高度幾近相等的三個區域：（上）、（中）、（下）。
2. 操作例1至例4時，要保持浮沉子（玩偶）一個在（上）區，一個在（下）區。
3. 操作例5與6時兩個玩偶要一起升或降，因此在上升或下降過程中的任一時刻，兩個玩偶的高度相差不大於3公分。
4. 操作例7與例8時，要兩個玩偶一升一降，在（中）區相會後錯開，又各自繼續升降。因此在開始操作時，兩個玩偶必須一個在頂端（頂天），另一個在底部（立地），此一狀態稱為「頂天立地」，除需要幾乎同時升降之外，亦必須在中區相會後，繼續各自上升與下降。



(四) 評分標準

1. 計點的方式如前述，每一項目成功得10點。
2. 操作時，寶特瓶可放在桌上，或手拿瓶子，懸空操控均可。
3. 評等
 - (1) 活動一：四個人的得點相加後，按得點總和高低排序，然後依六等第計分法（見表二）計分，得成績 x 。
 - (2) 活動二：將四個人的得點相加後，按得點的總和高低排序，然後依六等第計分法計分，得成績 y 。
 - (3) 名次
 - 》活動一的成績(x)加上活動二的成績(y)後得 z 。
 - 》依 z 的高低排序後，再以六等第計分法（見表二）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二得分高者獲得，若活動二的分數再相同時以抽籤決定單項競賽優勝獎。
 - 》本項競賽：「聽話的浮沉子」的得分與另外三項競賽成績相加後，依成績高低排序後，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參酌，以其得分作為評比的標準。

》活動三的評分方式，依整體創意50%、功能30%、美觀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。

》六等第記分如表二：

表二：六等第計分法

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

活動三：創意浮沉子

★ 競賽說明

只要能符合依序上下即可，沒有任何限制。歡迎有創意的造形與創意的操作，例如美麗的舞女跳華爾滋，或使用玻璃酒瓶，而能在手不接觸瓶身的情況下，遙控浮沉子的沉浮。本項競賽單獨計績，與活動一、二的成績無關。

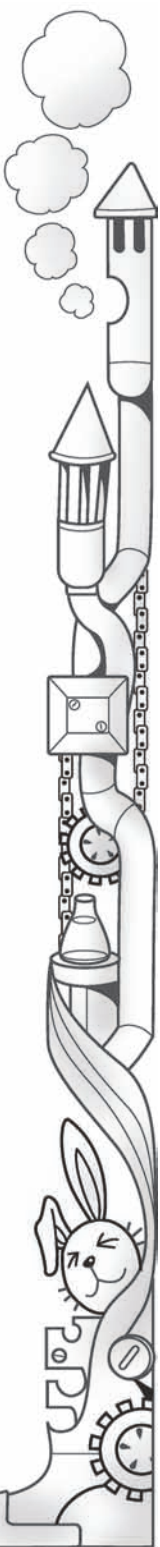
五. 材料

★ 大會提供

喝飲料用吸管 15支
銅釘（五分） 40支

★ 自備器材

寶特瓶（約600mL，透明），活動一的寶特瓶要在中部用有色油性筆劃一圈；活動二的寶特瓶要在瓶高的 $\frac{1}{3}$ 與 $\frac{2}{3}$ 的地方劃平行的兩圈（劃圈可用橡皮圈



替代)、剪刀、美工刀、打火機、蠟燭、油性筆、尺、鑷子、透明杯子、抹布、「救生員」(救生員的製作與操作見四、補充說明的3)。

六. 時間

1. 製作時間 (含競賽說明) : 30分鐘
2. 評審時間 (含評分說明) : 40分鐘

七. 總評分

活動一與活動二的得點,分別排序,各以六等第計分後,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二成績較佳者為第一名,可獲單項冠軍。創意競賽成績不併入大會獎計分,另外頒發數名創意獎。

八. 備註

1. 為節省時間,一半隊伍的活動二可以在另一半隊伍正在製作活動一的浮沉時,先行比賽。
2. 比賽時,寶特瓶可放在桌上,或手拿瓶子,懸空操控均可。
3. 參考文獻: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。