

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，則無論中外只有達哲科學教育基金會，首創於1995年的第一屆達哲科學趣味競賽，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）100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	$\dot{1}\dot{2}\dot{5}347\dot{6}$	$5-4=1$	$\dot{7}\dot{6}\dot{5}34\dot{1}\dot{2}$	$5-4=1$
2	$\dot{1}324\dot{5}\dot{6}\dot{7}$	$6-2=4$	$\dot{5}\dot{6}74\dot{1}2\dot{3}$	$4-6=-2$
3	$\dot{2}\dot{1}\dot{3}\dot{5}47\dot{6}$	$4-6=-2$	$\dot{6}\dot{5}34\dot{1}\dot{2}7$	$4-6=-2$
4	$\dot{1}\dot{2}\dot{3}\dot{5}4$	$4-2=2$	$4\dot{5}3\dot{2}\dot{1}$	$4-2=2$
5	$\dot{1}\dot{2}\dot{3}\dot{4}$	$4-0=4$	$\dot{4}\dot{3}\dot{2}\dot{1}$	$4-0=4$

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	3支	自備
	茶杯或燒杯（透明）	500~700mL	3個	
	簽字筆	約250mL	2支	
	剪刀	油性	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		1個	
	浮沉勾	透明	3支	
活動二		見附件三		
	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

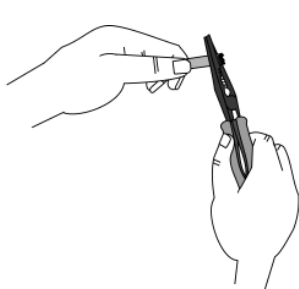
附件三、浮沉勾的製作

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

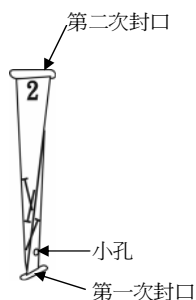
1. 剪一段吸飲料用的吸管（約 5 公分長），用打火機、酒精燈或蠟燭火焰底部的外焰熱一熱（吸管靠近外焰，不可放進焰內），使吸管稍微熔化後用鉗子夾緊，以封住管口如圖一，或放在瓶蓋上，用打火機或剪刀等的邊緣壓扁管口，使其密封，如圖二。
2. 在吸管內放入 2~4 支（視吸管的粗細與長短而定）的銅釘（不易生鏽）後，用同樣的方式封住吸管另一頭的管口。封這一個管口時，最好要與先前封住的管口垂直，如圖三。然後在兩端均封了口的吸管上端寫一個號碼（例如圖三的上端寫一個 2 字），另一端用另一支銅釘扎一小孔，如圖三中吸管的下端有一小孔。
3. 同上述製作步驟 1 與 2 的方式，製作一組 n 個浮沉子，並在浮沉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

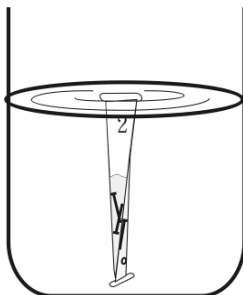
(二)觀察浮沉子的沉浮

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。

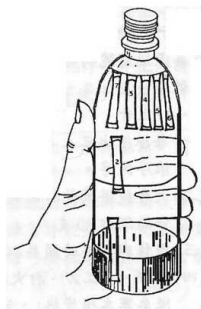
(三)操控浮沉子依序沉浮

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

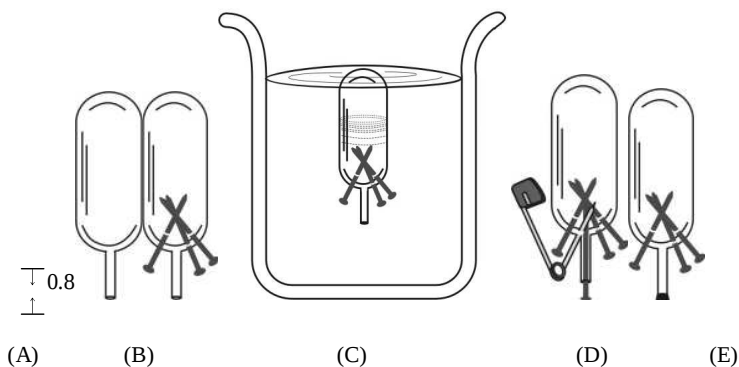


圖五、操控浮沉子的方式

(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，要在瓶子中下的中間，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。

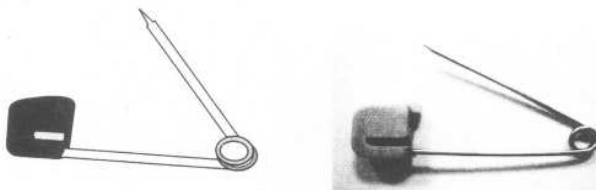
附件二、聽話浮沉子的製作與操作

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

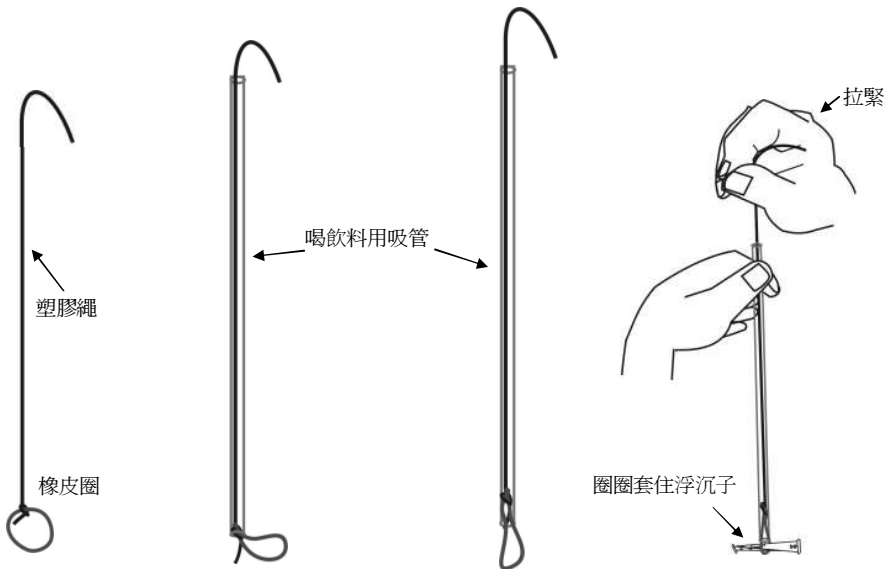
(二) 使用鍼灸的30G號針，或用吉他的E弦（最細的弦），斜斜地將弦剪一段就成為針，並將其插入一小段的竹筷作為柄即可（如照片二）



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

懸崖勒馬

戴振堯、謝迺岳、羅芳晷

一、目的

依據牛頓第一運動定律可知：運動中的物體若所受外力合為零，則物體維持等速度運動。但現實生活中存在著各種的摩擦力、阻力，運動中的物體若受與運動方向相反之摩擦力作用，可能會減速而停止。

本活動利用重物產生拉力使物體加速，同時藉由摩擦力使物體減速，透過活動操作的過程中，以不同的作用力之效果，了解力的效應與原理，並分析物體運動與平衡的條件。

二、原理

(一)活動一 垂直勒馬

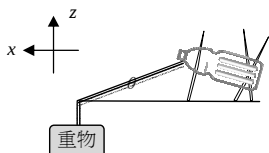


圖 2-1(a)

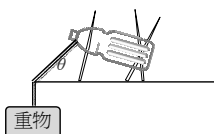


圖 2-1(b)

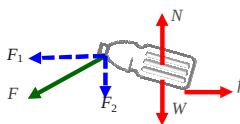


圖 2-1(c)

活動一係利用保特瓶小馬在垂直於水平面方向上的作用力變化，達到懸崖勒馬的效果。原理如下：

1. 保特瓶小馬放置於水平軌道上，前端繫上一繩，繩的另一端繫上重物，並將繩靠在軌道邊緣，使重物端下垂，保特瓶小馬放置與軌道邊緣相隔一段距離，如圖 2-1(a)所示。
2. 保特瓶小馬的受力情形如圖 2-1(c)所示。其中， W 為保特瓶小馬的總重量， N 為正向力， F 為繩張力， F_1 為 F 之水平分量， F_2 為 F 之垂直分量， f 則為保特瓶小馬所受到的摩擦力。此時繫繩與水平方向夾角為 θ 。

3. 保特瓶小馬受到 F_1 作用前進，受到 f 作用而減速。隨著保特瓶小馬向軌道邊緣前進，夾角 θ 逐漸增加，如圖 2-1(a) $\rightarrow$ (b) 所示。
4. 沿水平方向 x 軸上，隨著夾角 θ 增加， F_1 逐漸減小，保特瓶小馬向前的加速效果隨之減小。
5. 沿垂直方向 z 軸上，隨著夾角 θ 增加， F_2 逐漸增加，使得 N 增加， f 亦隨之增加，故保特瓶小馬的運動狀態從向前加速逐漸變成減速，最後漸趨停止。

(二)活動二 水平勒馬

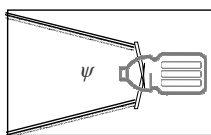


圖 2-2(a)

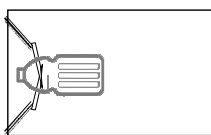


圖 2-2(b)

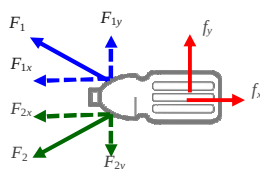


圖 2-2(c)

活動二係利用保特瓶小馬在水平面上的作用力變化，達到懸崖勒馬的效果。原理如下：

1. 保特瓶小馬前端繫上兩繩，繩的另一端各繫上重物，並將兩繩靠在軌道邊緣，繩維持在水平方向，兩繩之間的夾角為 ψ ，保特瓶小馬放置位置與軌道邊緣相隔一段距離，如圖 2-2(a) 所示為俯視圖。
2. 保特瓶小馬的受力情形如圖 2-2(c) 所示。其中， F_1 、 F_2 為兩繩上的張力， F_1 、 F_2 在水平面之 x 軸方向上的分量依序為 F_{1x} 、 F_{2x} ，在同一水平面上垂直於 x 軸之 y 軸方向上的分量依序為 F_{1y} 、 F_{2y} ， f_x 、 f_y 為保特瓶小馬所受到 x 、 y 方向的摩擦力。

3. 保特瓶小馬受到 F_1 、 F_2 的 x 方向分量 F_{1x} 、 F_{2x} 作用而前進，受到 f_x 作用而減速。隨著保特瓶小馬向軌道邊緣前進，夾角 ψ 逐漸增加，如圖 2-2(a)→(b)所示。
4. 水平面之 x 軸方向上，隨著夾角 ψ 增加， F_{1x} 、 F_{2x} 逐漸減小，保特瓶小馬向前的加速效果減小， f_x 使得保特瓶小馬在 x 方向減速停止。
5. 水平面之 y 軸方向上，隨著夾角 ψ 增加， F_{1y} 、 F_{2y} 逐漸增加。若 $F_{1y} < F_{2y}$ ，則存在 f_y 使得保特瓶小馬在 y 方向亦減速停止。

三、活動一 垂直勒馬

(一)場地需求

每一組場地：長條桌一張，垂直高度至少 70cm。

(二)使用器材

1. 大會：PP 塑膠瓦楞板（厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm）1 片、細線（手縫線或車縫線）長度若干、六角螺帽（5/16"，重量介於 0.3gw~0.4gw）40 個
2. 自備：保特瓶（容量 500~700 毫升）1 個、竹籤（直徑小於 3mm，長度小於 8 吋）數支、載重容器（試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋）1 個

(三)計分軌道製作說明

1. 取桌面高度 70cm 以上之桌子，軌道固定於桌面上，桌面須保持水平。桌子僅做為固定軌道之用，不可影響懸掛之重物，故軌道末端須超出桌面邊緣，但不可超出太多，使軌道在活動進行中能維持水平。

2.計分軌道

- (1)如圖 3-1 所示，取一寬 50cm，長 90cm 之塑膠瓦楞板，瓦楞板裁切時須使瓦楞板上紋路與長邊平行，使得瓦楞板側面的縫隙開口朝向寬邊。
- (2)裁切 14 支長 5cm 之竹籤，從瓦楞板側邊的縫隙插入，若竹籤太粗，插入後造成軌道表面凸起，則須適當地削細竹籤，使竹籤恰能嵌入細縫而不會掉出來。竹籤 2cm 的長度凸出板的邊緣，此部分稱為 A 區，不列入計分範圍。
- (3)間隔 9 個縫隙插入一根竹籤，共插入 14 支竹籤，使得 A 區形成 15 個間隔。

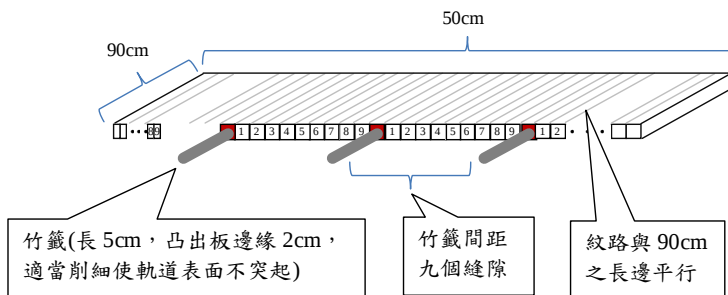


圖 3-1、計分軌道之結構

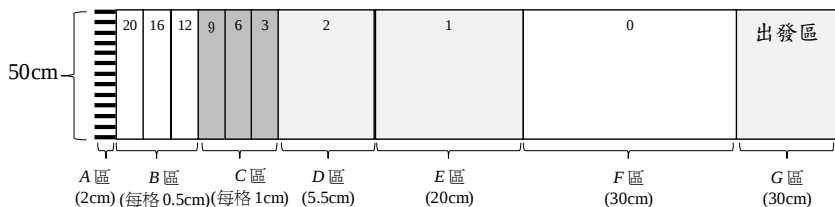


圖 3-2、計分軌道之配分

- (4)瓦楞板上標示得分區，數字代表得分，如圖 3-2 所示。*B*區每 0.5cm 標示為一個區塊，*C*區每 1cm 標示為一個區塊，*D*區為 5.5cm 之區塊，*E*區為 20cm 之區塊，*F*區為 30cm 之區塊。各區塊之配分如圖 3-2 所示。
- (5)*G*區為 30cm 之區塊，保特瓶小馬由此區出發，出發時除了細線和懸掛之重物外，保特瓶小馬的前腳和瓶口不可超過出發區。
- (6)活動一與活動二使用同一軌道進行競賽。

(四)活動一的保特瓶小馬製作說明

保特瓶的結構如圖 3-3 所示，保特瓶小馬製作方式如下：

- 1.取一隻竹籤，從瓶身的上半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的前腳。竹籤插入的位置與瓶口距離需小於 10cm，竹籤的鈍端朝下。
- 2.取兩隻竹籤，從瓶身的下半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的後腳。保特瓶不需瓶蓋，欲增加重量之螺帽可直接投入瓶中，或套在竹籤上。
- 3.完成的保特瓶小馬放置於水平面時，前腳朝向前端，保特瓶瓶身不可與軌道面接觸，如圖 3-4 所示。
- 4.保特瓶小馬的結構只限使用三支竹籤，除螺帽、保特瓶和細線外，竹籤上不可加上異物，造成接觸面性質改變。
- 5.取適當長度之細線，一端綑綁於保特瓶的撐環與瓶身之間，另一端繫上一個載重容器，載重容器內可投入螺帽以增加拉力。
- 6.細線長度之限制：當保特瓶小馬位於出發區時，載重容器須完全垂落於軌道之外；當保特瓶小馬的前腳置於軌道終點時，載重容器不可與地面接觸，避免活動過程中，當小馬尚未抵達軌道末端時，重物已經落地。

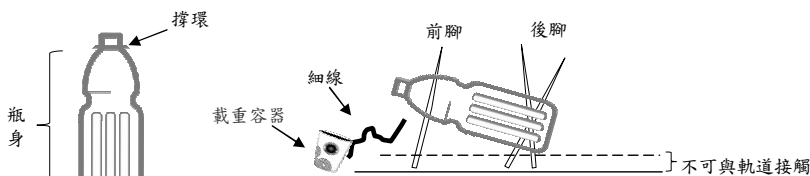


圖 3-4、活動一的保特瓶小馬示意圖

圖 3-3、保特瓶示意圖

(五)活動一競賽說明

- 1.如圖 3-5 所示，保特瓶小馬和載重容器內放置數量若干的螺帽，保特瓶小馬放置於出發區，調整細線位置，細線靠在軌道邊緣，使細線懸掛重物端自然下垂，讓細線呈繃緊狀態，待載重容器靜止不晃動後，才可鬆手使保特瓶小馬出發。調整過程可與隊員合作，出發前的調整時間為 30 秒，時間結束時須立刻鬆手讓小馬自由滑動。

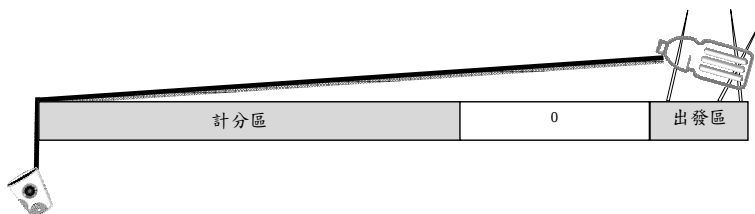


圖 3-5、活動一的寶特瓶小馬操作示意圖（側視）

- 2.活動一總共分三次闖關：

- (1)第一次闖關時，保特瓶小馬不添加螺帽，放手之後，待保特瓶小馬完全停止運動，記錄最前端的竹籤所在位置區塊之分數為 A_1 。
- (2)第二次闖關時，添加三個螺帽於保特瓶小馬上，其餘同步驟 2，記錄分數為 A_2 。
- (3)第三次闖關時，再添加三個螺帽，使保特瓶小馬上有六個螺帽，其餘同步驟 2，記錄分數為 A_2 。

- 3.每次闖關前皆可自由調整小馬的結構、載重容器內的螺帽數目，亦可改變細線與軌道的接觸位置。
- 4.若停止時前腳壓線，則以低分計算。例如：若前腳停在 20 分與 16 分的交界線上，則記為 16 分。
- 5.三次分數加總為活動一之總分。

(六)注意事項

- 1.自備的保特瓶上不可做記號，表面包裝請移除，經大會檢查之後，方可進行製作。
- 2.瓶身與軌道面不可接觸，違者該次不計分。
- 3.出發前，保特瓶小馬之前、後腳和瓶口不可超過出發位置，違者不計分。
- 4.出發時只能有一個隊員手握保特瓶小馬，其他隊員可在軌道末端適當距離處待命，若保特瓶小馬衝出軌道時，可適時地接住，以免結構損壞。三次闖關須由三位組員分別上場持小馬進行闖關。
- 5.手握小馬的隊員只能鬆手讓小馬自由滑動，不可推動小馬，或施力拉扯載重容器。
- 6.保特瓶小馬在運動過程中傾倒者，該次記為零分。
- 7.保特瓶小馬完全停止時，前腳超出的軌道範圍($\quad \times 90\text{cm}$)者，該次記為零分。

四、活動二：水平勒馬

(一)場地需求

與活動一使用相同場地。

(二)使用器材

- 1.大會：PP塑膠瓦楞板（厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm）1 片、細線（手縫線或車縫線）長度若干、六角螺帽（5/16"，重量介於 0.3gw~0.4gw）40 個
- 2.自備：保特瓶（容量 500~700 毫升）1 個、竹籤（直徑小於 3mm，長度小於 8 吋）數支、載重容器（試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋）2 個

(三)活動二的保特瓶小馬製作說明

保特瓶的結構如圖 4-1 所示，保特瓶小馬製作方式如下：

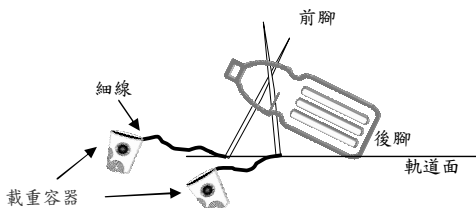


圖 4-1、活動二的寶特瓶小馬示意圖

- 1.取兩隻竹籤，從保特瓶的上半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的前腳。竹籤插入的位置與瓶口距離需小於 10cm，竹籤的鈍端朝下。
- 2.保特瓶小馬放置於水平面時，保特瓶的瓶底直接靠在水平面作為後腳。保特瓶不需瓶蓋，欲增加重量之螺帽可直接投入瓶中，或套在竹籤上。
- 3.保特瓶小馬的結構只限使用兩支竹籤，除螺帽、保特瓶和細線外，竹籤上不可加上異物，造成接觸面性質改變。
- 4.取兩條適當長度之細線，分別繫在兩隻前腳上，細線另一端分別繫上載重容器，載重容器內可投入螺帽以增加拉力。細線長度限制同活動一。

5. 細線需繫在前腳的下端貼近軌道面的位置，繫線位置距軌道面之垂直高度不可超過 0.5cm，活動中細線不可脫落，故可先在竹籤末端劃上凹痕後，再綁上細線，但不可使用其他物體固定細線，如：膠帶、黏土等。

(四)活動二競賽說明

1. 使用活動一的同一軌道，將保特瓶小馬放置於出發區，細線分別靠在軌道邊緣的凹槽內，使細線懸掛重物端自然下垂，如圖 4-2 所示。

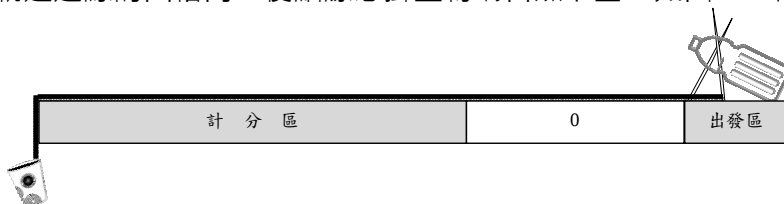


圖 4-2、活動二的寶特瓶小馬操作示意圖（側視）

2. 保特瓶小馬和載重容器內放置數量若干的螺帽，兩個載重容器內螺帽數目可以不同。
3. 保特瓶小馬放置於出發區，兩細線分別靠在軌道末端的不同竹籤上，使兩細線之間存在一夾角，且細線與軌道的兩個接觸點能保持固定距離，如圖 4-3。
4. 細線靠在軌道邊緣，使細線懸掛重物端自然下垂，使細線呈繃緊狀態，待載重容器靜止不晃動後，才可鬆手使保特瓶小馬出發。調整過程可與隊員合作，出發前的調整時間為 30 秒，時間結束時須立刻放手讓小馬出發。

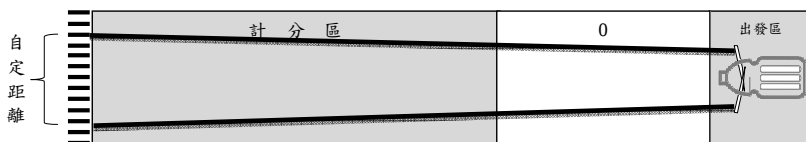


圖 4-3、活動二的寶特瓶小馬操作示意圖（俯視）

5.活動二總共分三次闖關：

(1)第一次闖關時，保特瓶小馬不添加螺帽，放手之後，待保特瓶小馬完全停止運動，記錄最前端的竹籤所在位置區塊之數字為 B_1 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_1 。

(2)第二次闖關時，添加三個螺帽於保特瓶小馬上，其餘同步驟 2，記錄分數為 B_2 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_2 。

(3)第三次闖關時，再添加三個螺帽，使保特瓶小馬上有六個螺帽，其餘同步驟 2，記錄分數為 B_3 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_3 。

6.每次闖關前皆可自由調整小馬的結構、載重容器內的螺帽數目，亦可改變細線與軌道的接觸位置。

7.若停止時前腳壓線，則以低分計算。例如：若前腳停在 20 分與 16 分的交界線上，則記為 16 分。

8.活動二之總分 $B = B_1 \times (N_1 + 1) + B_2 \times (N_2 + 1) + B_3 \times (N_3 + 1)$ 。

(五)注意事項

1.自備的保特瓶上不可做記號，表面包裝請移除，經大會檢查之後，方可進行製作。

2.出發前，保特瓶小馬之前、後腳和瓶口不可超過出發位置，違者不計分。

3.出發時只能有一個隊員手握保特瓶小馬，其他隊員可在軌道末端適當距離處待命，若保特瓶小馬衝出軌道時，可適時地接住，以免結構損壞。三次闖關須由三位組員分別上場持小馬進行闖關。

4.手握小馬的隊員只能鬆手讓小馬自由滑動，不可推動小馬，或施力拉扯載重容器。

5.保特瓶小馬在運動過程中傾倒者，該次記為零分。

6.保特瓶小馬完全停止時，前腳超出的軌道範圍(×90cm)者，該次記為零分。

五、競賽時間

(一)製作：活動一、二的製作與測試時間(含說明及領取材料)共 30 分鐘。

(二)評審：活動一、二，同組依序進行，每次闖關前有 2 分鐘的時間調整裝置和準備，時間結束即不可再調整，並立刻放手進行闖關。
每次闖關時間為 20 秒，待評審記錄分數後，統一下達指示，方可再進行下一次闖關前的調整動作。

(三)注意事項：本項競賽必需在 60 分鐘內完成。

六、活動成績

(一)記分

1.活動一分三次闖關，記錄 A_1 、 A_2 、 A_3 ，得分為 $A = A_1 + A_2 + A_3$ 。

2.活動二分三次闖關，記錄 B_1 、 N_1 、 B_2 、 N_2 、 B_3 、 N_3 ，得分為

$$B = B_1 \times (N_1 + 1) + B_2 \times (N_2 + 1) + B_3 \times (N_3 + 1)。$$

3.活動一與活動二，分別以得點高低排序後以六等第計分，最後將兩部份的分數相加即為本項目總分。最高分者若不只一隊則以活動二得分較佳者為第一名。

(二)記分總表

(二) 活動二：寶特瓶小馬						
活動	闖關	寶特瓶小馬 內螺帽數	計分區		得分與等第	總分
活動一	第一次	0	$A_1 =$		$A = A_1 + A_2 + A_3 =$ 等第：	
	第二次	3	$A_2 =$			
	第三次	6	$A_3 =$			
活動二	第一次	0	$B_1 =$	$N_1 =$	$B = B_1 \times (N_1 + 1) +$ $B_2 \times (N_2 + 1) +$ $B_3 \times (N_3 + 1)$ = 等第：	
	第二次	3	$B_2 =$	$N_2 =$		
	第三次	6	$B_3 =$	$N_3 =$		

(三)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

七、活動三 創意勒馬

(一)競賽製作

- 1.使用其他材料，製作具有懸崖勒馬效果之小馬，並展示其效果。
- 2.使用其他施力方式、操作技巧或藉由其他器材協助，達到懸崖勒馬效果。
- 3.想出其他新的玩法。

(二)評審標準：功能 25%、造型 25%、創意 25%、說明書 25%

(三)說明書

- 1.說明書字數：200 字以內。
- 2.說明書以兩張 A4 紙內完成，用文字、附圖或照片說明設計原理、功能及特點，於報到時一併繳交。

(四)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。

八、材料總表

名稱	品名	規格	數量	備料
活動一	PP塑膠瓦楞板	厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm (與活動二共用)	1片	大會
	細線	手縫線或車縫線 (與活動二共用)	若干	
	六角螺帽	5/16"，材質不限 (與活動二共用)	40 個	
	載重容器	試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋	1 個	自備
	保特瓶	容量 500~700 毫升，形狀不限	1 個	
	竹籤	直徑小於 3mm，長度小於 8 吋	數支	
活動二	PP塑膠瓦楞板	厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm (與活動一共用)	1片	大會
	細線	手縫線或車縫線 (與活動一共用)	若干	
	六角螺帽	5/16"，材質不限 (與活動二共用)	40 個	
	載重容器	試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋	2 個	自備
	保特瓶	容量 500~700 毫升，形狀不限	1 個	
	竹籤	直徑小於 3mm，長度小於 8 吋	數支	

- ◆上列竹籤數目為製作寶特瓶小馬所需之竹籤數量，製作計分軌道之竹籤數量則依實際製作所需自定。
- ◆上述大會提供之材料以比賽現場為準，規格材料僅供參考，活動的目的在於透過活動使學生體驗科學、學以致用和發揮創意，學生練習與校內初賽時，毋須執著與競賽現場相同之材料。

氣火箭

蔡正立 蕭次融

氣火箭與水火箭在網上可以找到很多資料，但火箭本體都用寶特瓶（500mL 以上，未有使用 100mL 的瓶子）。本活動因必須在室內比賽，禁止使用水，故選擇了不需用水的氣火箭，並刻意使用 100mL 的多多瓶（俗稱的養樂多瓶），口徑大且嘴唇薄。其理在於一則沒有市售現成的發射裝置，二則如此可以期望參賽者發揮創意，克服動力小（氣與水的密度相差很大，其反作用力也差很大）以及嘴唇薄導致與橡皮的接觸面小，可得到的摩擦力也小（多多瓶口唇約 1mm，寶特瓶約 15mm）所造成的不耐壓等等問題。

一、目的

本活動利用簡單的器材製作氣火箭。活動一，比賽射準；活動二，比賽射遠。

二、原理

氣火箭可以飛行的原因，正如同充氣的氣球。充滿了氣的氣球如果將其開口突然放開，氣球會噴出球內加了壓的氣體而飛走。氣球能飛走的力量來自氣體噴出的反作用力，這就是氣球能飛走的動力。

使用與打氣筒相連的橡皮塞，塞緊多多瓶就可以形成一個密閉系統。由於打氣可使密閉系統內（多多瓶內的空氣）的壓力增大，但當該壓力超過橡皮塞與多多瓶口接合處可承受的壓力時，橡皮塞就會彈出，而瓶內的空氣突然噴出，藉此向後噴出的氣流所獲得的反作用力，多多瓶就會被射出，宛如火箭。

三、器材

(一)活動一

1. 大會提供

製作氣火箭零件三套（見材料總表）。

2. 學生自備

多多瓶（容積 100mL，瓶口內徑 23mm，符合 9 號橡皮塞）、剪刀、美工刀、直尺、雙面膠帶、單面膠帶、簽字筆以及製作鼻錐、穩定翼、尾翼等所需的紙張或泡棉薄板。

(二)活動二

完全由學生自備，可加裝鼻錐、穩定翼、尾翼等，瓶內並可放置固形物（例如乾冰，但禁止液體），火箭本體必須多多瓶，可以數個相連，只要瓶口能與 9 號塞子相容就可以（如活動一的塞子，材質不限），但必須事先製好作品帶到大會比賽。

四、製作

氣火箭與水火箭的製作，網路上有許多資料可以參考。在此只說明使用本活動大會所提供的零件以組裝氣火箭的方式。

1. 利用大會提供的氣火箭零件，組成氣火箭的發射裝置如圖 1。
2. 橡皮塞有兩個小孔，用硬塑膠管貫穿其中的一個小孔。
3. 將塑膠軟管的一端套在硬塑膠管上，另一端接連打氣筒
4. 橡皮塞的另一個孔，用筷子插進去（不需要貫穿橡皮塞），如圖 1 與照片 1。這樣就完成氣火箭的發射裝置，套上一個多多瓶就成為氣火箭。

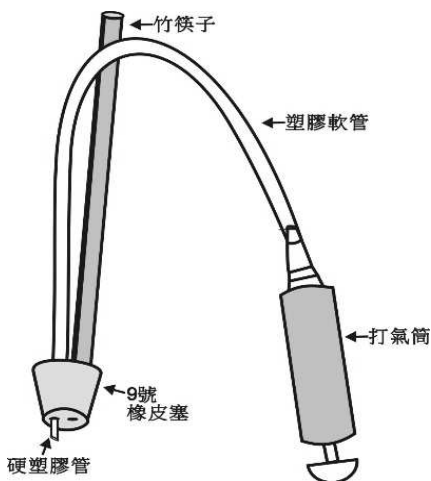
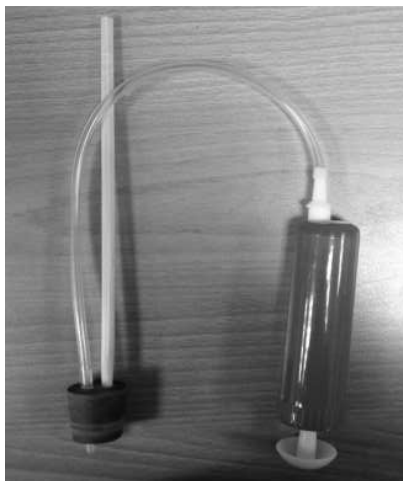


圖 1 氣火箭的發射裝置



照片 1 氣火箭的發射裝置現品

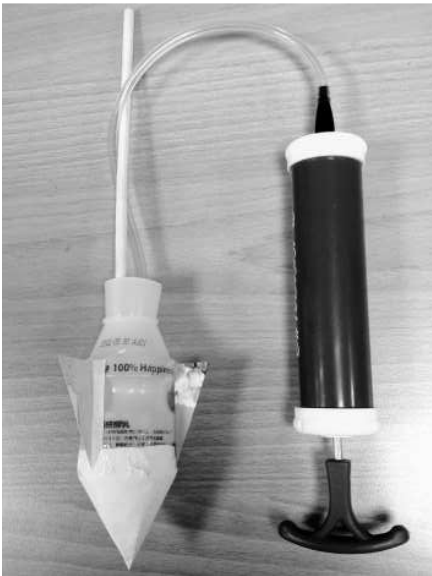
5. 至於多多瓶上要加裝鼻錐或尾翼如照片 2，是完全開放的，學生可不加裝任何東西也可以。
6. 照片 3 是活動一，射準用的，確實使用大會提供的零件組裝成的氣火箭。
7. 照片 4 是可用在活動二，射遠的氣火箭，使用矽膠塞與較大的打氣筒。
8. 照片 5 演示發射氣火箭時，一人打氣，一人持竹筷子用以定向的發射準備。



照片 2 加裝了鼻錐與尾翼



照片 3 射準用氣火箭



照片 4 射遠用氣火箭（使用矽膠塞）



照片 5 二人合作，準備發射

五、競賽說明

(一)活動一 射準

1. 學生於限定的 20 分鐘內，每人使用大會所提供的氣火箭零件與自備的多多瓶（還沒有做任何加工）的製作三組氣火箭，等候比賽。沒有完成三組的隊伍，不得參與比賽。
2. 比賽時必須隊員三人合作，一人打氣、一人持多多瓶口下的發射臺（竹筷子）定向、一人準備撿回氣火箭（若著地時，多多瓶損壞，可以現場修補，但不能替換新的氣火箭）。
3. 學生在發射氣火箭所扮演的角色，三人輪流，氣火箭三組也要輪流使用，除非損壞。
4. 發射時，氣火箭的最前端不得超過發射線。
5. 每一隊的發射次數共 6 次，但操作發射的時間，總共 120 秒。
6. 在限時內發射的氣火箭均視為有效發射，可以計績。
7. 靶位離發射線 3 公尺，靶中心離地 2 公尺，靶寬為 0.6 公尺的正方形，內隔成九孔格。
8. 如何得點，請見評分標準。

(二)活動二 射遠

1. 學生於事先製作氣火箭，器材不限但要類似活動一的多多瓶氣火箭，尤其發射臺（竹筷子）必須手持，不得使用坊間成品，惟橡皮塞得改用矽膠塞或其他材質的瓶塞，打氣筒亦可改用其他成品（例如球類用手推或腳踏打氣筒、車胎用手推或腳踏打氣筒，但不可用電動的）。學生每人製作一套氣火箭（每隊至少三套）帶來大會等候比賽。
2. 比賽操作前，氣火箭整套必須接受檢查，不符合規定者取消參賽資格。

3. 比賽時與活動一相同，必須隊員三人合作，一人打氣、一人持多多瓶口下的發射臺（竹筷子），一人準備檢回氣火箭。在比賽過程中，損壞的氣火箭可用新品替換。
4. 學生發射氣火箭所扮演的角色，三人輪流，氣火箭也要輪流使用，除非損壞。
5. 發射時，氣火箭的最前端不得超過發射線。
6. 每一隊的發射次數共 6 次，但操作發射的時間，總共 120 秒。
7. 在限時內發射的氣火箭均視為有效發射，可以計績。
8. 發射範圍限定在約 30 度角內（詳見場地的圖 3），超出該範圍者為無效發射，不計績。
9. 射程以多多瓶第一次著地點為準，計績以 0.5 公尺為間隔（但得點不同，見圖 3），射程小於 4 公尺者不計績。
10. 如何評分，請見評分標準。

六、評分標準

(一)活動一 射準

1. 穿過靶子方格的發射得該格的點數，多多瓶的任一部分碰觸分隔線而穿過方格，得穿過方格的點數。若碰觸分隔線但未穿過方格，則得較低一格的點數，碰到靶子的外框而掉落，得 1 點。其他情況的發射均為 0 點。
2. 合計 3 人的得點，加總排序後按六等第計分法計分，得 x 分。
3. 穿過靶子的每一方格，得點如圖 2：

2	3	2
3	6	3
2	3	2

圖 2 射準得點圖示

(二)活動二 射遠

1. 射程大於 4 公尺 (含) 且在得點範圍內的發射均為有效發射，可得標示的點數。
2. 多多瓶的任一部分著地時碰觸計分線，當作越線計點。若碰觸到角度的拉線，也視為有效發射，可以計績。
3. 超過 8 公尺者以最高的點數計 (25 點) 。
4. 合計 3 人的得點，加總排序後按六等第計分法計分，得 y 分。
5. 計點方式如圖 3：

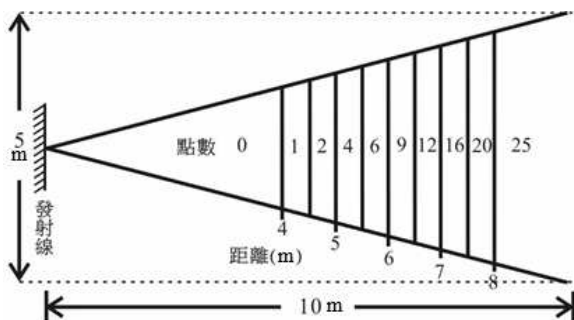


圖 3 射遠得點圖示

七、場地

(一)活動一射準

1. 在室內，靶的位置離發射線 3 公尺，每邊長 60 公分的正方形靶子(靶中心離地 2 公尺)。
2. 靶子的正方形內每隔 20 公分縱橫各綁兩條線，將正方形隔成九宮格。

(二)活動二射遠

在室內，從發射點拉夾角為約 30 度的兩條線，並從 4 公尺至 8 公尺，每隔 0.5 公尺拉一條直線 (注意：不是弧線。)

八、總成績

每隊的得分 $x+y$ 後得 z ，依 z 的高低排序並再按六等第計分法計分與評等第。

九、活動三、創意競賽

1. 具備類似活動一或活動二的多多瓶氣火箭的架構或功用均可。
2. 要以多多瓶為火箭本體的材料，幾個瓶子相連，加鼻錐、穩定翼、尾翼等，並可著色美觀。
3. 要繳作品書面報告(包括文字、圖、照片等，限在 A4 紙兩頁內呈現)。
4. 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。此項評分獨立計績，不列入總成績內。

十、競賽時間

(一)製作時間 (含競賽說明)：20 分鐘

(二)評審時間 (含評分說明)：40 分鐘

十一、總評分

1. 活動一與活動二，分別以得點高低排序後以六等第計分，最後將兩部份的分數相加，再次依六等第計分法計分，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。
2. 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。

十二、材料總表

名稱	品名	規格	數量	備註
活動一	打孔橡皮塞	9 號	3 個	大會提供
	玩具打氣筒		3 個	
	塑膠軟管	內徑 5mm 長 30cm	3 條	
	塑膠硬管	外徑 5mm 長 5cm	3 支	
	竹筷		3 支	
	見手冊內的器材說明			學生自備
活動二	見手冊內的器材說明			學生自備

十三、時間總計

(一)本項競賽時間：共 60 分鐘

(二)製作時間（含說明及領取材料）共 20 分鐘

(三)評審時間：18 隊共 40 分鐘

十四、評審注意事項

1. 本項活動全程必須在 70 分鐘完成（包括換場）。

2. 比賽過程中，氣火箭損壞時：

(1)活動一：可以修補，但不可替換，若有一個不堪使用，則以剩下的兩個比賽，但人員要按照原來的輪番輪流發射，如此類推至一個也沒剩，就停止比賽。

(2)活動二：可以修補也可以替換新品。

3. 氣火箭在限時內一旦發射，均視為有效發射，可以計績。
4. 比賽時，人員所扮演的角色以及氣火箭必須輪流，人員不可連續操作同一操作，也不可以連續使用同一套氣火箭，除非活動一，因損壞只剩下最後的一個。
5. 不管活動一或活動二的氣火箭均允許加工加重，但活動一的瓶塞與打氣筒必須使用大會所提供的，目的在於公平競爭；活動二的瓶塞與打氣筒則不受限（但必須手推或腳踏的，不能使用電動的），目的在於鼓勵參賽者發揮有創意的設計以及尋找最適合的材料。

十五、給參賽者的建議

1. 詳閱競賽手冊，尤其評分與評審注意事項。
2. 氣火箭射出的動力來自多多瓶內加了壓的空氣，因此整個系統的氣密性以及瓶塞的耐壓性（瓶口與橡皮塞間的摩擦力）是關鍵。
3. 在射準比賽，尖尖的鼻錐與尾翼對定向與穿格會有幫助，但效果不明顯。
4. 在射遠比賽，除了會影響動力的氣密性與耐壓性之外，以鼻錐減小空氣阻力，穩定翼與尾翼有助於定向飛行，整個氣火箭的質量以及其分布，均會影響氣火箭的射遠，但整個射程不遠（受動力所限），效果也不很明顯。
5. 多多瓶是養樂多瓶的總稱，市售養樂多飲料品牌多種，其所用的瓶子材質也不同，有的瓶口易裂不耐壓，因此參賽者應多試用不同品牌的多多瓶。
6. 若找不到製作氣火箭的材料，請洽遠哲科學教育基金會，電話：(02)2363-3118。

關鍵時刻

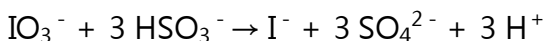
蕭志堅

一、目的

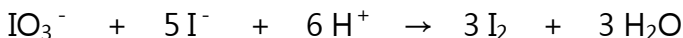
配置 A、B 兩種溶液，調整溶液的濃度、催化劑的多寡，控制反應所需的時間。

二、原理

溶液 A 為碘酸鉀(KIO_3)溶液；溶液 B 為焦亞硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)、可溶性澱粉及硫酸(H_2SO_4)混和溶液。將溶液 A 與溶液 B 混合時，第一步驟為碘酸根離子(IO_3^-)與亞硫酸氫根離子(HSO_3^-)反應，反應方程式如下：

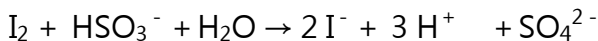


第二步驟則是碘酸根與碘離子反應，反應方程式如下：



添加的澱粉為指示劑，硫酸則作為催化劑使用。

如果經過兩個步驟之後，若是 HSO_3^- 還有剩下，會進行下列反應：



剩下的 HSO_3^- 會把"步驟二"所產生的碘給還原成碘離子；但如果 HSO_3^- 沒有剩下，則碘會和澱粉結合，形成深藍色的錯合物。也就是當反應的溶液出現深藍色時，就是反應的終點，將反應所需的時間紀錄下來，做為反應速率的探討。

三、活動一反應-慢-慢-慢

(一)場地需求

- 1.每一組場地：長條桌一張。(各區競賽時規格統一即可)

(二)使用器材

- 1.大會：碘酸鉀(KIO_3)2.5 公克、焦亞硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)1 公克、1~2 %澱粉水溶液(starch)600 毫升、硫酸(H_2SO_4)水溶液(8M~4 M)10 毫升及礦泉水 600 毫升一瓶。
- 2.自備：必備 - 秤重工具(天平或電子秤)、燒杯數個、塑膠盆二個、測量體積工具(限使用吸管&吸球、針筒、量筒、滴管)、油性筆、抹布。
選備 - 攪拌工具。

(三)溶液的調配

- 1.先製備好適當濃度的溶液 A 及溶液 B，溶液 A 為碘酸鉀(KIO_3)溶液，溶液 B 為焦亞硫酸鈉($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)、水溶性澱粉(starch)及硫酸(H_2SO_4)混和溶液，兩種溶液的濃度及體積沒有限制，但**製備過程必須在塑膠盆內完成，不可讓水弄濕桌面或地面。**
- 2.試著藉由測試，找出溶液 A 與溶液 B 三種不同的混合比例，讓兩種溶液混合後，分別會在 20 秒、40 秒及 60 秒瞬間變色。
- 3.溶液製備好之後，取適量的溶液 A 及溶液 B 分別放在兩個杯子內，準備進行反應時間測試，測試前一定要先舉手告知評分人員，並且跟評分人員拿已經做記號的測試杯，之後立即將溶液 A 與溶液 B 倒入測試杯中，進行計時。
- 4.活動一最多只能測試 5 次，最後測試的次數為 1~3 次者額外加總分 20 分，測試的次數為 4 次者額外加總分 10 分，測試的次數為 5 次者不另加分，參賽隊伍要審慎評估。所有的測試都必須在測試杯內進行，測試完畢，測試杯立即收回，**如在其他地方進行測試，成績將以 0 分計算。**

- 5.記錄變色所需的時間，並記測試一次，若是結果不滿意，可以調整混和體積比例或加水改變溶液 A 或 B 的濃度，告知評分人員，領取測試杯後再進行測試。
- 6.當測試全部結束之後，告知評分人員，記錄測試的次數後，領取六個塑膠杯，進行闖關準備。
- 7.用油性筆在六個塑膠杯上分別標示“一 A”、“一 B”、“二 A”、“二 B”、“三 A”、“三 B”，讓“一 A”、“一 B”兩杯混合後預計變色時間為 20 秒，“二 A”、“二 B”兩杯混合後預計變色時間為 40 秒，“三 A”、“三 B”兩杯混合後預計變色時間為 60 秒，分別在六個杯子倒入適量的溶液 A、溶液 B 及純水，並且全部放在塑膠盆中，準備競賽時使用。

(四)競賽說明

- 1.第一關—混和後 20 秒會變色的溶液：當評分人員說開始計時後，組員立刻將溶液“一 A”及溶液“一 B”迅速全部混和，當溶液開始變色即記錄反應時間。
- 2.當溶液混和後，組員可以攪拌或搖晃，但必須在 4 秒內將混合溶液放回桌上靜置。兩種溶液混和後的總體積必須大於 30 毫升，方便評分者觀察。
- 3.第二關—混和後 40 秒會變色的溶液：組員將溶液“二 A”及溶液“二 B”迅速全部混和後，記錄反應時間；第三關—混和後 60 秒會變色的溶液：組員將溶液“三 A”及溶液“三 B”迅速全部混和後，記錄反應時間。
- 4.闖關時反應時間的記錄方式為捨去小數部分，僅記錄整數部分，並作為得分區間的評分依據。
- 5.闖關活動時間，必須在 5 分鐘內完成(含活動一及活動二)。

(五)評審標準

1.第一關的闖關時間及所得分數如下表—

時間	0	6	11	13	15	17	19	22	24	26	28	30	35	41
/秒	-	-	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-4	以上
得分	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

2.第二關的闖關時間及所得分數如下表—

時間	0	11	17	23	27	31	35	39	42	46	50	54	58	64	71
/秒	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-	-4	-4	-5	-5	-6	-7	以上
得分	0	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

3.第三關的闖關時間及所得分數如下表—

時間	0	21	30	39	44	49	54	59	62	67	72	77	82	91	101
/秒	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-10	以上
得分	0	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

- 4.活動一總共有三關，每隊有三次成績，將三次比賽成績相加為 R。
- 5.測試的次數為 1~3 次者額外加總分 20 分，測試的次數為 4 次者額外加總分 10 分，測試的次數為 5 次者不另加分。
- 6.分數 R 與額外加分相加，即為活動一的得分加總。
- 7.得分加總後按六等第計分法計分，得 x 分。

四、活動二反應-快-快-快

(一)場地需求

- 1.每一組場地：長條桌一張。(各區競賽時規格統一即可)

(二)使用器材

同活動一

(三)溶液的調配

- 1.與活動一步驟 1 相同，調配適當濃度的溶液 A 與溶液 B。
- 2.藉由測試先找出會在 60 秒變色的 A、B 溶液混合比例，接下來在這個比例下，在 B 溶液中滴入大會提供的硫酸，藉由硫酸的催化作用，讓變色的時間由 60 秒縮短為 40 秒及 20 秒。
- 3.測試的相關規定和活動一步驟 3~5 相同。
- 4.當測試完成之後，告知評分人員，記錄測試的次數，並將溶液 A、溶液 B、硫酸溶液及測量體積工具(限使用吸管&吸球、針筒、量筒、滴管)放在塑膠盆中，準備競賽時使用，其他藥品、礦泉水及器材必須先行移出塑膠盆。
- 5.向評分人員領取六個塑膠杯，用油性筆在六個塑膠杯上分別標示“一A”、“一B”、“二A”、“二B”、“三A”、“三B”放入塑膠盆內，經過評分人員檢查無誤，即完成闖關準備。

(四)競賽說明

- 1.當活動一進行計時的這一段等待時間，參賽同學可以用來量取等量的A溶液，分別倒入3個A塑膠杯中；同樣的，量取等量的B溶液，分別倒入3個B塑膠杯中，完成之後，在“二B”及“三B”塑膠杯中滴入適量的硫酸，等待進行闖關。
- 2.上面步驟不得事先量取，一定要闖關時在評分人員面前完成。
- 3.第一關—混和後60秒會變色的溶液：當評分人員說開始計時後，組員立刻將溶液“一A”及溶液“一B”迅速全部混和，當溶液部分變成藍黑色即記錄反應時間。
- 4.溶液A及溶液B混和後，組員可以攪拌或搖晃，但必須在4秒內將混合溶液放回桌上靜置。兩種溶液混和後的總體積必須大於30毫升，方便評分者觀察。
- 5.第二關—混和後40秒會變色的溶液：組員將溶液“二A”及溶液“二B”迅速全部混和後，記錄反應時間；第三關—混和後20秒會變色的溶液：組員將溶液“三A”及溶液“三B”迅速全部混和後，記錄反應時間。
- 6.闖關時反應時間的記錄方式，小數部分捨去，僅記錄整數部分，作為得分區間的評分依據。
- 7.闖關活動時間，必須在5分鐘內完成(含活動一及活動二)。

(五)評審標準

1.第一關的闖關時間及所得分數如下表—

時 間 /秒	0	21	30	39	44	49	54	59	62	67	72	77	82	91	101
	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-10	以 上
	0	9	8	3	8	3	8	1	6	1	6	1	0	0	上
得 分	0	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

2.第二關的闖關時間及所得分數如下表—

時 間 /秒	0	11	17	23	27	31	35	39	42	46	50	54	58	64	71
	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-	-4	-4	-5	-5	-6	-7	以 上
	0	6	2	6	0	4	8	41	5	9	3	7	3	0	上
得 分	0	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

3.第三關的闖關時間及所得分數如下表—

時 間 /秒	0	6	11	13	15	17	19	22	24	26	28	30	35	41
	-	-	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-4	以 上
	5	10	2	4	6	8	1	3	5	7	9	4	0	上
得 分	5	17	28	36	44	52	60	52	44	36	28	17	5	0

- 4.活動二總共有三關，每隊有三次成績，將三次比賽成績相加為 R。
- 5.測試的次數為 1~3 次者額外加總分 20 分，測試的次數為 4 次者額外加總分 10 分，測試的次數為 5 次者不另加分。
- 6.分數 R 與額外加分相加，即為活動二的得分加總。
- 7.得分加總後按六等第計分法計分，得 y 分。

五、競賽時間

- (一)製作：活動一、二溶液的調配及測試時間（含說明及領取材料）共 35 分鐘。
- (二)評審：活動一及活動二，同組依序進行，時間共 30 分鐘。
- (三)注意：本項活動必需在 70 分鐘內完成。

六、總成績

- (一)每一隊的總成績： $z = x + y$ 。
- (二)依 z 高低排序後，再以六等第計分法計分與決定名次。若 $x + y$ 分數相同，則依次以活動二、活動一分數加總高低，作為排名依據。

七、活動三、創意競賽

(一)競賽製作

- 1.使用其他材料，也能夠利用化學反應操控反應時間，並且產生瞬間變色或者聲、光、熱的效果。
- 2.使用其他操作技巧或藉由其他器材協助，可以呈現精準操控反應時間的效果。
- 3.想出其他新的玩法。

(二)評審標準：功能 25%、造型 25%、創意 25%、說明書 25%

(三)說明書

1.說明書字數：200 字以內。

2.說明書以兩張 A4 紙內完成，用文字、附圖或照片說明設計原理、功能及特點，於報到時一併繳交。

八、器材總表

(一)大會提供

	品名	規格	數量	備註
活動一 及 活動二	碘酸鉀(KIO_3)		2.5 公克	
	焦亞硫酸鈉		1 公克	
	($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	8M~4M	10 毫升	
	硫酸(H_2SO_4)水溶液	600 毫升	1 瓶	
	澱粉水溶液	600 毫升	1 瓶	
	礦泉水			僅提供測試及
	塑膠杯			評分時使用

(二)自備器材

必備 - 秤重工具(天平或電子秤)、燒杯數個、塑膠盆二個、測量體積工具(限使用吸管&吸球、針筒、量筒、滴管)、油性筆、抹布。

選備 - 攪拌工具。

九、注意事項：

- 1.大會不提供電源，如有需要電子秤，請選用乾電池式電子秤。
- 2.活動一是利用濃度改變來控制反應時間，活動二則是利用催化劑改變反應速率，競賽時所有的反應藥品必須一次混和均勻，不可逐次添加，違反以上原則，該次成績以 0 分計算。
- 3.吸管(pipet)需搭配吸球手動操作，不得使用電動式吸管。
- 4.如果因調配不當導致變色不明顯，讓評分人員觀察不易，自行負責。
- 5.溶液 B 調配的參考方式為先將 2 公克水溶性澱粉放入燒杯中，加少許的水攪拌後，倒入沸水至 100 公克，再稍微攪拌後靜置至冷卻，取上面的澄清溶液加入適量的焦亞硫酸鈉及硫酸，即完成調配。若是水溶性澱粉不易取得，可以用太白粉替代。
- 6.請自備抹布清理桌面的水漬。
- 7.硫酸要小心使用，若不慎沾到，請用水沖洗。
- 8.使用過後的藥品，稀釋過後可以直接倒入水槽。