

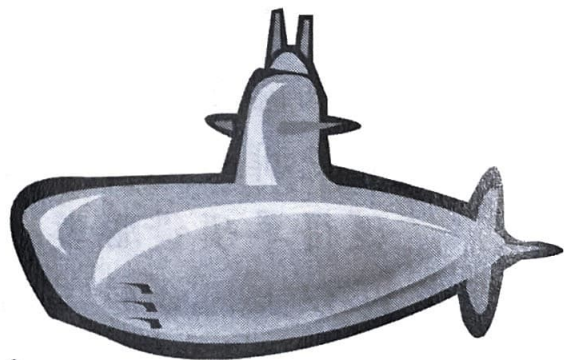
水中精靈

設計者：大學入學考試中心研究發展處 蕭次融教授

「精靈」帶給人可愛、多變、神秘奇妙的感覺，而在水中舞動的精靈又是怎樣的精靈呢？除了游上划下、旋轉跳動的基本舞姿外，若你懂得如何與精靈溝通，不僅可以和哈利波特一樣，擁有魔法可隨心所欲地操控水中精靈（浮沈子），更可讓你手中的救生精靈（救生浮沈子），救起不慎溺水的精靈（溺水浮沈子）唷！咱們來比比看，誰最能操控手中的救生精靈，救助最多的溺水精靈呢？

一、目的

以簡單的材料製作各種水中精靈（即浮沈子），體驗浮沈原理及探究其變因，並操控水中精靈的浮沈與轉動，可救援沈在瓶底的溺水精靈再度上升，進而將其放在水上的救生艇。比賽誰最會利用手掌來壓放寶特瓶，以控制水中精靈的浮沈與轉動，並在救援作業中，誰最能操控救生精靈潛水救助溺水精靈。



二、原理

1. 浮力原理
2. 阿基米得原理
3. 巴斯噶原理

說明：

物體在水中的浮沈受制於「浮力原理」，利用改變物體的比重（重量或體積）可以控制物體的浮沈。物體的重量（重力）大於浮力，物體即下沈，反之則上浮。

浮力的大小就如同「阿基米得原理」所提及的，等於物體所排開的液體重量。在此操作中，如果能夠改變寶特瓶內浮沈子（水中精靈）的重量或浮沈子（水中精靈）在液體中的浮力，即可以操控浮沈子（水中精靈）的浮沈。

水中的壓力，如「巴斯噶原理」所述：「密閉流體的任一部分受壓，壓力可以傳至流體的每一部分，而壓力大小不變」。因此在裝滿水的密閉寶特瓶外施壓，瓶內的浮沈子（水中精靈）會感受到壓力，水就會進入精靈體內，增加其重量而下沈，其原理則如同潛水艇吸進海水以增加重量而下沈。反之減輕壓力，則水從精靈體內流出來，精靈因重量減輕而浮上。若水的進出口在精靈的側面，則水在進出精靈的小孔時，會有一股衝力使得精靈轉動。因此適當地「壓與放」寶特瓶，就可以控制水中精靈的轉動。



三、競賽方式

活動一：旋轉精靈

＊使用材料

大會提供：飲料吸管4枝(口徑約12mm)、5分銅釘60枝、橡皮筋。

自備：寶特瓶(必須使用瓶身透明、容量為500～700mL、高度不得超過23cm的規格)、打火機、剪刀、鉗子、油性簽字筆、透明杯(調浮沈子之用)、抹布。

＊競賽說明

1. 四名隊員，各自在限定的20分鐘內，使用大會發給的吸管與銅釘，製作一個可控制旋轉的水中精靈(浮沈子)，參與競賽。四位隊員均要使用各自製作的精靈參賽，並且製作完成的水中精靈不可給他人使用。
2. 水中精靈(浮沈子)的製作要求：限使用大會提供的材料製作，並且必須以油性簽字筆，在水中精靈(浮沈子)的兩側面分別寫上「1」與「2」，以便判定旋轉圈數。
3. 水中精靈(浮沈子)的操作要求：在任何一次競賽要開始時，「1」必須面對裁判，等候裁判口令後，才可以開始操作。
4. 競賽分兩項：(一)指定操作及(二)自選操作。「指定操作」為資格賽，即只有通過標準者，才可繼續參與「自選操作」的競賽項目與評分。例如：四名選手，有三名未通過指定操作，則只有通過的一名選手，可以繼續參賽「自選操作」的競賽項目。
5. 每一項目每位隊員最多可操作兩次，成績取兩次中較佳的一次登錄。

(一) 指定操作

1. 符合標準規定的一次「下沈」與一次「上浮」，稱之為一次完整的「浮沈路徑」。
2. 標準「下沈」的定義：水中精靈（浮沈子）在下沈的路程中，任一時刻均不能有上浮的現象。違者中止操作，而成績計算到違規為止時的得點。
3. 標準「上浮」的定義：水中精靈（浮沈子）在上浮的路程中，任一時刻均不能有下沈的現象。違者中止操作，而成績計算到違規為止時的得點。
4. 選手必須操控水中精靈（浮沈子）在一次完整的「浮沈路徑」中，分別在「下沈」時，只旋轉一圈；「上浮」時，也只旋轉一圈。
在指定操作的旋轉，係指水中精靈開始有下沈或上浮的動作後的旋轉，而在下沈或上浮的整個過程中，各只旋轉一次。
5. 指定操作的旋轉，係指水中精靈開始有下沈或上浮的動作後的旋轉，而在下沈上浮的過程中，各只旋轉一次。
6. 注意：此為「自選操作」的資格賽（限單手操作）。

(二) 自選操作

1. 參賽資格：已通過「指定操作」者。
2. 參賽選手在競賽操作前，先聲明旋轉目標圈數（ n 圈），最多不可超過（含）3圈。
3. 選手必須操控水中精靈（浮沈子）在瓶子的中段，原地進行旋轉（ n ）圈數的競賽。
4. 瓶子中段的定義：在瓶身的中段部分，套兩條橡皮圈，其間隔寬度比水中精靈（浮沈子）的長度大1公分以內。

5. 原地旋轉水中精靈的操控規定：先將精靈（浮沈子）安置在兩條橡皮圈之間，記號1面對裁判，2面對自己，聽候裁判口令，操作期間，精靈的頭或尾都不能超出兩條橡皮圈的範圍，違者中止操作，而成績計算到違規為止時的得點。若違規時旋轉圈數還差1圈或1圈以上時，該項操作即為0分。

*得點標準

(一) 指定操作

1. 完成下沉旋轉一圈者，得3點；完成上浮旋轉一圈者，得3點。
2. 只有全程通過者（得4點以上），才能晉級參與「自選操作」賽。
3. 扣點標準：同自選操作。

(二) 自選操作

1. 旋轉規定，必須在原地旋轉。
2. 每旋轉一圈，得3點。因最多限轉3圈，故最多得9點。
3. 任何一次競賽機會，未達到目標圈數時，不論多轉或少轉均要扣點。
4. 扣點標準：半圈（不含）以下，扣1點；半圈至1圈（不含），扣2點；多出或短少1圈（含）以上，該項操作即為0點。例如：多（或少）旋轉 $1/2$ 圈者，扣2點；多（或少）旋轉1圈者，得0點。

- (三) 活動一的總得點(X) = 四位隊員各項列入記錄的得點，相加總和。

活動二：救生精靈

＊使用材料

大會於參賽報到前寄發的點滴吸管、5分銅釘，自備的寶特瓶（必須使用瓶身透明、容量為500～700mL、高度不得超過23cm的規格），以及參賽前已製作完成的救生精靈。

＊競賽說明

（一）參賽報到前的準備事項

1. 四名隊員，各自製作並調整好一套「水中救生精靈」組，每隊共四套。（註：希望達到每位隊員，均有動手製作與操作的能力。）
2. 每套「水中救生精靈」組，內含：一個寶特瓶，瓶中放有三個救生精靈（浮沈子），分別擔任（一）救生艇、（二）救生精靈、（三）溺水精靈，並分別著上三種不同的顏色（例如：綠色、紅色、黑色）以利分辨。
3. 水中精靈（浮沈子）的製作方法，可參見附錄，任一種精靈可以掛鉤的鉤子限定為單鉤，如附錄的圖示。

（二）競賽規定

1. 每隊共有15分鐘可進行競賽操作。
2. 四套「水中救生精靈」組，依序事先編號（1～4號），同時出列於裁判面前準備競賽。在裁判的監督下，以抽籤方式決定哪一個編號的「水中救生精靈」組參賽。簡言之，事前準備四組，競賽僅使用其中的一組（抽籤決定）。
3. 競賽一開始操作，就不能打開瓶蓋，若救生艇沈到瓶底，就終止競賽操作。

4. 四名隊員必須依序輪流出列操作已抽中的「水中救生精靈」組，而每名隊員每次輪流操作的時間，最多4分鐘，時間一到立刻換下另一位隊員（每一位隊員至少要操作一次，操作時間至少90秒）出列繼續操作。而裁判於時間到時30秒，口頭提醒一次。

(三) 競賽程序

1. 抽籤：決定參賽的「水中救生精靈」組。
2. 開始：救生艇浮在水面，溺水精靈沈在瓶底。經裁判認可後，發出開始的口令並同時開始計時（共15分鐘），救生精靈即可開始展開救援動作。
3. 救生精靈要把溺水精靈救上來，並安穩地掛在救生艇後，救生精靈要下沈瓶底至少兩秒鐘，而溺水精靈仍然掛在救生艇不掉落。等裁判認可，拍手一下後，算是救援成功一次，就可將溺水精靈從救生艇搖下，沈至瓶底。此時，救生精靈可再度開始另一次救援的工作。

(四) 競賽評審注意事項

1. 點滴吸管（1mL）可以剪，加熱後彎曲、拉長與封閉，但除了加重用的銅釘之外不得另接任何東西。
2. 要吊起溺水精靈時，救生精靈只可以用其鉤子，設法鉤住溺水精靈身上以點滴吸管製作的掛鉤的任一地方，但不能從其他地方（例如釘子等）鉤吊。
3. 在救援過程中，每次只有一名隊員限用單手可操控寶特瓶，同一時間不得有其他隊員的手觸碰瓶子（換人的過程除外）。
4. 操作時，瓶子可以放在桌上或單手懸空操作，雖可以搖動瓶子、傾斜瓶子，但禁止顛倒瓶子。

＊得點標準

救援成功，每一次得 10 點。

競賽時間 15 分鐘截止時，已吊起溺水精靈，但尚未掛上救生艇者，得 5 點。（每隊至多只能得一次）

活動二的得點為 Y。

四、器材

器 材	名 稱	規 格	數 量	備 註
大會提供各隊	吸 管	直徑 12mm	4 支	活動當天發放
	吸 管	1mL	50 支	繳費後，賽前寄發
	銅 釘	5 分長	160 支	賽前寄發 100 支， 活動當天發放 60 支。
	橡皮筋	直徑約 5 公分	8 條	活動當天發放
參賽者自備	保特瓶	500 ~ 700mL、透明	8 個	4 個完成品、4 個現場製作
	簽字筆	油性，3 種顏色	3 枝	火源限制：只可以使用 用打火機或蠟燭，不 可以使用其他物品替 代。
	打火機	一 般	4 個	
	剪 刀	一般文書用	4 把	
	鉗 子		4 支	
	小塑膠杯	透明的	4 個	調節浮沈子之用
	抹布		4 條	請擦乾製作台面

備註：

1. 活動一需用的材料，由大會現場提供，比賽後旋轉浮沈子，必須剪開受驗，銅釘回收。
2. 賽前發放的 100 支 5 分銅釘，主要用於製作活動二的三種浮沈子。但銅釘也可用於賽前學習製作活動一時，練習製作旋轉精靈（浮沈子）之用。

五、時間：

共 70 分鐘。

1. 製作時間：20 分鐘。（限用於活動一，製作與調整旋轉精靈）
2. 評審時間：50 分鐘。

六、評分方法

1. 活動一：四個人的得點相加，得成績 X。
2. 活動二：得點成績 Y。
3. 本項競賽「水中精靈」，得點成績 $(Z) = X + 4Y$
4. 單項競賽排名：依總得點成績 (Z) 高低排序。
5. 單項競賽得分：依排名的順序，再依六等第計分法（見總則說明）計分與決定本競賽項目的最終名次，分數最高的隊伍頒發單項競賽優勝獎。
6. 單項競賽優勝獎：若有同分的最高分隊伍並列時，則以活動二得點 (Y) 高者獲得，若活動二的得點再相同時，以抽籤決定名次。
7. 大會總成績排名，請見總則。

七、給參賽者的建議

在本項競賽要得勝的要訣在於活動二，競賽者四人均應事先勤加練習如何迅速有效救生。

八、給評審的提醒

1. 為節省時間，活動二可以在製作活動一「旋轉精靈」的同時，先進行比賽。

2. 比賽時，寶特瓶可放在桌上或手拿瓶子懸空操控。雖然寶特瓶可以傾斜，但不得顛倒。
3. 競賽完畢後，已參與競賽的各隊，其保特瓶（必須寫上參賽標號及姓名）及各式精靈（浮沈子），全部暫時由大會保管，待全天競賽結束後，統一時間還給參賽隊伍。

九、附錄：水中精靈（浮沈子）的製法

（一）可以旋轉的水中精靈（浮沈子）

1. 剪一段約5至6公分長的飲料用吸管（塑料，直徑約12mm），管口用打火機加熱，軟化後乘熱用鉗子夾住，密封管口，並以吹氣法檢查是否密封。
2. 放入銅釘6至20支（視吸管的粗細、長短與封口方式而定）後，類似上述方式密封管口。吸管的兩端封口，最好互成垂直，如圖2-2。
3. 用銅釘在靠封口的附近邊緣戳一個小孔如圖2-2所示。
4. 在一杯清水中，以吸入清水的方式，調整浮沈子的重量後，用手指輕輕壓至杯底，放手後觀察其浮上來的速率，以檢驗水中精靈（浮沈子）吸入的水量是否適當。
5. 放入裝滿清水的寶特瓶內，檢驗其下沉與上浮的過程中旋轉情況是否適當。

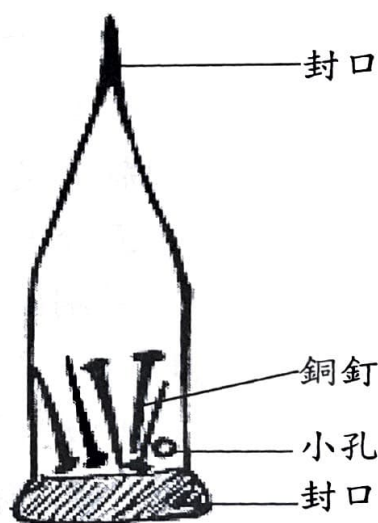


圖 2-2：旋轉精靈

(二) 救生精靈 (救生浮沈子)

1. 點滴吸管 (1mL) 一支，在靠近吸球附近，用打火機加熱吸管，軟化後向左彎，等待冷後硬化，再度加熱吸管(離中央約1.5公分)，吸管軟化後向右彎，最後加熱吸管口，並用打火機側面將其壓扁如圖 2-3。

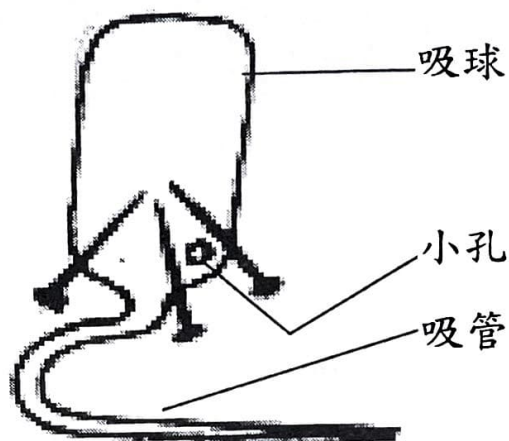


圖 2-3、救生精靈

2. 用五分長的銅釘 3 或 4 支，在靠近吸管附近插入吸球並用銅釘戳一小孔如圖 2-3，並以油性簽字筆著色，即得一個救生精靈 (浮沈子)。
3. 按下吸球後，在一杯清水中，放鬆指頭吸入水以增加重量，然後調整水中精靈 (浮沈子) 的重量，使其能浮在水面，並可以輕鬆下沉 (當放入裝有 9.5 分滿水的寶特瓶中)。

(三) 溺水精靈 (浮沈子)

1. 使用點滴吸管 (1mL) 一支，加熱吸管與彎曲吸管的要領類似救生精靈 (浮沈子)，但只使用銅釘 3 支，而且小孔與銅釘的位置都要在吸球頭部如圖 2-4。
2. 在一杯清水中調整其重量，使其恰好能下沉，吸水太多，救生時吊不起來。

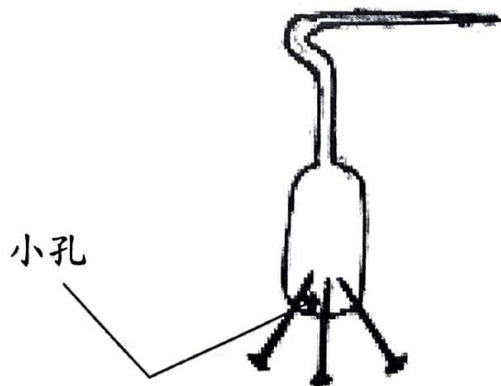


圖 2-4：溺水精靈

(四) 救生艇浮沈子

1. 使用點滴吸管(1mL)一支，加熱離吸球約1公分處的吸管，軟化後乘熱將其拉長，然後彎曲吸管成如圖2-5的形狀。
2. 用2支銅釘插在吸球靠近吸管附近，並戳一個小孔。
3. 在水中調整救生艇浮沈子的重量，使其吸球頭部只能浮在水面不會下沉。

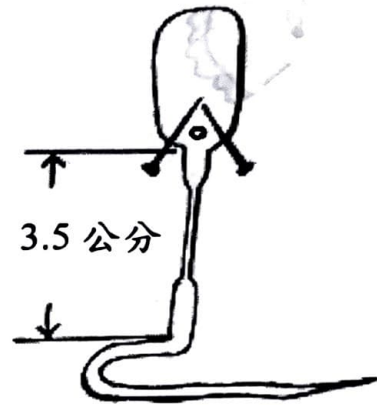


圖2-5：救生艇浮沈子

(五) 附註

以上各種水中精靈(浮沈子)的製作，並不是唯一而最好的方法，僅供參考。本競賽規定活動一要使用現場分發的飲料用吸管(直徑約12mm的塑膠吸管)與銅釘(現場分發，有記號的)，在20分鐘內製作並調整好可以操控轉動的水中精靈(浮沈子)，這個水中精靈(浮沈子)在賽後，必須剪開受檢，銅釘回收。

活動二限用1毫升的點滴吸管以及銅釘，三種水中精靈均限定單鉤，如圖2-3、圖2-4與圖2-5。參賽報到前先在學校或家中製作完成，並調整好各種水中精靈(浮沈子)，以利直接參與競賽。

