

簡易浮沉子的製作與操作

余甄紘* 蕭次融

財團法人大學入學考試中心基金會

壹、學生實驗

一、前言

水棲動物遨遊水中，浮沉自如，多令人羨慕。其實任何物體在水中的浮或沉，完全受制於與其周圍的水的密度相比。

1. 物體的密度大於水的密度，物體就會沉下去
2. 物體的密度小於水的密度，物體就會浮上來
3. 物體的密度等於水的密度，物體就會在水中停住

二、目的

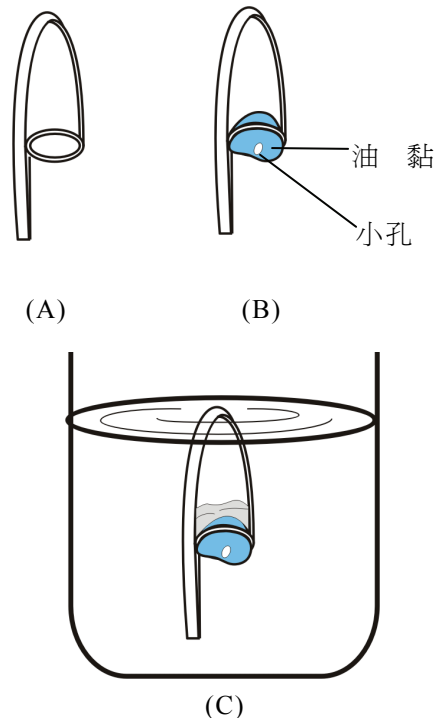
使用身邊的東西，製作浮沉子，使其在寶特瓶內的水中浮沉，體會物體在水中的浮與沉，並且設法操控浮沉子的沉與浮，觀察如何改變物體的密度，以了解潛水艇的沉浮。

三、浮沉子的製法

可以用來製作浮沉子的材料有多種，本篇所用器材都是在身邊容易找得到的，而且其製作的方法也很簡單。先介紹三種：

(一) 使用筆套

1. 要選用筆套的頂端完全封閉的，沒有小氣孔，如同圖一的(A)。
2. 用小小的一塊油黏土包住鉛筆的筆芯後，塞住筆套口，抽出筆芯後，就留一個小孔，如圖一的(B)，以便水的進出，好調整浮沉子的重量。
3. 調整浮沉子的重量（增減筆套內的水量，或增減油黏土的量），使浮沉子只浮出水面一點點，如圖一(C)。

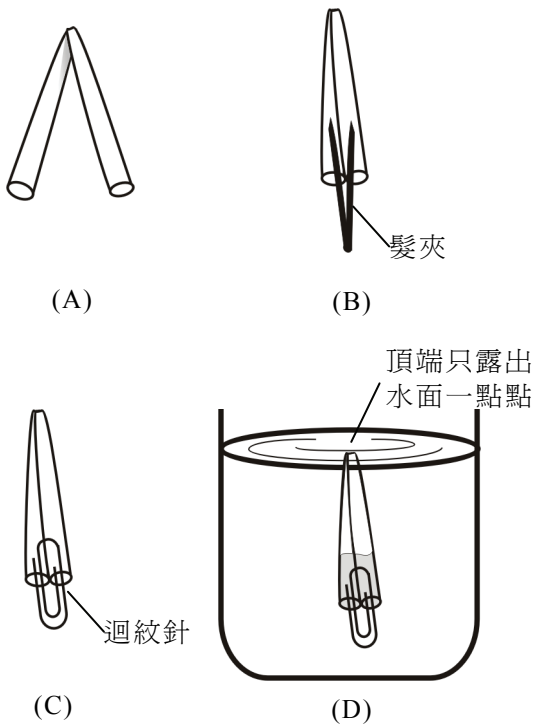


圖一、筆套浮沉子

* 為本文通訊作者

(二) 使用吸管與髮夾或迴紋針

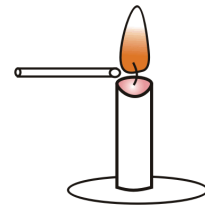
1. 取一段喝飲料用的吸管，長約 8 公分，將其對折如圖二的(A)後，用一支髮夾或迴紋針將已對折的吸管的兩股，從管口將其夾住，如圖二(B)或(C)。
2. 在一杯清水內，用手指壓住吸管的兩股，就會有氣泡跑出來，然後在水中放開手指，即見水被吸入吸管内。
3. 調節吸管内水量，使彎了後的吸管頂端只露出水面一點點即可，如圖二的(D)。要特別注意，浮沉子的頂端，只能露出水面一點點，而且吸管的開口不能太大，以避免吸管内水容易掉出來。



圖二、吸管簡易浮沉子

(三) 用熱封住吸管

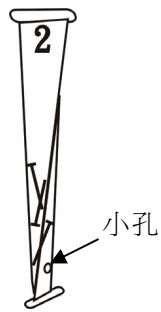
1. 剪一段吸管約 5 公分長，用打火機、酒精燈或蠟燭的火焰底部的的外焰溫熱(吸管靠近外焰，但不可放進焰內)，使吸管稍微熔化後用箝子夾住，或放在瓶蓋上，用打火機或剪刀等硬體的邊緣壓扁管口，使其密封，如圖三的(A)與(B)。
2. 在吸管内放入 2~4 支(視吸管的粗細與長短而定)銅釘(不易生鏽)後，又封住吸管另一頭的管口，然後在兩端均封了口的吸管上端寫號碼，另一端用另一支銅釘扎一小孔，如圖三的(C)。
3. 同樣用手指壓扁吸管的中腹部，置於水中後放開手指，以便吸入水，然後放在杯內試試浮沉子的沉浮情形，使其只浮出水面一點點即可，如圖三的(D)。



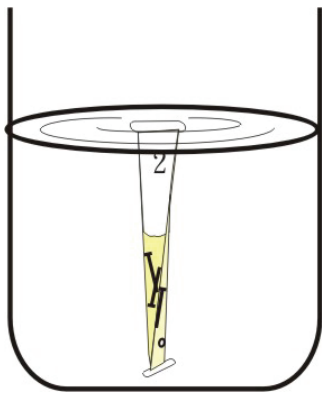
圖三、(A) 吸管口靠近外焰的底部，利用外焰的輻射熱



圖三、(B) 用打火機或其他硬體壓扁管口



圖三、(C) 寫了號碼的浮沉子，在底部有一小孔



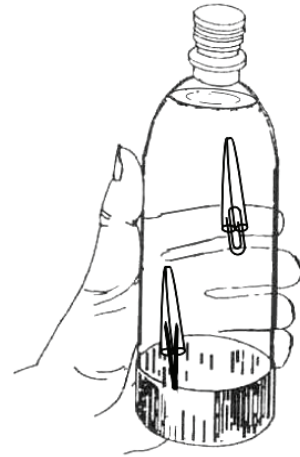
圖三、(D) 浮沉子的頂端，只露出水面一點點

四、浮沉子的操作

1. 調整好的浮沉子放入寶特瓶(瓶內裝水 9.5 分滿)，蓋緊瓶蓋後，輕壓瓶子，看看浮沉子是否會沉下去？若不會，就必須取出浮沉子，重新在杯子調整浮沉子內的水量，使浮沉子比先前的稍微重一點，看看其浮沉情況適當後才放入瓶內再試。
2. 當放鬆手壓後，浮沉子是否會自動浮上來？若浮沉子不會自動浮上來，沉在瓶底，表示浮沉子太重，需要減重，就向老師借用「救生員」，用救生員將沉在

瓶底的浮沉子，套鉤上來，重新調整。

3. 若一個浮沉子成功了，能夠浮沉自如，就再放另一個浮沉子試試看，如圖四，瓶內有兩個浮沉子。



圖四、寶特瓶內的浮沉子受壓即沉

貳、教師手冊

一、補充說明

本篇壹的學生實驗，可依其浮沉子的三種不同製法，分為三種教材，分別實施，每一活動的時間為 1 小時。

(一) 浮沉子是什麼？

「浮沉玩偶」這個名詞在國內見於教育月刊 132 期(1990 年 9 月)，但是與其類似的名詞，例如潛水娃娃、浮沉子等等，早已散見各種書刊。英文名稱為 Cartesian Diver，但其名稱的由來，經過許多人的探討，截至目前為止還沒有一致的說法。

Richard Frazier 以「A PHILOSOPHICAL TOY」為篇名，詳細討論這個名詞，認為與偉大的哲學家笛卡兒(Rene Descartes，1596~1650，法國數學家、哲學家)有關。

因為這個潛水夫(diver)讓我們思考如何解釋物體浮沉的問題，可以促進小朋友學習科學的興趣。在日本的中學理科教科書(參考資料 3)以及小學理科補充教材，都稱為「浮沉子」。1973 年出版的「物理實驗事典」(參考資料 4)，浮沉子仍然用小玻璃管製作，放在量筒或試管內，以壓橡皮球或注射筒操作。

以前還沒有塑膠材料的年代，要製作浮沉子就沒有現在這麼方便，因為需要具有相當靈巧的玻璃細工技術，才能製作理想的浮沉子，因此並不是每一個人都能製作。當然利用小小的香水瓶或藥水瓶也可以當作浮沉子。

(二) 浮沉子為什麼沉不下去？

自己製作的浮沉子沉不下去的主要原因，大都是浮沉子太輕。因此，補救的方法有二：(1)在浮沉子的下面多掛一個迴紋針，或(2)讓浮沉子(吸管)多吸一點水。以上兩種方式都可以增大浮沉子的密度。

(三) 本來好好的浮沉子，為什麼現在不聽話了？

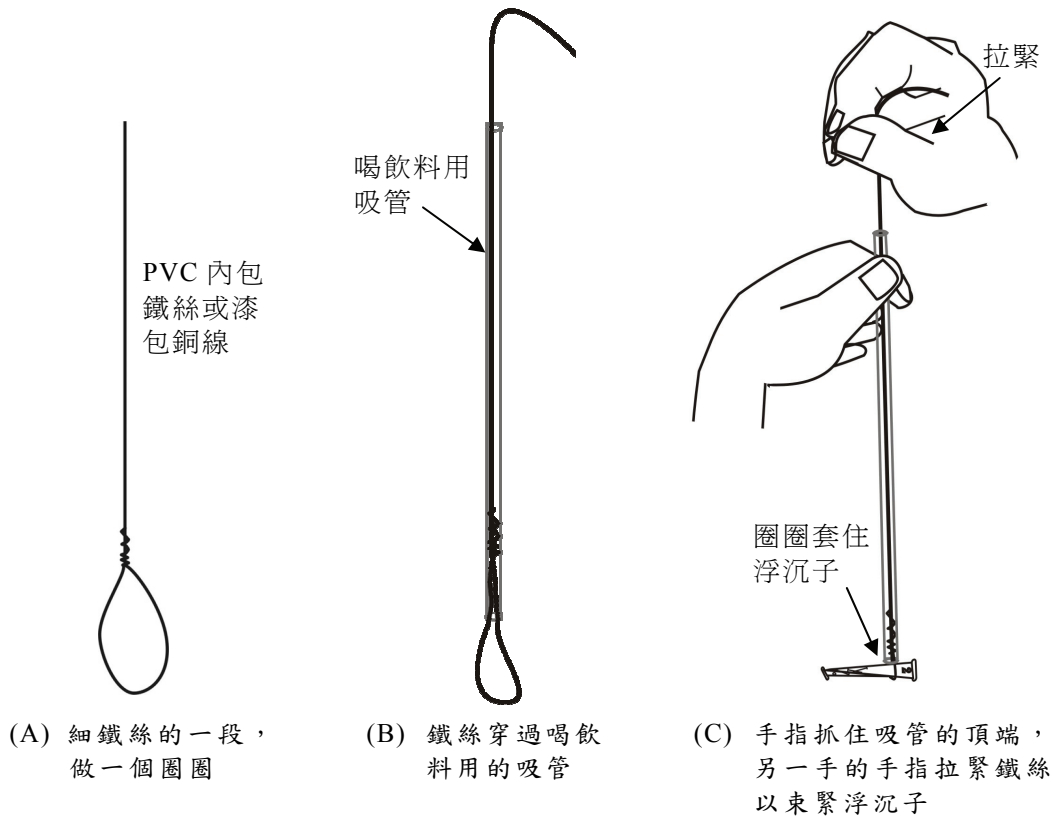
很可能是因為吸管(浮沉子)內的水位太低。在這種情況下，若壓放寶特瓶的力道太大，就會導致浮沉子內的空氣以氣泡的方式跑出去，如此水就會進入浮沉子，浮沉子的密度就變大而沉在瓶底，因此即使放鬆手壓的壓力，浮沉子也不會浮起來。另外，吸管浮沉子放在水中太久了會長霉與小氣泡，瓶內的水溫改變，也會影響浮沉子的沉浮。

(四) 要如何才能將沉在瓶底的浮沉子拿出來？

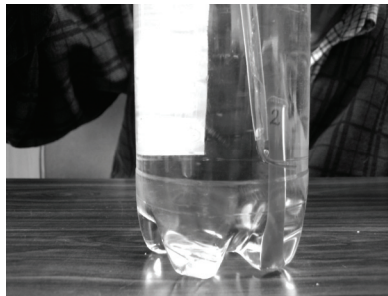
把寶特瓶內的水倒出來，當然可以拿出浮沉子，但這樣不僅浪費水，也不便。最好的方法是用「救生員」如圖五，將浮沉子套鉤上來。救生員的作法如圖五，取一條用塑膠包裹的鐵線(PVC 內包鐵絲)或漆包銅線，一端做一個圈圈，如圖五的(A)。鐵線的另一端穿過喝飲料用的吸管，如圖五(B)，就完成了一個「救生員」。使用救生員來拯救沉在瓶底的浮沉子的方法如下：先將圈圈彎一彎，使圈圈與吸管成直角以便容易從上套住溺水沉在瓶底而直立的浮沉子(圖六的 A)。圈套了浮沉子後，一手的大拇指與食指抓住吸管的頂端，另一手的大拇指與食指拉緊鐵線的另一端(請見圖六 C 的左右手指架勢)，使圈圈套緊浮沉子，如圖五的(C)，如此就可以將沉溺的浮沉子勾上來(圖六的 B)。小學生不易操作救生的動作，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。

(五) 用筆套與油黏土做的浮沉子為什麼沉不下去？

筆套內要放入一點水，而封住筆套口的油黏土要有一個小孔，以便水進出，並且一定要先在杯子，試試浮沉子的浮力，浮沉子只能浮出水面一點點，浮出太多表示浮沉子的密度太小，浮沉子太輕即使壓了寶特瓶，浮沉子也沉不下去。



圖五、救沉在瓶底的浮沉子示意圖



(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

圖六、用「救生員」救溺水的浮沉子的分解動作

(六) 浮沉子能不能做出娃娃？

可以。在遠哲科學趣味競賽的活動三，創意競賽裡有多位高中女生的作品，不僅做出了可愛的娃娃，甚至可在瓶內跳圓舞曲，將在下集浮沉子的轉動時介紹。不過教師可在塑膠片上繪圖，用不溶於水的黏膠，將其黏在浮沉子上，但要記得放入寶特瓶之前，必須先在杯子內調整浮沉子的重量與其浮力，在杯子裡試了浮沉，絕對沒有問題的，才可放入寶特瓶內。較簡易的方式是圖二的(C)，用另一支迴紋針夾塑膠圖片後掛在原來的迴紋針上。在參考資料 1 介紹了以釣魚用的「浮重」(台語)與銅線做了可愛的浮沉娃娃，而在參考資料 6 更介紹了可以發光的浮沉娃娃。

(七) 其他的操作方式

建議教師依圖三的方式，事先製作好吸管浮沉子並編號 1~7 號，先給學生 1~4 號，調整成功，能使浮沉子依序沉浮的學生，再給浮沉子 5 與 6 號再試，成功的學生再給 7 號，如此分批給學生造成學生彼此間的觀摩學習與競爭，使得活動 High 起來，最後的要求是一定要按號碼 1~7 的次序一個一個分別下沉，然後又依序 7~1，一個一個浮上來。這是一點難度的，在操作時要思考浮沉子的比重問題，調整浮沉子內的水量，要細心，一滴一滴地調，甚至要調整的只有半滴水的量。每次增重與減重，過與不及都不能解決問題，希望學生能從中理解彼此協調的重要性。另外，如何

能控制減重或增重(進水)半滴水？是一個很有趣的課題，讓學生發表做法。筆者之一(蕭)在博士班招生口試時，多次問過這個問題，多半的答案是用微量針筒，量好了一定量的水打進去，這有一點像殺雞用牛刀，多半的學生一緊張都會認為這是難題，而多忘了浮沉子內的空氣也是物質。凡是物質都佔有體積，因此浮沉子內的空氣不出來，水怎麼能進得去？其實做法很簡單，只要將浮沉子沒入水中後，擠壓浮沉子，眼見多少氣泡跑出來，放鬆壓力後就會有多少與氣泡相同體積的水被吸進去。

(八) 用玻璃瓶可以嗎？

也可以。放有浮沉子的玻璃瓶務必裝滿水後，瓶蓋改用軟木塞(葡萄酒的瓶塞很適用)，只要壓下軟木塞浮沉子就會沉下去(參考資料 7)，另外參考資料 1 與 4，則用注射筒與塑膠導管來控制浮沉子的沉與浮，將另篇介紹。

(九) 讓小學生用火，有點擔心，是否有更安全的方法？

市面上有一種小工具，以電熱的方式來密封塑膠袋，但要在教室裡使用，另有一種掌上型的封口機，是使用電池加熱的。其操作方式類似訂書機訂針的樣子(請參見圖七的 A)。使用要有一點技巧，因為喝飲料用的吸管是圓型的而且管壁比塑膠袋厚了許多，因此融合了後一鬆手，吸管口就自動張開，所以取出融合的吸管口後要用手指壓住，如圖七的 B (不會燙手)。另外市面上也可以

買得到小滴管(1mL)，直接用小滴管與銅釘就不需要用到火焰了(下一篇說明)。

圖七、掌上型封口機封住吸管口



圖七(A)、吸管放在電熱絲上後，兩手指輕壓封口機



圖七(B)、抽出吸管後，趁熱用兩指頭壓緊管口



圖七(C)、封住管口的成果，左手拿封口機

(十) 本篇的創意

簡易浮沉子的作法雖然很多，但都有其缺點，例如不易調整其密度。本篇在浮沉子的製作中所提出的「3.用熱封住吸管」的做法是筆者的創作，其優點在於可製作幾乎相同的浮沉子，使其易於調整浮沉子的重量。本篇的另一創作是「救生員」的製作與其使用，使沉在瓶底的浮沉子易於被勾吊上來。

二、參考資料

1. 蕭次融，「浮沉的玩偶與浮體的比重」，科學教育月刊，132 期，35 頁(1990)。
2. Richard Frazier，" A PHILOSOPHICAL TOY，" <http://www.ed.uiuc.edu/courses/Cl.../resources/philoToy/philoToy.html> (1996)。
3. 大木道則等，「試一試製作浮沉子」，理科 I 分野上(文部省審訂中學教科書)，啓林館，大阪(1990)。
4. 藤岡由夫等，「浮沉子」，在「物理實驗事典」，49 頁，講談社，東京(1973)。
5. 蕭次融等，「浮沉玩偶」，在「動手玩科學」，4 頁，遠哲科學教育基金會，台北(1999)。
6. 方金祥、張簡琦麗，「科玩 DIY—發光浮沉子」，科學教育月刊，258 期，49 頁(2003)。
7. 牧野賢治，「在水中上下浮沉的滴管」，在「有趣的科學實驗 100」，中譯本，世茂(2000)。