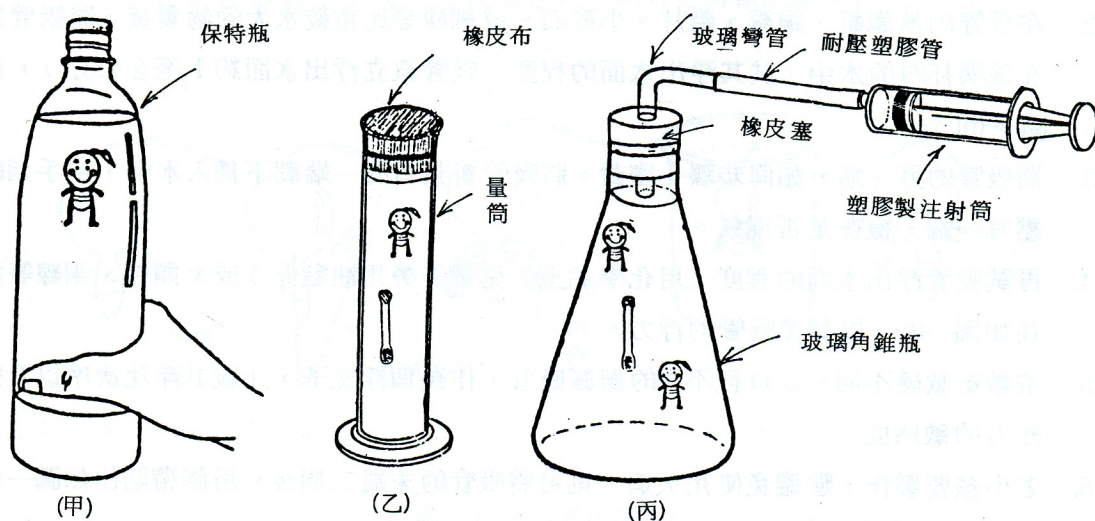


# 浮沈的玩偶與浮體的比重

蕭次融  
國立臺灣師範大學

水棲動物浮游潛水自如，多令人羨慕。大小游魚悠哉悠哉，而大如潛水艇亦能浮沈，控制自如，人類之聰明有勝於自然者。今讓我們模仿游魚與潛水艇，作一遊戲。

在預先放有幾個浮沈玩偶的透明保特瓶內裝滿自來水，蓋緊瓶蓋後持於手掌如圖甲，用手指輕壓保特瓶，則見浮沈玩偶一個一個隨喚隨下，控制自如，其浮沈情形，亦可隨心所欲，頗勘玩味。若將此視為玩具，確屬趣味玩具，但是也可當做教具，說明巴斯噶（Pascal）原理，阿基米得（Archimedes）原理，以解釋物體的浮沈。因其構造簡單，易於自製，且多項變化，甚具思考性，探討其浮沈過程，刺激自行設計的欲望，有助於學生了解物體的浮沈以及變因的控制，提高其對科學的興趣，故也可認為是一種益智玩具。



本篇首先介紹浮沈玩偶的幾種製作方法，並探討物體的浮沈，引導學生自行設計，創新構想，嚐試動手創作之樂趣。

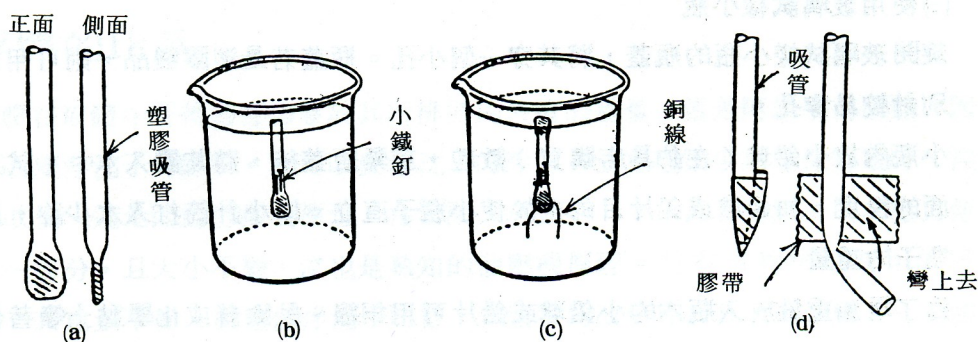
## 一、浮沈子的製作

物體的浮沈其變因有二，一為物體的重量，一為物體的體積。控制其中任一項變因均可操縱物體的浮沈。茲依其所控制的主要變因與所使用於製作的材料，僅舉具代表性者四項：(一)飲料用塑膠吸管，屬於控制浮體體積者。據筆者所知，這是首創，塑膠管易於加工，所需材料均亦易於取得，製作方便且富變化；(二)釣魚用固定形中空的浮標，屬於控制浮體重量者，市售益智科學玩具，多屬於此類<sup>(1,2)</sup>；(三)玻璃試樣小瓶(vial)同樣屬於控制浮體重量者，但其透明，可見瓶內水量隨外壓改變的情形，尤其當外壓增加時，水從瓶蓋小孔噴進瓶內如同小噴泉，清楚可見；(四)塑膠軟管屬於前述(一)與(二)兩項合併者，亦即浮體的重量與體積同時可變者。就此四項，分述於下：

### (一)使用飲料用塑膠吸管

1. 取吸飲料用塑膠吸管一支，剪成約6公分長，其一端用酒精燈或打火機的火焰溫熱（吸管離火焰頂約1公分），見吸管末端變形即移出，在美耐板或玻璃板桌面用刀或打火機的側面將塑膠吸管的端末壓扁封住如圖一(a)，從吸管的另一端吹氣，檢查是否漏氣。
2. 在吸管內放鐵釘、銅線、鉛片、小碎石、或細砂等比重較水大的物質後，將吸管在玻璃杯內的水中，試其浮出水面的程度（吸管直立浮出水面約1至2公分），如圖一(b)。
3. 將吸管的另一端，如同步驟1密封。將吸管新封口的一端朝下插入水中，用手指壓另一端，檢查是否漏氣。
4. 再試吸管浮出水面的程度，用化學黏土（兒童美勞用油黏土）或大頭釘、銅線等塞住如圖一(c)，以調節吸管的浮力。
5. 取數支軟硬不同，或口徑不同的塑膠吸管，作幾個浮沈子，比較其浮沈次序以及外力的敏感度。
6. 若小孩要製作，應避免使用火焰，則可將吸管的末端二摺後，用膠帶貼住如圖一(d)以替代加熱壓扁封管，並用化學黏土調整浮沈子重量。

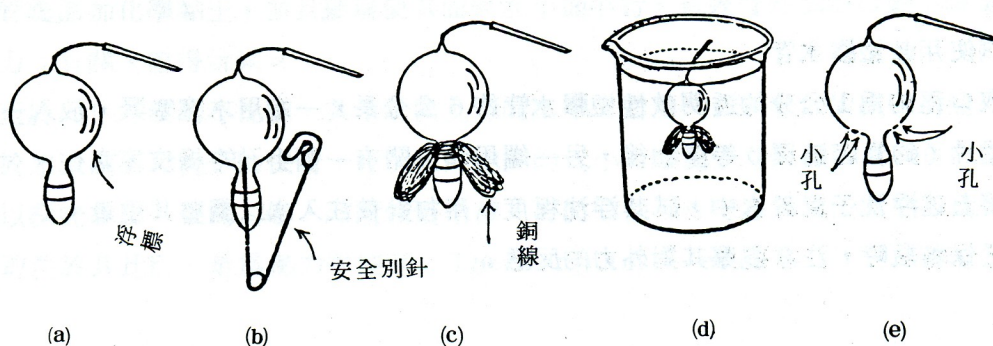




〔圖一〕 用飲料吸管作浮沈子

## (二) 使用釣魚用浮標

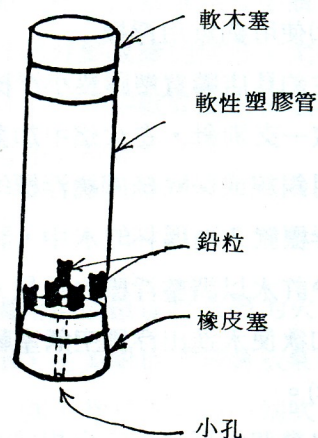
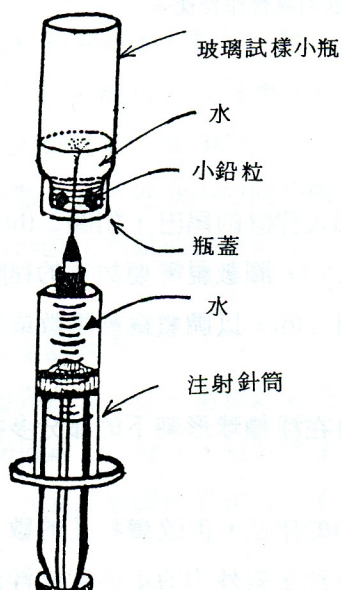
1. 在釣具店購買塑膠製小浮標如圖二(a)。
2. 取一支別針，在火焰中加熱後，趁熱插入浮標的尾巴，如圖二(b)。
3. 用銅線或保險絲圍繞浮標的頸部如圖二(c)，圈數視需要加重的程度而定。將綁好的浮標置入玻璃杯的水中，試其浮力如圖二(d)，以調整銅線圈數或以注射筒打入浮標少許水以調整浮標的重量。
4. 如欲使水進出浮標空氣室較為快速，可在浮標球形朝下的部分多扎幾個孔，如圖二(c)。
5. 取幾個外形大小完全相同的浮標，相同的作法，但改變打孔的數目，或銅線的圈數，以及注射水在空氣室的量，比較各浮沈子對外力的敏感度或浮沈的次序。



〔圖二〕 用浮標作浮沈子

### (三)使用玻璃試樣小瓶

1. 旋開玻璃試樣小瓶的瓶蓋，將其穿一個小孔。瓶蓋若是塑膠製品，則可用加熱過別針較易穿孔。
2. 小瓶內放小鉛球（在釣具店購買）數粒，旋緊瓶蓋後，將其置入水中，試其浮出水的程度。加鉛球或鉛片目的在於使小瓶子直立。以小針筒打入水少許，以調整瓶子的重量。
3. 爲了增加重量放入瓶內的小鉛球或鉛片可用銅線、保險絲或化學黏土等替代，但避免使用容易生鏽的鐵釘。



〔圖三〕用注射針筒注入水以調整小瓶子重量   〔圖四〕以軟性塑膠水管作爲浮沈子

### (四)使用軟塑膠水管

1. 取口徑約爲 1 公分的透明軟性塑膠水管約 6 公分長，一端用木塞塞緊，放入一點鉛片（釣具店購買）等重物後，另一端用預先開有一個小孔的橡皮塞塞住。
2. 將上述浮沈子置於水中，試其浮沈程度，用打針筒注入水以調整其重量。
3. 壓保特瓶時，注意觀察其對外力的反應。



## 二、浮體的比重

一物體在液體中所得的浮力等於其所排開的液體的重量，這是阿基米得原理。因此藉著外力改變浮沈子的體積，就可改變浮沈子的浮力。注意觀察手指壓保特瓶時，浮沈子外形的改變，這是因為巴斯噶原理。在密閉的流體中，某一部分受壓，則其壓力傳到流體的每一部分，且大小不變，這也是熟知的油壓機原理。封有重物兩端封閉的吸管（浮沈子），其重量不變，就整個浮沈子而言，其體積的改變等於比重的改變。一物體的比重等於其密度  $D$  <sup>(註)</sup>，而影響密度大小的因子有二，質量  $M$  與體積  $V$ ，亦即  $D = M/V$ 。塑膠吸管的浮沈子因外壓而被壓扁，雖然質量不變，但體積變小，密度變大，致使其比重比水大而下沈，手指放鬆，浮沈子形狀復原而浮上。

硬殼的浮體，如釣魚用固形中空浮標或玻璃試樣小瓶子，其體積雖然不隨外壓而變，但因外壓使得水進去浮標或小瓶子內，致使整個浮沈子的質量增加，換言之，比重增大而下沈。外壓減小，浮標上端或小瓶子上端被壓縮的空氣壓力大於外壓，則浮標或小瓶子內的水被壓出，質量減少，比重隨即減小而浮出。

## 三、討 論

一物體在流體中的浮力小於重力（重量）則下沈，反之上浮，這是浮體原理。若使用塑膠吸管所作的浮沈子，而指壓保特瓶的壓力慢慢逐漸增大，則可使浮沈子下降或上浮的次序每次都一樣。但若外壓遽變，則可改變浮沈子下降或上浮的次序。這是與塑膠吸管的材質軟硬、口徑以及封閉的吸管中可壓縮變形的空間大小等有關，甚至與其外形（吸管底部加化學黏土，並且壓扁使其面與水平面平行，或吸管外加翼改變下降或上浮的阻力）有關，值得玩味。

至於固形外殼的浮沈子，其下降與上浮的次序，固然與其調整好的比重有關外，亦受制於水量進出浮沈子的快慢，浮沈子內空間的大小，浮沈子外形等因素。自行設計浮沈子以探究各因，甚為有趣，外壓慢慢增減，可使浮沈子時時處於平衡狀態，則其沈浮次序取決於其比重，是為熱力學控制（Thermodynamic control），若外壓遽變，浮

〔註〕嚴格地說，比重與密度的定義不同。密度係指一物質的單位體積的質量，而比重係指該物質與同體積的水的重量比。

沈子未能處於平衡狀態，浮沈視其瞬時的比重則其浮沈次序可變，是為動力學控制（Kinetic control），而且若浮沈的空氣室內的壓力夠大，水從小孔噴出時可得一動力如同噴射機，使浮沈子急速上升。

浮沈子的浮沈受制於外壓，除了使用塑膠保特瓶演示之外，也可使用量筒，筒口用橡皮布或氣球包緊封閉不漏氣如圖乙，或使用如圖丙的裝置，用注射筒壓入或抽出水以控制瓶內壓力，搖控浮沈子的浮沈。

本篇所介紹的浮沈的玩偶，其製作與浮沈原理的探討，曾在台灣師範大學國中教師研習班試教過，效果良好，甚受研習學員歡迎，故樂於推介。

#### 四、參考文獻

1. Don Herbert, "Mr. Wizard's Supermarket Science", Random House, New York, 1980.
2. 莊毓文, 「科學實驗」, 宇聯出版社, 台北, 民國76年。
3. 蕭次融, 「浮沈的玩偶」, 台灣師範大學研習中心講義, 民國78年。