

附錄四 浮沉子製做參考資料



浮沉子 (Cartesian diver) 又稱浮沉玩偶，是一個相當有趣的物理活動，多用在探討和浮力相關的物理概念中；在本研究中以浮沉子製做為教學活動，以下將研究過程中與浮沉子製做相關內容及注意事項加以整理，以供未來其它教育先進教學參考使用。

(一) **浮沉子相關物理原理**：如果單純探討和浮沉子沉浮相關的物理原理，應該包含，阿基米得原理、波以耳定理及帕斯卡原理。但若探討如何使浮沉子旋轉及改變移動方向時，則包括合力矩、合力等物理原理。下表詳細說明各物理原理與浮沉子的關係。

原理名稱	說明
阿基米得原理	『物理在液體中所受浮力，等於所排開的液體重』 浮沉子所受到的浮力和本身的體積大小有關；當浮沉子在液體中的體積變小時，本身的浮力也跟者變小。
波以耳定理	定溫下，密閉容器內氣體壓力與體積的乘積為一定值。因此在相同溫度下，浮沉子本身所受的壓力變大浮沉子內部氣體體積會變小，反之則所受壓力變小其浮沉子內部氣體體積會變大。  在研究中所使用的浮沉子本體材料均為塑膠且易壓縮的材質，因此本體的體積也會隨壓力大小其內部氣體體積大小產生變化。
帕斯卡原理	當一密閉系容器中，對於特定區域施力，使其壓力增加時，其壓力的增加，會平均且等量地傳到此容器中的每部份，並且垂直作用在容器與液體的接觸面。  因此當在容器本身施加外力時，其壓力也會傳到浮沉子本體上。

合力	<p>浮沉子在液體中所受的力量包含：重力、浮力及液體的黏滯力。其所受的合力則為這三力的向量合。</p> <p>如果浮沉子本體有小缺口可以允許液體進出浮沉子，則當施加在容器本身的外力減少時，從浮沉子內部噴出的液體的反作用力也必須考量在合力之中。</p>
合力矩	<p>浮沉子本體所受的力矩總合。在浮沉子沉浮的過程中因其本體內部質量產生變化，所以質量中心也一直在變動，因此其力矩合為一相當複雜的動態變動數值。雖然無法求得其確切數值大小，但可以用針在浮沉子本體不同位置戳出小洞來造成合力矩的不平衡而使浮沉子旋轉。</p>

- (二) **浮沉子材料**：在國內相關的示範教材中多以塑膠製小型滴管為主要材料，再輔以鉛粒或小銅釘來增加浮沉子的重量使其易於下沉。但在研究過程中，因研究者未提供實驗組任何材料，因此學生所使用的浮沉子材料則相當多樣化，包括小型眼藥水瓶、隱型眼鏡用生理食鹽水瓶、珍珠奶茶吸管等均可用做浮沉子本體的材料，歸納起來只要能夠輕易造成密閉空心的物體，且體積易受外在壓力變化改變的材質都可做為浮沉子本體的材料；而增加本體重量的材料則是任何具有重量的物體均可，包括橡皮擦、食鹽水、小石子、細沙等。

(三) **其它注意事項**：

- (1) **溶液黏滯性**：選擇黏滯性較小的液體較易成功。如果液體的黏滯性過大，進入浮沉子本體的液體不易排出，反而會使浮沉子無法上浮。
- (2) **戳洞位置**：從實驗組的觀察過程中發現，如果要使浮沉子能夠旋轉，則必須在浮沉子的同一側戳上適當的小洞，如果在浮沉

子的周圍戳滿小洞反而旋轉的情形會變得不明顯。

(3) 浮沉子密度：在一開始調整浮沉子密度時以讓浮沉子能恰好浮在液體表面為最佳效果(如下圖 1)。如果密度過小，在使浮沉子下沉的過程中必須施加極大的外力才能使其下沉，反之，如果浮沉子密度過大，則不易使其上浮。



圖 1 調整浮沉子密度使其恰浮在液面