
080812

~

--	--

摘要

在日常生活中，我們玩過把生雞蛋放進水中，雞蛋會緩緩沉至液體底部，當我們不斷的加入食鹽至溶液中輕輕攪拌，可觀察到雞蛋會慢慢浮上來。這種神奇的現象，主要在於液體的密度不斷的增加。我們希望藉由『科學遊戲 - 深水炸彈』的製作與應用，利用液體壓力(p) = 液面下深度(h) × 液體密度(d)的簡單公式應用。由已知純水密度 = $1\text{g}/\text{cm}^3$ 當作已知條件，和各種不同溶液的比較，來粗略計算出待測液體的密度。

壹、研究動機

自然課時，老師講到木頭可以浮在水面，但石頭等較重的物體就可以沉到水面下。但我們的疑問產生了，河床上的大木頭也很重，但為何也可以浮在水面？我們將這個疑問告訴老師？老師說：「因為物體的單位體積重（質）量若是大於水的話，就可以下沉到水面下」。老師反問我們：「若把水換成其他溶液，木頭還一定會浮在水面上嗎？」，木頭有沒有可能沉入其它液體中呢？可是，我們又無法得知生活週遭水溶液的密度，所以無法判斷物體會沉還是浮？因此我們決定自己動手來研究，利用老師曾經教過我們深水炸彈的製作，改良成更精準二代深水炸彈。命名為**液體密度測定儀**吧！

貳、研究問題與目的

- 一、不同口徑的測定儀器與深水炸彈啟動深度之關係。
- 二、溶液的污濁程度（不可溶於水）和液體密度的關係。
- 三、生活週遭各種常見液態溶液的密度測量。

參、研究設備

一、深水炸彈材料部分：

漆包線、細沙紙、一號電池 ×1、三號電池 ×1、燈泡 ×2、黑色膠帶 ×1、泡棉 ×1、2L 寶特瓶裁拼的長管子 ×1、直徑 4.5cm 高 120cm 的透明管子 ×1、棉線一捆、膠帶捆綁 15 個 10 元硬幣。

二、水溶液部分：

不同濃度的食鹽水、糖水、92 無鉛汽油、大眾牌洗碗精、學校漱口水、太白粉、麵粉、

葉式醬油、可口可樂、舒跑、灌溉水、海水等各種水溶液。

肆、研究步驟與方法

一、深水炸彈的製作流程

- (一) 將漆包線的兩端利用砂紙，將絕緣漆磨除。將其中一端纏繞固定於燈泡上，以免鬆脫，此時須與電池測試。因為燈泡或電池都有可能出現故障，第一步須確實檢驗。



【圖一】

- (二) 分別以一、三號兩種不等電池做出兩種大小不一的深水炸彈，為確保燈泡在製作過程中和電池的正極不會因為鬆脫而形成斷路，因此利用黑色貼布來固定燈泡以及漆包線。利用適當的圓柱糖果盒，利用泡棉將燈泡組固定其中，而另一端漆包線則與電池負極保持約 2mm 的距離。註：左側糖果盒前端黑色部份乃為加重儀器重量，多捆黏貼 15 個十元硬幣。



【圖二】

- (三) 裁出適合兩種不同口徑大小的氣球，將氣球薄膜均勻拉開，並利用膠布將其固定，輕壓氣球薄膜確定燈泡是否能發亮？要確定內部漆包線位置是否在負極正上方，且漆包線是否具有彈性，鬆手後漆包線可以彈回距離負極原來的位置。在儀器上綁住棉線，在量測時方便移動儀器在水中的深度。



【圖三】

二、深水炸彈的原理說明

- (一) 燈泡組固定於透明的空圓柱體，底部封住氣球薄膜，除為了防止水溶液進入燈泡組中，更因為氣球薄膜具有易恢復原狀的特性。
- (二) 當深水炸彈離液面越來越深時，水中壓力會越來越大，水壓會壓迫氣球薄膜，當薄膜內凹，進而壓迫漆包線，使漆包線接觸到負極，此時形成通路，電流會使得燈泡發亮，我們要量測液面至氣球薄膜的溶液深度。
- (三) 壓力的大小和液體的密度的公式說明如下：

$$P(\text{水的壓力}) = h(\text{液面下的深度}) \times d(\text{液體的密度})$$

以乾淨的水密度等於 1g/cm^3 ，當作本實驗的已知條件。將深水炸彈放置到裝滿乾淨水的長管中，調整漆包線和電池負極的距離，在深度為 70cm (h_1) 時，燈泡會在此深度恰好發亮，再將同一深水炸彈放置到待測液體密度 (d_2) 溶液中，當深水炸彈發亮瞬間，量測液面至氣球薄膜的深度 (h_2)，一旦有了 h_1 、 d_1 、 h_2 三個數據，未知溶液密度即垂手可得。深水炸彈的基本原理是利用當儀器組不斷深入水中時，壓力越來越大，當達到某固定水壓時，即可壓迫薄膜啟動裝置。也就是 $P = h_1 \times d_1 = h_2 \times d_2$ ，其中 h_1 、 d_1 、 h_2 三數皆已知數時，利用彼此的反比關係即可求出 d_2 的值。本實驗利用此一公式進而推出待測水溶液的密度。

三、研究問題

研究一、以不同口徑的的深水炸彈，實驗前將兩個儀器皆以 70 公分為啟動深度，每次將這兩組裝置同時放置到不同濃度的糖水和食鹽水溶液中。藉以觀察到氣球薄膜的凹陷程度是否和接觸面大小有關，在實驗的過程中同時可測出在不同濃度時，糖水和食鹽水溶液的密度分別為多少？因為較大深水炸彈無法放進直徑 4.5cm 的長管中，所以利用裁剪寶特瓶拼裝出另一實驗容器。



【圖四】

研究二、在某些水溶液中，溶質並不能溶於水中，如：麵粉、太白粉、田裡的灌溉用水等非能溶於水中的混濁溶液，以蒸餾水為比較組，檢視這些混濁溶液密度會大於水？小於水？或和水相差無幾？



【圖五】

【圖六】

研究三、在日常生活中，我們可以將固態的物質丟到水中，利用浮於水面上或沉於液面下，來判斷密度比 1 大？或是比 1 小？但生活週遭各種常見液態溶液，他們的密度卻往往無法得知。利用我們的簡單儀器，就可以很輕易來粗略測出這些水溶液的密度。如：海水、漱口水、可口可樂等等。有些溶液透過燈泡的亮光照射下，會呈現出非常漂亮的色澤。



【圖七】



【圖八】

伍、研究結果

【實驗一】：

當我們將不同口徑，但皆已調整至水面下 70cm 即可通電的深水炸彈，放到不同濃度的糖水和食鹽水來加以比較。在溶質部份，從 20 公克起，逐次增加 20 公克至 80 公克；溶劑部份，水的體積固定 1500ml 來調製，不同濃度的溶液。我們得到以下的結果：



【圖九】

【表一】：不同溶液濃度和燈泡沒入液體深度的關係

直徑 2.2 公分的深水炸彈		燈泡發亮深度 (cm)		溶液密度 (g/cm ³)	
		糖水	食鹽水	糖水	食鹽水
溶質克數	20 克	69cm	70 cm	1.01 g/cm ³	1 g/cm ³
	40 克	63 cm	66.5 cm	1.11 g/cm ³	1.05 g/cm ³
	60 克	59 cm	62 cm	1.18 g/cm ³	1.13 g/cm ³
	80 克	57 cm	60 cm	1.22 g/cm ³	1.15 g/cm ³

【表二】：不同溶液濃度和燈泡沒入液體深度的關係

直徑 4 公分的 深水炸彈		燈泡發亮深度 (cm)		溶液密度 (g/cm ³)	
		糖水	食鹽水	糖水	食鹽水
溶 質 克 數	20 克	69.5cm	70.1 cm	1.01 g/cm ³	0.998 g/cm ³
	40 克	63.5 cm	66.5 cm	1.08 g/cm ³	1.04 g/cm ³
	60 克	59 cm	63 cm	1.18 g/cm ³	1.11 g/cm ³
	80 克	56.5 cm	60.5 cm	1.22 g/cm ³	1.16 g/cm ³

註： $P=h_1 \times d_1 = h_2 \times d_2$ ， h_1 就是純水深度 70cm， d_1 純水密度 1g/cm³， h_2 是我們所測量的深度，所以 $d_2 = h_1 \times d_1 \div h_2$ 計算出不同溶液的密度。

由實驗一的結果發現，不同口徑的深水炸彈，也就是接觸面積的大小，並不會影響到氣球薄膜的內凹程度，所以在不同濃度，兩者皆在相差不多的深度燈泡就會亮，另一觀察的重點則是，濃度越大，液體密度也就越大。往後的實驗，為了操作的方便及節省實驗材料，將以直徑 2.2 公分的深水炸彈為主要實驗器材。

【實驗二】：

當溶質不可溶於溶劑時，從 20 公克起，逐次增加 20 公克至 80 公克；溶劑部份，水的體積固定 1500ml 來調製，雖然溶質越來越多，只見溶液愈見混濁，能見度越來越差。麵粉顏色較太白粉泛黃，兩者溶液的觸感也不盡相同。

【表三】：不可溶溶液和燈泡沒入液體深度的關係

直徑 2.2 公分 的深水炸彈		燈泡發亮深度 (cm)	
		麵粉	太白粉
溶 質 克 數	20 克	69.5cm	70.1 cm
	40 克	70.5 cm	68 cm
	60 克	70 cm	71 cm

	80 克	69 cm	70 cm
--	------	-------	-------

註：當溶質不能溶於溶劑時，加入的量越多，越見混濁，但密度看不出任何有較明顯的變化。

【實驗三】：

準備台灣米酒、大葵沙拉油、92 無鉛汽油、洗碗精、學校漱口水等多種溶液，進行檢測。

【表四】：各種溶液和燈泡沒入液體深度、密度的關係

溶液	台灣米酒	大葵沙拉油	92 無鉛汽油	大眾牌洗碗精	學校漱口水
深度 (cm)	80.5	85.37	失敗	75.27	67.3
密度 (g/cm ³)	0.87	0.82		0.93	1.04

溶液	葉氏醬油 (清)	光泉低脂鮮 奶	可口可樂	舒跑	海水
深度 (cm)	52.5	47.3	46	59.5	66
密度 (g/cm ³)	1.33	1.48	1.52	1.14	1.06

溶液	附近工廠廢水	灌溉用水
深度 (cm)	68	69
密度 (g/cm ³)	1.03	1.01

註： $P=h_1 \times d_1 = h_2 \times d_2$ ， h_1 就是純水深度 70cm， d_1 純水密度 1g/cm^3 ，視為已知的條件， h_2 是我們所測量的深度，所以 $d_2 = h_1 \times d_1 \div h_2$ ，計算出不同溶液的密度。

陸、討論

一、深水炸彈的製作：

- (一) 整個實驗的重頭戲就是如何做出一顆能夠在本組要求的深度(70 cm)發亮的深水炸彈，其原理仍在於物體在液體中不斷下沉，伴隨著越來越大的水壓，壓迫薄膜進而擠壓到導線而使得裝置通電而啟動。
- (二) 製作過程中最大困難有兩個：一是燈泡不易固定於電池的正極上，嘗試過軟線焊接、熱熔膠、強力膠等方式。但是黏接完，只要一鬆手，燈泡裝置馬上又出現斷路狀態，燈泡和電池的正極需接觸到完美無瑕，才能成功。所以最終，本組又恢復原先採用的方法，用較柔軟的黑色膠布(電火布)來固定。另一問題則是，漆包線和電池負極所要保持的距離，若是距離太近會出現深水炸彈剛下水隨即發亮，距離太遠則會出現深水炸彈已沉至管底了，卻尚未發亮。其它如氣球薄膜的鬆緊度也會影響到沒入液面深度的深淺。
- (三) 本【實驗一】所採用分別以一號以及三號電池的裝置，兩大小不一的儀器各有其優缺點。較大顆深水炸彈的整組裝置密度大於水，所以不須特別外加重量，即可沉入水中，其製作上較小型的深水炸彈順手。但是，每次所須要的水溶液則須要將近10公升，耗材過大。在小型深水炸彈，在體積上迷你許多，其實驗的長管子所須要的溶液只須1.3公升，即可達到我們所須實驗的環境。因儀器密度小於水的密度，因此本組將15個十元硬幣固定外加於裝置外，藉以增加重量使之沉入溶液中。所以實驗二、實驗三開始，我們均採用三號電池所製作的深水炸彈進行各項實驗。

二、面積不同的接觸面是否會影響儀器準確度：

- (一) 從實驗中我們證實了所謂的水壓是指單位面積所受力的大小，和接觸面積的大小無關，因為除考慮接觸面積的大小外，當力的均勻分配到單位面積時，壓力是一樣的。本實驗藉由明確的數據測量，而非憑空想像來加以證實。
- (二) 由【實驗一】中，除證實接觸面大小無關外，並計算出溶質(糖、食鹽)溶於水的量越來越多時，所求出液體的密度會越來越大。當這兩種溶質超過80公克時，實驗開始出現極少數未溶解的部份，表示此時溶液已近於飽和溶液，所以停止繼續加入溶質的實驗。

三、不能溶解於水的溶質，其量多寡是否會影響水溶液的密度：

- (一) 從表三發現，未能溶解於水中的溶質，水溶液的密度不會受其混濁度的影響，其密度的差異值，不會因為溶質的量而突顯出來。

四、對於日常生活中的各種溶液皆可藉由深水炸彈測得溶液密度：

- (一) 由表四發現藉由 $p = h \times d$ 公式中， h 和 d 的反比關係，可以算出各種不同溶液的

密度。

(二)並非所有的溶液皆適合，如 92 無鉛汽油的實驗中，儀器放進時，一直沉到底還是不會亮，原以為是燈泡和電池接觸不良所致。最後發現原因在於，原先固定好的氣球薄膜一接觸到汽油，竟然馬上變皺巴巴的，無法進行實驗。我們推測汽油是屬於有機溶劑，對於塑膠（聚乙烯）等類的材料，會產生相關的化學變化，於此處無法進行更深入的研究。另一覺得較困惑的溶液是洗碗精，濃稠的洗碗精倒入純水中是沉入水中的，但是做實驗時卻發現洗碗精的密度卻是小於水的密度。我們推測是否因為濃稠的洗碗精其表面張力的大小，影響了實驗的準確性。

柒、結論

溶液的密度在國小雖沒有任何章節特別探討，所以學生的相關知識總是先給答案，反正以後就懂了。如：「人為什麼可以浮在死海而不會沉下去？」「為什麼生雞蛋會沉入純水中，但若不斷加入鹽巴，就可以看到雞蛋可以慢慢浮上水面？」在國小階段，因為學生的本質學能不夠，老師所能給的答案往往可能是因為越來越鹹，所以東西就越不容易沉下去。

但若能從『科學遊戲，遊戲科學』，利用簡單的材料，親手完成一個實驗儀器，利用一些所學過的數學概念。想辦法將自己的成品，來驗證課堂、書本中的知識，更甚而可能發現新事物、新觀念。科學也可以很有趣，每個人也都可以是小小科學家。



【圖十】

捌、參考資料

- 一、遠哲科學趣味競賽資料庫 <http://www.hhsh.cy.edu.tw/dean/toys/page1.php>
- 二、部編版數學第十二冊
- 三、中華兒童百科全書
- 四、南一版國中自然與生活科技第四冊

080812

~