

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080117

高雄縣林園鄉金潭國民小學

指導老師姓名

林朝根

李振儒

作者姓名

劉羿好

張慈文

林芄茹

王興虹

蔡宜穎

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：物 理 科

組 別：國小組

作品名稱：我浮、我沈、我浮浮沈---以浮沈子探討液體表面張力

關 鍵 詞：浮力、表面張力

編 號：

壹、摘要

浮沈子慢慢下沈至液體表面時，可能受到液體表面張力的影響，而使這時候浮沈子頂端低於水面，我們的實驗就是利用浮沈子從浮到下沉的過程中，受到浮沈子系統內空氣體積的影響，分析體積與它下沉的關係，並進而比較浮沈子受到液體表面張力的大小，並以不同溫度的水來驗證溫度影響因素，以及不同濃度的鹽水溶液、酒精、沙拉油做比較，找出這個力量與系統體積的關係。

貳、研究動機

我們在三上自然課時做過水流實驗，並了解液體中會有浮力現象，而在三下第七單元裡，空氣受到擠壓時會往另一方向移動，當課餘製作科學玩具浮沈子時，我們發現施力在保特瓶中，浮沈子慢慢往下，然而當它頂端快沒入水面時，感覺上卻好像有股力量撐住它，而使浮沈子頂端低於水面一些些，再加力時就下沉了，這個現象十分有趣，因此，我們就決定研究浮沈子，在沒入水中這個過程中，是否有其它的力量使它不致於那麼快下沉，而展開了我們的實驗。

參、研究目的

- 一. 探討浮沈子下沉、上浮與空氣體積的關係。
- 二. 深討影響浮沈子下沉與上浮的因素。
- 三. 比較水、酒精、沙拉油、肥皂水及不同濃度的鹽水表面張力大小。
- 四. 比較不同溫度的水之表面張力。
- 五. 試著利用浮沈子測量液體表面張力。

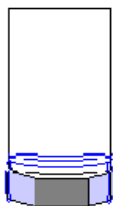
肆、研究設備及器材

保特瓶(650ml)、針筒(60ml、3ml)、滴管、鹽、沙拉油、酒精、天平、浮沈子(自製)、透明小塑膠管。

伍、研究過程及方法

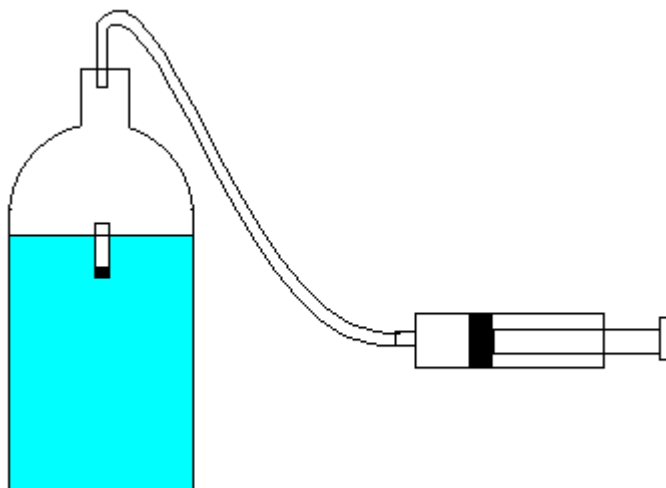
一、浮沈子的製作：

以長 3.7 cm，直徑 1.4 cm 一端開口的塑膠圓柱，開口處加一螺絲帽，以漆包線纏繞，再以橡皮筋綁緊，如圖一，測得浮沈子重為 8g，把浮沈子放入水中時，確保它可以直立的浮在水中。

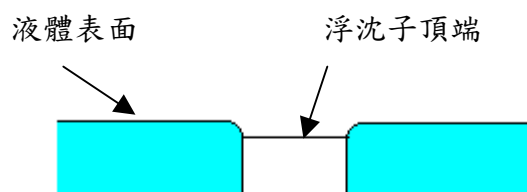


圖一 製作底部開口之浮沈子外型圖

二、以保特瓶(650ml)、針筒(60ml)、透明塑膠管，浮沈子組裝成浮沈子實驗系統，如圖二，改變保特瓶內水的體積，當針筒慢慢壓入時，發現浮沈子慢慢往下，當它沒入水面時，並不是馬上下沉，而是浮沈子頂端略低於周圍旁邊的水面，如圖三，似乎好像有股力量撐住它，使它不致往下沉，再慢慢壓入針筒後，在浮沈子下沉的瞬間，記錄此時針筒的體積讀數，再把針筒慢慢往後移，使其體積慢慢擴大，記錄浮沈子上升的瞬間，針筒的體積讀數。



圖二 以保特瓶(600ml)及針筒(60ml)製成的浮沈子實驗系統



圖三 浮沈子頂端下降至液體表面時，並不馬上下沉，似乎有股力量拉住浮沈子，而使旁邊水位高於浮沈子

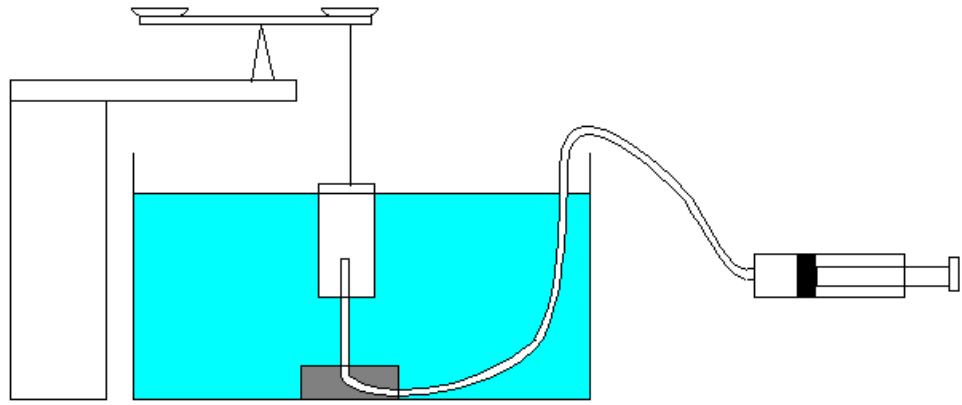
三、改變不同水的體積(即改變系統空氣體積)，每次減少 10ml，重覆(二)之實驗。

四、分別以不同濃度的鹽水(5%、10%、15%、20%)及肥皂水進行三之實驗。

五、在實驗過程中發現，當浮沈子頂端低於周圍水面，若不小心搖動保特瓶時，浮沈子很容易就下沉了，這表示此時撐住浮沈子的力量受到擾亂而使浮沈子下沉，因此我們就以有搖動與沒搖動兩種狀況進行實驗，量測浮沈子下沉與上浮時針筒的讀數。

六、改變不同水溫由 60°C~40°C 每隔 5°C 測量，進行二之實驗。

七、以一透明容器底部固定一小型吸管，再經透明塑膠管連接至小型針筒(3ml)，裝置如圖四，先將針筒推塞退至後面，再加水至適當高度，將浮沈子放入水中，使小吸管伸入浮沈子的開口，再將針筒塞推至 0，以確保浮沈子內無殘餘的水。



圖四 量測浮沈子在水中重量裝置圖

八、在浮沈子頂端連細線，接至天平，當浮沈子浮在水中時，此時天平為平衡，慢慢拉出針筒推塞，吸出一些空氣後，浮沈子慢慢往下，當浮沈子開始沈入水中的瞬間，記錄此時針筒的刻度，等浮沈子完全沈入水中後，天平已傾斜，在天平的另一端加砝碼，並量測此時浮沈子的重量。

九、以酒精進行實驗，發現自製的浮沈子一開始就沈入酒精中，因此，我們以銅線繞圈製作另一個浮沈子，量得此浮沈子重量為 5.25g，我們就以此浮沈子進行酒精及沙拉油的實驗。

陸、研究結果

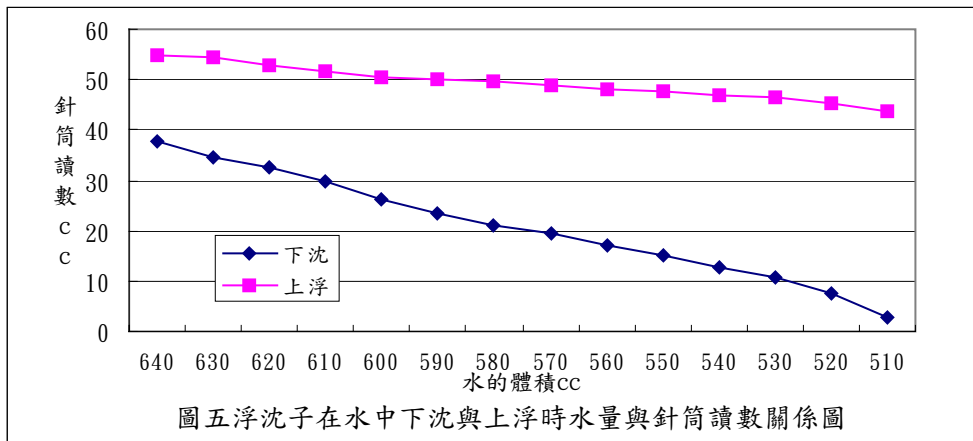
一、 保特瓶浮沈子實驗系統內裝自來水進行實驗，改變不同水量，記錄浮沈子下沈及上浮的瞬間針筒的體積讀數如下：

水量(ml)	640		630		620		610		600		590		580	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
第一次針筒讀數(ml)	37.5	55	34.5	55	32	52.5	30	51.5	25.5	50.5	22.5	50	21	49.5
第二次針筒讀數(ml)	38	55	35	55	33.5	53	30	51.5	26	50.5	23.5	50	21	49.5
第三次針筒讀數(ml)	38	55	34.5	53.5	32	53	30	52	27	50.5	24	50	21	49.5
平均(ml)	37.8	55	34.7	54.5	32.5	52.8	30	51.7	26.2	50.5	23.3	50	21	49.5

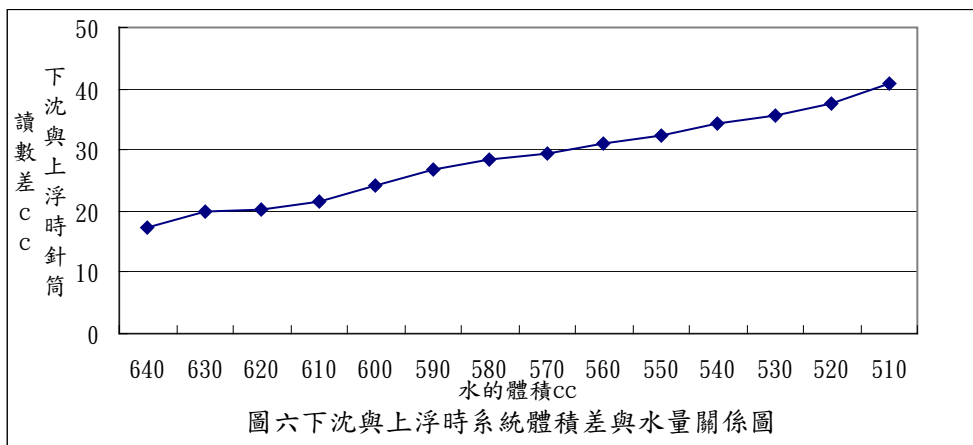
水量(ml)	570		560		550		540		530		520		510	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
第一次針筒讀數(ml)	19	49	17.5	48.5	15	47.5	12.5	47	11	46.5	7.5	45	3	44
第二次針筒讀數(ml)	19.5	49	17	48	15	47.5	13	47	10.5	46	8	45.5	2.5	44
第三次針筒讀數(ml)	20	49	17	48	15	47.5	12.5	47	11	46.5	7.5	45	3	43.5
平均(ml)	19.5	49	17.2	48.2	15	47.5	12.7	47	10.8	46.3	7.67	45.2	2.83	43.8

從以上實驗結果得知，下沈與上浮狀態之間有體積差，而體積差隨著水量的減少而增加。

將針筒的體積讀數與水量的關係作圖如圖五：



將兩者體積差與保特瓶內水量作圖如圖六



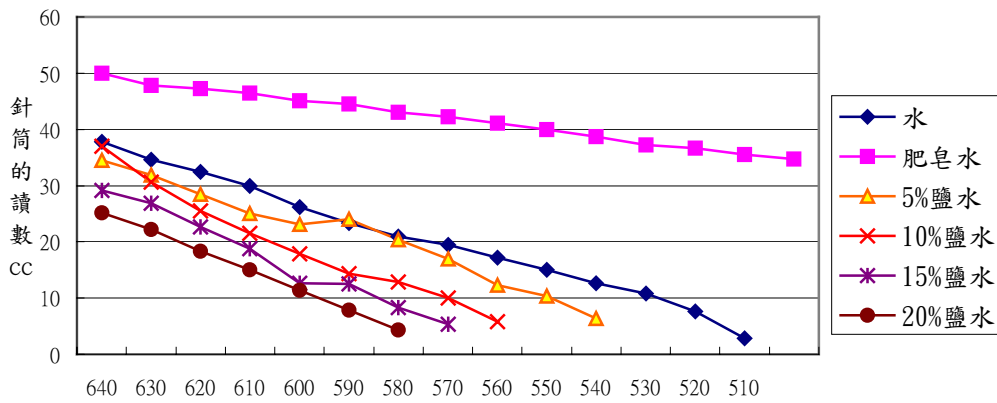
從圖五知，水量愈少，針筒所需壓進去的體積愈大，也就是針筒的讀數愈小，而圖六顯示水量愈少，下沉與上浮的體積差也愈大。

二、以不同濃度的鹽水及肥皂水進行實驗，改變不同水量，記錄浮沈子下沉及上浮的瞬間針筒的體積讀數，所得數據實驗三次的平均值如下：

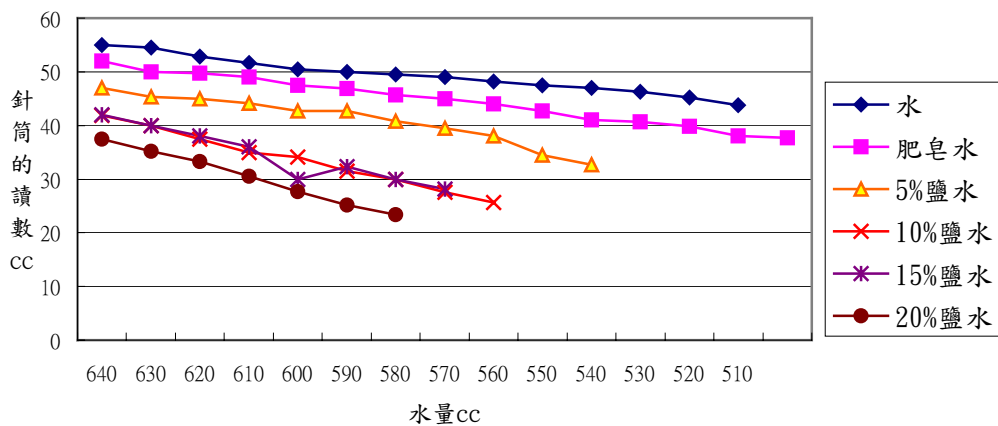
水量(ml)	640		630		620		610		600		590		580	
	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮
肥皂水	50	52	48	50	47	50	47	49	45	48	45	47	43	46
5% 鹽水	34.5	47	31.8	45.3	28.5	45	25	44.2	23.2	42.7	24	42.7	20.3	40.8
10% 鹽水	37	41.8	30.7	40	25.5	37.5	21.5	35	17.8	34.2	14.3	31.5	12.8	30
15% 鹽水	29.2	42	26.8	40	22.7	38	18.8	36	12.7	30	12.5	32.3	8.33	30
20% 鹽水	25.2	37.5	22.2	35.2	18.3	33.3	15	30.5	11.3	27.7	7.83	25.2	4.33	23.3
水量(ml)	570		560		550		540		530		520		510	
	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮	下沉	上浮
肥皂水	42	45	41	44	40	43	39	41	37	41	37	40	36	38
5% 鹽水	17	39.5	12.3	38	10.3	34.5	6.33	32.7						
10% 鹽水	10	27.5	5.83	25.7										
15% 鹽水	5.33	28.2												
20% 鹽水														

由上表可知，鹽水濃度愈高，需壓更多的氣體，才能使浮沈子下沉，而肥皂水在下沉與上浮的體積差較小，顯示肥皂水中浮沈子受到撐住它的力量較小。將水與肥皂水和各種濃度

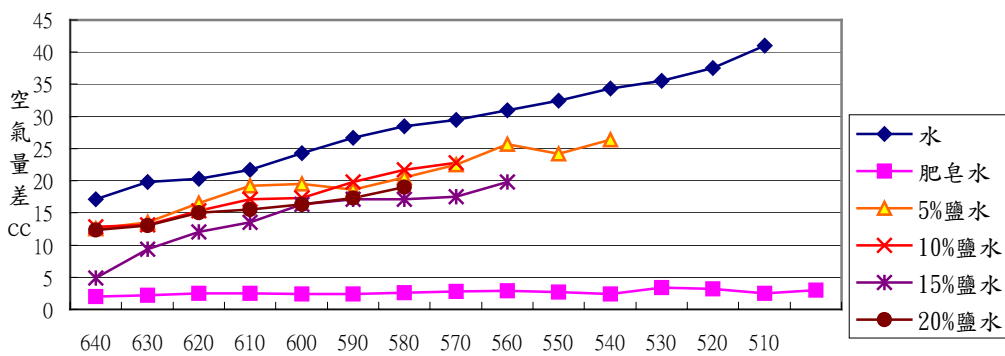
的鹽水結果，上浮、下沉的體積及兩者之差作圖比較如圖七~圖九：



圖七下沉時針筒內讀數與水量關係圖



圖八上浮時針筒內讀數與水量關係圖



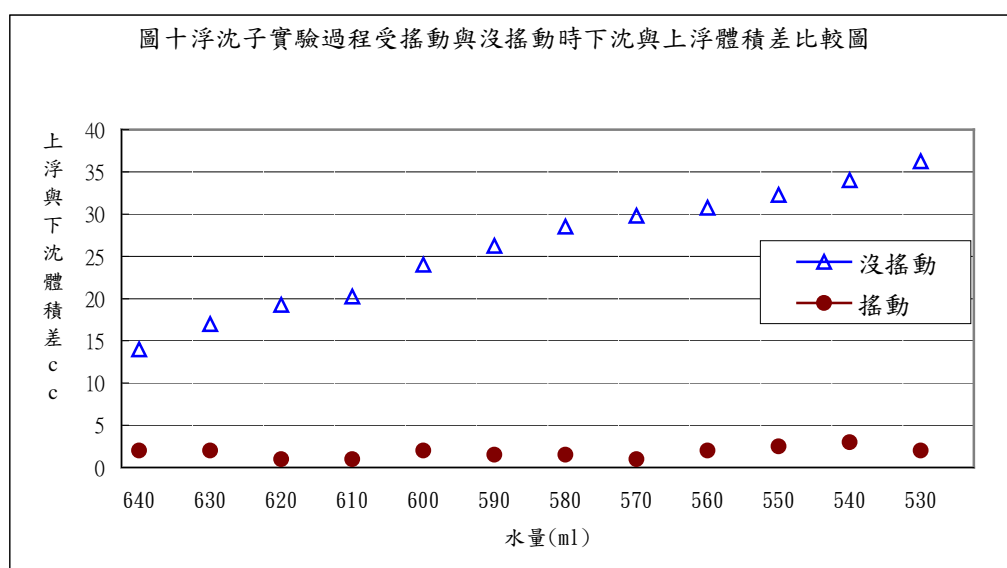
圖九下沉與上浮時空氣量差比較圖

圖七顯示讓肥皂水下沉所壓下的體積最小，其次為水，至於鹽水則濃度愈濃所需壓下的體積愈大，我們從針筒的讀數愈小來判定，若從下沉與上浮時針筒的體積差來分析，從圖九中了解，差值最小的為肥皂水，最大為水。

三、保特瓶靜止及受到搖動兩種狀態進行實驗，結果如下：

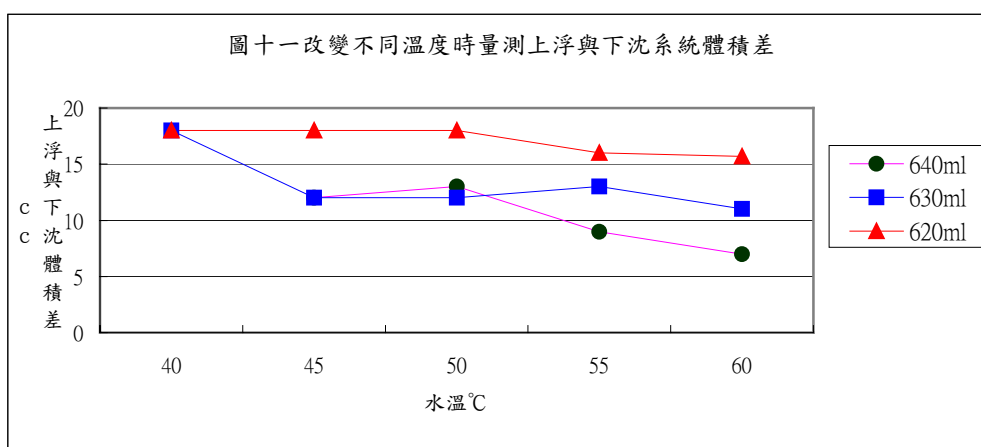
水量(ml)	640		630		620		610		600		590	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
靜止時針筒讀數平均值(ml)	43	57	40	57	37.25	56.5	35.75	56	31.75	55.75	29.25	55.5
上浮與下沈時體積差(ml)	14		17		19.25		20.25		24		26.25	
搖動時針筒讀數平均值(ml)	55	57	55	57	55	56	55	56	54	56	54	55.5
上浮與下沈時體積差(ml)	2		2		1		1		2		1.5	
水量(ml)	580		570		560		550		540		530	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
靜止時針筒讀數平均值(ml)	27	55.5	25	54.8	24	54.75	22	54.25	19.75	53.75	16	52.25
上浮與下沈時體積差(ml)	28.5		29.8		30.75		32.25		34		36.25	
搖動時針筒讀數平均值(ml)	54	55.5	54	55	53	55	51.5	54	51	54	50	52
上浮與下沈時體積差(ml)	1.5		1		2		2.5		3		2	

將上浮與下沈的體積差作圖如圖十：



從上面數據得知，若系統不受擾動，浮沈子上浮與下沈的體積差隨著水量的減少而增加，而當系統受到搖動時，上浮與下沈的體積差明顯較小。

四、水溫由 40°C~60°C 改變不同水量，量測浮沈子系統上浮與下沈體積差值如下圖：



從圖中可以了解，上浮與下沈體積差有隨溫度上升而下降的趨勢，因我們實驗是從 60°C 開始往較低溫進行，當進行到約 40°C 時，發現浮沈子下沈後竟不會上浮，這點原因尚待了解，因此我們只比較 40°C 至 60°C 的水。

五、將浮沈子放入水及不同濃度的鹽水及肥皂水中，慢慢抽出浮沈子內的空氣，記錄下沈與上浮的瞬間針筒的刻度，並量測此時的重量結果如下：

	純水		5%鹽水		10%鹽水		15%鹽水		20%鹽水		肥皂水	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
第一次實驗(ml)	1.8	1	2	1.24	2.22	1.4	2.56	1.7	2.7	1.9	1.2	0.6
第二次實驗(ml)	1.78	1	2	1.26	2.05	1.4	2.42	1.7	2.6	1.92	1.1	0.6
第三次實驗(ml)	1.78	1.05	2	1.3	2.05	1.4	2.42	1.72	2.6	1.92	1	0.6
平均(ml)	1.79	1.02	2	1.27	2.11	1.4	2.47	1.71	2.63	1.91	1.1	0.6
下沈與上浮差(ml)	0.77		0.73		0.71		0.76		0.72		0.5	
下沈時重量	0.55g		0.6g		0.65g		.55g		0.4g		0.2g	

從上表得知，同一個浮沈子在不同液體中由於所受的浮力不同，而且表面張力也不同，因此所需抽出的氣體也不一樣，其中以濃度最高的鹽水所需抽出的氣體最多，而肥皂水最少。

六、分別以酒精及沙拉油進行實驗，使用 5.25g 的浮沈子，改變不同水量，記錄浮沈子下沈及上浮的瞬間針筒的體積讀數，所得數據平均值如下：

液體容量(ml)	640		630		620		610		600		590		580	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
酒精	40.3	42	39.5	40.5	37	38	35	36	32	35	31	33	29	31
沙拉油	24.5	27.8	22.17	25	18.5	20.6	15	17.5	11.5	14	7.3	10.1		
液體容量(ml)	570		560		550		540		530		520		510	
	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮	下沈	上浮
酒精	27	29.2	25	27	23.7	25.2	21.7	23.7	20	22	18.2	20.5	15.5	17.5

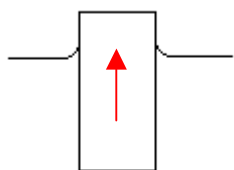
實驗過程中發現，浮沈子下沈時，頂端低於液體表面的現象不明顯，表示在酒精及沙拉油的表面中，撐住浮沈子的力量較小，這也可從下沈與上浮時系統的體積差較水及鹽水小而得到驗證。

七、浮沈子分別放入酒精及沙拉油中，慢慢抽出浮沈子內的空氣，記錄下沈與上浮的瞬間針筒的刻度，並量測此時的重量結果如下：

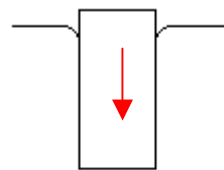
	酒精		沙拉油	
	下沈	上浮	下沈	上浮
第一次實驗(ml)	1.7	1.55	1.53	1.25
第二次實驗(ml)	1.7	1.6	1.5	1.2
第三次實驗(ml)	1.75	1.55	1.45	1.25
平均(ml)	1.7	1.6	1.5	1.2
下沈時重量	0.2g		0.15g	

柒、討論

- 一、我們從參考資料中了解，物體在液體中會受到浮力，當所受的浮力大於物體的重量時，物體即上浮，反之物體下沉，而所受的浮力與物體在液體下的體積有關，因此，就底部開口的浮沈子而言，控制浮沈子內部水與空氣柱的量來改變浮沈子本身的重量，達到下沉或上浮的條件，以保特瓶裝水開始，手壓保特瓶時，瓶內的體積變小，波以耳定律說明，在密閉的系統中體積變小，則內部壓力變大，而趨使瓶內的水往浮沈子內部擠壓，而改變浮沈子內部水與空氣柱的大小，造成它下沉與上浮，因此，我們改變液體的量及使用針筒來改變系統體積。
- 二、仔細觀察浮沈子實驗過程，發現當浮沈子靜止浮在水面時，浮沈子周圍的水面因附著力的關係與浮沈子接觸的地方水位略高，如圖十二，但當浮沈子往下運動時，這時接觸地方的水位則較低如圖十三，待浮沈子靜止時，又恢復成較高的現象，最後當頂端沒入水面後，就形成浮沈子頂端低於四周水面的現象(圖三)，這個現象是由於水與浮沈子周圍的附著力較大，當浮沈子運動時，相當於浮沈子拉著水分子運動，於是在接觸地方水位會往運動方向偏。

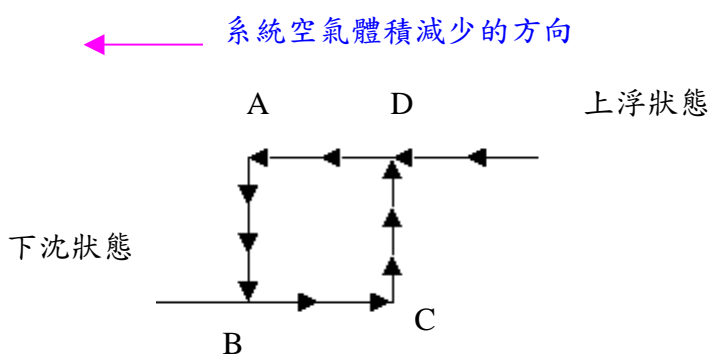


圖十二浮沈子靜止或往上運動時，附著於其周圍水位圖



圖十三浮沈子往下運動時，附著於其周圍水位圖

- 三、改變針筒體積讓浮沈子慢慢下沉，當浮沈子頂端下降到水面時，接下來並不馬上下沉，而是低於水面一些，在浮沈子邊緣與水交界處就好像慢慢倒水入杯中，水滿了但並不馬上流出來一樣，浮沈子有受到表面張力的影響，而不馬上下沉，我們以圖十四做說明，在

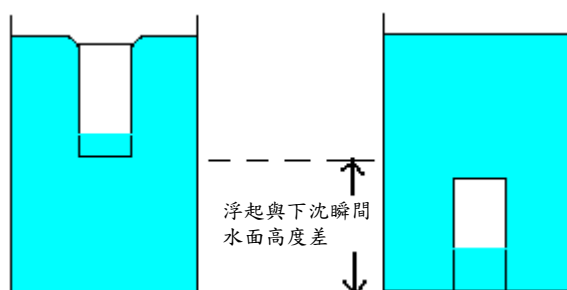


圖十四上浮與下沉狀態改變與系統空氣體積相關圖

浮沈子上浮的狀態，壓入針筒改變系統體積，體積慢慢減小浮沈子慢慢往下，到達 A 點時浮沈子下沉至下沉狀態 B，之後慢慢放掉針筒，系統體積漸漸增加，到達 C 點時上浮至 D，在這個過程中，我們了解從下沉狀態再回到上浮狀態時，系統體積並沒有走原來路徑，而是有一體積差(B 與 C 的差)，若一個物體是浮體，我們把它壓入水中時，會馬上浮起，然而我們在浮沈子的實驗中，當浮沈子頂端低於水面，但又還沒下沉時(D 至 A 的區段)，我們搖一搖保特瓶時，發現浮沈子會受到擾動而下沉，這搖動

主要是破壞水表面與浮沈子邊緣的接觸，而使它下沉，我們假設慢慢壓入針筒，當到達上浮的體積 D 時，實際上此時已達到浮沈子下沉的條件，只是因為表面張力拉住浮沈子不使它下沉，所以此時若加以適時的搖動，對交界面做擾動，則浮沈子就下沉。

- 四、 影響浮沈子上浮與下沉的體積差因素我們以圖十五做說明，當浮沈子浮在液體中時，受到浮力及液體表面張力作用而不下沉，系統壓力增加浮沈子重量增到大於浮力時，這時依靠表面張力撐住它，當它重量增到克服表面張力後下沉，等它沈到瓶底後，這時它受到水壓的影響，比浮在水面上時來得大，在瓶底的浮沈子重量已大於下沉瞬間的重量，所以需減少瓶內壓力才能回復到上浮狀態，因此影響上浮與下沉的體積差，主要有兩個因素影響，一為撐住浮沈子的表面張力，一為沈到瓶底時的水壓，比較沒搖動與有搖動時系統上浮與下沉的體積差，我們知道搖動時體積差很小，因撐住浮沈子下沉時的表面張力受到搖動的破壞，而使它容易下沉。



圖十五 浮沈子沈到瓶底時與下沉瞬間水面高度差圖

- 五、 水溫對表面張力影響我們可以從圖十一中分析，從 50°C ~ 60°C 的水溫中，有比較明顯的上浮下沉體積隨溫度上升，而降低的趨勢，若不考慮瓶內蒸氣壓的話，在這一段溫度間，表面張力隨溫度升高而降低，而在 45°C 及 40°C 時比較不明顯，實驗過程中，我們從 60°C 慢慢下降來進行量測，在量到約 40°C 時，發現浮沈子下沉後竟不會上浮，推測可能原因為保特瓶及浮沈子都是塑膠製品，容易因熱而變形，以及可能瓶內水的蒸氣壓影響緣故。
- 六、 表面張力的影響在水和肥皂水、酒精中差異蠻大的，就水而言，可以明顯看到浮沈子頂端低於四周水面，然而在肥皂水、酒精中不是很明顯，而是液面慢慢侵入浮沈子頂端，終於頂端沒入肥皂水或酒精中而沈沒，再由圖九下沉與上浮的空氣體積差比較，可以了解水較大，其次為 5% 的鹽水，濃度愈高，空氣的體積差愈小，然而最小的為肥皂水，可以推斷肥皂水和酒精的表面張力小於水及鹽水。
- 七、 水量愈多時，所需壓入針筒的空氣量愈少就可使它下沉，水量多即表示剩餘空氣量較少，針筒壓入後體積減少的百分比就較多，內部的壓力就比較大，容易把水擠壓至浮沈子內，而使其容易下沉，而當以同樣的水量時，若液體對浮沈子的浮力較大時，愈難使它下沉，我們從圖七的比較圖中，愈難下沉的為 20% 的鹽水，我們可以推斷 20% 的鹽水浮力最大。

- 八、浮沈子內部抽氣實驗中，抽掉內部部分氣體後，水進去補充，而使浮沈子重量增加，當浮力和表面張力承受不了時就下沉，而實驗結果知，肥皂水所需抽出的空氣最少，其次為水，接著濃度較低的鹽水，最後才是濃度最高的鹽水，然而影響浮沈子下沉的因素有浮力和液體表面張力，若單以所抽出空氣量的多寡來比較液體浮力顯然還不夠完整。
- 九、浮沈子下沉後，我們以天平量測它在液下的重量，仔細觀察浮沈子下沉的過程中，當浮沈子浮在液面時它的重量為 0，經過抽出一些空氣出來時，它慢慢下沉，在液面受到表面張力拉住時，天平仍是平衡，待它克服表面張力後沉下，天平即下傾，這下傾的重量，就是克服表面張力所需要的力量，我們若以此重量做為它所受表面張力大小，浮沈子直徑 1.4cm，圓周長為 4.396cm，因為水面表面張力只作用在浮沈子的周長，因此表面張力為：

$$\text{表面張力} = \text{下沉後在液面下重量} \div \text{圓周長}$$

計算結果如下表：

	純水	5%鹽水	10%鹽水	15%鹽水	20%鹽水	肥皂水	酒精	沙拉油
下沉後量得重量(g)	0.55	0.6	0.65	0.55	0.4	0.2	0.2	0.15
表面張力(gw/cm)	0.13	0.13649	0.14786	0.12511	0.09099	0.0455	0.05	0.03412

實驗數據顯示，10%的鹽水表面張力最大，沙拉油最小，而各種濃度的鹽水中，表面張力似乎跟鹽水的濃度無關，這一點還需再進一步的證實，此實驗中主要關鍵在於浮沈子下沉的瞬間，因為抽氣若大於臨界的體積時，浮沈子都會下沉，而且我們是以細線用膠帶黏在浮沈子頂端，再綁在天平的下端，因為加了細線後多多少少會影響浮沈子的下沉，然而一般量測液體表面張力都是以表面提起的方式，以此下沉方式測量，有別於傳統方式。

捌、結論

我們從浮沈子的載浮載沈中發現，在沒入水面時，受了水的表面張力的拉住而不會下沉，我們以保特瓶及針筒形成密閉系統，得出浮沈子下沉與上浮時系統會有體積差，這體積差與液體表面張力及下沉後液面高度有關，以搖動的方法破壞表面張力，得到液面高度影響遠小於表面張力影響，我們就以此氣體體積差來比較了各種不同的溶液的 surface tension，得出水的表面張力較大，而肥皂水、酒精、沙拉油較小，在水溫度實驗方面有些不確定因素影響，使得在某些溫度之間才有較明顯的數據顯示表面張力隨溫度升高而降低，為了得取表面張力量化的資料，我們利用抽氣方式測量浮沈子在液下的重量，受限於天平的靈敏度以及外加線可能影響系統量測，因而造成實驗的誤差，儘管實驗過程有些缺失，然而以下沉的方式量取有別於一般以上提方法量測表面張力，若能改進量測的方式，也許可以發展出另類的量測系統。

玖、參考資料及其它

- 一、師大物理示範教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/>
- 二、浮沈子--有趣的科學實驗 <http://pck.bio.ncue.edu.tw/pckweb/database/pckchem/fexp12.html>
- 三、浮沈玩偶 臺灣師範大學化學系 蕭次融
http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/f5/game8/index1.htm
- 四、隨手可做有趣的科學實驗(II) 世茂出版社
- 五、國小自然教學指引(三下) 康軒文教事業
- 六、表面張力測定 <http://ezphysics.nchu.edu.tw/physiweb/up/html/SURF.htm>
- 七、實驗過程相片

(一) 浮沈子實驗系統



(二) 浮沈子實驗過程



(三) 抽氣實驗裝置



(四) 抽氣實驗量測液體下的重量



080117 國小組物理科

我浮、我沉、我浮浮沉-以浮沉子探討液體表面張力

1. 內容詳實，但缺乏創意。
2. 現場缺實物操演，表達不盡理想。