

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第三名

080103

「浮」不起的阿「黽」-探討表面張力對漂浮水黽浮沉現象之研究

學校名稱：新北市板橋區後埔國民小學

作者： 小六 林禹綸 小六 李翊安 小六 孫郁翔 小六 蕭益丞 小六 黃宥霆	指導老師： 劉曉雯 吳喬雲
---	-------------------------

關鍵詞：表面張力、漂浮水黽

摘要

當自製漆包線水黽的垂直軸高度越短、垂直軸位置越靠近中心、角度越大，浮率越大；自製水黽腳越長、隻數越多，浮率越大；當自製水黽的腳平貼水面所圍出的面積越大、腳垂直上折的長度越短，浮率越大；水溶液溫度越低，浮率越大。水溶液濃度及水位高度都不影響水黽的漂浮情形；在不同水溶液當中，自製水黽在自來水、糖水及鹽水中易漂浮，在酸性的醋、鹼性的肥皂水及小蘇打水則不易漂浮。在形狀相同粗細不同的鋁框中，越粗的鋁框越不易漂浮。當粗細相同的鋁框等比例放大時，邊長 5 公分以內的正方形框浮率均接近 1(大於 0.98)，但邊長大於 6 公分時，浮率會突降；由相同長度摺出不同形狀(開放及封閉)的漆包線及鋁線，浮率都接近 1(大於 0.92)。

壹、研究動機

在某次上自然課時，老師帶我們去生態池觀察水生動植物，剛好看到有一隻水黽在水面上漂動，這讓我們聯想到今年學校舉辦五年級科學競賽的題目是「利用漆包線製作一隻可漂浮的水黽」，當時老師說大多數的人都無法成功讓漆包線水黽漂浮，因此，讓我們十分好奇，想深入的了解如何參考水黽的結構去製作出較容易漂浮的漆包線水黽。

※相關教材單元：康軒版三下「百變的水」、康軒版五上「力與運動」

貳、研究目的和待答問題

一、瞭解利用漆包線自製漂浮水黽的基本作法及原理。

(一)如何設計不同條件的漂浮水黽？

(二)如何測試漂浮水黽的漂浮程度？

二、探討影響自製漆包線水黽漂浮的因素

(一)垂直軸高度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？

(二)腳的隻數是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？

(三)腳的長度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？

- (四)垂直軸的位置是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (五)垂直軸的角度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (六)腳垂直向內凹折是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (七)腳垂直上折是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？

三、探討影響自製漆包線水黽漂浮程度的外在因素

- (一)水位高度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (二)水溶液的濃度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (三)水溫是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？
- (四)水溶液的種類是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？

四、探討其他可能影響沉體漂浮的因素

- (一)重量不同但形狀大小相同的沉體之漂浮程度比較。
- (二)形狀相同但大小不同的沉體之漂浮程度比較。
- (三)重量相同但形狀不同的開放型沉體之漂浮程度比較。
- (四)重量相同但形狀不同的封閉型沉體之漂浮程度比較。

五、以自製漆包線水黽測試不同水溶液的表面張力之應用

◆ 補充說明

- 1.本研究主要是探討密度大於 1g/cm^3 的物體所製作出來的自製水黽，在受到水的表面張力所表現出來的浮沉結果進行分析，與「浮力」相關實驗無直接關係，因密度小於 1g/cm^3 物體本就會漂浮在水面，與表面張力無關，故本研究不涉及與浮力相關的實驗。
- 2.本研究是以水黽的結構作為部分參考，探討沉體在受到液體表面張力時所產生的漂浮情形，與「仿生學」無直接相關。

參、文獻探討

一、表面張力

液體具有一種使表面積收縮的力量，這種力量稱做表面張力。不同的液體之間的表面張力也各不相同，就是水分子之間的內聚力，若無內聚力，水分子便不易集中而散開，無法撐

起物體的重量。生活中常見的表面張力現象，例如：水滴在荷葉上形成水珠、水龍頭滴下的水滴會呈圓形。

二、漂浮水黽

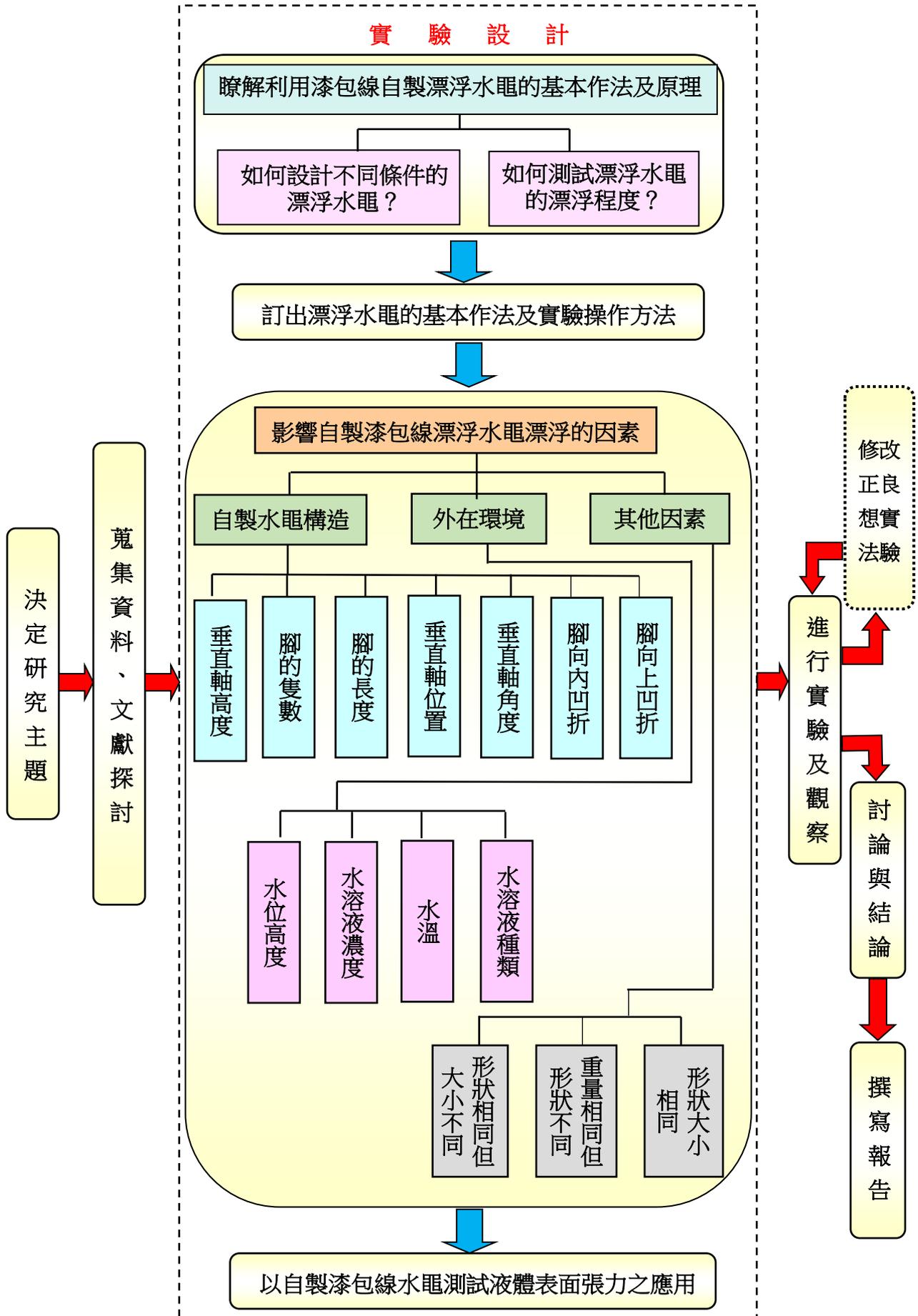
水黽腿上有無數的細毛及剛毛，每一根細毛上都有特殊的溝槽構造，因為水有表面張力的存在，所以水黽的腳踩在水面上，也不會劃破水面，不過如果水中出現的一些化學物質，例如中性的洗滌劑，因而改變水的化學成分，降低水的表面張力，水黽就可能沉入水中。

本研究是以台中科學教育大學科學遊戲室所設計的「表面張力」科學實驗中，參考水黽的構造，以漆包線製作出水黽，再以這種漆包線水黽來測試液體的表面張力，本實驗大部分的操作漂浮物將以漆包線水黽為主，設計實驗以了解其在液面上的浮沉情形。

三、相關研究

	學校名稱	組別	主題	研究內容	研究結論
國中組	彰化縣陽明國民中學	物理科	「深」在「浮」中不知「浮」～探討表面張力對『沉體』浮於水面行為之影響	因為沉體與浮體與水面的接觸形式不同，而使得物體浮於水面上互相靠近的物理機制不同。	水面漂浮物體為浮體時，接觸角大小與表面材質有關，與密度大小無關；而為沉體時，接觸角大小與表面材質無關，會隨著密度增加而變大。
國中組	台北市新興國民中學	物理科	探討溶質、溫度、濃度對於液體表面張力之影響	探究水溶液的溫度、濃度及溶質對表面張力的影響	1.純水中若加入酸類的化合物時，表面張力會減少；若加入的是離子鹽類，則表面張力會增加。 2.假如有溶質的存在，表面張力的表現極不穩定，若濃度越大，液體內部的反應將更為複雜，實驗無法預期達成。 3.液體表面張力會隨溫度的上升而遞減。
國小組	屏東縣屏東國小	物理科	水的表面張力	找出和比較各種液體的表面張力，並觀察針能否浮在水面上及影響表面張力的因素如溫度等。	熱水的表面張力小；冷水的表面張力大

肆、研究架構與流程



伍、研究設備及器材

漆包線	水盆	奇異筆	剪刀	尺
電子秤	1mm 鋁線	1.5mm 鋁線	2mm 鋁線	2.5mm 鋁線
3mm 鋁線	鑷子	衛生紙	熱熔膠	溫度計
水	冰塊	保溫瓶	量杯	鹽
透明塑膠片	圓規刀	透明膠帶	攪拌棒	pp 瓦楞板
糖	小蘇打粉	醋	洗衣粉	黏土

陸、研究方法、結果與討論

一、研究一：瞭解利用漆包線自製漂浮水毬的基本作法及原理

(一) 如何設計不同條件的水毬

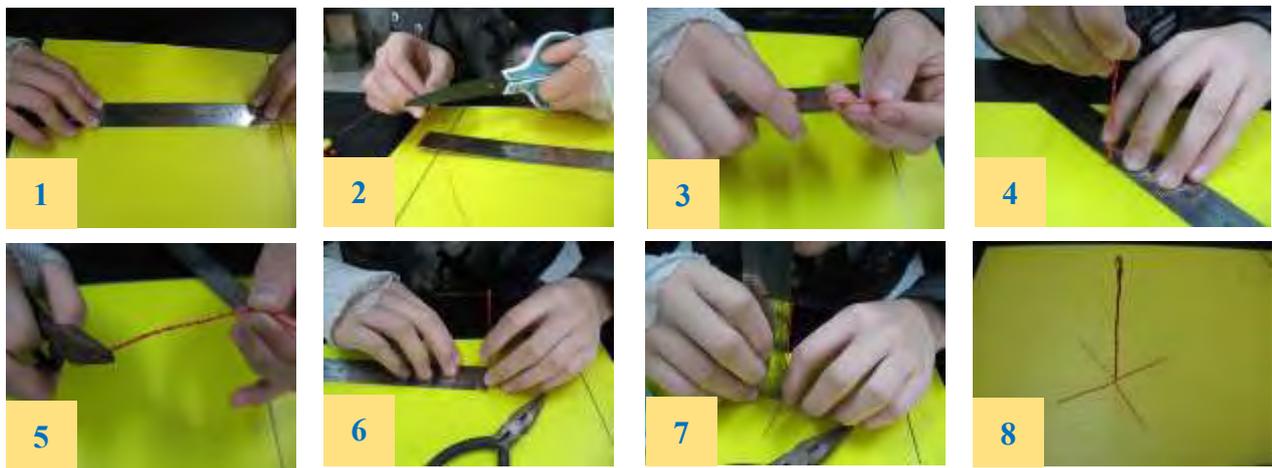
1.研發漂浮水毬的思考歷程：

- (1)從台中教育大學科學遊戲室的「漂浮水毬」遊戲中獲得靈感。比賽是以自製水毬的中心垂直軸高度來決定勝負，高度越高得到的分數越高。
- (2)我們進一步思考，究竟影響水毬漂浮的因素會是哪些？除了垂直軸高度，我們認為還有許多影響漂浮程度的因素存在。

(二)、設計標準化漆包線水毬

1.製作方法：

- (1)先剪取兩段製作完整水毬的漆包線 \longrightarrow $\boxed{\text{長度}=\text{垂直高度}\times 2+\text{腳的長度}\times 2}$
- (2)將兩段漆包線對折，保留垂直高度的部分，其餘的 4 段漆包線則開展平鋪互相垂直呈現 4 隻腳的狀態。(如下圖)



(三)測試自製水黽漂浮情況的基本作法

1.測試水黽漂浮程度的方法

(1)第一階段測試

A.標準化程序的建立：

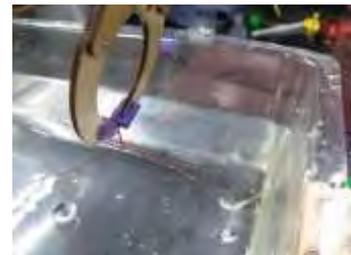
①思考如何利用工具將水黽放到水面上：

a.用鑷子將水黽放置水面上

因為手部的穩定性會影響鑷子的穩定性，故此法與徒手的方式比較起來並無減少誤差的空間。故可行性太低。

b.用液壓機械手臂將水黽放到水面上

是否會影響漆包線水黽的漂浮程度？因為液壓機械手臂仍舊需要由手來控制方向及力道，故與前一種方法存有相同的問題，可行性低。



(3)第二階段測試

A.每次測試水黽前，每位同學都必須確定該隻水黽的基本構造都符合該項變因，所有條件必須盡量保持每位都能做到一致性的動作。

B.針對人為操作存有的差異必須克服，以及測試的次數必須足夠，因此接下來我們想到了更為理想的做法。

C.因為我們有 5 個人，所以決定讓每個人每次測試 10 次，每一組變因的操作都由 5 個人進行實驗，因此一個變因共有 50 次的測試。

2.確定「放置水黽」的標準化步驟

(1)將水黽的狀態調整成符合該實驗的狀態：垂直軸必須與腳保持垂直狀態、腳與腳之間的夾角必須相同。

(2)操作者的雙手及水黽都必須維持乾燥。

(3)操作者用單手拇指及食指以輕捏方式將水黽輕輕接觸水面。

(4)當水黽一碰到水面，操作者的拇指與食指就立刻鬆開，觀察水黽浮沉情形。

◆注意事項：

1. 操作者在輪流操作水黽時，每一次都需要再次整理水黽，確保 5 位操作者之間的水黽有高度一致性。
2. 操作者的雙手必須保持絕對乾燥，且每次放到水面之後，在進行下一次的操作前必須將水黽沾附到的水分擦乾，避免影響其真實的浮沉情形(水黽一旦帶有水分，水分極其容易破壞水面的表面張力，將會影響實驗結果)

二、研究二：探討影響自製漆包線水黽漂浮的因素

(一)實驗一：垂直軸高度對水黽漂浮之影響

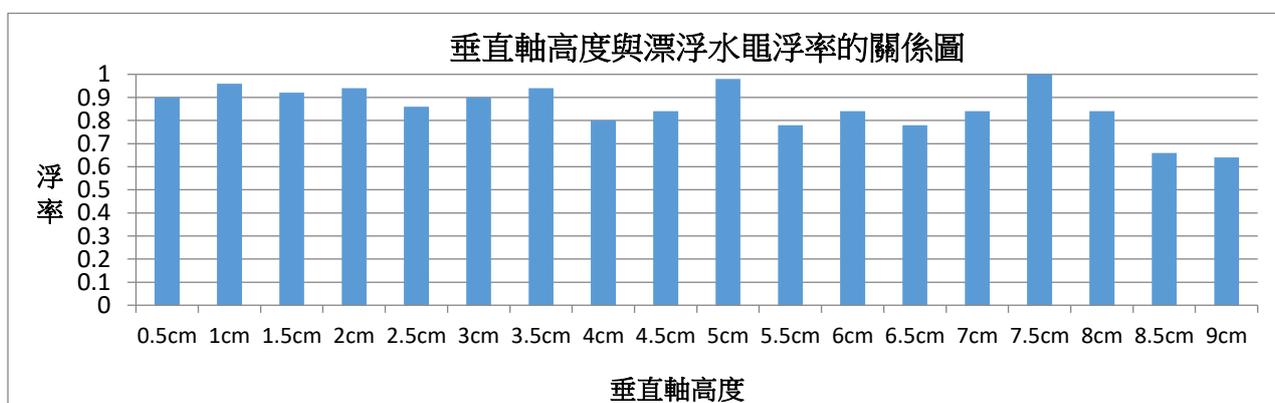
◆ 操作步驟

1. 以四隻腳長度為 3.5 公分的漆包線水黽為標準，折出中心垂直軸由 0.5 公分每次遞增 0.5 公分，分別為 0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9 等 18 隻中心垂直軸高度不同的自製水黽。(漆包線密度：3.63g/cm³)
2. 以「放置水黽」標準操作方式進行實驗：依序以標準動作一一放在水面上，每位同學放置 10 次，5 位同學輪流，總共進行 50 次的操作。
3. 將 18 隻漆包線水黽的浮沉結果記錄下來並算出其浮率。

◆ 浮率計算方式：浮在水面的次數÷50×100%

◆ 研究結果

垂直軸高度(cm)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
可漂浮次數	45	48	46	47	43	45	47	40	42	49	39	42	43	45	50	42	33	32
無法漂浮次數	5	2	4	3	7	5	3	10	8	1	11	8	7	5	0	8	17	18
浮率	0.9	0.96	0.92	0.94	0.86	0.9	0.94	0.8	0.84	0.98	0.78	0.84	0.78	0.84	1.0	0.84	0.66	0.64



◆ 小結

我們發現垂直軸為 0.5~9 公分高的 18 隻自製水黽漂浮在水面上的程度都大於 0.5，所以我們進一步操作垂直軸高度更高的實驗。

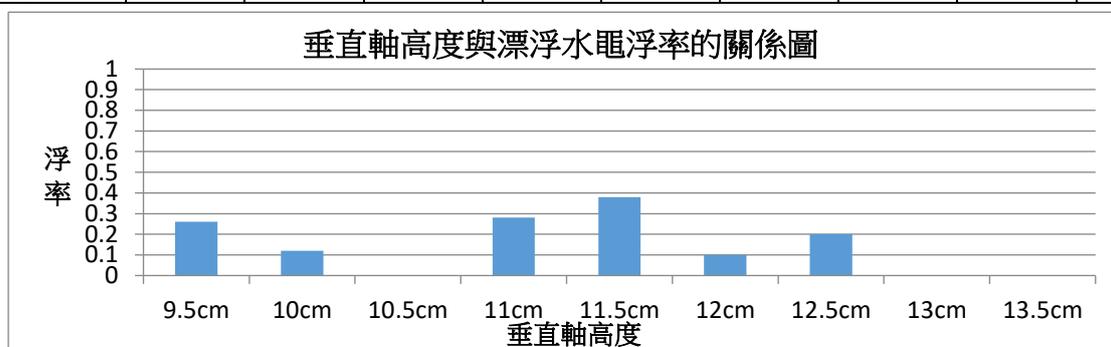
*** 實驗一(進階)：垂直軸高度對水黽漂浮之影響**

◆ **操作步驟**

我們想了解能漂浮在水面的水黽垂直軸最高為幾公分，所以又進一步製作了 9.5、10、10.5、11、11.5、12、12.5、13、13.5cm 等 9 隻水黽，實驗進行方式與前一次的步驟相同。

◆ **研究結果**

垂直軸高度(cm)	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5
可漂浮次數	13	6	0	14	19	5	10	0	0
無法漂浮次數	37	44	50	36	31	45	40	50	50
浮率	0.26	0.12	0	0.28	0.38	0.1	0.2	0	0



◆ **研究討論**

由實驗結果發現，水黽的中心垂直高度超過 9cm 之後，漂浮水黽的浮率會有突降情形，浮率都小於 0.5，表示垂直軸高度確實會影響其漂浮程度。實驗中，當水黽的中心垂直軸高度越高，其整體重量也會跟著增加，我們推論，垂直軸的高度增加進而使整體重量增加而較容易破壞表面張力，導致水黽不易漂浮。

◆ **小結**

垂直軸高度會影響漂浮水黽的浮沉情形，高度超過一定程度，漂浮程度會大大降低。

◆ **照片資料**



(二)實驗二：腳的隻數對水黽漂浮之影響

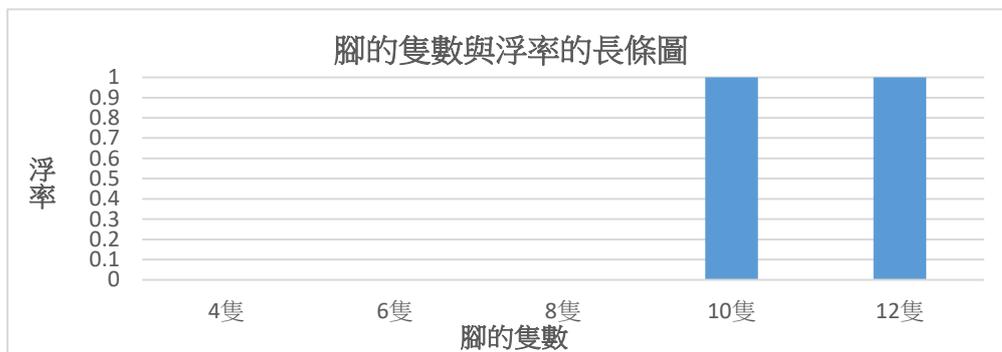
◆ **實驗設計構想**：由實驗一的結果我們得知重量會影響自製水黽浮率，於是我們想進一步設計出重量相同，但腳的隻數不同的漂浮水黽。

◆ **操作步驟**

1. 先製作一隻腳長為 3.5 公分，垂直軸高 10 公分，腳的隻數為 12 隻的多腳水黽，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，接下來每次從腳的部位抽出一根漆包線(減少兩隻腳)，再將抽出的這根漆包線捲成小圈，套置在垂直軸中心的透明平台上，確保水黽的總重量不變，重複此步驟，一直做到漂浮水黽只剩下四隻腳。
2. 將漂浮水黽從 12 隻腳依次到 4 隻腳分別以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。
3. 紀錄 5 種重量相同但腳的隻數不同的水黽 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

◆ **研究結果**

腳的隻數(隻)	4	6	8	10	12
可漂浮次數	0	0	0	50	50
無法漂浮次數	50	0	50	0	0
浮率	0	0	0	1	1



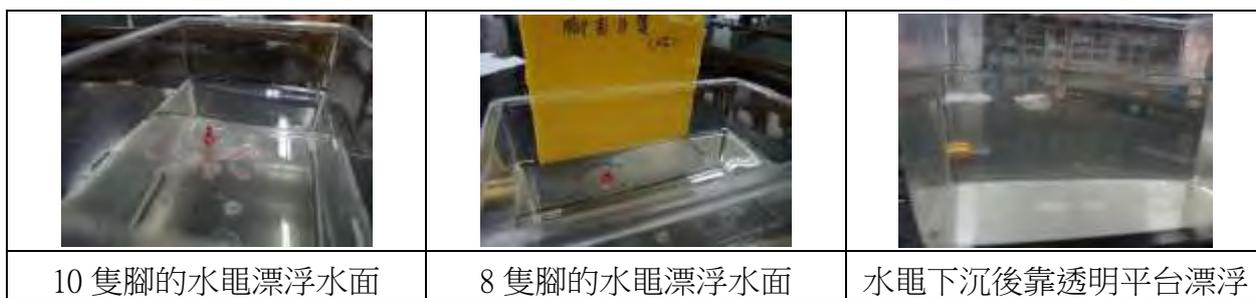
◆ **研究討論**

由實驗結果發現，在重量維持不變的情況下，當腳的隻數越多，則浮率越大；我們推論，腳的隻數越多，表示其接觸水的面積越大，所受到的表面張力就越大。

◆ **小結**

在重量維持不變的情況下，腳的隻數越多，自製水黽的浮率越大。

◆ **照片資料**



(三)實驗三：腳的長度對水黽漂浮之影響

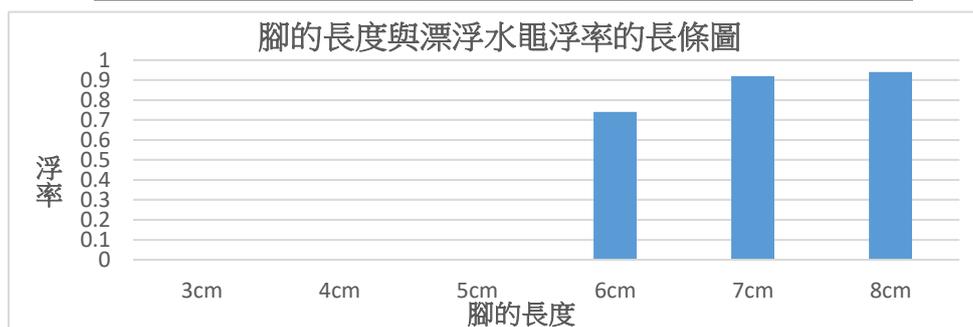
- ◆ **實驗設計構想**：由實驗一的結果我們得知重量會影響自製水黽浮率，於是我們想進一步設計出重量相同，但腳的長度不同的漂浮水黽。

- ◆ **操作步驟**

- 1.先製作一隻垂直軸高 7.5 公分，四隻腳長為 8 公分的長腳漂浮水黽，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，接下來依次將水黽的四隻腳各減去 1 公分，再將長 4 公分的漆包線捲成小圈套在垂直軸中心透明平台上，以確保水黽的總重量不變，重複此步驟(每減少四隻腳的 1 公分長度，就添加 4 公分長的漆包線小圈在平台上)，一直做到水黽的腳長剩 3 公分為止。
- 2.將腳長從 3 公分依次到 8 公分的漂浮水黽以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。

- ◆ **研究結果**

腳的長度(cm)	3	4	5	6	7	8
可漂浮次數	0	0	0	37	46	47
無法漂浮次數	50	50	50	13	4	3
浮率	4	0	0	0.74	0.92	0.94



- ◆ **研究討論**

由實驗結果發現，在重量維持不變的情況下，當腳的長度越長，則浮率越大；我們推論，腳的長度越長，因為其接觸水的面積越大，所受到的表面張力就越大。

- ◆ **小結**

由實驗結果發現，在重量維持不變的情況下，當腳的長度越多，則浮率越大；我們推

論，腳的長度越長，其接觸水的面積越大，所受到的表面張力就越大。

◆ 照片資料



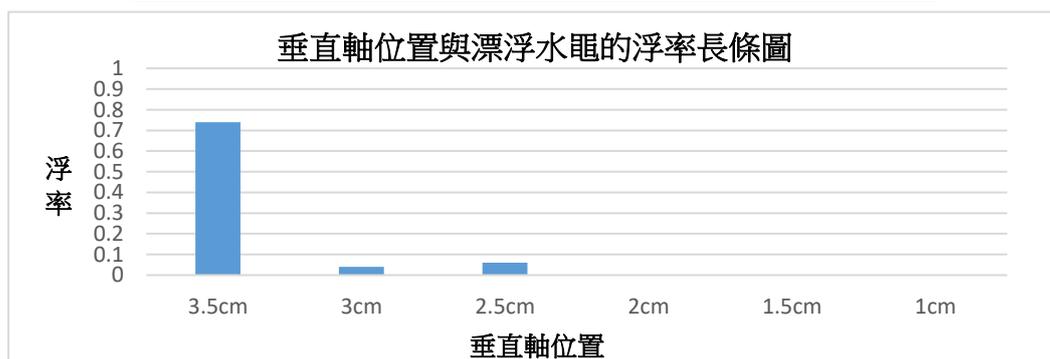
(四)實驗四：垂直軸的位置對水黽漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 製作出 5 隻垂直軸高度為 7.5 公分，腳長為 3.5 公分的標準漆包線水黽。
2. 保留 1 隻標準水黽，其餘 4 隻依序每次減去其中一側兩隻腳的長度 0.5 公分。如此便可讓水黽的垂直軸位置漸漸偏離中心。
3. 以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。
4. 紀錄 5 種垂直軸位置不同的漂浮水黽 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

垂直軸的位置(cm)	3.5	3	2.5	2	1.5	1
可漂浮次數	37	2	3	0	0	0
無法漂浮次數	23	48	47	50	50	50
浮率	0.74	0.04	0.06	0	0	0



◆ 研究討論

1. 我們發現除了垂直軸在中心位置的水黽浮率最高為 0.74，當水黽的垂直軸逐漸偏離中心，其浮率大幅降低，幾乎無法漂浮。
2. 根據結果推論，垂直軸越偏離中心，水黽的重量無法平均分散在水黽的四隻腳上(因兩側的腳長有差異)，容易側重某一邊而破壞表面張力，導致水黽不易漂浮。

◆ 小結

水黽的垂直軸位置會影響水黽的漂浮情形，越偏離中心越不易漂浮。

◆ 照片資料



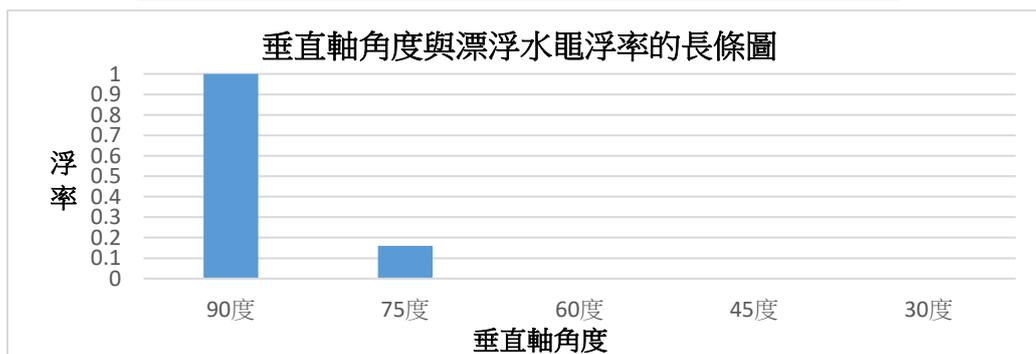
(五)實驗五：垂直軸的角度對水黽漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 準備一隻垂直軸高度為 7.5 公分，4 隻腳長為 3.5 公分的漆包線水黽，依序改變垂直軸的傾斜角度，讓垂直軸呈現 90 度、75 度、60 度、45 度、30 度及 15 度共 6 種不同角度。
2. 以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，紀錄結果並算出其浮率。

◆ 研究結果

垂直軸角度(度)	90	75	60	45	30
可漂浮次數	50	8	0	0	0
無法漂浮次數	0	42	50	50	50
浮率	1	0.16	0	0	0



◆ 研究討論

當垂直軸角度為 90 度時，浮率為 1，浮率最大，當角度逐漸變小，水黽的浮率就大幅降低，幾乎無法漂浮。我們推論，當垂直軸角度變小，會使重量偏移中心，導致重量無法平均分散在水黽的四隻腳上，容易側重一邊而下沉。

◆ 小結

水黽的垂直軸角度不同，會影響其漂浮情形，角度越小，越不容易漂浮。

◆ 照片資料



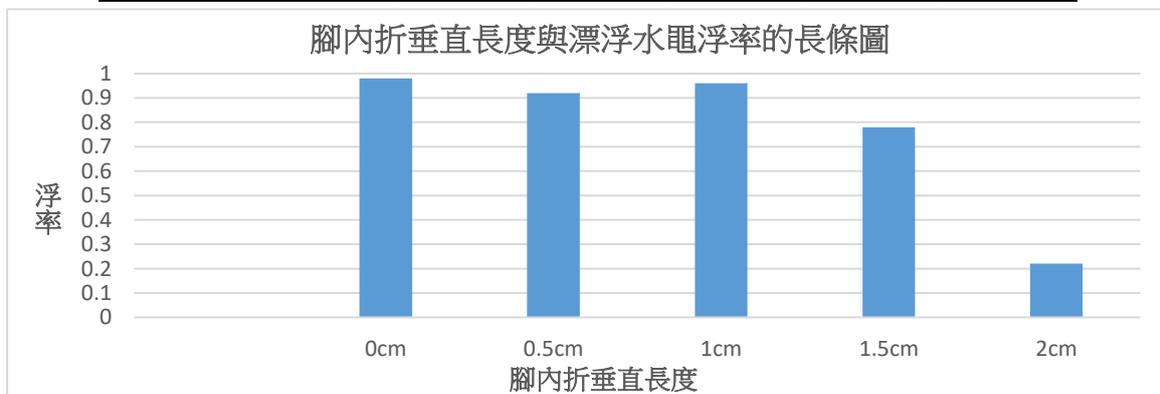
(六)實驗六：腳垂直向內凹折對水黽漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 先製作一支垂直軸高為 10cm，腳長為 4cm 的漂浮水黽，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，依序將四隻腳垂直向內折 0.5cm，重複此步驟。
2. 將四隻腳向內折 0、0.5、1、1.5、2cm 等 5 種漂浮水黽，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，紀錄 5 種內折程度不同的漂浮水黽 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

腳垂直內折長度(cm)	0	0.5	1	1.5	2
可漂浮次數	49	46	48	39	11
無法漂浮次數	1	4	2	11	39
浮率	0.98	0.92	0.96	0.78	0.22



◆ 研究討論

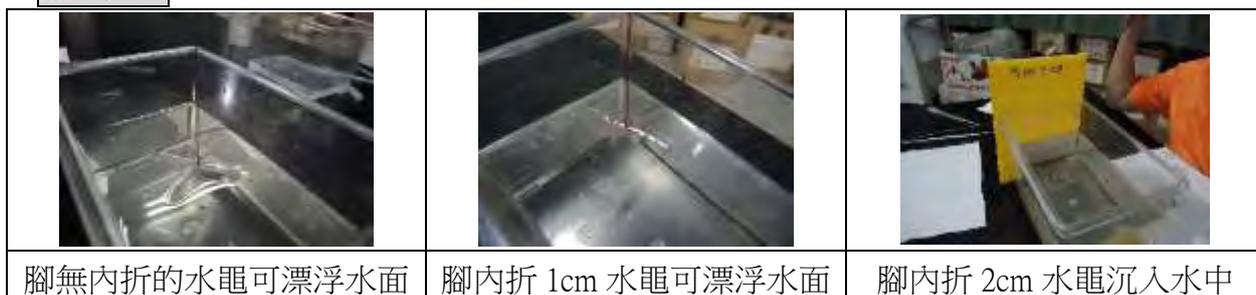
由實驗結果發現，當自製水黽漂浮的腳與水接觸面積相同的條件下，內折水黽的腳越長，表示其腳所圍的水域面積越小，浮率亦逐漸變小，因此我們推論，在水黽重量、接觸水的面積相同的情況下，腳所圍出的水域面積越大，因重量分散程度越高，水黽的浮率越大。

◆ 小結

重量相同時，漂浮水黽的腳內折情形會改變圍出的水域面積大小，進而影響漂浮情形，

內折越長，浮率越小。

◆ 照片資料



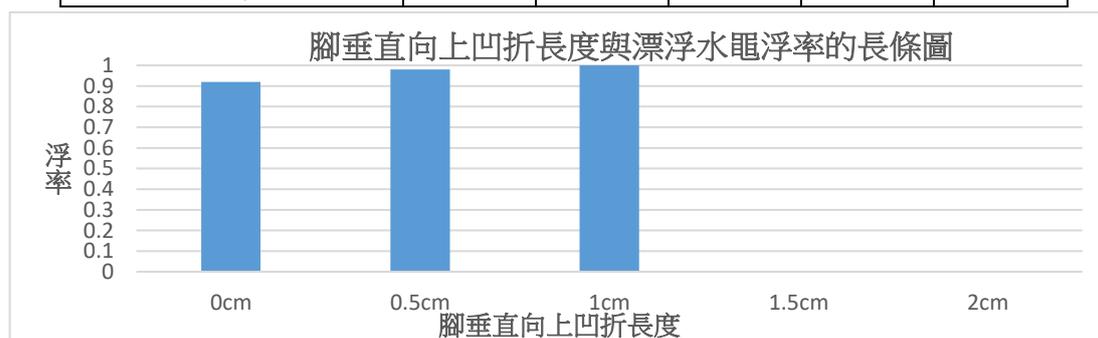
(七)實驗七：腳垂直上折對水電漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 先製作一支垂直軸高為 10 公分，腳長為 4 公分的漂浮水電，以「放置水電」標準操作方式進行實驗，接下來依序將四隻腳垂直向上折 0.5 公分，重複此步驟，分別折出四隻腳垂直向上折 0.5、1、1.5、2 公分的漂浮水電。
2. 將四隻腳垂直向上折 0、0.5、1、1.5、2 公分等 5 種漂浮水電，以「放置水電」標準操作方式進行實驗。紀錄 5 種垂直向上折的程度不同的漂浮水電實驗結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

腳垂直向上凹折長度(cm)	0	0.5	1	1.5	2
可漂浮次數	46	49	50	0	0
無法漂浮次數	4	1	0	50	50
浮率	0.92	0.98	1	0	0



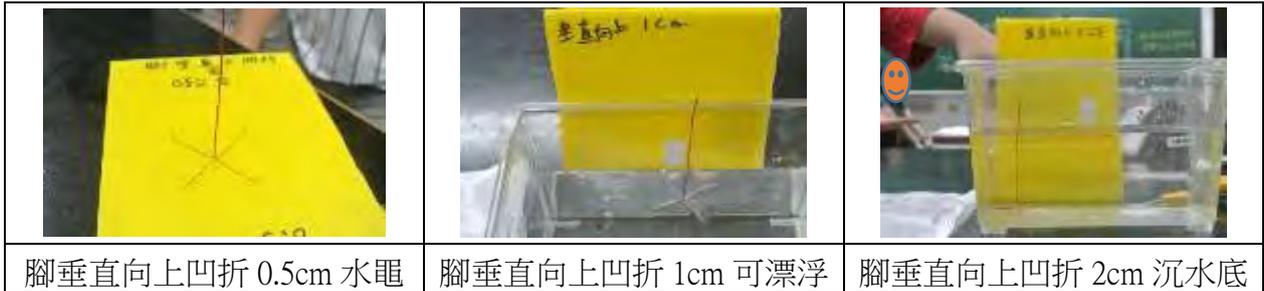
◆ 研究討論

由實驗結果發現，當重量相同時，漆包線水電的腳垂直向上凹折的長度越長，浮率越小，與實驗三的結果作比較，不論漆包線長度遞減的重量是逐次增加在腳的四周還是增加在垂直軸中心，只要接觸水的面積減少，浮率就會下降。

◆ 小結

當重量相同時，漆包線水電的腳向上凹折長度越長，浮率越小。

◆ 照片資料



三、研究三：探討影響自製漆包線水黽漂浮程度的外在因素

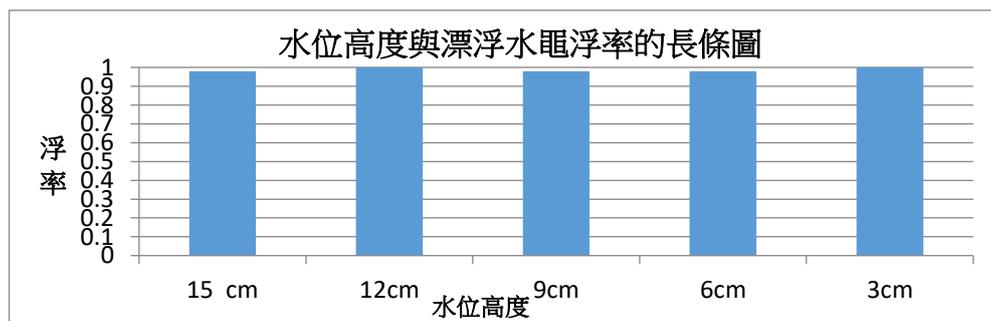
(一)實驗一：水位高度對水黽漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 製作 5 隻垂直軸同為 7.5 公分，4 隻腳為 3.5 公分的漆包線水黽，並將這 5 隻水黽放置在室溫下的水盆中，確認其漂浮情形具有一致性(皆能浮的情況)
2. 將這 5 隻漆包線水黽分別放在水位高為 3 公分、6 公分、9 公分、12 公分及 15 公分的水盆中，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗，紀錄實驗結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

水位高度(cm)	15	12	9	6	3
可漂浮次數	49	50	49	49	50
無法漂浮次數	1	0	1	1	0
浮率	0.98	1	0.98	0.98	1



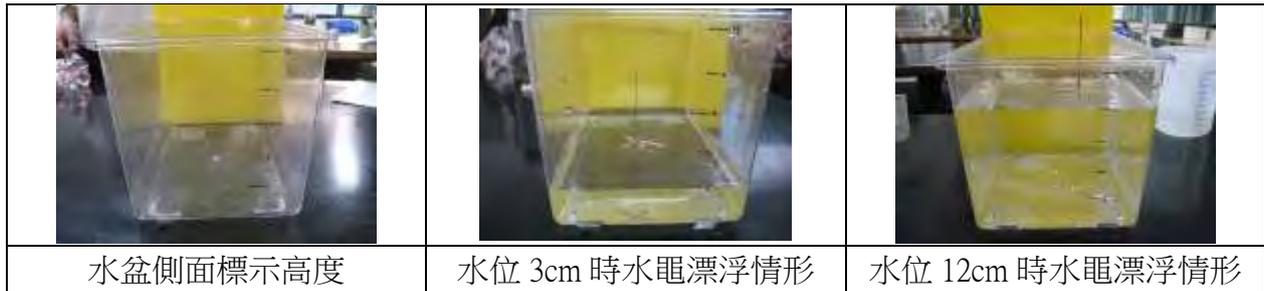
◆ 研究討論

1. 我們發現，漆包線水黽在不同高度的水面上，漂浮程度並無明顯差異，浮率都接近 1。
2. 根據結果推論，水黽的漂浮情形僅與水的接觸面產生的表面張力有關(表面張力僅僅是幾個水分子厚度的表現)，和水位的高低(深淺)幾乎無關。

◆ 小結

水位的高低不會影響水黽的漂浮情形。

◆ 照片資料



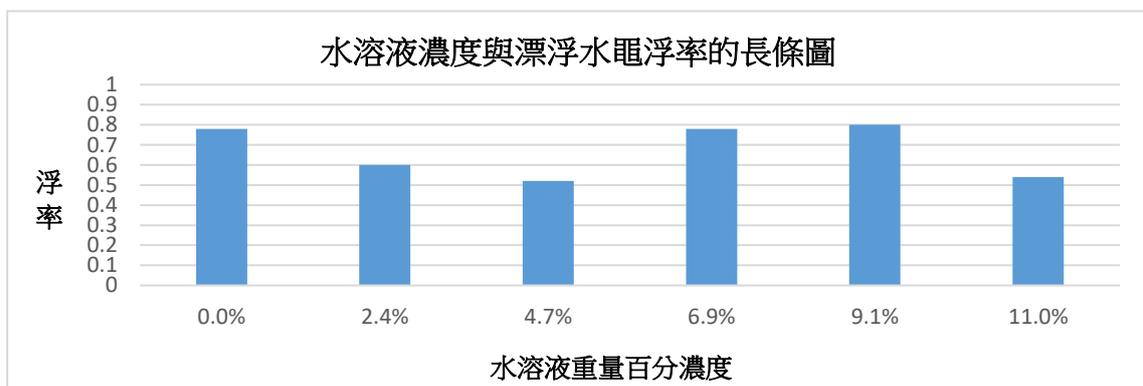
(二)實驗二：水溶液濃度對水龜漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 以溶劑(水)為 2000 公克，溶質(食鹽)依序為 0 公克、50 公克、100 公克、150 公克、200 公克、250 公克為組合，調製出 6 種濃度不相同的食鹽水。
2. 準備已達到一致性的標準水龜(垂直軸高度 7.5 公分、4 隻腳長為 3.5 公分)共 6 隻。
3. 將 6 隻水龜分別放入 6 種不同濃度的食鹽水盆中，接著以「放置水龜」標準操作方式進行實驗。紀錄實驗結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

重量百分濃度(%)	0	2.4	4.7	6.9	9.1	11
可漂浮次數	39	30	26	39	40	27
無法漂浮次數	11	20	24	11	10	23
浮率	0.78	0.6	0.52	0.78	0.8	0.54



◆ 研究討論

1. 在以垂直軸為 7.5 公分的水龜進行實驗後，結果發現，在不同濃度的食鹽水面上，水龜的浮率都達 0.52 以上。實驗結果發現，食鹽水溶液的濃度與水龜的浮沉情形並無相關。

◆ 小結

水溶液的濃度不會影響漂浮水龜的浮沉情形。

(三)實驗三：水溫對水黽漂浮之影響

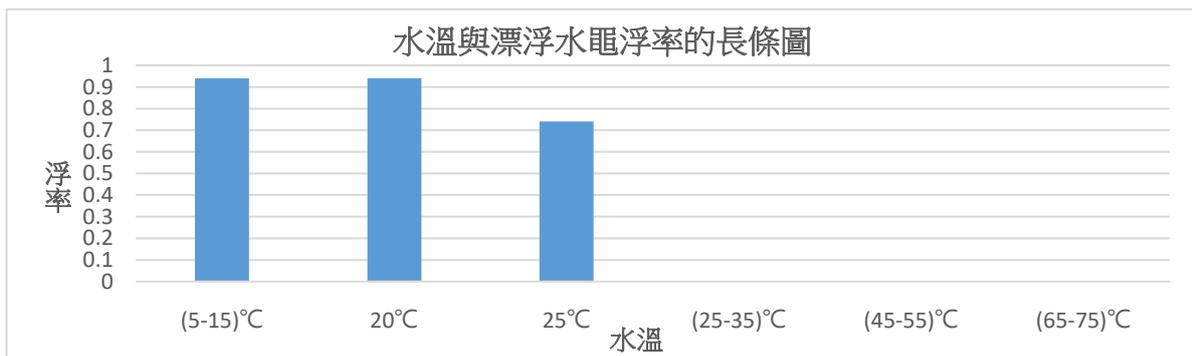
◆ 操作步驟

1. 準備四種溫度有明顯差異的水，分別為(5-15)°C、(25-35)°C、(45-55)、(65-75) °C 各 2000 毫升。
2. 將垂直軸為 7.5 公分、4 隻腳長為 3.5 公分的漆包線水黽，以「放置水黽」標準操作方式分別放進四種不同水溫的水面上進行實驗。
3. 紀錄在四種不同水溫的漆包線水黽各 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

水溫(°C)	5-15	25-35	45-55	65-75
可漂浮次數	47	0	0	0
無法漂浮次數	3	50	50	50
浮率	0.94	0	0	0

水溫(°C)	20	25
可漂浮次數	47	37
無法漂浮次數	3	13
浮率	0.94	0.74

◆ 研究結果



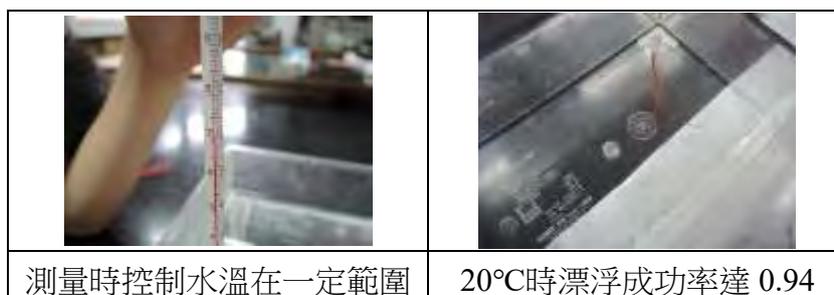
◆ 研究討論

1. 從實驗結果發現，漆包線水黽在 5-15°C 的水溫下，浮率為 0.94，而在 25-35°C、45-55°C 及 65-75°C 這三種範圍的水溫下，浮率皆為 0，完全無法漂浮。後續我們又準備了 25°C 及 20°C 的水做測試，發現了水溫越高，浮率明顯有下降趨勢。
2. 我們推論，在水溫較高的情況下，水分子的流動性高，同時水的表面會有水分子蒸發的情形，這兩個原因讓漆包線與水的接觸面之間表面張力被破壞，因此不容易漂浮。

◆ 小結

水溫會影響漆包線水黽的浮沉情形，水溫越高，水黽越不易漂浮。

◆ 照片資料



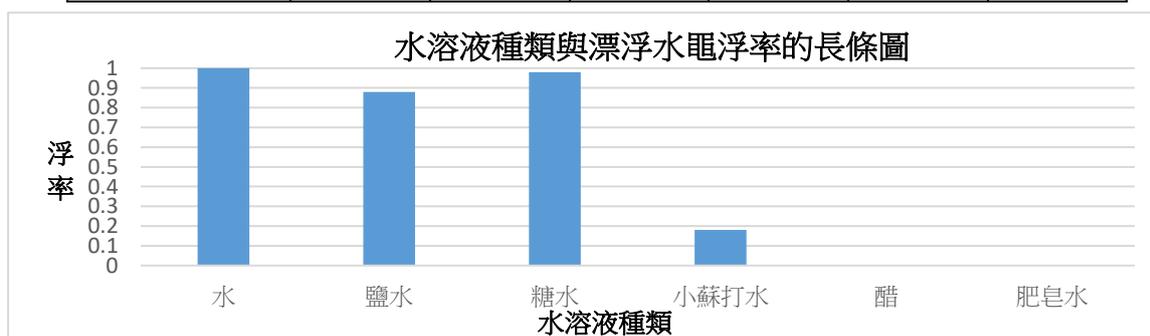
(四)實驗四：水溶液的種類對水黽漂浮之影響

◆ 操作步驟

1. 以溶質為 50 公克，溶劑(水)為 2000 公克的比例，調製鹽水、糖水、小蘇打水、醋、洗衣粉水等 5 種重量百分濃度為 2.4%的不同種類的水溶液。
2. 準備標準水黽(垂直軸高度 7.5 公分、4 隻腳長為 3.5 公分)，將這隻標準水黽分別放入 6 種不同的水盆中(包含不加任何溶質的自來水、鹽水、糖水、小蘇打水、醋、洗衣粉水)，以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。
3. 紀錄在 6 種不同水溶液的漆包線水黽各 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

水溶液種類	水	鹽水	糖水	小蘇打水	醋	肥皂水
可漂浮次數	50	44	49	9	0	0
無法漂浮次數	0	6	1	41	50	50
浮率	1	0.88	0.98	0.18	0	0



◆ 研究討論

1. 根據實驗結果，我們發現當水黽在中性水溶液如：食鹽水、糖水液面上，其浮率非常高，皆大於 0.88；而在小蘇打水、醋及洗衣粉水液面上，其浮率都非常低，皆小於 0.18。
2. 根據台北市新興國民中學之研究《探討溶質、溫度、濃度對於液體表面張力之影響》的結果指出，酸類的化合物會使表面張力減少；若加入的是離子鹽類，則表面張力會增加。

◆ 小結

水溶液的種類不同，中性水溶液對水黽的漂浮情形不會有影響，而酸鹼性質的離子破壞了水的表面張力，所以漆包線水黽幾乎無法在該種液面上漂浮。

◆ 照片資料



四、研究四：探討其他可能影響沉體漂浮的因素

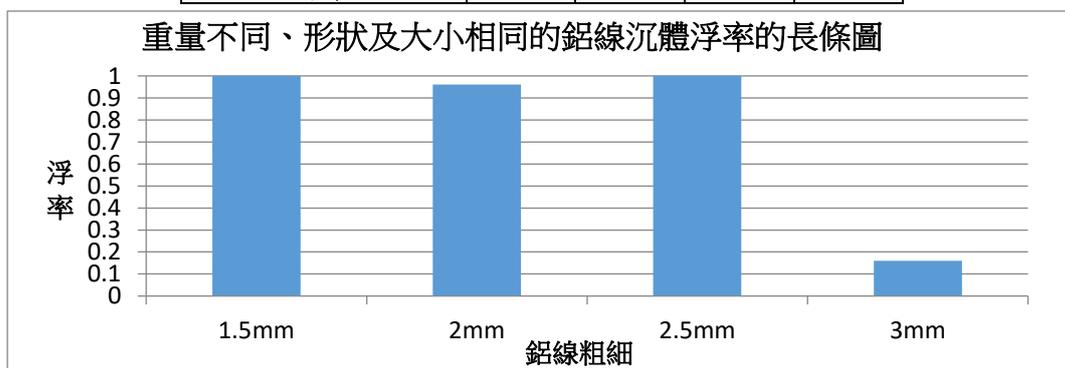
(一)實驗一：重量不同但形狀大小相同的鋁線之漂浮情形比較

◆ 操作步驟

- 1.以 1mm、1.5mm、2mm、2.5mm、3mm 等五種粗細程度不同的鋁線折出五個重量不同但形狀大小相同的正方形鋁框。(鋁的密度： $2.7\text{g}/\text{cm}^3$)
- 2.將五種鋁框分別以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。紀錄結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

鋁線粗細(mm)	1.5	2.0	2.5	3.0
可漂浮次數	50	48	50	8
無法漂浮次數	0	2	0	42
浮率	1	0.96	1	0.16



◆ 研究討論

1. 根據實驗結果發現，形狀大小相同、粗細程度不同的正方形鋁線在水面上的漂浮情形並不相同，其中 1.5mm 和 2mm 及 2.5mm 的鋁框都能完全漂浮，浮率為 1，而 3mm 粗的正方形鋁線的浮率只有 0.16。

2. 我們推論，正方形鋁線所圍出的面積相同的情況下，越粗的鋁線其重量越重，應該較容易破壞表面張力，造成下沉情形，而鋁線粗細介於 1.5~2.5mm 的正方形框都能漂浮的原因應該是其總重量尚未超過鋁線接觸水面所得到的表面張力的支撐力，因而完全漂浮。

◆ 小結

形狀相同但重量不同的沉體在水面漂浮情形有差異，重量越重越容易下沉，浮率越小。

◆ 照片資料



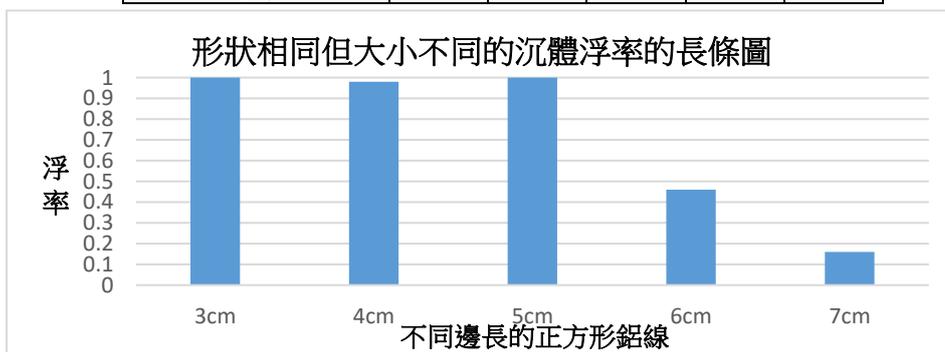
(二)實驗二：形狀相同但大小不同的鋁線之漂浮情形比較

◆ 操作步驟

- 1.以 1.5mm 粗的鋁線分別摺出邊長為 3cm、4cm、5cm、6cm 及 7cm 的正方形框共五種。
- 2.以「放置水電」標準操作方式將五種鋁框放在水面上進行實驗，紀錄結果並算出浮率。

◆ 研究結果

正方形邊長(cm)	3	4	5	6	7
可漂浮次數	50	49	50	23	8
無法漂浮次數	0	1	0	27	42
浮率	1	0.98	1	0.46	0.16



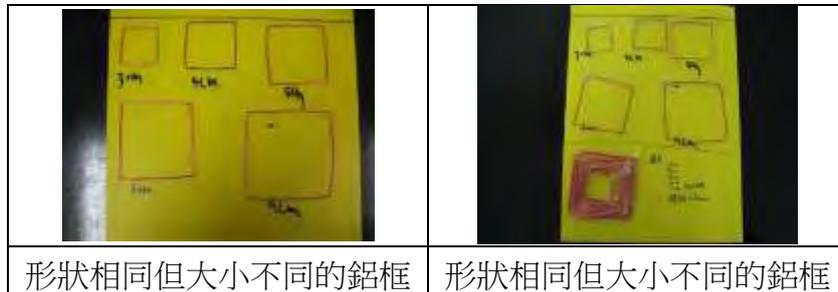
◆ 研究討論

1. 根據實驗結果，邊長 3、4、5 公分的鋁框幾乎能完全漂浮在水面上，而邊長 6 公分的浮率為 0.46，邊長 7 公分的鋁框浮率為 0.16，我們推論，鋁框接觸水所增加的面積越大，雖然漂浮程度會提升，但到了某種程度，表面張力卻無法支撐其伴隨而來增加的重量。

◆ 小結

當鉛框重量到達某種程度，浮率就會降低。

◆ 照片資料



(三)實驗三：重量相同但形狀不同的開放型沉體之漂浮程度比較。

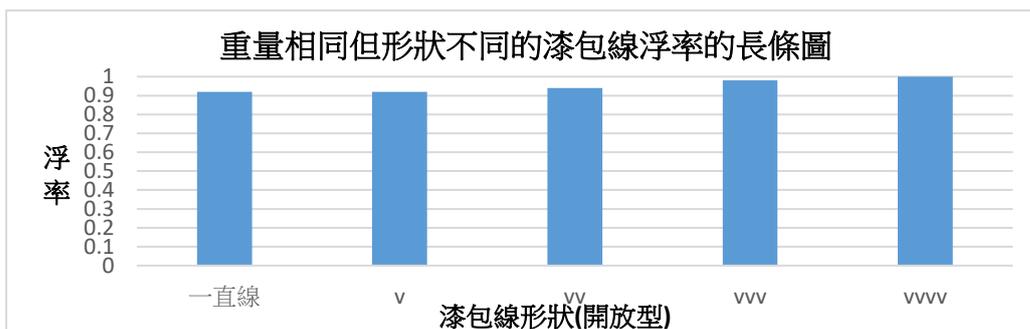
※實驗三之 1：不同開放形狀的漆包線漂浮情形

◆ 操作步驟

1. 以固定長度為 12 公分的漆包線分別摺出 v、vv、vvv、vvvv 共四種開放的形狀。
2. 將上述四種開放型狀漆包線加上一直線共五種形狀的漆包線以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。紀錄實驗結果並算出其浮率。

◆ 研究結果

形狀(開放型)	一直線	V	VV	VVV	VVVV
可漂浮次數	46	46	47	49	50
無法漂浮次數	4	4	3	1	0
浮率	0.92	0.92	0.94	0.98	1



◆ 研究討論

本實驗的設計是想了解當漆包線與水接觸面積相同的情況下(漆包線的粗細相同、長度相同，故能確定各種形狀的漆包線與水的接觸面積都是一樣的)，根據實驗結果，我們發現，重量相同但形狀不同的漆包線，在水面上的漂浮情形相當一致，幾乎都能漂浮，浮率都接近 1。

◆ 小結

當重量相同且接觸水的面積相同時，漆包線的形狀並不會影響其漂浮情形。

◆ 照片資料



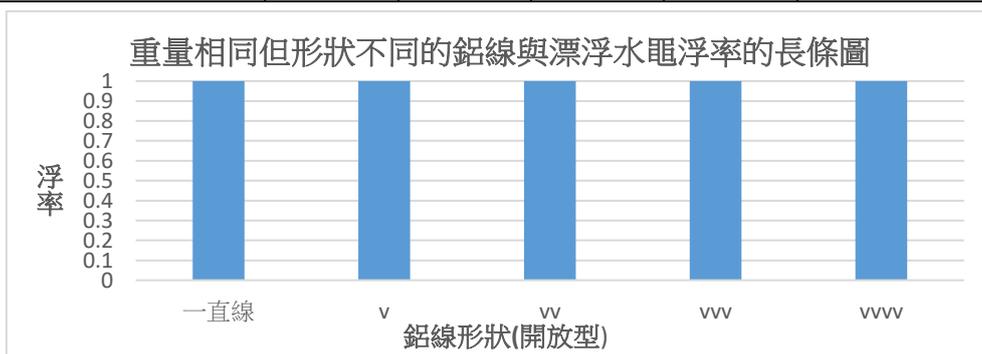
※ 實驗三之 2：不同開放形狀的鋁線漂浮情形

◆ 操作步驟

以固定長度為 12 公分，直徑為 2.5mm 的鋁線分別摺出 v、vv、vvv、vvvv 共四種開放的形狀，其餘步驟和實驗三之一相同。

1. ◆ 研究結果

鋁線形狀(開放型)	一直線	V	VV	VVV	VVVV
可漂浮次數	50	50	50	50	50
無法漂浮次數	0	0	0	0	0
浮率	1	1	1	1	1



◆ 研究討論

由實驗結果我們發現，鋁線所製作出的各種開放形狀，因與水的接觸面積相同，不受形狀影響，皆能在水面上漂浮。

◆ 小結

在重量相同的情況下，在沉體材質(漆包線及鋁線)不同時，其形狀對浮率無明顯影響。

◆ 照片資料



(四)實驗四：重量相同但形狀不同的封閉型沉體之漂浮程度比較

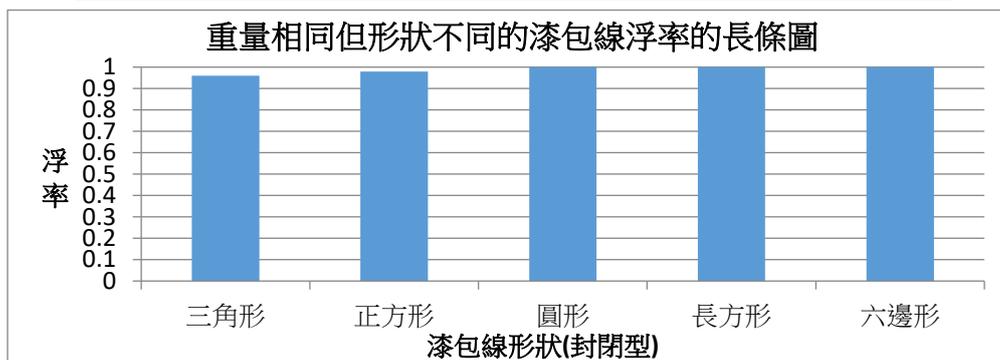
※ 實驗四之 1：不同封閉形狀的漆包線漂浮情形

◆ 操作步驟

1. 以固定長度為 12 公分的漆包線分別摺出正三角形、正方形、圓形、長方形、六邊形共五種封閉的形狀。
2. 將上述封閉型的五種形狀不同的漆包線以「放置水黽」標準操作方式進行實驗。
3. 記錄五種重量相同但形狀不同的漆包線各 50 次的浮沉結果，並算出其浮率。

◆ 研究結果

形狀(封閉型)	三角形	正方形	圓形	長方形	六邊形
可漂浮次數	48	49	50	50	50
無法漂浮次數	2	1	0	0	0
浮率	0.96	0.98	1	1	1



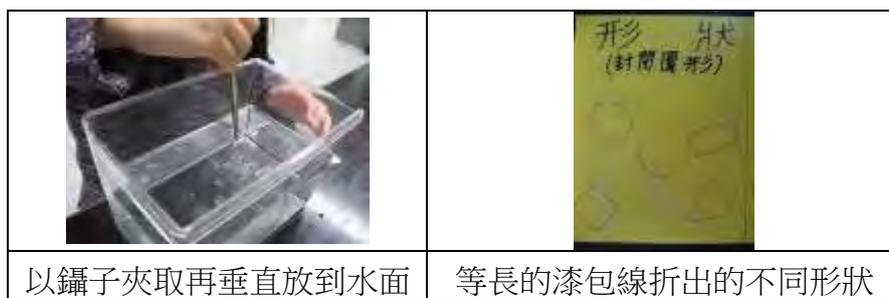
◆ 研究討論

1. 本實驗的設計與實驗三之 1 的目的相同，在此僅將形狀改為封閉的狀態，我們發現無論是何種形狀的漆包線都能漂浮在水面上，浮率都接近 1。
2. 由實驗三之 1 和實驗四之 1 的結果我們發現，無論漆包線的形狀為何，無論是開放或是封閉的狀態，都不會影響漆包線漂浮的情形。

◆ 小結

當重量相同且接觸水的面積相同時，漆包線的形狀並不會影響其漂浮情形。

◆ 照片資料



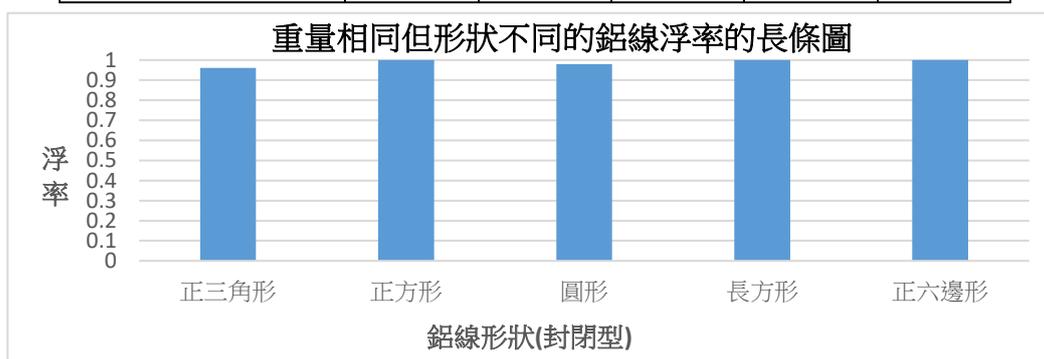
※ 實驗四之 2：不同封閉形狀的鋁線漂浮情形

◆ 操作步驟

以固定長度為 12 公分的鋁線分別摺出正三角形、正方形、圓形、長方形、六邊形共五種封閉的形狀，其餘步驟和前次的實驗四之 1 相同。

◆ 研究結果

鋁線形狀(封閉型)	三角形	正方形	圓形	長方形	六邊形
可漂浮次數	48	50	49	50	50
無法漂浮次數	2	0	1	0	0
浮率	0.96	1	0.98	1	1



◆ 研究討論

由實驗結果發現，當鋁線長度固定(接觸水的面積固定)時，封閉型的鋁框浮率較不受形狀影響，浮率都接近 1，此狀況在漆包線框封閉時所產生的浮率表現相同，皆無明顯差異。

◆ 小結

當重量相同且接觸水的面積相同時，鋁線的形狀並不會影響其漂浮情形。

◆ 照片資料



五、研究五：以自製漆包線水黽測試不同水溶液的表面張力之應用

◆ 設計原理

根據研究二、三的實驗操作結果，我們發現自製漆包線漂浮水黽在不同製作條件下或是在不同水溶液及不同水溫的環境下其漂浮程度會有差異，所以利用這樣的結果，我們想要用已知重量的自製漆包線漂浮水黽反向回推其所處的不同液面上的表面張力。

◆ 操作方式

1.製作水黽：

先製作一隻具有 12 隻腳、腳長 7 公分、垂直軸高 2.5 公分，並在垂直軸上放置一個透明塑膠平台，同時測量重量，將這隻狀態極佳的漆包線水黽放在自來水面上，並確定浮率達 1。

2.測量不同液體表面張力的作法：

(1)將這隻水黽先放在某種欲測量表面張力的水溶液上，確定其漂浮後，再輕輕的將 0.05-0.2 公克的漆包線小圈放在垂直軸上的塑膠平台，若漆包線水黽仍舊漂浮，則繼續放 0.05-0.2 公克的漆包線小圈，一直到漆包線水黽瞬間沉入水裡的那一個重量出現，將結果記錄下來。

(2)將 4 根漆包線緊密平舖在尺的刻度上，量測其寬度為 0.2cm，故我們可算出 1 根漆包線的直徑為 0.05 公分，由此再回推漆包線的圓周長為： $3.14 \times 0.05 = 0.157 \text{ cm}$ ，我們設定漆包線現有一半的周長接觸水面，而 1 隻腳 7cm，所以 12 根漆包線與水接觸的面積約為：
 $(0.157 \div 2) \times 7 \times 12 = 6.594 \text{ (平方公分)}$

(3)算出漆包線小圈的重量，加上原來漂浮水黽的重量，得到漂浮在水面上的總重量。

(4)將總重量除以漆包線接觸水的面積，便可得知該液體單位面積所呈現的表面張力。

◆ 照片資料



3.測量結果：

(1)不同種類的水溶液(以**原始重量**為 **2.6 公克**，**接觸水的面積**為 **6.594 平方公分**的水黴做測量)

水溶液種類 總重量(g)	食鹽水	糖水	純水	醋	洗衣粉水	小蘇打水
第一次測量總重量	4.5	5.5	4	無法 測量	無法 測量	3.95
第二次測量總重量	4.8	5	4			3.9
第三次測量總重量	3.2	4.9	4			3.9
第四次測量總重量	3.2	3.2	4			3.9
第五次測量總重量	3.2	4.1	4			3.9
平均	3.78	4.54	4			3.91
(表面張力) 平均總重量(g) ÷ 面積(平方公分)	0.573	0.689	0.607			0.593

◆ **照片資料**



◆ **研究討論**

根據測試結果，我們發現，利用量測表面張力的工具(漂浮水黴)，可簡易測得生活中常見的水溶液的**表面張力**，其結果與我們在進行研究三的實驗大致符合，但洗衣粉水及醋的**表面張力**實在過小，無法測得。如果能以更質輕的漆包線(直徑更小)製作無敵水黴(垂直軸較短、腳越長、腳的數量越多)，可量測出更準確的液體**表面張力**。

(2)不同水溫的水(以**原始重量**為 **2.6 公克**，**接觸水的面積**為 **6.594 平方公分**的水黴做測量)

不同水溫(°C) 總重量(g)	5-15	25-35	45-55	65-75
第一次測量總重量	5.4	3.6	無法測量	無法測量
第二次測量總重量	4.0	4.0		
第三次測量總重量	4.6	3.4		
第四次測量總重量	3.4	3.4		
第五次測量總重量	4.2	3.6		
平均	4.32	3.6		
(表面張力) 平均總重量(g) ÷ 面積(平方公分)	0.655	0.546		

4.小結：

以漂浮水黽測試不同水溫的表面張力，得到的結果與研究三的結果大致符合，且水溫越高表面張力越小越不易測得。

柒、結論

- 一、自製水黽垂直軸高度會影響漂浮情形，當垂直軸越低，越容易漂浮。
- 二、自製水黽重量相同時，自製水黽腳的隻數越多，越容易漂浮。
- 三、自製水黽腳的長度越長，越容易漂浮。
- 四、自製水黽垂直軸的位置越接近中心，越容易漂浮。
- 五、自製水黽垂直軸角度越大(垂直)，越容易漂浮。
- 六、水位高度不會影響自製水黽的漂浮情形。
- 七、水溶液的濃度不會影響自製水黽的漂浮情形。
- 八、水溶液的溫度越低，自製水黽越容易漂浮。
- 九、水溶液的種類會影響自製水黽的漂浮情形，在純水、糖水及食鹽水的液面上，其浮率較大；在小蘇打水、洗衣粉水及醋的液面上，幾乎無法漂浮。
- 十、形狀相同但大小不同的鋁框在水面上幾乎都能漂浮，無明顯差異。
- 十一、重量不同但形狀相同的鋁框在水面上，重量越輕則越容易漂浮。
- 十二、重量相同但形狀不同的不論開放或封閉漆包線及鋁線框在水面上幾乎都能漂浮，無明顯差異。

捌、參考資料

一、國立台中教育大學科學教育與應用科學系「科學遊戲實驗室」-表面張力

<http://scigame.ntcu.edu.tw/>

二、國立臺灣師範大學物理系「物理教學示範實驗教室」

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=4040>

三、什麼是表面張力？它的作用原理又是什麼呢？

<http://chemedu.pu.edu.tw/water/property/property.htm>

四、維基百科-----鋁/銅

<https://zh.wikipedia.org>

五、全國科展歷屆優秀作品集

<https://sites.google.com>

玖、研究心得及未來研究方向

一、研究心得

這次的科展實驗，我們雖然沒有解開心中所有的疑惑，但讓我們更進一步的了解表面張力。在實驗中，我們把自己的能力和專長發揮極致，只為了得到最理想的結果。我們利用星期三下午的時間進行實驗，也用到了寒假時間進行一連串的實驗，雖然時間非常緊湊，但我們過程中感受到的合作氣氛卻讓我們樂此不疲，一看見漆包線水黽能成功漂浮在水面上，所有的煩惱都拋到九霄雲外，實驗讓我們愛上自然，自然讓我們愛上全世界！這就是我們努力不懈，熱愛科展的原因。

二、未來研究方向

本次實驗花費相當多時間在進行漂浮水黽的製作，故在最後有了想將它應用在不同液面上去量測不同的表面張力的作法，雖然大部分常見的水溶液都可以用本組所製作的漂浮水黽做基本簡易量測，但少數表面張力極微小的液體則難以測量，未來我們會找尋質量更小的沉體材質做出無敵水黽(垂直軸越短、腳越長、腳越多)，以突破本次研究的瓶頸。

【評語】 080103

1. 自製漆包線水黽，探討影響自製漆包線水黽漂浮的因素，垂直軸高度越短、垂直軸位置越靠近中心、角度越大浮率越大，水黽在自來水、糖水及鹽水中易漂浮，在酸性的醋、鹼性的肥皂水及小蘇打水則不易漂浮。研究能夠接近實際的情況。
2. 本研究目的與研究問題定義明確，研究方法設計得宜。
3. 數據完整，內容豐富，作品可了解自然現象，構想及實驗內容具創新性。

壹、研究動機

某次上自然課時，老師帶我們去生態池觀察水生動植物，剛好看到一隻水黽在水面上漂動，讓我們聯想到今年學校舉辦五年級科學競賽的題目是「利用漆包線製作一隻可漂浮的水黽」，老師說大多數的人都無法成功。因此，讓我們更加好奇、更想深入的了解水黽可以漂浮的種種因素。
※相關教材單元：康軒版三下「百變的水」、康軒版五上「力與運動」

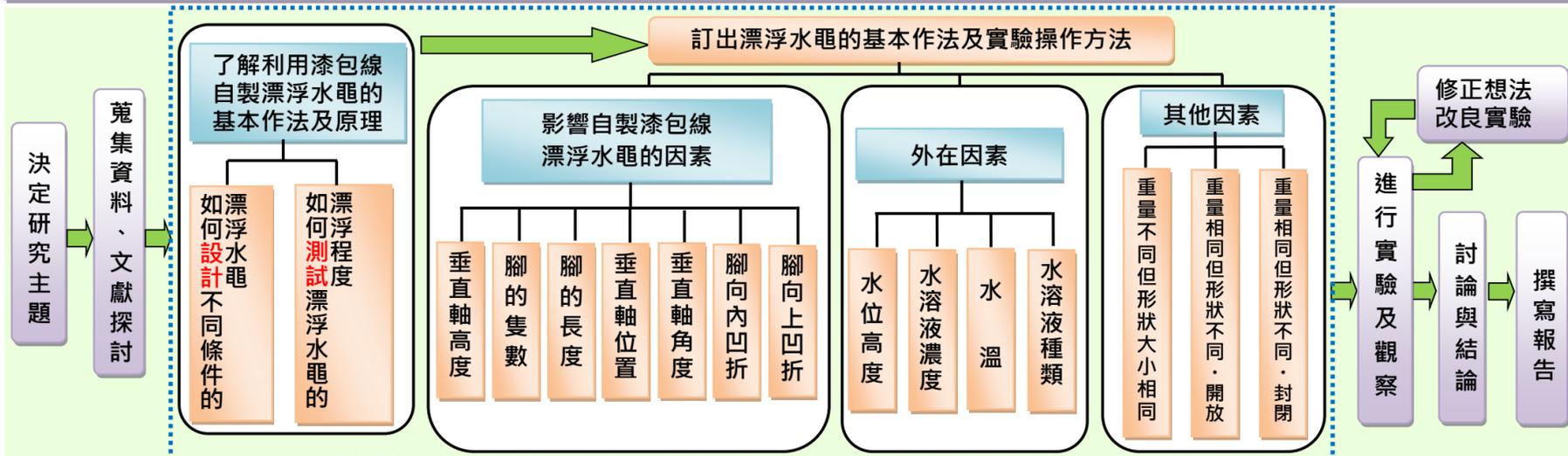
貳、研究目的和待答問題

- 一、瞭解利用漆包線自製水黽的基本作法及原理：(一)、如何設計不同條件的漂浮水黽？(二)、如何測試漂浮水黽的漂浮程度？
- 二、探討影響自製漆包線水黽漂浮的因素：「垂直軸高度、腳的隻數、腳的長度、垂直軸的位置、垂直軸的角度、腳垂直向內凹折、腳垂直上折」
- 三、探討影響自製漆包線水黽漂浮程度的外在因素：「水位高度、水溶液的濃度、水溫、水溶液的種類」
- 四、探討其他可能影響沉體漂浮的因素：「重量不同但形狀大小相同的沉體、重量相同但形狀不同的開放型沉體、重量相同但形狀不同的封閉型沉體」
- 五、以自製漆包線水黽測試不同水溶液的表面張力之應用

參、文獻探討

- 一、表面張力
液體具有一種使表面積收縮的力量，這種力量稱做表面張力。不同的液體之間表面張力也各不相同，就是水分子之間的內聚力，若無內聚力，水分子便不易集中而散開，無法撐起物體的重量。生活中常見的表面張力現象，例如：水滴在荷葉上形成水珠、水龍頭滴下的水滴會呈圓形。
- 二、漂浮水黽
水黽之所以可以浮在水面上，主要是因為水黽腿上有無數的細毛及剛毛，每一根細毛上都有特殊的溝槽構造，可以創造出很大的表面張力，讓水黽浮在水面上，因為表面張力的存在，所以水黽的腳踩在水面上，也不會劃破水面，不過如果水中出現的一些化學物質，例如中性的洗滌劑，因而改變水的化學成分，降低水的表面張力，水黽就可能沉入水中。

肆、研究架構與流程



伍、研究設備及器材

漆包線、水盆、奇異筆、剪刀、尺、電子秤、1mm 鋁線、1.5mm 鋁線、2mm 鋁線、2.5mm 鋁線、3mm 鋁線、鑷子、衛生紙、熱熔膠、溫度計、水、鹽、糖、冰塊、保溫瓶、量杯、小蘇打粉、醋、洗衣粉、黏土。

陸、研究方法、結果與討論

一、研究一、瞭解利用漆包線自製漂浮水黽的基本作法及原理

(一) 如何設計不同條件的水黽

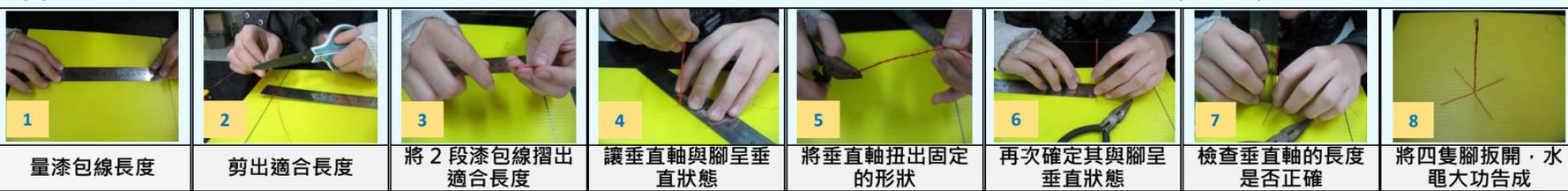
1. 研發漂浮水黽的思考歷程

- (1) 從台中教育大學科學遊戲室的「漂浮水黽」遊戲中獲得靈感。比賽是以自製水黽的中心垂直軸高度來決定勝負，高度越高得到的分數越高。
- (2) 我們進一步思考，究竟影響水黽漂浮的因素會是哪些？除了垂直軸高度，我們認為還有許多影響漂浮程度的因素存在。

(二) 設計標準化漆包線水黽

1. 製作方法：

- (1) 先剪取兩段製作完整水黽的漆包線 → $長度 = 垂直高度 \times 2 + 腳的長度 \times 2$
- (2) 將兩段漆包線凹折，保留垂直高度的部分，其餘的 4 段漆包線則開展平鋪互相垂直呈現 4 隻腳的狀態。(如下圖)



(三) 測試自製水黽漂浮情況的基本作法

1. 第一階段測試

- (1) 由一個人將水黽放置在水面上操作 20 次，以足夠的次數將誤差降到最低。
- (2) 但後來考慮到人為的操作必定會有個體差異的存在，於是我們進一步將測試方法作修正。

3. 第三階段測試

- (1) 每次測試水黽前，每位同學都必須確定該隻水黽的基本構造都符合該項變因，所有條件必須盡量保持每位都能做到一致性的動作。
- (2) 因為本組有 5 個人，所以決定讓每個人每次測試 10 次，每一組變因的操作都由 5 個人進行實驗，因此一個變因共有 50 次的測試。

◆ 確定「放置水黽」的標準化步驟

1. 操作者的雙手及水黽都必須維持乾燥。
2. 用單手拇指及食指以輕捏方式將水黽輕輕接觸水面。
3. 當水黽一碰到水面，操作者的拇指與食指就立刻鬆開，觀察水黽浮沉情形。

2. 第二階段測試

(1) 標準化程序的建立：

- ① 思考如何利用工具將水黽放到水面上：
a. 用鑷子將水黽放置水面上 → 可行性不高。
b. 用液壓機械手臂將水黽放到水面上因手的穩定度會影響鑷子的穩定性 → 可行性不高。



◆ 注意事項

1. 操作者在輪流操作水黽時，每一次都需要再次整理水黽，確保 5 位操作者之間的水黽有高度一致性。
2. 操作者的雙手必須保持絕對乾燥，且每次放到水面之後，在進行下一次的操作前必須將水黽沾到的水分擦乾，避免影響其真實的浮沉情形。

二、研究二：探討影響自製漆包線水黽漂浮的因素

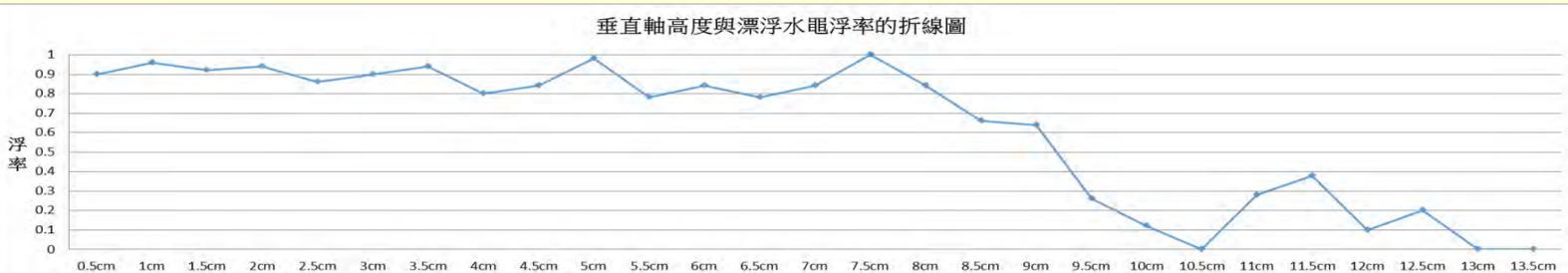
(一)、實驗一：垂直軸高度是否會影響漆包線水黽的漂浮程度

◆ 操作方法

1. 我們假設「垂直軸高度」會影響水黽的漂浮程度，以四隻腳長度為 3.5cm 的水黽，製作 18 種不同垂直軸的漂浮水黽進行實驗。
2. 將 18 隻漂浮水黽的浮沉結果記錄下來並算出其浮率。
3. 我們發現垂直軸為 0.5~9 公分高的 18 隻自製水黽皆能漂浮在水面上，所以我們進一步進行垂直軸高度 9.5~13.5 公分的實驗。

◆ 浮率計算方式：浮在水面的次數 ÷ 50 × 100%

◆ 研究結果



◆ 研究討論

我們發現當水黽的中心垂直軸高度越高，其整體重量也會跟著增加，較容易破壞表面張力，導致水黽不易漂浮。

◆ 照片資料



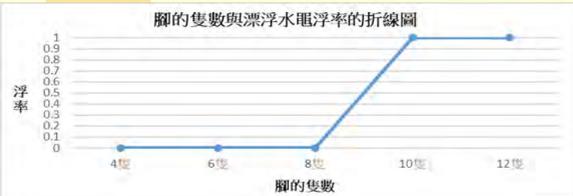
◆ 小結：漂浮水黽的垂直軸高度會影響漂浮水黽的浮沉，高度超過一定程度浮率會大大降低。

(二)、實驗二：「腳的隻數」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

1. 我們假設「腳的隻數」會影響水電的漂浮程度，先製作一隻腳長為 3.5cm，垂直軸高 10cm，腳的隻數為 12 隻的多腳水電。
2. 接下來每次抽出一支漆包線捲成小圈，套在垂直軸中心的透明平台上，重複此步驟做到漂浮水電只剩下四隻腳為止。

◆ 研究結果

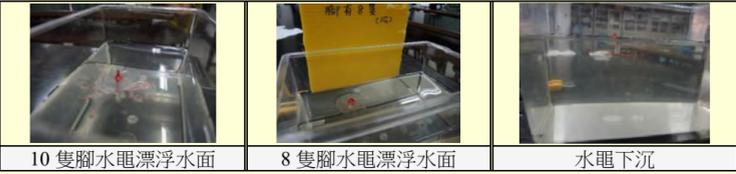


◆ 研究討論

實驗結果發現，在重量維持不變的情況下，當水電腳的隻數越多，其接觸水的面積越大，則浮率越大。

◆ 小結：在重量維持不變的情況下，腳的隻數越多，自製水電的浮率越大。

◆ 照片資料

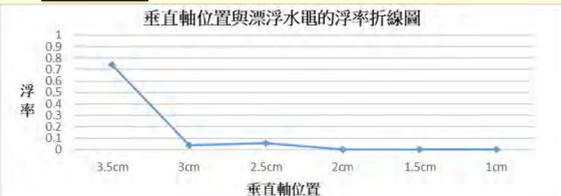


(四)、實驗四：「垂直軸的位置」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「垂直軸位置」會影響水電的漂浮程度，以垂直軸高度為 7.5cm，腳長為 3.5cm 的水電為標準，作出五種垂直軸位置不同的水電進行實驗。

◆ 研究結果

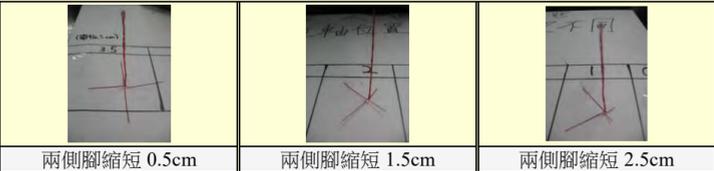


◆ 研究討論

垂直軸越偏離中心，水電的重量無法平均分散在四隻腳上，容易側重某一邊導致水電不易漂浮。

◆ 小結：水電的垂直軸位置會影響水電的漂浮情形，越接近中心越容易漂浮。

◆ 照片資料

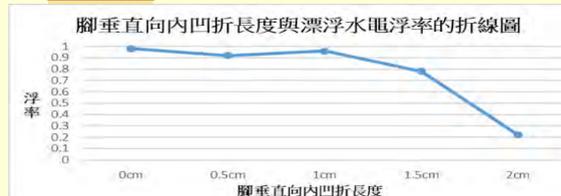


(六)、實驗六：「腳垂直向內凹折」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 先製作一支垂直軸高為 10cm，腳長為 4cm 的漂浮水電，依序將四隻腳垂直向內折 0.5cm，重複此步驟以「放置水電」標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果

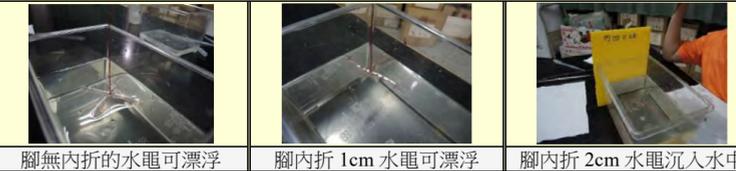


◆ 研究討論

自製水電的腳與水接觸面積相同的條件下，內折水電的腳越短，腳所圍出的水域面積越大，因重量分散程度越高，水電的浮率越大。

◆ 小結：漂浮水電的腳垂直向內凹折會影響浮率，內折越短，浮率越大。

◆ 照片資料



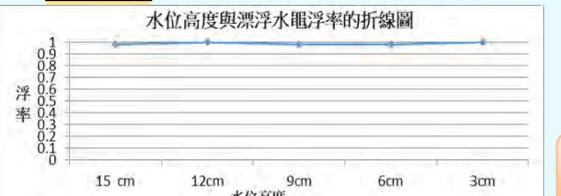
三、研究三：探討影響自製漆包線水電漂浮程度的外在大因素

(一) 實驗一：「水位高度」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「水位高度」會影響水電的漂浮程度，將 5 隻標準水電分別放在水位為 3cm、6cm、9cm、12cm 及 15cm 的水盆中進行實驗。

◆ 研究結果

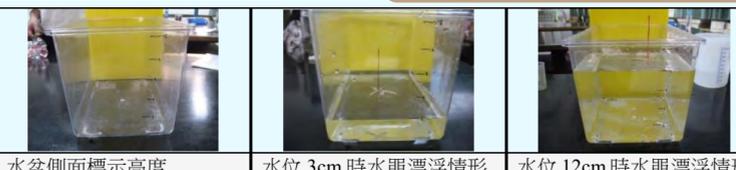


◆ 研究討論

漆包線水電在不同高度的水面上，漂浮程度並無明顯差異，浮率都接近 1，和水位的高低(水的深淺)幾乎無關。

◆ 小結：水位的高低不會影響水電的漂浮情形。

◆ 照片資料

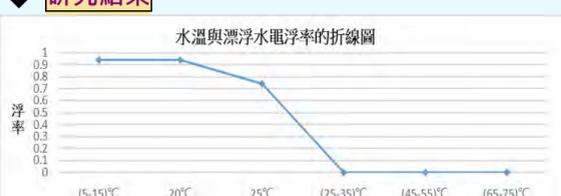


(三)、實驗三：「水溫」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「水溫」會影響水電的漂浮程度，以標準水電分別在水溫有明顯差異的水面上測試，後續又準備了 25°C 及 20°C 的水做測試。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

漂浮水電在水溫高於 25°C 時無法漂浮，我們推論，在水溫較高的情況下，水分子的流動性高，同時水的表面會有水分子蒸發的情形，水的表面張力被破壞，不容易漂浮。

◆ 照片資料



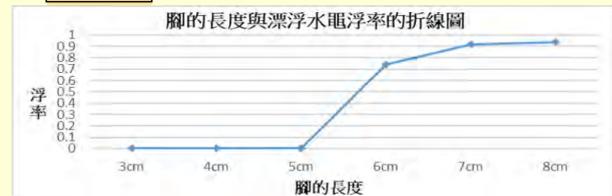
◆ 小結：水溫越低，漆包線水電越容易漂浮。

(三)、實驗三：「腳的長度」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

1. 製作一隻垂直軸高 7.5cm，四隻腳長為 8cm 的長腳漂浮水電，依次將水電的四隻腳各減去 1cm，再將長 4 公分的漆包線捲成小圈放在垂直軸中央的透明平台上，重複此步驟直到水電的腳長剩 3 公分為止。
2. 將腳長從 3cm 依次到 8cm 的漂浮水電以標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

水電腳長增加時，腳長所增加的接觸面積能提供水電足夠的表面張力以提高浮率。

◆ 小結：漂浮水電的腳越長，接觸水面的面積越大，浮率越大。

◆ 照片資料

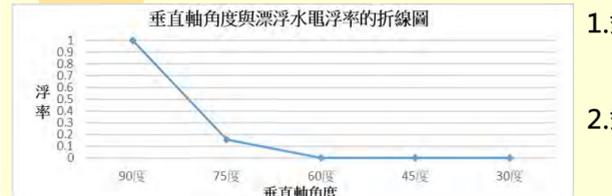


(五)、實驗五：「垂直軸的角度」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「垂直軸角度」會影響水電的漂浮程度，準備一隻垂直軸高度為 7.5cm，4 隻腳長為 3.5cm 的漆包線水電，依序改變水電垂直軸的傾斜角度進行實驗。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

1. 垂直軸角度為 90 度時，浮率為 1，浮率最大，當角度逐漸變小，浮率就大幅降低。
2. 垂直軸角度變小，會使重量偏移中心，導致重量無法平均分散在水電的四隻腳上。

◆ 小結：水電的垂直軸角度不同，會影響其漂浮情形，角度越大，越容易漂浮。

◆ 照片資料

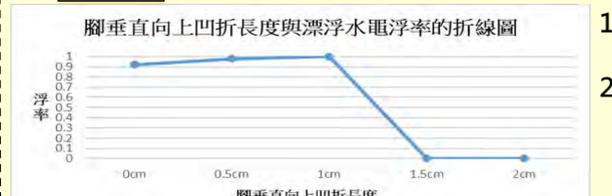


(七)、實驗七：「腳垂直向上凹折」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 先製作一支垂直軸高為 10cm，腳長為 4cm 的漂浮水電，依序將四隻腳垂直向上折 0.5cm，重複此步驟以「放置水電」標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果

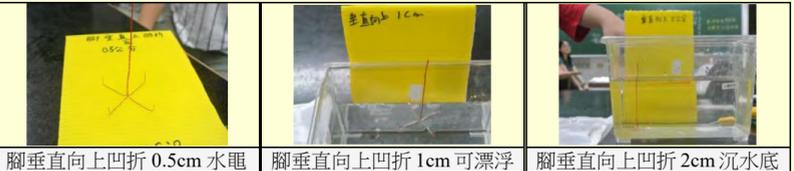


◆ 研究討論

1. 當重量相同時，水電的腳向上凹折的長度越長，浮率越小。
2. 與實驗三作比較，不論漆包線長度遞減重量是逐次增加在腳的四周還是增加在垂直軸中心，接觸水面積減少，浮率越小。

◆ 小結：當重量相同時，漆包線水電的腳向上凹折長度越短，浮率越大。

◆ 照片資料

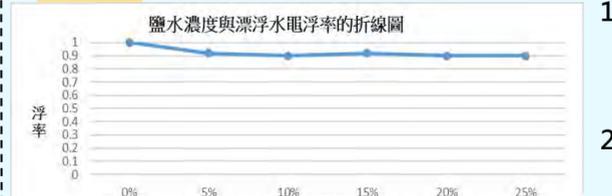


(二) 實驗二：「水溶液濃度」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「水溶液濃度」會影響水電的漂浮程度，以溶劑為水，溶質為食鹽，調製出 0%、5%、10%、15%、20%、25% 等 6 種濃度不相同的食鹽水，以「放置水電」標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

1. 以垂直軸為 6 公分的水電進行實驗後，結果發現，在不同濃度的食鹽水面上，水電幾乎都可以漂浮，浮率達 0.9 以上。
2. 實驗的結果發現，食鹽水溶液的濃度與水電的浮沉情形並無相關。

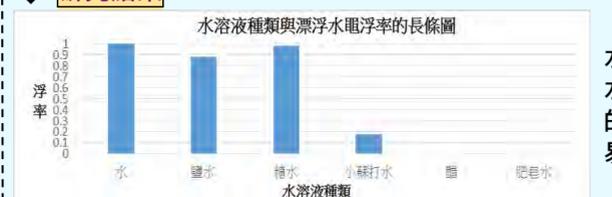
◆ 小結：水溶液的濃度不會影響漂浮水電的浮沉情形。

(四)、實驗四：「水溶液種類」是否會影響漆包線水電的漂浮程度

◆ 操作方法

- 我們假設「水溶液種類」會影響水電的漂浮程度，將標準水電放置在鹽水、糖水、小蘇打水、醋、洗衣粉水等 5 種不同的水溶液進行實驗。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

根據相關資料及推論，中性水溶液的表面張力非常完整，讓水電的漂浮不受影響；酸鹼性質的水溶液表面張力較小，水電不易漂浮。

◆ 小結：水溶液的種類不同，對水電的漂浮情形會有影響。

◆ 照片資料



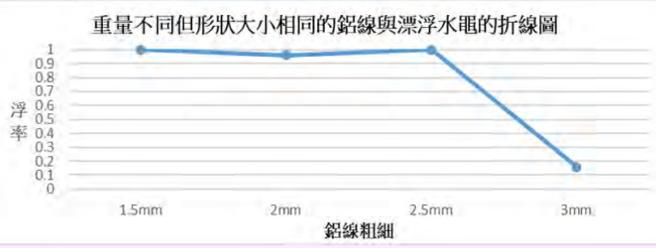
四、研究四：探討其他可能影響沉體漂浮的因素

(一)、實驗一：「重量不同但形狀大小相同」的鋁線之漂浮情形

◆ 操作方法

以五種粗細不同的鋁線折出五個重量不同但形狀大小相同的正方形鋁框進行實驗。

◆ 研究結果

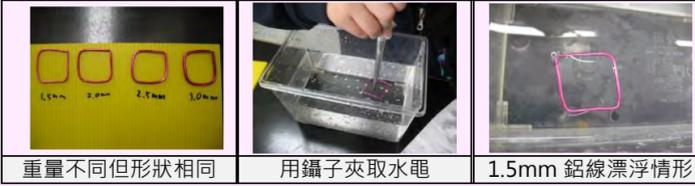


◆ 研究討論

越粗的鋁線其重量較重，容易破壞表面張力而下沉，而鋁線粗細介於 1.5-2.5mm 的正方形框都能漂浮的原因應該是其總重量都尚未超過該鋁線接觸水面所得到的表面張力的支撐力，因而能夠完全漂浮。

◆ **小結：**形狀相同但重量不同的沉體在水面上漂浮情形有差異，重量越輕，浮率越大。

◆ 照片資料

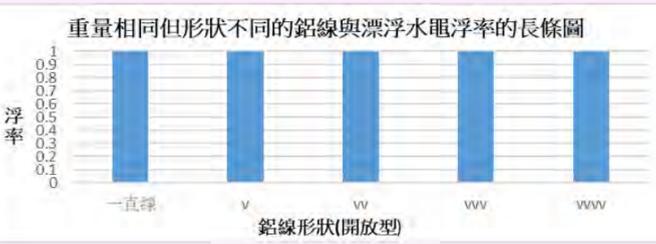
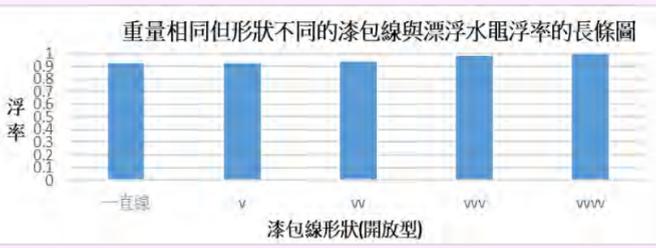


(二)、實驗二：重量相同但形狀不同的開放型沉體之漂浮程度比較

◆ 操作方法

以固定長度為 12 公分的漆包線及鋁線分別摺出共四種開放的形狀，再以「放置水電」標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果

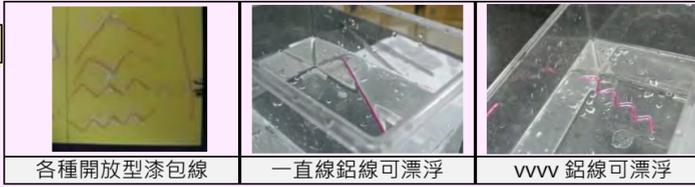


◆ 研究討論

我們發現，重量相同但形狀不同的漆包線或鋁線，在水面的漂浮情形一致，浮率都接近 1。

◆ **小結：**重量相同且接觸水的面積相同時，漆包線或鋁線的材質和形狀(開放型)不會影響其漂浮情形。

◆ 照片資料

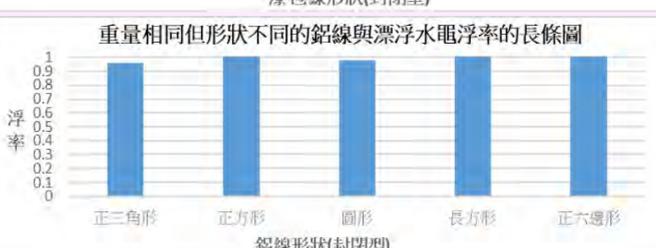
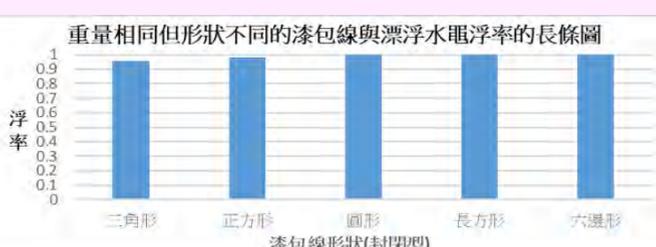


(三)、實驗三：重量相同但形狀不同的封閉型沉體之漂浮程度比較

◆ 操作方法

以固定長度為 12 公分的漆包線及鋁線分別摺出五種封閉形狀，再以「放置水電」標準操作方式進行實驗。

◆ 研究結果



◆ 研究討論

本實驗的設計與實驗三目的相同，將形狀改為封閉，我們發現無論是何種形狀的漆包線或鋁線水電，浮率都接近 1。

◆ **小結：**重量相同且接觸水的面積相同時，漆包線或鋁線的材質和形狀(封閉型)不會影響其漂浮情形。

◆ 照片資料



五、研究五：以自製漆包線水電測試不同水溶液的表面張力

◆ 設計原理

根據之前的實驗結果，我們想用自製漆包線漂浮水電反向回推其所處的不同液面上的表面張力。

◆ 操作方法

1.製作水電：

先製作一隻具有 12 隻腳、腳長 7cm、垂直軸高 2.5cm，並在垂直軸上放置一個透明塑膠平台，水電重量為 2.6 公克，確定浮率達 1。

2.測量不同液體表面張力的作法：

(1)使水電漂浮液面，將 0.05-0.2g 漆包線小圈依序放入並記錄。

(2)算出 1 根漆包線的直徑為 0.05cm，再回推漆包線的圓周長為：

$$3.14 \times 0.05 = 0.157 \text{ cm}$$

我們設定漆包線有一半周長接觸水面，

1 隻腳長 7cm，12 隻腳與水接觸的面積約為：

$$(0.157 \div 2) \times 7 \times 12 = 6.594 \text{ (cm}^2\text{)}$$

(3)算出放在平台上漆包線重量加上原來漂浮水電的重量，得到總重量。

(4)將「總重量除以漆包線接觸水的面積」，便可得知該液體單位面積所呈現的表面張力，測量結果如下：

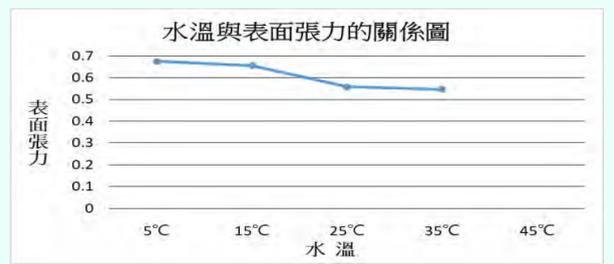
◆ 研究結果

※不同種類水溶液

水溶液種類	鹽水	糖水	水	小蘇打水	洗衣粉水	醋
總重量(g)	0.573	0.689	0.607	0.593	無法測量	無法測量
(表面張力)平均總重量(g) ÷ 面積(cm ²)	0.573	0.689	0.607	0.593	無法測量	無法測量

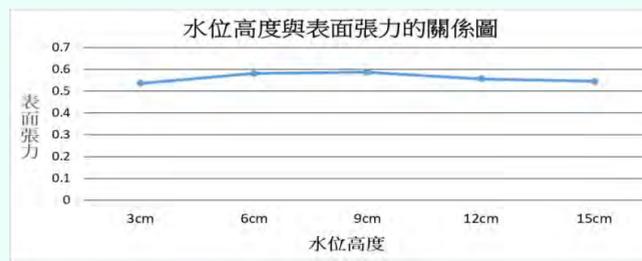
※不同水溫

不同水溫(°C)	5-	15	25	35	45
總重量(g)	0.675	0.655	0.558	0.546	無法測量
(表面張力)平均總重量(g) ÷ 面積(cm ²)	0.675	0.655	0.558	0.546	無法測量



※不同水位

不同水位(cm)	3	6	9	12	15
總重量(g)	0.537	0.582	0.587	0.558	0.546
(表面張力)平均總重量(g) ÷ 面積(cm ²)	0.537	0.582	0.587	0.558	0.546

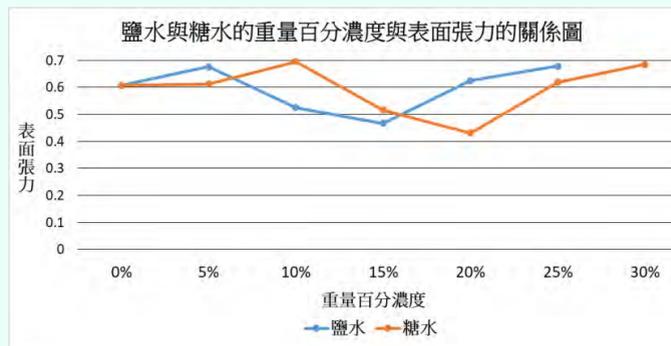


※不同鹽水濃度

不同鹽水濃度(%)	0	5	10	15	20	25
總重量(g)	0.607	0.676	0.525	0.467	0.625	0.679
(表面張力)平均總重量(g) ÷ 面積(cm ²)	0.607	0.676	0.525	0.467	0.625	0.679

※不同糖水濃度

不同糖水濃度(%)	0	5	10	15	20	25	30
總重量(g)	0.607	0.613	0.695	0.516	0.431	0.619	0.685
(表面張力)平均總重量(g) ÷ 面積(cm ²)	0.607	0.613	0.695	0.516	0.431	0.619	0.685



◆ 研究討論

1.利用漂浮水電為工具，可簡易測得水溶液的表面張力，其結果與研究三的實驗大致符合，水溶液的表面張力可透過創意量測水電測得一定範圍的數據。

2.我們測得水溫越高，表面張力確實會下降，而水溶液濃度在增加的初期表面張力有下降的趨勢，超過一定濃度後則上升，不同水位的表面張力則無明顯差異。

◆ 小結：

- 我們確實可以利用「創意量測水電」測得不同水溶液的表面張力。
- 在研究三實驗中，我們發現浮率無明顯差異的不同水溶液，經過測量後得知表面張力其實仍有些微的差異。

◆ 照片資料



柒、結 論

- 自製水電垂直軸高度會影響漂浮情形，當垂直軸越低，越容易漂浮。
- 自製水電腳的隻數越多，越容易漂浮。
- 自製水電腳的長度越長，越容易漂浮。
- 自製水電垂直軸的位置越靠近中心，越容易漂浮。
- 自製水電垂直軸角度越大，越容易漂浮。
- 自製水電腳的內折長度越短，越容易漂浮。
- 自製水電腳垂直上折長度越短，越容易漂浮。
- 水位高度不會影響自製水電的漂浮情形。
- 水溶液的濃度不會影響自製水電的漂浮情形。

- 水溶液的溫度越低，自製水電越容易漂浮。
- 水溶液的種類會影響自製水電的漂浮情形，在純水、糖水及食鹽水的液面上，其浮率較高；在小蘇打水、洗衣粉水及醋的液面上，幾乎無法漂浮。
- 形狀相同但大小不同的鋁框在水面上，鋁框重量達到某種程度，越不容易漂浮。
- 重量不同但形狀相同的鋁框在水面上，重量越輕則越容易漂浮。
- 重量相同但形狀不同的漆包線框(不論開放或封閉)在水面上幾乎都能浮，無明顯差異。