

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082909

海洋保衛戰--漂浮垃圾收集器

學校名稱：新竹市北區舊社國民小學

作者： 小六 李 灝 小六 戴 廷 小五 紀秉均 小五 何鴻宇	指導老師： 胡淑貞
---	------------------

關鍵詞：漂浮垃圾、螺旋旋轉、網撈收集

摘要

本研究的目的是要設計海洋漂浮垃圾收集器，研究中第一代的主機採單螺旋、收集器採浮桶式設計，但浮桶的設計遇到水的浮力過大及容易進水的問題。經過改良後，第二代的主機維持單螺旋、收集器改為網撈式設計，但降低主機桶身高度和捨棄浮桶的設計以減少浮力，卻因網子在水中的阻力過大造成網撈無法旋轉、主機自轉的問題。第三代的主機改為雙螺旋、收集器維持網撈式，雙螺旋主機使主機不自轉、網撈旋轉，且網撈進行七大改造並在內部加裝長形邊框，最後在實測中成功收集球狀、長管狀及片狀等三種形狀的塑膠漂浮垃圾，實驗中發現：同一長度的邊框都是以球狀漂浮物乒乓球的收集成效最高；不同形狀的漂浮物收集成效最佳的長形邊框，其長度則各有不同。

壹、研究動機

最近這幾年常常在新聞上看到許多海洋生物誤食塑膠袋、瓶蓋…….等人類丟棄的塑膠垃圾：曾經有人發現海龜的鼻子裡插進了一枝吸管造成呼吸不順暢，又有人在岸邊擱淺死亡的鯨魚胃裡拿出了近 40 公斤的塑膠袋。看到許多動物因為海洋垃圾而死，即使是最好的海洋獸醫也沒有辦法醫治牠們，真的令人十分難過！所以我們想要做一台可以清理海洋漂浮垃圾的機器，希望可以保護海洋生物避免牠們誤食漂浮垃圾，還可以讓地球更美麗、更乾淨！

與課程相關的單元：四年級《奇妙的電路》、四年級《有趣的力》、五年級《力與運動》。

貳、研究目的

一、了解海洋漂浮垃圾的危害與收集現況

(一)海洋垃圾的危害

(二)海洋垃圾的收集現況

二、漂浮垃圾收集器的研製、實測、改良過程與優缺點比較

(一)第一代：單螺旋浮桶式

(二)第二代：單螺旋網撈式

(三)第三代：雙螺旋網撈式

參、研究器材與工具

實驗項目	器材與工具
1.製作漂浮垃圾收集器	直流減速馬達、調速器、旋鈕、法蘭、電池盒、電池、塑膠桶 第一代：防水接線盒、刷子，第二代：魔鬼粘、昆蟲網、鋁線， 第三代：水果網袋、粗鐵絲、塑膠瓦楞板、門後鈕。
2.浮力與漂浮物收集實驗	充氣游泳池、空壓機、垃圾桶、塑膠桶、砝碼、電子秤、塑膠袋、 乒乓球、粗細吸管、塑膠袋、昆蟲捕蟲網、帆布袋
3.其他工具	各式螺絲起子、塑膠鑽孔機、老虎鉗、尖嘴鉗、剪刀、針線、 熱融膠槍、熱融膠條。

肆、研究過程與結果

一、了解海洋漂浮垃圾的現況

(一)海洋垃圾的現況與危害

根據非營利組織海洋保護協會（Ocean Conservancy）2020年9月公布的「2020國際沿海淨灘報告（2020 International Coastal Cleanup report）」統計，2019年海洋保護協會於全球116國家或地區的海灘，總共收集到3250萬件垃圾，重量合計起來約940萬公斤，且幾乎都以塑膠垃圾為主，共佔了75%，前十名的類別及數量如下：

垃圾項目	數量	比例	垃圾項目	數量	比例
1. 塑膠食品包裝	477 萬片	29%	6. 塑膠杯與盤子	75 萬個	4%
2. 煙蒂	421 萬個	25%	7. 塑膠購物袋	74 萬個	4%
3. 塑膠瓶	188 萬個	11%	8. 外帶塑膠容器	67 萬個	4%
4. 塑膠瓶蓋	150 萬個	9%	9. 其他塑膠袋	61 萬個	4%
5. 吸管與攪拌棒	94 萬個	6%	10. 塑膠蓋子	60 萬個	4%

該報告也列出了台灣的淨灘數據，2019年共12,375人在台灣參與淨灘，並收集了約22.18公噸的垃圾。其中最常見的前3名分別是塑膠瓶(20,993個)、塑膠瓶蓋(19,598個)、吸管與攪拌棒(13,444支)。

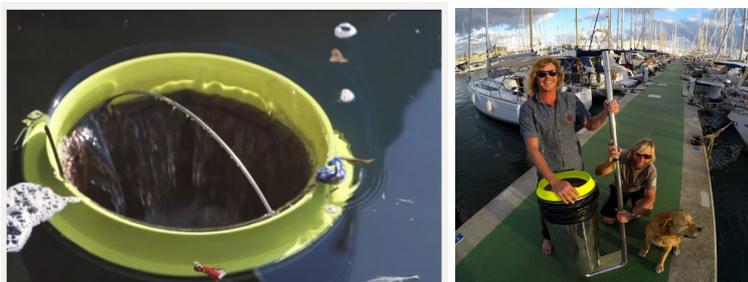
輕薄、柔韌、廉價與方便，塑膠帶給人們便捷衛生的生活，卻逐漸成了地球的惡夢。據估計，每年最多有 1,270 萬噸的塑膠垃圾流入海中，相當於每分鐘就有一卡車的垃圾往海裡傾倒。九成以上的海洋廢棄物為塑膠，由於塑膠的持久性，其對海洋、野生動物與人類的影響與時俱增。(Greenpeace 綠色和平，2019)

超過 700 種海洋物種受到海洋塑膠污染的影響，有 15% 的瀕危海洋物種，包括所有的海龜、多數的鯨魚與其他海洋生物，會誤食海洋廢棄物或遭到海洋廢棄物意外纏繞。海廢垃圾已成為僅次於氣候變遷的全球危機。(Greenpeace 綠色和平，2019)

(二)海洋漂浮垃圾的收集現況

1. 海洋垃圾桶

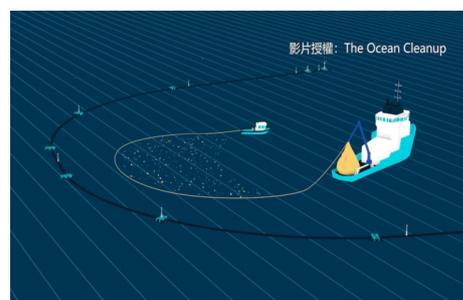
「海洋垃圾桶」(Seabin)是兩位澳洲業餘衝浪者所發明。它是一個中空的塑膠桶連接了抽水機，把漂浮在海面上的



垃圾，吸進可拆卸的網袋中，再透過濾網袋分離垃圾與海水。如同濾網一般，將垃圾留在垃圾桶裡，讓乾淨的海水排出去，達到淨化海洋的目的。(微微，2015)

2. 海洋吸塵器

荷蘭青年 Boyan Slat 發起的海洋清理計畫(Ocean Cleanup)，他研發出 600 公尺長漂浮器，連結 3 公尺深濾網，做出海上漂浮柵欄，利用風與洋流推動柵欄前進及塑膠浮於水面的特性來攔截垃圾(東森財經新聞，2018)。



3. 海洋湛鬥機

台灣的「湛。Azure 團隊」為了清理海洋垃圾，開啟了「為湛而戰-海洋垃圾移除計畫」及募資活動。團隊研發出專門收集海漂垃圾的機器人「湛鬥機」，利用沉水馬達製造的潮差、流場，讓垃圾從港面的表面被吸到機器入口，最後再用耙手打撈起來，目前已經研發至第二代 (梁雁，2020)。

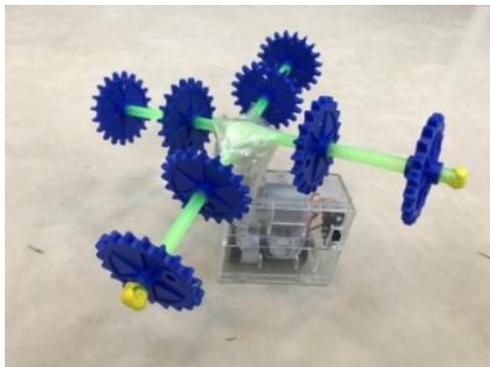
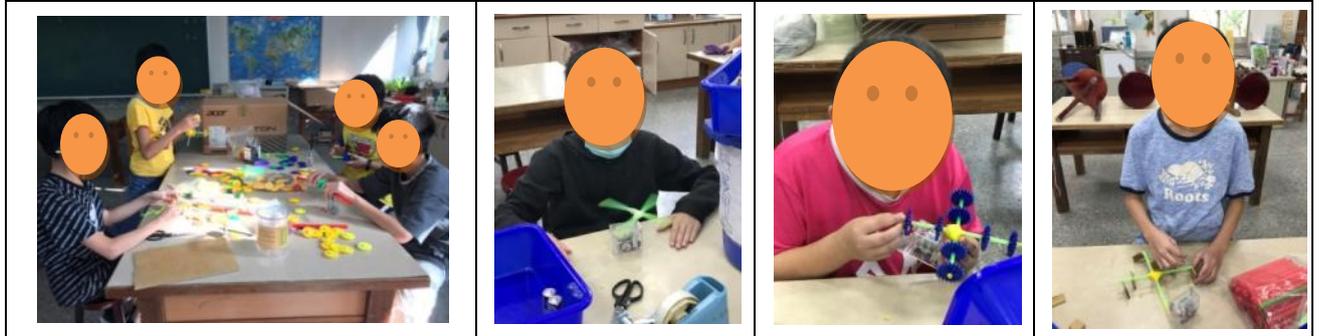


(女子的海，2020)

二、第一代：單螺旋浮桶式的研製、實測與問題解決

(一)單螺旋浮桶式的設計與製作

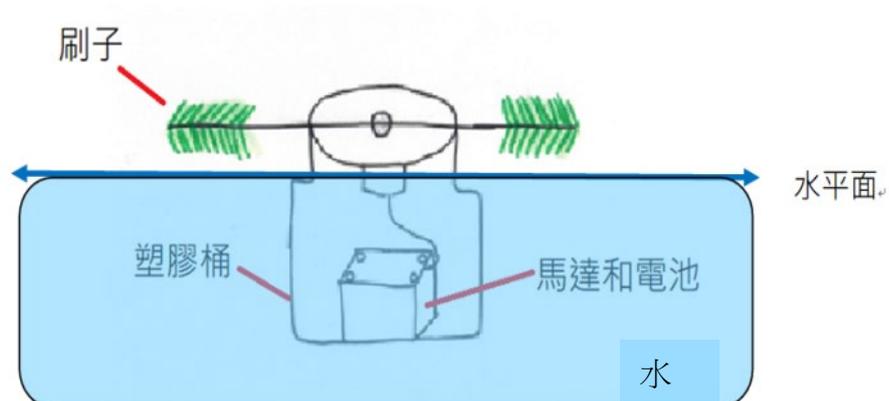
1.單螺旋主機：我們初步決定收集的方式要和其他人不一樣，不用吸入或柵欄的方式，於是把教具箱中的齒輪和馬達組都拿出來，大家一起進行創意發想。



最後選定的主機原型：

做法是用一個馬達組接上吸管與藍色的齒輪，在馬達運轉時藍色的齒輪隨著旋轉就像柵欄一樣，可以攔住漂浮垃圾，再將垃圾收集到垃圾桶中。

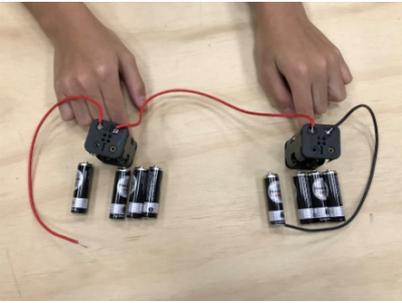
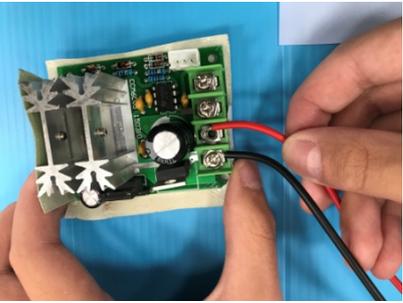
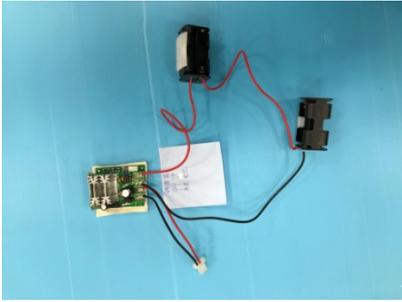
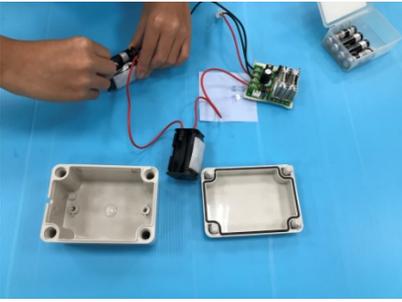
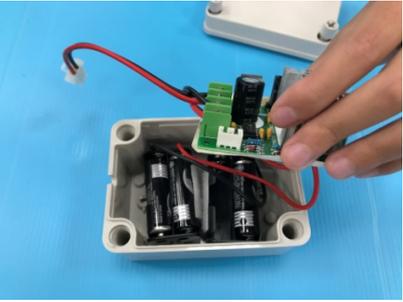
(1)單螺旋主機的設計：



說明：

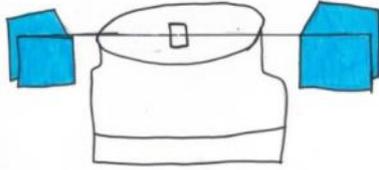
- ①馬達和電池等設備全放入塑膠桶中，並做好防水。
- ②兩支刷子固定在塑膠桶上蓋，距水平面近，以便攔住漂浮垃圾
- ③塑膠桶沉入水中，只有刷子和桶蓋露出水平面。

(2)單螺旋主機的製作過程：

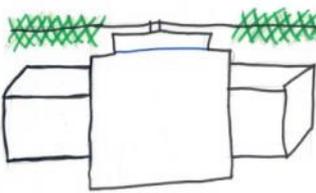
<p>①上蓋鎖上馬達</p> 	<p>②裝上調速器開關</p> 	<p>③裝上調速器旋鈕及法蘭</p> 
<p>④裝上兩支刷子</p> 	<p>⑤兩組電池盒各裝 4 顆電池，並以串聯方式連接</p> 	<p>⑥接上調速器與開關線路</p> 
<p>⑦接上調速器與電池線路</p> 	<p>⑧裝上 8 顆電池</p> 	<p>⑨電池與調速器放入防水接線盒中</p> 
<p>⑩接上電池與馬達線路</p> 	<p>⑪防水盒放入塑膠桶</p> 	<p>⑫單螺旋主機完成</p> 

2. 浮桶式收集器的設計：每個人都進行設計再進行討論，共做出四種收集器。

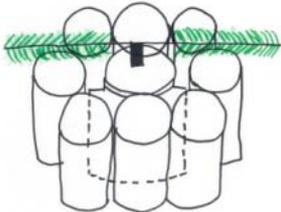
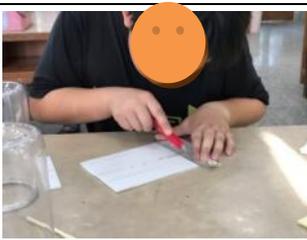
(1) U 型收集器：用隔板去撈垃圾，製造水流讓垃圾跑不出去。

①設計圖	②製作過程	③製作完成照片
		

(2)雙桶收集器：在主機旁加上兩個桶子，刷子轉動時刷到垃圾，再讓垃圾掉進桶子裡。

①設計圖	②製作過程	③製作完成照片
		

(3)八桶收集器：在主機旁加上八個桶子，刷子轉動時刷到垃圾，再讓垃圾掉進桶子裡。

①設計圖	②製作過程	③製作完成照片
		

(4)欄網式收集器：用兩個刷子把垃圾掃到兩個桶子中間的網子裡。

①設計圖	②製作過程	③製作完成照片
		

經過討論，U 型收集器和欄網式收集器可能都無法留住垃圾，最後選了雙桶收集器與八桶收集器這兩個來進行實驗，剛好兩個都是用桶子，就將漂浮垃圾收集器訂為浮桶式漂浮垃圾收集器。

(二) 第一代：單螺旋浮桶式的實測

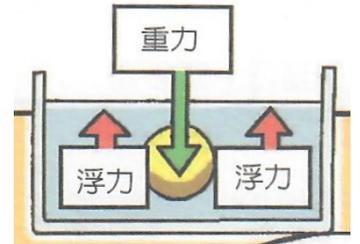
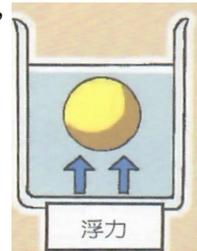
發生問題：當我們把第一代主機放進水裡，整個主機的塑膠桶就傾倒入水中，且是蓋子的部分很快速向水中倒，根本來不及拍照，這個畫面讓我們很震憾，也讓我們決定好好研究水的浮力。

1.認識水的浮力：

(1)認識浮力：

船、魚在水中能夠浮起來都是受到浮力的作用，浮力是水將物體向上推升的力。

浮力和重力是方向相反的力，重力是向下拉的力，浮力是向上推的力，在水中的重量是隨著浮力

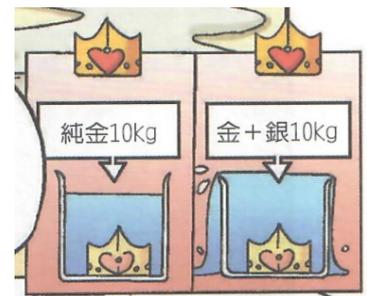


的大小而改變的。(Gomdori co.，2010)

(Gomdori co.，2010)

(2)阿基米德原理：

阿基米德為了鑑定出純金的皇冠是否有摻雜其他的金屬，在洗澡時發現有一部分的水從浴盆邊溢出，而從中領悟到，溢出來的水取決於物體的體積而非重量。銀的密度比黃金小，所以銀的體積會比同質量的黃金來得大，所以可以證明皇冠中摻雜了銀，體積才會變大。**阿基米德原理：物體在流體中所受的浮力，等於物體所排開的流體重量。**(Gomdori co.，2010)



(Gomdori co.，2010)

(3)測量浮力的大小：



A.在燒杯裡裝滿水，外層再放一個大的杯子。



B.把橘子放進燒杯裡，再把溢出來的水收集起來。



C.秤溢出來的水重量。(申惠研，2007)

2.實驗 I：模擬主機能平穩漂浮於水面的重量

為避免主機因為多次實驗而造成進水或故障，我們用和主機相同的塑膠桶，以模擬主機重量的方式，測試塑膠桶在水中所受的浮力及達到平穩漂浮於水面時所需的重量。

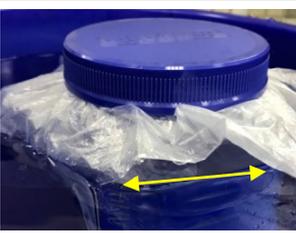
(1)實驗準備：

<p>A.實驗器材： 大垃圾桶、主機、電子秤、砝碼、塑膠桶、塑膠袋。</p>	<p>B.主機的塑膠桶入水時所受浮力：我們設定主機的塑膠桶露出水面的高度是5cm，依據阿基米德原理，主機的塑膠桶所受的浮力就是排開水的重量，測量結果是1528g。</p>
	

(2)實驗方法：

真正主機	模擬主機
 <p>上蓋有馬達和刷子的重量 桶內有電池等器材的重量</p>	 <p>方法： ①模擬真正主機在上蓋與桶內都有重量的情形。 ②在上蓋內逐次增加砝碼。 ③測量在塑膠桶露出水面 5cm 時桶內所需重量。</p>

(3)實驗步驟：

			
<p>①上蓋砝碼重量： 50g 開始，逐次增加 50g，至 500g 止，10 次實驗為 1 回，此實驗重複 10 回。 上方總重 = 砝碼重量 + 上蓋重量。</p>	<p>②將砝碼以塑膠袋固定在上蓋，塑膠桶內則放入若干砝碼後將塑膠桶放入裝水的大垃圾桶中。</p>	<p>③持續增減塑膠桶內的砝碼，直到塑膠桶露出水面 5cm，且塑膠桶可平穩的漂浮在水面為止。</p>	<p>④取出塑膠桶內的砝碼秤重，再回到步驟 ①做起。 下方總重 = 桶身重量 + 桶內砝碼重。</p>

(4)實驗 I 記錄：

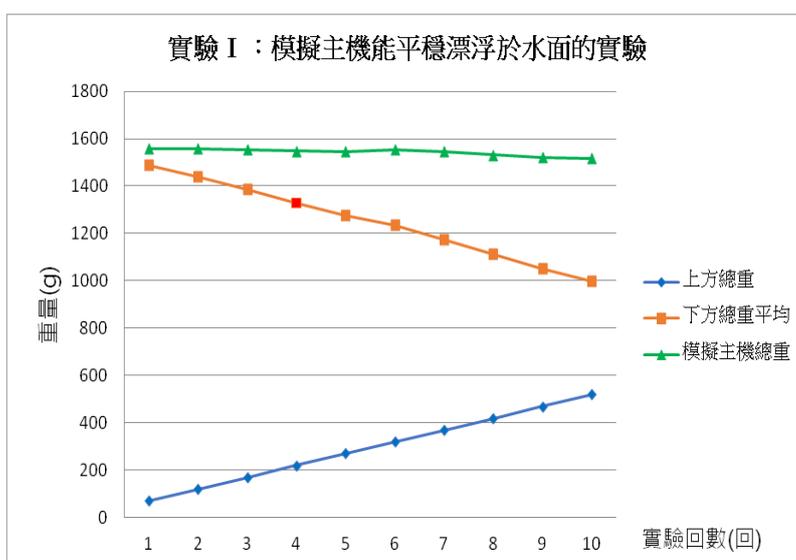
「實驗 I：模擬主機能平穩漂浮於水面的重量」的實驗我們共做了 10 回，每回進行 10 次的實驗，每次上方砝碼增加 50g 重，實驗結果如下：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
上蓋重(g)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
砝碼重(g)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
上方總重(g)	69	119	169	219	269	319	369	419	469	519	
第 1 回(g)	1439	1418	1360	1300	1259	1240	1159	1119	1050	950	
第 2 回(g)	1445	1361	1321	1281	1243	1193	1122	1103	1030	1030	
第 3 回(g)	1437	1387	1348	1307	1267	1247	1187	1088	1007	949	
第 4 回(g)	1537	1477	1417	1358	1298	1238	1179	1117	1057	997	
第 5 回(g)	1517	1477	1439	1358	1298	1258	1198	1054	1034	995	
第 6 回(g)	1536	1476	1416	1356	1296	1236	1175	1115	973	916	
第 7 回(g)	1481	1441	1401	1322	1242	1162	1083	1003	964	926	
第 8 回(g)	1443	1383	1322	1282	1242	1235	1194	1154	1103	1057	
第 9 回(g)	1537	1497	1397	1347	1285	1232	1191	1152	1111	1071	
第 10 回(g)	1515	1475	1435	1365	1324	1297	1256	1216	1176	1096	
下方總重平均(g)	1489	1439	1386	1328	1275	1234	1175	1112	1051	999	平均
模擬主機總重(g)	1558	1558	1555	1547	1544	1553	1544	1531	1520	1518	1542

(5)結果討論：

①測試結果模擬主機的總重量在 1518~1558g 之間，平均為 1542g，原本測量塑膠桶所排開水的重量為 1528g，誤差只在 14g，由此印證了阿基米德原理。

②模擬主機的塑膠桶能平穩漂浮時，上蓋加砝碼重量越重，下方砝碼的重量則越輕，而總重則維持固定。



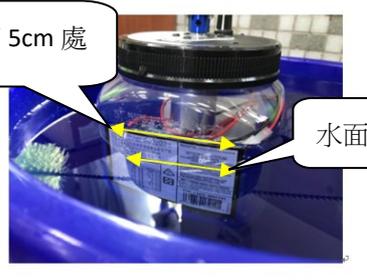
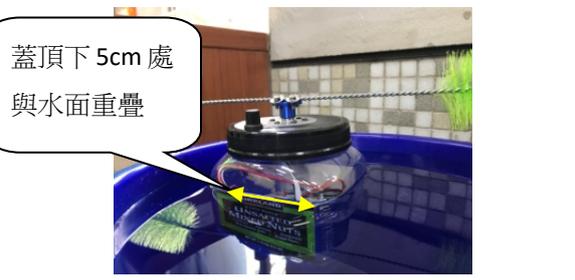
3. 實驗 II：第一代主機能平穩漂浮於水面

(1) 實驗準備：

A. 實驗器材：大垃圾桶、主機、電子秤、砝碼、塑膠桶、塑膠袋。

B. 測量主機重量：上蓋及器材重量(310g) + 桶身及器材重量(486g) = 主機總重(796g)

(2) 實驗過程與結果：

<p>① 依實驗 I 結果，將主機內先加入砝碼至總重為 1540g。</p>	<p>② 將主機放入裝水的大垃圾桶中。</p>	<p>③ 水位未達主機蓋頂下 5cm 處，則持續增加主機內砝碼。</p>
		
<p>④ 持續增加砝碼，直到水平面與主機蓋頂下 5cm 重疊，且平穩漂浮在水面。</p>	<p>⑤ 實驗結果： 主機取出秤重，總重量為 1577.8g。</p>	
		

4. 實驗 III：第一代：單螺旋浮桶式漂浮水面的實驗

(1) 實驗準備：

A. 實驗器材：空壓機、充氣式游泳池。

空壓機	充氣中的游泳池	充氣後加水進游泳池	游泳池平日的防護
			

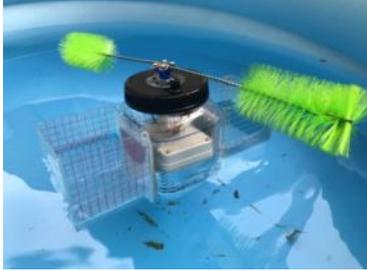
B. 兩種型式的漂浮垃圾收集器：雙桶式垃圾收集器、八桶式垃圾收集器

(2)實驗方法：

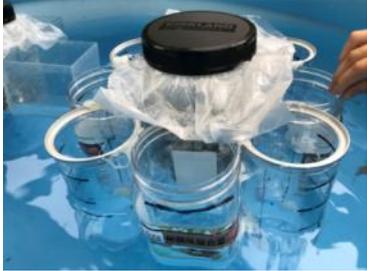
- ①依實驗Ⅱ的結果，主機總重為 1577.8g 再加上雙桶的垃圾收集器。
- ②將主機加垃圾收集器放入裝好水的水池中。
- ③持續增加主機內砝碼，直到水位達主機蓋頂下 5cm 處，且可平穩的漂浮在水面為止。

(3)實驗過程與結果：

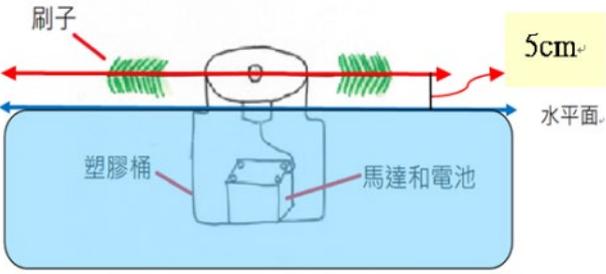
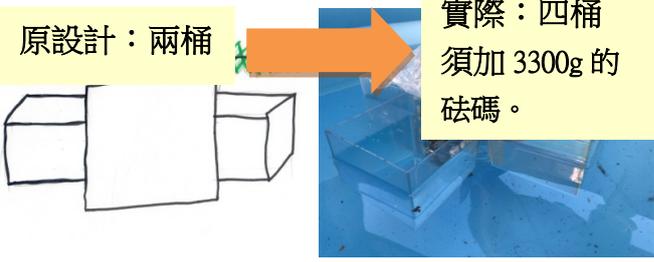
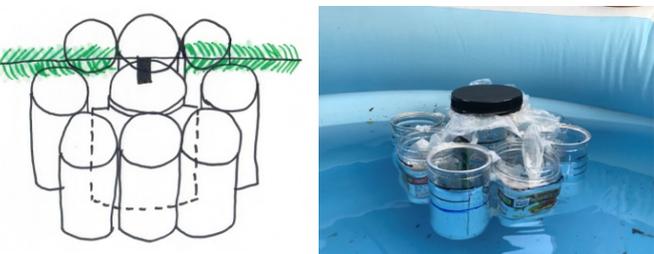
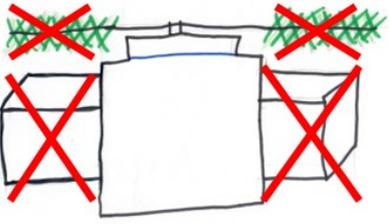
A.單螺旋主機 + 雙桶式垃圾收集器：

①主機加雙桶後深度不夠，必須再加砝碼。	②到足夠的水深時，總重量為 2464g。	③開啟主機開關旋轉時， 整個第一代劇烈搖晃，使雙桶進水差點沉入水中。
		
④調整原來的雙桶設計，改為四桶的設計。	⑤使用模擬主機的方式，進行測試，發現四桶的設計可以很平穩的浮在水面。	⑥ 實驗結果：雙桶收集器改為四桶，浮力變大砝碼要 3300g 才能達到足夠的水深。
		

B. 單螺旋主機 + 八桶式垃圾收集器：

①模擬主機重量加八桶後深度不夠，必須再加砝碼。	②持續增加砝碼到模擬主機桶中， 瞬間八桶與主機桶分離 ，於是將砝碼平均分配到八桶中的四桶。	③ 實驗結果：持續加砝碼，到足夠的水深時，總重量為 5200g。
		

(三)第一代：單螺旋浮桶式的問題與解決方案

發現問題	
	<p>①主機桶身高 18cm，要讓刷子刷到漂浮垃圾，所以水位設定在蓋頂下 5cm 處。</p> <p>問題：浮力大須加砝碼到主機桶，導致主機器材(馬達和電池)沒有空間放置。</p>
<p>原設計：兩桶</p>  <p>實際：四桶 須加 3300g 的砝碼。</p>	<p>②浮桶式收集器的桶子，露出水面 2cm，桶身有 4/5 在水面下。</p> <p>問題：</p> <ul style="list-style-type: none"> A.兩桶收集器在主機運轉時劇烈搖晃無法平穩，最後改為四桶。 B.四桶的浮力很大，須加更多重量，導致主機的器材沒有空間放置。 C.水會進入浮桶導致沉沒。
 <p>設計：八桶</p> <p>實際：八桶 須加 5200g 的砝碼。</p>	<p>③浮桶式收集器的桶子，露出水面 2cm，桶身有 4/5 在水面下。</p> <p>問題：</p> <ul style="list-style-type: none"> A.八桶的浮力很大，須加更多重量，導致八桶與模擬主機桶分離。 B.將砝碼分散到八桶中的四桶，導致垃圾的收集空間變小。 C.水會進入浮桶導致沉沒。
解決方案	
	<p>遇到浮力與浮桶進水的兩個大問題，決定兩個改良方向：</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #fff9c4;"> <p>改良方向：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.降低浮力的影響 2.捨棄浮桶式收集器 </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #fff9c4;"> <p>解決方案：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.降低桶身、不用浮桶 2.改用網子撈取垃圾 </div> </div>

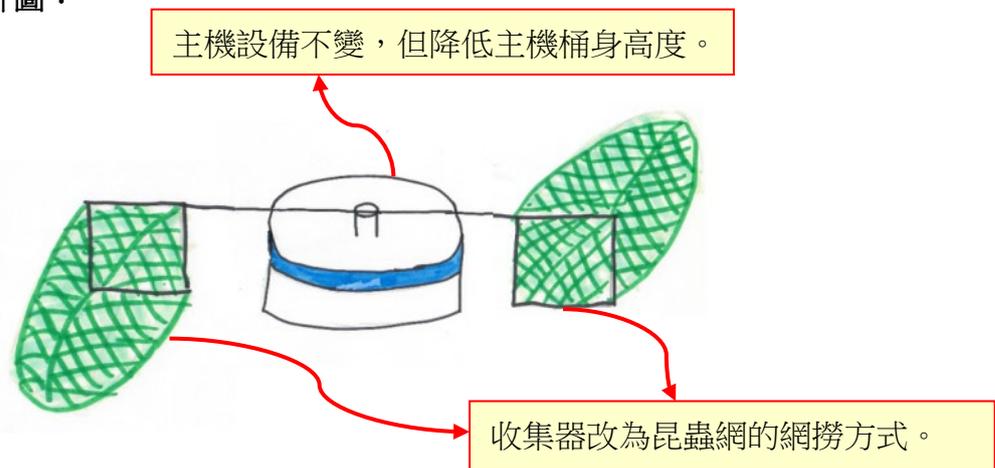
三、第二代：單螺旋網撈式的研製、實測與問題解決

(一)單螺旋網撈式的設計與製作：

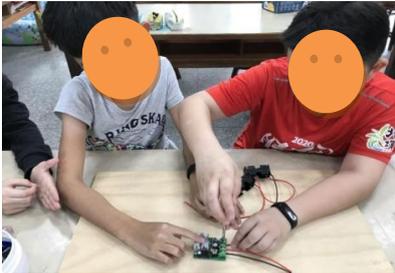
1.第二代收集器的型式與改良方法：

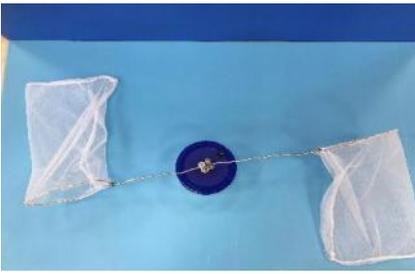
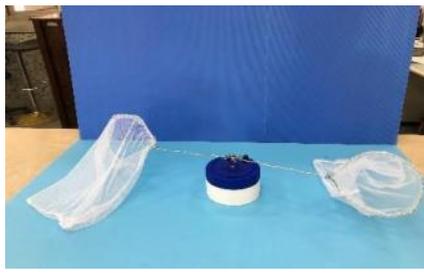
	第一代的型式與問題	第二代的型式與改良方法
主機	型式：單螺旋 主機桶身高(18cm)浮力大須加重量，導致馬達和電池沒有空間放置。	型式：單螺旋 主機的設備裝置不變，但降低主機桶身高度(11cm)，以減少浮力、降低重心。
垃圾收集器	型式：浮桶式 ①浮力很大須加重量，導致收集垃圾的空間變小。 ②水會進入浮桶導致沉沒。	型式：網撈式 捨棄浮桶式的收集方式，改為昆蟲網的網撈方式，螺旋旋轉時在水面將垃圾撈進網子裡。

2.單螺旋網撈式設計圖：



3.製作過程：

①上蓋鎖上馬達及調速器	②將電池線路接上調速器	③將馬達線路接上調速器
		
④塑膠桶底部黏上魔鬼氈	⑤主機器材固定在底部。	⑥將昆蟲網縫在圓形鋁框上
		

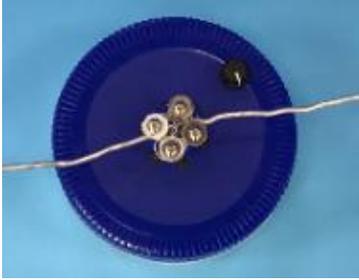
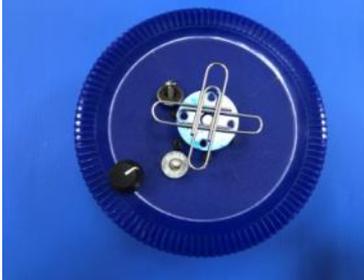
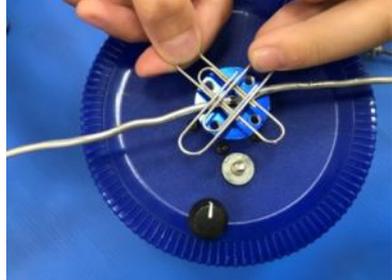
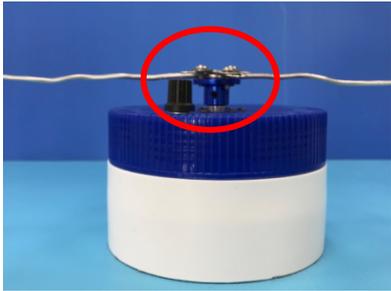
⑦將鋁線鎖上法藍。	⑧第二代：單螺旋網撈式製作完成	
		

(二)單螺旋網撈式的實測與結果：

1.桌上旋轉測試：

		<p>結果：</p> <p>將第二代收集器放在桌子測試旋轉，還把桶蓋放在網子的裡面，結果收集器可以順利旋轉。</p>
---	---	--

2.下水旋轉實測：

①遇到問題：旋轉臂固定得不牢靠。	<p>調整方式：在鎖上螺絲前，先加上兩個大的迴紋針固定。</p> <p>結果：旋轉臂可以牢牢的被固定住不會鬆脫。</p>	
		
<p>②遇到問題：</p> <p>A.旋臂碰到調速旋鈕而變形、</p> <p>B.旋臂碰到池邊而變形。</p>	<p>調整方式：A.將原本一直線的旋臂的彎折成口字形，並且將法蘭往上調，避免碰到調速鈕。B.旋臂的材質下次要從鋁線改成粗鐵絲，較不易變形。</p> <p>結果：調整後旋臂不會再碰觸到旋鈕而變形。</p>	
		

<p>③遇到問題：網撈沒有旋轉而是主機的塑膠桶自轉。</p>	<p>調整方式：用塑膠桶製作出擋板黏在主機桶下方，方向與主機的旋轉方向相反，用來阻擋水流、減緩主機的自轉。 結果：沒有明顯減緩主機塑膠桶的自轉情形。</p>
	

(三)第二代：單螺旋網撈式的問題與解決方案

發現問題		
<p>◆問題：網撈沒有旋轉而是主機的塑膠桶在自轉。</p>	<p>◆嘗試解決：在主機桶下方加裝擋板，阻擋水流。</p>	<p>◆結果：主機桶身仍快速旋轉，沒有明顯減緩主機自轉。</p>
		
問題分析：比較第一代與第二代的旋轉差異		
<p>旋轉差異</p>	<p>第一代：單螺旋浮桶式 刷子順利旋轉，主機不會自轉</p>	<p>第二代：單螺旋網撈式 網撈無法旋轉，主機會自轉</p>
<p>原因分析</p>	<p>A. 刷子沒有碰觸到水，沒有水的阻力。 B. 主機桶中加入砝碼，有足夠重力。 故主機不會自轉。</p>	<p>A. 網撈沉在水中，水的阻力較大。 B. 主機桶中沒有加砝碼，重量輕。 故主機自轉。</p>
解決方案		
 <p>橫列式雙旋翼式直升機 (Susan Walsh-Pool/Getty Images) (大紀元，2018)</p>	<p>改良方向：參考雙旋翼式直升機的設計，將單螺旋主機改為雙螺旋主機。 說明：橫列式雙旋翼式直升機上裝有兩副旋翼，通過傳動裝置使兩副旋翼彼此向相反方向轉動，空氣對其中一副旋翼的反作用力矩，正好為另一副旋翼的反作用力矩所平衡。(AO 飛行勇士曹文，2018)</p>	

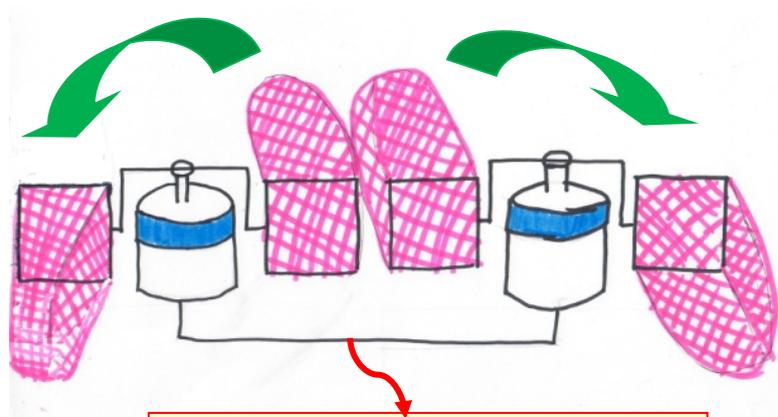
四、第三代：雙螺旋網撈式的研製、實測與問題解決

(一)雙螺旋網撈式的設計與製作：

1.第三代收集器的型式與改良方法：

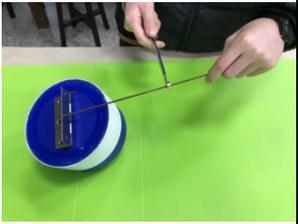
	第二代的型式與問題	第三代的型式與改良方法
主機	型式：單螺旋 網撈在水中沒有旋轉，而是主機桶自轉。	型式：雙螺旋 將單螺旋改為雙螺旋，兩個螺旋旋轉方向相反，使其互相抵消自轉的力量。
垃圾收集器	型式：網撈式 (1)網撈在水中阻力過大，無法運轉。 (2)網框的鋁線材質過於柔軟容易變形。	型式：網撈式 (1)從網子的長短、網目大小進行全面的改造，減少網子在水中的阻力。 (2)網框的材質改為不易變形的粗鐵絲。

2.雙螺旋式主機設計及說明：主機改為雙螺旋設計，螺旋旋轉方向相反，垃圾收集器維持網撈式，網撈數量增加為 4 個。



用粗鐵絲製作連接棒，連接兩個主機。

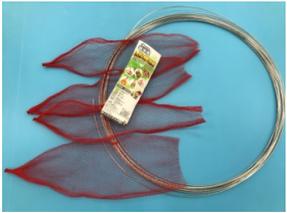
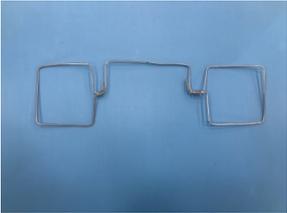
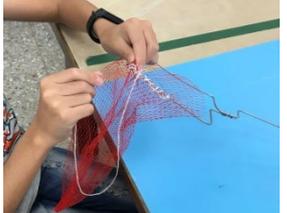
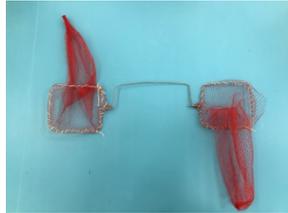
3.雙螺旋主機的製作過程：

① 製作兩台主機，並在底部黏上門後鈕。	② 用鐵絲製作兩主機之間的連接棒。	③ 連接棒鎖在主機下方的門後鈕。	④ 完成兩個主機的連接。
			

4.網撈式收集器的改造：主要是第二代的網撈式收器在水中的阻力過大，又為因應主機改為雙螺旋而做的調整和加強網框的堅固性，於是有以下的七大改造：

第三代網撈式收集器的改造原因	七大改造說明
A.網子：減少網子在水中的阻力	①網目：昆蟲網網目小 \Longrightarrow 水果網袋網目大。
	②網子長度：較長(36cm) \Longrightarrow 較短(25cm)。
B.網框：避免網框因碰觸而改變形狀	③網框材質：鋁線 \Longrightarrow 粗鐵絲(不易變形)。
	④網框形狀：圓框 \Longrightarrow 方框(粗鐵絲不易彎折)。
C.旋轉半徑： 雙螺旋式主機的所需的旋轉空間較大，而實驗用的水池空間不是很足夠運轉(95cm)。	⑤網框數量：兩個(單螺旋) \Longrightarrow 四個(雙螺旋)。
	⑥網框大小： 較大(直徑 15cm) \Longrightarrow 較小(邊長 10cm)。
	⑦旋臂長短： 較長(直徑 40cm) \Longrightarrow 較短(直徑 16cm)。

5.網撈式收集器的製作過程：

①使用粗鐵絲與水果網袋製作網撈。	②用粗鐵絲折出旋轉臂及網子框架，網框為 10cm 正方形。	③用粗棉線將水果網袋縫上鐵絲框架。	④以同樣的步驟做兩個網撈式收集器。
			

6.第三代：雙螺旋網撈式完成：(旋轉直徑約 92cm)

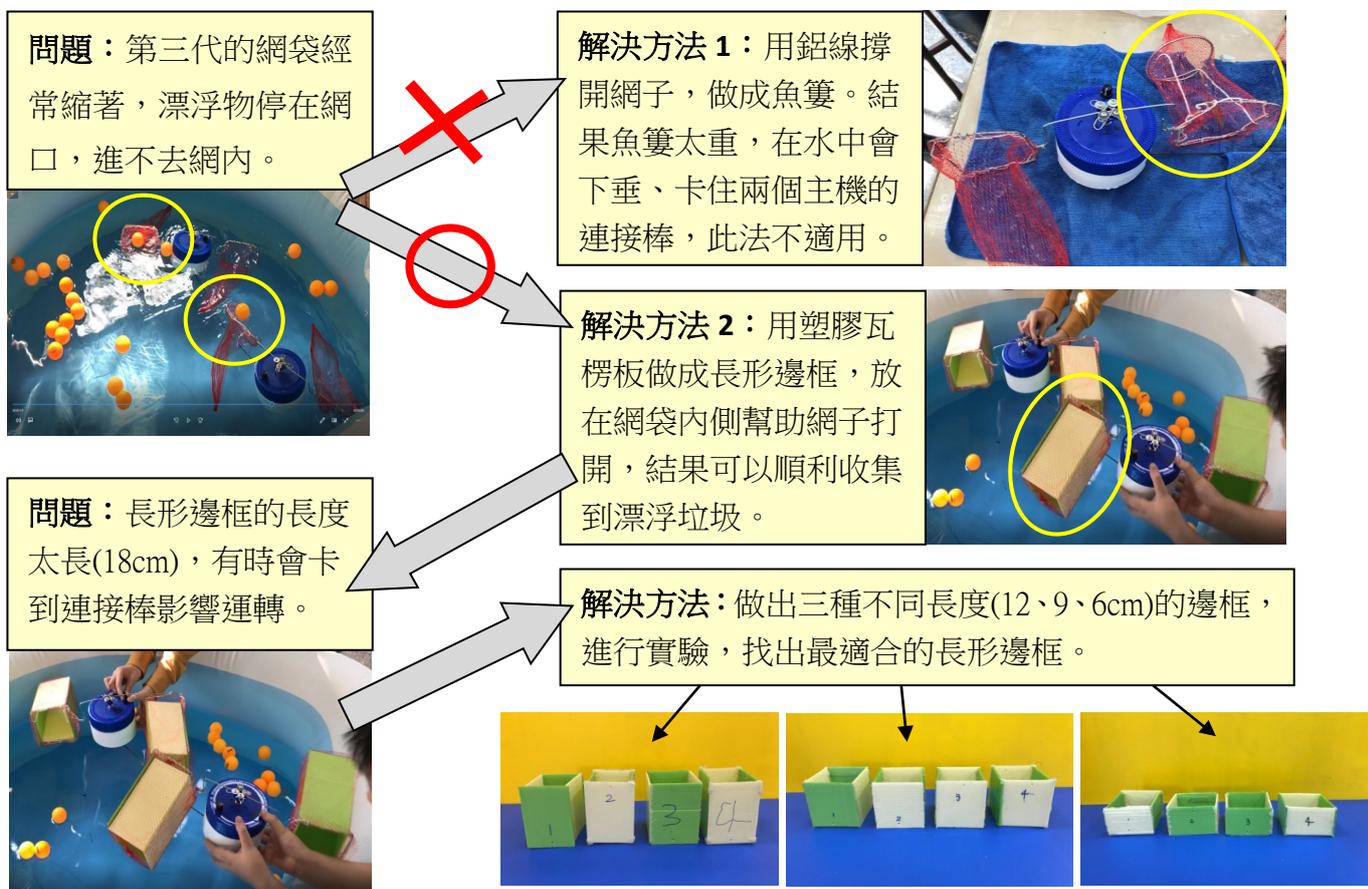


(二)第三代雙螺旋網撈式的實測與結果：

1.比較第三代與第二代的旋轉差異：

比較第二代與第三代的旋轉差異		
旋轉差異	第二代：單螺旋網撈式 網撈無法旋轉，主機會自轉	第三代雙螺旋網撈式 網撈會旋轉，主機不會自轉
旋轉實測		
原因分析	A.網撈沉在水中，水的阻力較大。 B.主機桶中沒有加砝碼，重量輕。	A.網撈的網目改大、網長改短，減少在水中的阻力。 B.雙螺旋主機底部加裝連接棒固定，且兩個螺旋旋轉方向相反，使其互相抵消自轉的力量。

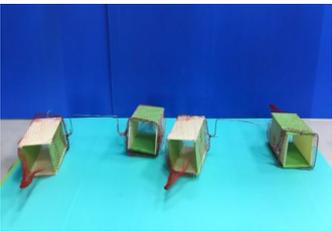
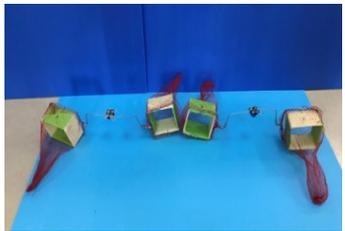
2. 第三代雙螺旋網撈式在收集漂浮物時遇到的問題與解決方法：



(三)漂浮物收集實驗：

1.實驗方法：將網撈裝上三種不同長度的長形邊框，收集三種不同形狀的漂浮物。

(1)不同長度的長形邊框：用塑膠瓦楞板和熱熔膠做出三種不同長度的長形邊框。

①長形邊框尺寸：9*9*12	②長形邊框尺寸：9*9*9	③長形邊框尺寸：9*9*6
		

(2)不同形狀的漂浮物：

實驗 A：球狀漂浮物 乒乓球(100 顆)	實驗 B：長管狀漂浮物 吸管(粗：50 支，細：50 支)	實驗 C：片狀漂浮物 塑膠片(100 片)
		

2.實驗步驟：以實驗 A：收集球狀漂浮物—乒乓球為例，實驗 B、C 同實驗 A 步驟。

①將長形邊框打洞，用鋁線固定於網內。依序進行 12、9、6cm 的長形邊框實驗。	②將漂浮物放入水池：乒乓球 100 顆。(乒乓球做完，再進行吸管和塑膠片的實驗)	③將主機旋鈕開啟至 90 度的位置，固定轉速，再將第三代收集器放入水池運轉。
		
④主機旋轉時，以人工方式將漂到池邊的漂浮物撿起，再從水池中央上方放下水池。	⑤讓主機在水中持續旋轉一分鐘後關閉，將第三代收離水池。	⑥清點四個網子內所撈到的漂浮物，再回到步驟 ①，一種長度的邊框重複做 10 次。
		

3.實驗結果與討論：

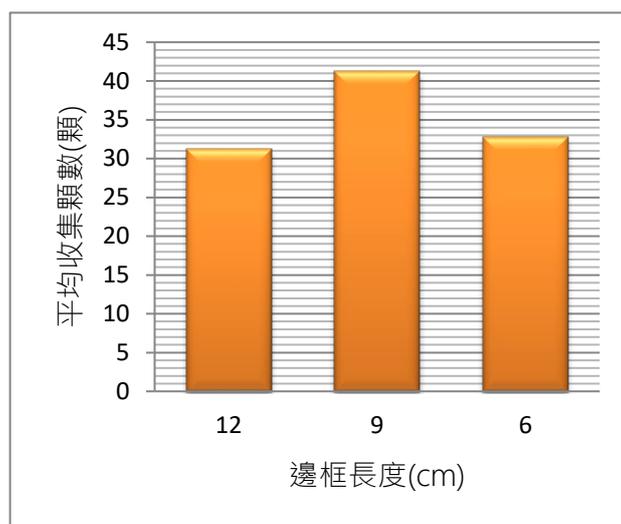
(1)實驗 A 結果：球狀漂浮物—乒乓球

邊框長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均數量	收集成效
12cm	26	26	23	34	38	25	33	27	35	45	312	31.2	31.2%
9cm	36	35	43	44	40	44	46	39	45	40	412	41.2	41.2%
6cm	21	19	23	38	38	44	29	39	39	38	328	32.8	32.8%

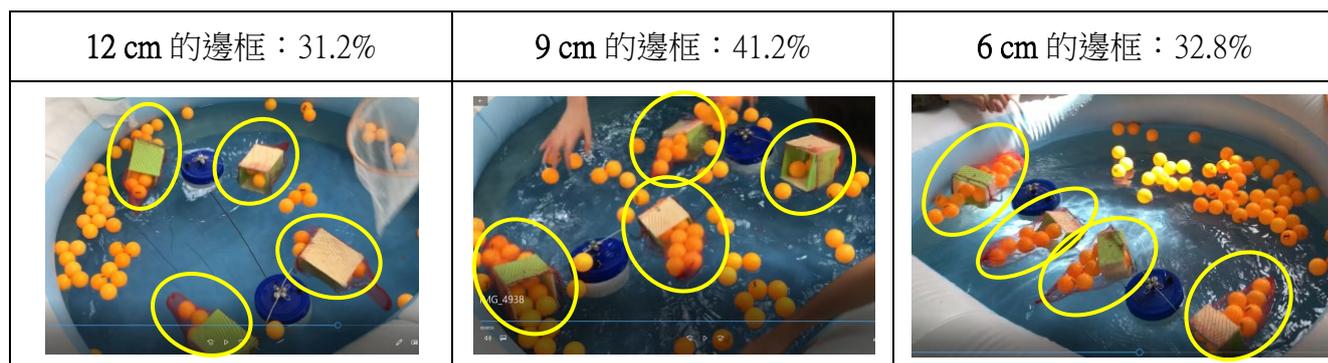
◆結果討論：

- ①在收集乒乓球時，三種長度的邊框的收集成效在 31.2% ~ 41.2%之間。
- ②三種長度的邊框中，以 9 cm 的收集成效 41.2%最好，12cm 收集成效 31.2%最差，兩者相差了 10%。
- ③長度 12 cm 和 6 cm 的邊框，收集成效相近，在 31~33%之間，只相差 1.6%。

漂浮物收集實驗 A. 乒乓球



④不同長度的邊框對乒乓球收集成效的影響：



A. 12 cm 的邊框過長，以致網子後段的空間變小，能容納的球較少。

B. 6 cm 的邊框過短，網子後段的空間稍大，能容納的球較 12 cm 的多，但網子後段沒有被撐大，增加的球數有限。

C. 9 cm 的邊框長度適中，網子後段的空間適中且撐得夠開，所以能容納的球數最多。

(2)實驗 B 結果：長管狀漂浮物—吸管(粗：50 支，細：50 支)

邊框長度	吸管	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均數量	收集成效
12cm	粗	12	10	5	7	13	8	8	9	13	16	101	10.1	20.2%
	細	8	18	14	8	5	17	16	16	12	13	127	12.7	25.4%
	合計	20	28	19	15	18	25	24	25	25	29	228	22.8	22.8%
9cm	粗	5	6	6	6	7	4	6	3	8	7	58	5.8	11.6%
	細	5	9	11	8	6	10	9	11	10	10	89	8.9	17.8%
	合計	10	15	17	14	13	14	15	14	18	17	147	14.7	14.7%
6cm	粗	3	10	5	10	9	8	5	7	6	9	72	7.2	14.4%
	細	2	11	9	12	9	4	5	4	6	8	70	7	14.0%
	合計	5	21	14	22	18	12	10	11	12	17	142	14.2	14.2%

◆討論：

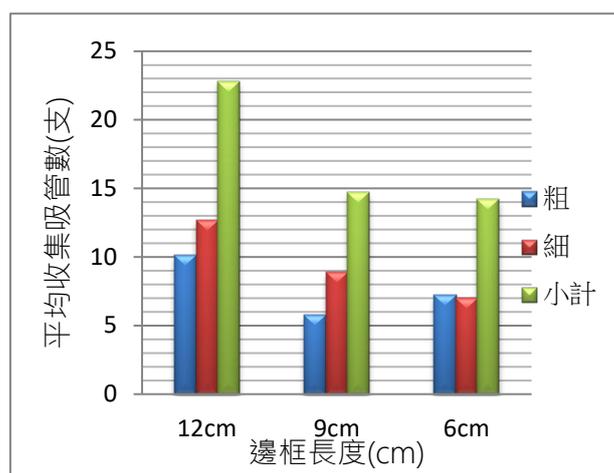
①以粗細合計來看，吸管的三種長度的邊框收集成效在 14.2%~22.8%之間。

②以粗細合計來看，以 12 cm 的邊框收集成效 22.8%最好，6 cm 的收集成效最差 14.2%，兩者相差 8.6%；而 9 cm 和 6 cm 的收集成效相近，只相差 0.5%。

③以粗細吸管分開看時，12 cm 與 9 cm 都是細吸管的收集成效較佳，而 6 cm 則是粗吸管略高 0.4%；**整體以細吸管的收集成效較粗吸管佳。**

④不同長度的邊框對吸管收集成效的影響：

漂浮物收集實驗 B. 吸管



12 cm 的邊框：22.8%	9 cm 的邊框：14.7%	6 cm 的邊框：14.2%

A. 9cm 和 6cm 的邊框，網子後段沒有被撐開，許多吸管卡在網口進不去，所以收集成效差。

B. 12 cm 的邊框，從網口到網子後段都撐得夠開，所以吸管容易進入，收集成效最佳。

(3)實驗 C 結果：片狀漂浮物—塑膠片

邊框長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計	平均數量	收集成效
12cm	12	7	10	6	12	21	22	24	15	13	142	14.2	14.2%
9cm	7	15	12	13	11	15	19	20	11	10	133	13.3	13.3%
6cm	15	15	22	24	16	19	21	16	22	13	183	18.3	18.3%

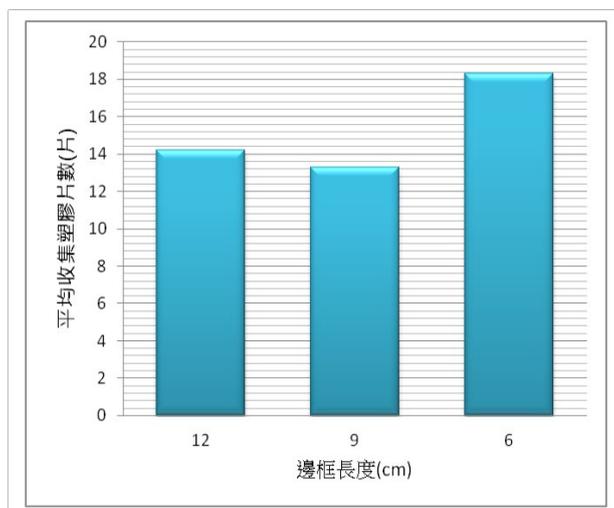
◆討論：

①在收集塑膠片時，三種長度的邊框收集成效在 14.2%~18.3%之間。

②三種長度的邊框中，以 6 cm 的邊框收集成效 18.3%最好，9 cm 邊框的收集成效最差 13.3%，兩者相差 6%。

③長度 12 cm 和 9 cm 的長形邊框，收集成效相近，分別是 14.2%及 13.3%，只相差 0.9%。

漂浮物收集實驗 C.塑膠片



④邊框的長度不同對塑膠片收集成效的影響：

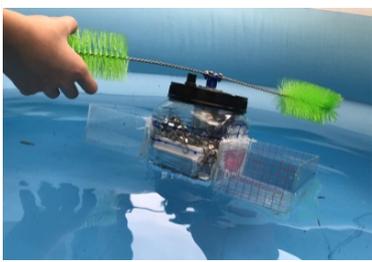
12 cm 的邊框：14.2%	9 cm 的邊框：13.3%	6 cm 的邊框：18.3%

A. 12 cm 和 9 cm 邊框較長，塑膠片容易貼在網撈的邊框上，而進不去網內，所以收集成效較差。

B. 6 cm 的邊框較短，塑膠片在進入框內後，很快又碰到水浮起，於是就順著水流進入網子內，所以收集成效最佳。

伍、討論

一、第一代、第二代、第三代漂浮垃圾收集器的優缺點比較：

漂浮垃圾收集器	第一代 單螺旋浮桶式	第二代 單螺旋網撈式	第三代 雙螺旋網撈式
水中實測			
優點	<p>1.螺旋可順利旋轉：為對抗浮力加入許多砝碼，機身重，使得螺旋可順利旋轉。</p>	<p>1.浮力較小：主機桶身高度較低，且捨棄浮桶式收集器，能減少所受浮力。</p>	<p>1.阻力較小：網撈的網目較大、長度短。</p> <p>2.螺旋可順利旋轉：雙主機的運轉方向相反可抵消彼此自轉的力量。</p> <p>3.可順利收集漂浮物：用長形邊框幫助網袋撐開。</p> <p>4.網撈數量多：有四個網撈可收集較多漂浮垃圾。</p>
缺點	<p>1.浮力過大：主機的桶身高度較高，且以浮桶式收集垃圾。</p> <p>2.浮桶進水：浮桶會進水，造成整個機體沉沒。</p> <p>3.無法收集漂浮物。</p>	<p>1.阻力過大：網撈過長、網目過小。</p> <p>2.主機自轉：水的阻力大且機體過輕，造成螺旋不動、單螺旋主機自轉。</p> <p>3.無法收集漂浮物。</p>	

二、漂浮物收集實驗中，漂浮物收集成效的比較與討論：

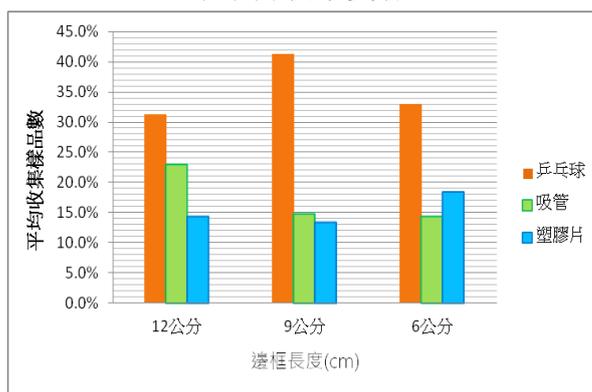
1.同一種漂浮物在不同長度的邊框之收集成效比較與討論：

實驗	實驗 A	實驗 B	實驗 C
漂浮物	球狀漂浮物—乒乓球	長管狀漂浮物—吸管	片狀漂浮物—塑膠
實驗結果			
收集成效最佳時： ①邊框長度 ②平均收集成效 ③實際收集情形	① 9 cm	① 12 cm	① 6 cm
	② 41.2%	② 22.8%	② 18.3%
	③實際收集情形	③實際收集情形	③實際收集情形
12 cm 邊框的收集情形	<p>1.邊框長，網子後段的空間小，能容納的球較少。</p> <p>2.收集成效較差，與 6 cm 的邊框相近。</p>	<p>12 cm 的邊框，從邊框到網子後段都撐得夠開，吸管容易進入，較少再流出，所以收集成效最佳。</p>	<p>1.邊框較長，塑膠片容易貼在網撈的邊框進不去。</p> <p>2.收集成效較差，與 9 cm 的邊框相近。</p>
9cm 邊框的收集情形	<p>9 cm 的邊框長度適中，網子後段撐得夠開，能容納的乒乓球的球數最多，所以收集成效最佳。</p>	<p>1.網子後段沒有被撐開，吸管在網口進不去，且碰觸邊框會再流出。</p> <p>2.收集成效較差，與 6 cm 的相近。</p>	<p>1.邊框較長，塑膠片容易貼在網撈的邊框進不去。</p> <p>2.收集成效差，與 12 cm 的邊框相近。</p>
6cm 邊框的收集情形	<p>1.邊框短，網子後段的空間大，但沒有被撐開，球不易進入。</p> <p>2.收集成效較差，與 12 cm 的邊框相近。</p>	<p>1.網子後段沒有被撐開，吸管在網口進不去，且碰觸邊框會再流出。</p> <p>2.收集成效較差，與 9 cm 的相近。</p>	<p>6 cm 的邊框較短，塑膠片進入網框後很快就碰到水，於是順著水流進入網子內，所以收集成效最佳。</p>

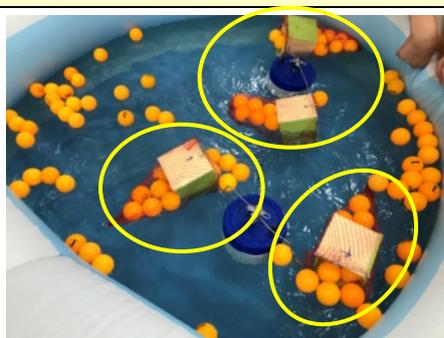
2. 同一種長度的長形邊框下，不同形狀的漂浮物之收集成效比較：

比較同一長度下，三種漂浮物的收集成效，結果發現，不論是 12cm、9cm 或 6cm 每一種長度收集成效最佳的都是乒乓球；且平均收集成效在 31.2% ~ 41.2% 之間，較吸管和塑膠片高出許多，在 8.4%~24.9% 之間。而吸管在 12cm 和 9cm 的收集成效略高於塑膠片。

漂浮物收集實驗



1. 球狀漂浮物—乒乓球



觀察乒乓球的收集情形發現：

- (1) 乒乓球直徑(4cm)比網框(9cm)小，容易進入網內。
 - (2) 乒乓球的球體形體使它不易被卡住。
- 所以乒乓球的收集成效高出吸管和塑膠片許多。

2. 長管狀漂浮物—吸管



觀察吸管收集情形發現：

- (1) 吸管的長度(20cm)比網框(9cm)長許多，在網口處打橫不易進入網內。
 - (2) 許多吸管進入網框後，碰到邊框再從開口再流出。
 - (3) 少量吸管穿過網子的洞從後方流出。
- 故吸管的收集成效較乒乓球差。

3. 片狀漂浮物—塑膠片



觀察塑膠片的收集情形發現：

- (1) 塑膠片的邊長(12cm)較網口(9cm)大，不易進入網內。
 - (2) 塑膠片容易彼此緊貼聚集成更大的漂浮垃圾。
 - (3) 塑膠片容易貼在邊框上而不易進入網內。
- 所以塑膠片的收集成效較乒乓球和吸管差。

三、根據實驗結果，第三代：雙螺旋網撈式漂浮垃圾收集器未來的改良方向：

雖然第三代雙螺旋網撈式漂浮垃圾收集器，已經能收集到三種漂浮物，但收集成效還有加強的空間，根據實驗結果，我們思考到未來可以改良的幾個方向：

- 1.主機的型式：可將雙主機改為三主機或四主機，增加增加網撈式收集器的數量，以提高漂浮物收集成效。
- 2.網撈式收集器：
 - (1)網框加大—比實際的漂浮物大，避免漂浮物尺寸過大而不易進入網撈。
 - (2)改變網袋材質—選用不會收縮、會自然撐開的材質，這就可以不必做長形邊框，可以避免片狀漂浮物貼住邊框不易進入。
- 3.實驗裝置：漂浮物收集實驗時，游泳池內加沉水馬達來造浪，模擬海洋的波浪起伏。

陸、結論

一、漂浮垃圾收集器的研製與實測

- (一) 第一代：單螺旋浮桶式—主機可旋轉，但有浮力過大、浮桶進水的問題。
- (二) 第二代：單螺旋網撈式—改為網撈式收集器，可減少浮力，但水的阻力過大，產生網撈不轉、主機自轉的問題。
- (三) 第三代：雙螺旋網撈式—改造網撈的材質與型式並以雙螺旋主機的設計解決單螺旋主機自轉的問題；再加裝長形邊框於網撈內，可順利收集到漂浮物。

二、不同長度的長形邊框對不同形狀漂浮物的收集成效

- (一)同一種漂浮物在不同長度的邊框之收集成效：
 1. 在收集球狀漂浮物—乒乓球時，以長度 9 cm 的收集成效最好，平均收集成效達 41.2%。
 2. 在收集長管狀漂浮物—吸管時，以長度 12 cm 的收集成效最好，平均收集成效為 22.8%。
 3. 在收集片狀漂浮物—塑膠片時，以長度 6 cm 的收集成效最好，平均收集成效為 18.3%。
- (二)同一種長度的長形邊框下，不同形狀的漂浮物之收集成效
 1. 不論是 12cm、9cm 或 6cm，每一種長度收集成效最佳的都是乒乓球，平均收集成效在 31.2% ~ 41.2%之間。
 2. 乒乓球的平均收集成效較吸管、塑膠片的平均收集成效高了 8.4%~24.9%之間。

柒、參考資料

Gomdori co. (2019)。科學實驗王 11 溶液與浮力。台北市：三采文化。

申惠研 (2007)。航海大冒險。台北縣：閣林國際圖書。

AO 飛行勇士曹文 (2018 年 6 月 5 日) 直升機知識：直升機尾槳系統與反扭矩裝置。M 頭條。2021 年 3 月 22 日，取自：<https://mttmp.com/dl7fynz.html>

梁雁 (2020 年 7 月 15 日) 只有淨灘還不夠！台灣研發海洋吸塵器「湛鬥機」亮相，每月能收集 2 千公斤海漂垃圾。報橘。2021 年 3 月 25 日，取自：
<https://buzzorange.com/2020/07/15/ocean-protection-design-new-machine/>

黃敬翔 (2020 年 10 月 13 日) 海洋保護協會：塑膠食品包裝首次超越煙蒂，成為最常見的海灘垃圾！食新聞 2021 年 4 月 9 日，取自：<https://www.foodnext.net/news/newstrack/paper/5593523076>

徽徽 (2015 年 12 月 31 日) 一個水桶救海洋，澳發明家打造神奇垃圾桶。地球圖輯隊。2021 年 3 月 25 日，取自：<https://dq.yam.com/post.php?id=5290>

為地球而戰！海洋吸塵器啟航 5 年內清除半數太平洋垃圾？(2018 年 10 月 2 日)。東森財經新聞。2021 年 3 月 25 日，取自：<https://fnc.ebc.net.tw/FncNews/world/53561>

美魚鷹旋翼機成功橫跨太平洋 有何戰術意義 (2018 年 10 月 4 日)。大紀元。2021 年 3 月 22 日，取自：<https://www.epochtimes.com/b5/18/10/3/n10758986.htm>

《海，有什麼「塑」——臺灣海岸垃圾總體檢》報告 (2019 年 7 月 15 日)。Greenpeace 綠色和平。2021 年 3 月 26 日，取自：

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/15198/%E3%80%8A%E6%B5%B7%EF%BC%8C%E6%9C%89%E4%BB%80%E9%BA%BC%E3%80%8C%E5%A1%91%E3%80%8D%E2%94%80%E2%94%80%E8%87%BA%E7%81%A3%E6%B5%B7%E5%B2%B8%E5%9E%83%E5%9C%BE%E7%B8%BD%E9%AB%94%E6%AA%A2%E3%80%8B%E5%A0%B1/>

讓海洋再次湛藍—台灣湛鬥機 (2020 年 11 月 25 日)。女子的海。2021 年 3 月 26 日，取自：
<https://msocean.com.tw/archives/36391>

附錄、研究心得

➤ 甲同學的心得：

在我還是四年級的時候，老師問我想不想要做科展，我覺得聽起來很有趣，所以我就開開心心的答應了，暑假時，老師指派給我們的第一個作業是看別人的科展作品說感想，我覺得有點難度，因為要用簡潔的文字寫出觀後報告，是需要花腦力的。

開學後，老師告訴我們必須開始討論科展的主題，經過一番討論後，大家決定要做一台收集海洋垃圾的機器。我們選這個主題是因為現在海洋垃圾愈來愈多，也很少人在清理海洋垃圾，我們想不用手撈，想用機器收集垃圾，只要在旁邊看有沒有問題和把機器拉上岸。

寒假集合的時候我們就要來把我們做的機器下水，沒想到因為新冠肺炎的緣故，原本要在學校結果不能去，全部人都要去一個同學家做了。我們的第一代收集器是用刷子是要把垃圾刷進塑膠桶，但是塑膠桶浮力太大，所以我們決定不要用塑膠桶。我們發明出了第二代收集器，把刷子改成捕蟲網，因為捕蟲網直接把垃圾撈進網子裡，但是卻又發現它網子轉不動。所以我們做了第三代，改成雙主機，我們為了要把兩台固定在一起，所以在主機下加了連結棒，最後終於成功了！

後來我們用第三代收集器來收集漂浮物，實驗中我們試了 100 顆乒乓球、100 支吸管、100 個塑膠片，我很高興機器可以轉了，也可以撈到東西，這樣符合我們的科展目的了，不過有時候還是會遇到問題，像是會卡到東西、卡到連結棒、或是碰到鋁線變形，我們就要重新調整然後重做實驗，有點麻煩，不過可以收集東西了，有努力總是會有收穫的。這次我在科展學到浮力如何計算、如何寫科展報告書、團隊合作。

➤ 乙同學的心得：

在我加入科展之前我對於「科展」這個名詞非常的陌生，對它只有一個刻板印象就是：很燒腦又很枯燥乏味的科學社團，但老師的詢問使得我抱著好奇心加入了這個社團。加入之後我才發現，這個社團不是我想的這麼無聊，反而覺得這是一個好玩又有趣的社團，而這次的主題則是我非常有興趣的：收集海洋垃圾，我的科展冒險就此展開。

在做這個實驗之前就有許多要研究、要了解的東西，像是浮力的科學知識，去對這個實驗有更進一步的了解，但原本我們想要使用吸力的主機，因吸力不夠大不堪使用，在一陣子的琢磨後我們發明了用旋轉的刷子來刷垃圾的第一代主機，這樣一來就可以把垃圾刷進垃圾桶，也不必面對吸力這個高聳的高牆等著去跨過它，一定可以成功的，當時我們這樣想道，沒想到現實不斷地推翻我們的想法，現在必須面對「浮力」這個大難題，避開了吸力的那條路，來到了另一條路卻有著「浮力」這個一樣高的牆在那條路上等著我們去度過。

再加上新冠肺炎的疫情又嚴重了，無疑是對我們更是雪上加霜，我們只好到其他地方做實驗，但又因為浮力的緣故我們只好放棄用塑膠桶收垃圾，又研發了第二代的主機：使用旋轉的網子去撈垃圾，但是又遇上了主機自轉的問題。開學後我們又發明了新的第三代主機，在這次的主機實驗中我們絞盡腦汁，想辦法終於克服所有困難，開始做實驗我們都非常開心，終於實驗有所進展，離成功又更進一步了，之後我們又接連做了許多實驗：乒乓球、吸管、塑膠片，希望我們製作的東西也可以為地球盡一份心力！即使在做這個實驗困難重重，但我們始終都沒有向現實低頭，俗話說的好：「關關難過關關過」這就是所謂的科展精神！

➤ 丙同學的心得：

在一個平凡無奇的日常早晨，當時四年級的自然老師居然問我要不要加科展團隊，這對我是一個大驚喜、鼓勵及肯定，我驚訝我的自然科成績可以加入科展研究，另外不管老師要我加入的原因是什麼，至少表示是老師對我的自然及科學能力的一種讚許。

本次科展主題為「收集海洋垃圾」，是因為在最初收集研究題目的閱讀文獻資料階段，發現現在地球暖化及海洋環境汙染，造成地球生態危機，我除了希望我們的科展可以得名之外，更希望經過我們的發現，可以對我們的地球及居住地方有一點點幫助。

在實驗中遇到不少的問題，例如要怎麼把機器掃到的垃圾收集起來、就讓我們想了很久，實際下水後又測試了許多次，發現水有浮力，會增加機器下沉及收集垃圾的困難度。另外計算浮力也是一大挑戰，經過老師的指導，和與同學、學長們的無數次計算，終於解決科展最重要的部分。收集器經過三代的轉變，最後是雙螺旋網撈式的收集器，我們還進行撈 100 顆乒乓球、粗吸管和細吸管各 50 支和 100 片塑膠片的實驗，每次要計算撈到的顆數和個數，並且還要主機是否進水。我覺得這個實驗十分有趣，終於有一些做科展的感覺了，因為終於在許多失敗中有一些成功的例子了。

科展期間有很多快樂、辛苦又難忘的事。「快樂」是可以在寒假時間，與老師及同學一起做實驗，有時又會有老師送的小點心和飲料，更可以讓我在上安親班之外多一種不同的學習及生活。「辛苦」是針對研究主題必須一直重覆測試，且為了講求精準，同樣動作及方式需要做很多遍，讓人感到有些煩。另外收拾實驗用的游泳池也需要花費很多時間及體力，十分辛苦。「難忘」是在這些時間裡，我有機會可以知道及學習許多課本及教室以外的東西，又可以和學長及同學一起相處。經過這次科展，我學到了許多之前不了解的事，如：做實驗時要更加謹慎，動作不可以太大，頭腦要隨時保持清醒，和同伴一定要相互合作一起分工，才能得到準確的數據，也才能得到有用的研究結果。

➤ 丁同學的心得：

我本來就很喜歡自然科學，這也是我這次參加科展的原因，其實老師在四年級時就曾問過我是否想參加科展，但我當時不了解科展是什麼，所以很可惜的我拒絕了！幸運的是我又獲得一次加入科展的機會，也讓我了解到參加科展是一件多麼開心的事！

雖然在實驗中有很多困難，一開始找資料的時候也不知道要從哪裡找起，開始學著上網查詢資料，有時候遇到困難不知道怎麼辦也沒有任何頭緒，所以有幾次想放棄，但矛盾的是心裡又會一直想著怎麼解決的方法，對做實驗時卻意外的有興趣。

在實驗中也遇到許多困難，幾次為了測試一個實驗做了幾十次，例如原本我們的主機刷子掃不到垃圾我們也想了很久，最後換了刷子的材質才解決刷子的問題，但做到浮力時又推翻了刷子這項研究……，就這樣一次次以為成功卻是失敗的過程中體驗到許多困難與喜悅，只有我們身歷其中才能體會到的。我們試了很久，最後用雙主機來撈垃圾，因為原本第二代收集器的網子阻力太大，上面的網子不轉，變成主機在轉，後來我們把網子空隙調大，阻力變小，這樣主機就不會轉了。我們開始用乒乓球、吸管和塑膠片做實驗，並在網子中裝入三種的瓦楞板做成的邊框，來撐開網子，最後終於收集到漂物，我覺得這個實驗越來越有趣了希望有一個美好的結果。

這次科展中一開始遇到最大的問題就是怎麼計算浮力，我在回家時也有自己查過浮力的計算，可是問題就是我不懂，後來有一次老師教我們怎麼計算浮力，我就聽懂了。這個科展的經驗也讓我學到跟同學的相處，以及跟別人意見不同時，學會如何溝通以及採納別人的意見，做出最好的實驗，所以單單不只是學到科學實驗，也學到了怎麼和別人相處，我希望下次還可以參加科展！

【評語】 082909

1. 主題具環保性，設計的原型透過發現問題進而學習解決方式值得鼓勵，充分展現遇到問題解決問題的過程。
2. 應先針對過去相關作品，進行文獻分析或討論。
3. 主體的製作(網子&方盒)大小與觀測物大小比例應考慮。
4. 以乒乓球做為觀測指標，屬圓球體規則物，應可再增加考慮不規則物品的實驗效果。
5. 建議研究的收集垃圾標的，挑選更具有代表性的實體測試。
6. 建議參考資料應加上序號。

作品簡報

海洋保衛戰——漂浮垃圾收集器

科別：生活與應用科學科(二) 環保與民生

組別：國小組

壹、研究動機：

在新聞上看到許多海洋生物誤食塑膠袋、瓶蓋.....等人類丟棄的塑膠垃圾而死，令人十分難過。所以我們想要做一台可以清理海洋漂浮垃圾的機器，避免海洋生物誤食漂浮垃圾，也使地球更美麗、更乾淨！

貳、研究目的：

一、了解海洋漂浮垃圾的危害與收集現況

(一)海洋垃圾的危害

(二)海洋垃圾的收集現況

二、漂浮垃圾收集器的研製、實測、改良過程與優缺點比較

(一)第一代：單螺旋浮桶式

(二)第二代：單螺旋網撈式

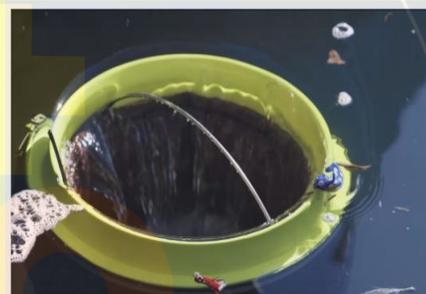
(三)第三代：雙螺旋網撈式

參、研究過程與結果：

一、了解海洋漂浮垃圾的現況

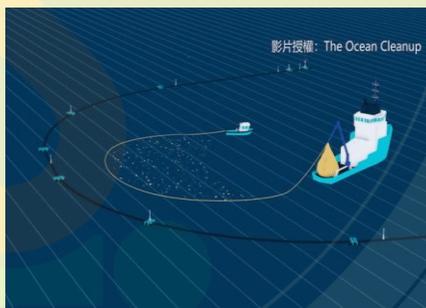
(一)海洋垃圾的現況與危害：2019年海洋保護協會於全球116個地區的海灘，共收集到3250萬件垃圾，重量合計起來約940萬公斤且以塑膠垃圾為主，佔了75%。

(二)海洋漂浮垃圾的收集現況



1.海洋垃圾桶

澳洲業餘衝浪者所發明，吸入海洋垃圾再透過濾網袋分離垃圾與海水。



2.海洋吸塵器

荷蘭青年發起的海洋清理計畫，以海上漂浮柵欄，來攔截塑膠垃圾。



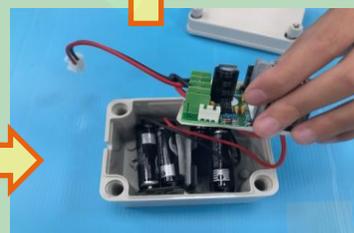
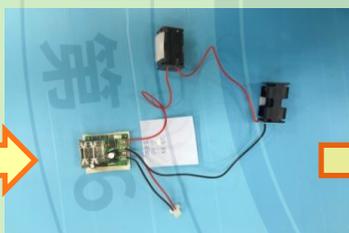
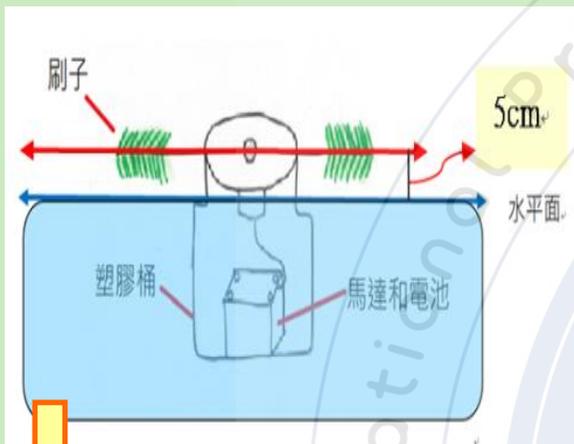
3.海洋湛鬥機

台灣的「湛。Azure」團隊，用沉水馬達製造潮差、流場，將垃圾從水面吸入。

二、第一代：單螺旋浮桶式的研製、實測與問題解決

(一)單螺旋浮桶式的設計與製作：

1.單螺旋主機設計與製作：

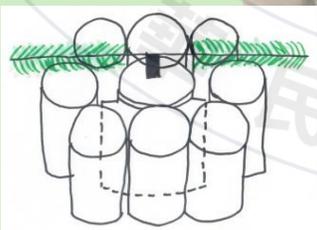
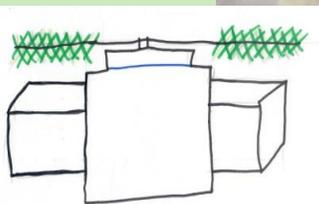


2.浮桶式收集器設計與製作：

雙桶式



八桶式



(二)單螺旋浮桶式的實測(1/2)：

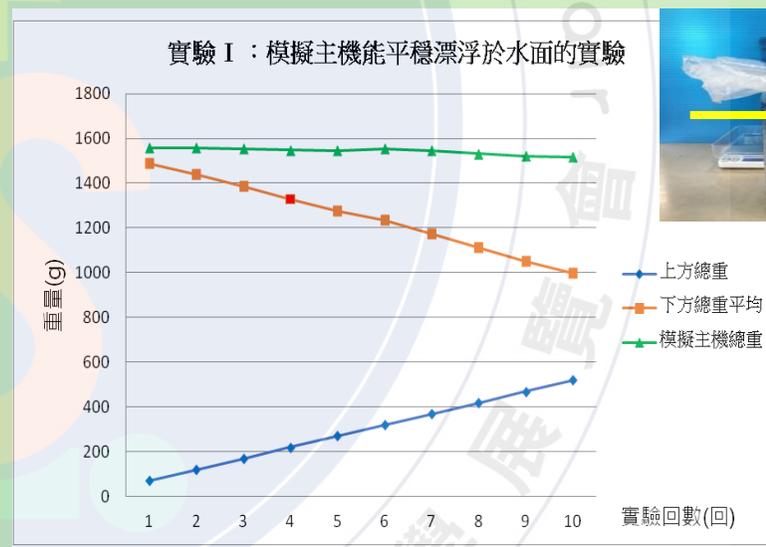
發生問題：主機下水後，立刻傾倒入水中。

1.研究浮力

阿基米德原理：物體在流體中所受的浮力，等於物體所排開流體重量。

2.實驗 I：模擬主機能平穩漂浮於水面的重量

測量在塑膠桶露出水面5cm 時桶內所需重量



測試結果：

- (1) 模擬主機的總重量在 1518~1558g 之間，平均總重為 1542g，原本測量所排開水的重量為 1528g，誤差只在 14g，由此印證了阿基米德原理。
- (2) 模擬主機總重大致維持一定，上蓋砝碼重量越重，下方砝碼的重量則越輕。

(二) 單螺旋浮桶式的實測(2/2)：

3. 實驗II：第一代主機能平穩漂浮於水面



4. 實驗III：單螺旋浮桶式漂浮水面的實驗

A. 主機 + 雙桶垃圾收集器：



實驗結果：(1) 啟動後整個機器劇烈搖晃，雙桶收集器進水。(2) 雙桶改為四桶可平穩漂浮，但浮力很大，砝碼共重3300g才能達到足夠的水深。

B. 模擬主機 + 雙桶垃圾收集器：



實驗結果：(1) 加入砝碼到模擬主機桶中，瞬間八桶與模擬主機桶分解。(2) 將砝碼平均分配到八桶中的四桶到足夠的水深時，總重為5200g。

(三) 單螺旋浮桶式的問題與解決方案：

問題

1. 浮力過大的問題：

主機與浮桶所受浮力大，須加入砝碼才能達到預計深度；但砝碼佔去空間，導致主機的馬達和電池沒有空間放置、收集垃圾的空間也變小。

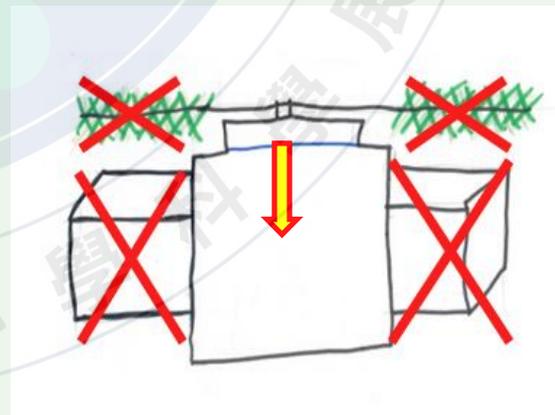
2. 浮桶進水的問題：

為使垃圾進入浮桶，浮桶僅露出水面2cm，但水會很容易進入浮桶中，導致沉沒。

解決方案

1. 為降低浮力的影響，降低桶身、不用浮桶。

2. 為解決浮桶進水的問題，決定捨棄浮桶式收集器，改用網子撈取垃圾。



三、第二代：單螺旋網撈式的研製、實測與問題解決

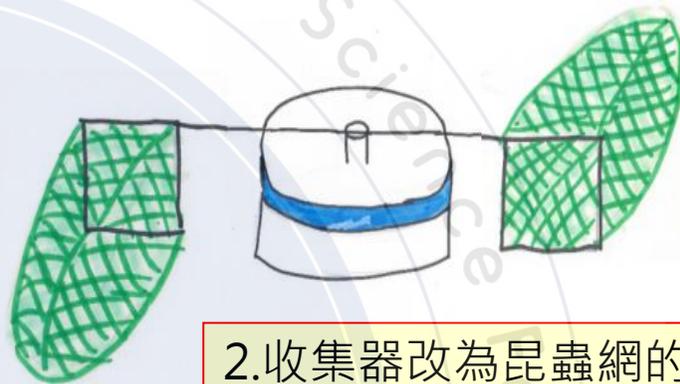
(一)單螺旋網撈式的設計與製作：

2.單螺旋網撈式設計與製作：

1.第二代收集器的型式與改良方法：

1.主機設備不變，但降低主機桶身高度。

	第一代的型式與問題	第二代的型式與改良方法
主機	<p>單螺旋</p> <p>主機桶身高(18cm)浮力大須加重量，導致馬達和電池沒有空間放置。</p>	<p>單螺旋</p> <p>主機的設備裝置不變，降低主機桶身高度(11cm)，以降低重心並減少浮力。</p>
垃圾收集器	<p>浮桶式</p> <p>1.浮力很大，須加重量，導致收集垃圾的空間變小。 2.水會進入浮桶導致沉沒。</p>	<p>網撈式</p> <p>捨棄浮桶式的收集方式，改為昆蟲網的網撈方式，螺旋旋轉時在水面將垃圾撈進網子裡。</p>

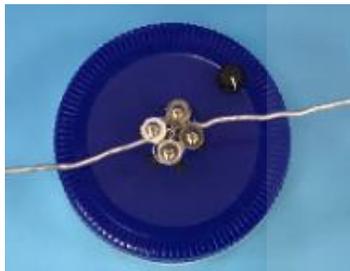
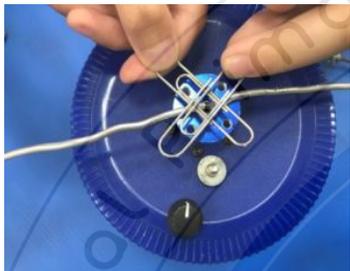


2.收集器改為昆蟲網的網撈方式。



(二) 單螺旋網撈式的實測與結果：

(三) 第二代：單螺旋網撈式的問題與解決方案

下水實測問題	調整方式與結果
 <p>1. 旋轉臂固定得不牢靠，會鬆脫。</p>	 <p>在鎖上螺絲前，先加上兩個大的迴紋針固定。</p> <p>結果：旋轉臂可以牢牢的被固定住不會鬆脫。</p>
 <p>2. 旋臂碰到調速旋鈕而變形。</p>	 <p>將直線旋臂彎折成U字形，並且將法蘭往上調。</p> <p>結果：調整後旋臂不會再碰到旋鈕而變形。</p>
 <p>3. 網撈沒有旋轉，而是主機的塑膠桶自轉。</p>	 <p>製作擋板黏在主機桶下方，方向與主機的旋轉方向相反。</p> <p>結果：沒有明顯減緩主機塑膠桶的自轉情形。</p>

問題分析：比較第一代與第二代的旋轉差異		
旋轉差異	第一代：單螺旋浮桶式 刷子順利旋轉 主機不會自轉	第二代：單螺旋網撈式 網撈無法旋轉 主機會自轉
原因分析	A. 刷子沒有碰觸到水沒有水的阻力。 B. 主機桶中有加入砝碼，重量重。	A. 網撈沉在水中，水的阻力較大。 B. 主機桶中沒有加砝碼，重量輕。
解決方案		
<p>改良方向：參考雙旋翼式直升機的設計，將單螺旋主機改為雙螺旋主機。</p>		
		<p>說明：橫列式雙旋翼式直升機上裝有兩副旋翼，通過傳動裝置使兩副旋翼彼此向相反方向轉動，空氣對其中一副旋翼的反作用力矩，正好為另一副旋翼的反作用力矩所平衡。 (AO飛行勇士曹文，2018)</p>

四、第三代：雙螺旋網撈式的研製、實測與問題解決

(一)雙螺旋網撈式的設計與製作：

2.雙螺旋主機設計及製作：

1.第三代收集器的型式與改良方法：

	第二代的型式與問題	第三代的型式與改良方法
主機	<p>單螺旋</p> <p>網撈在水中沒有旋轉，而是主機桶自轉。</p>	<p>雙螺旋</p> <p>將單螺旋改為雙螺旋，兩個螺旋旋轉方向相反，使其互相抵消自轉的力量。</p>
垃圾收集器	<p>網撈式</p> <p>(1)網撈在水中阻力過大，無法運轉。 (2)網框的鋁線材質過於柔軟容易變形。</p>	<p>網撈式</p> <p>(1)從網子的長短、網目大小進行全面的改造，減少網子在水中的阻力。 (2)網框的材質改為不易變形的粗鐵絲。</p>

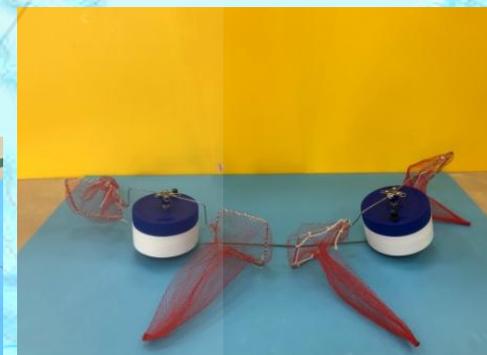
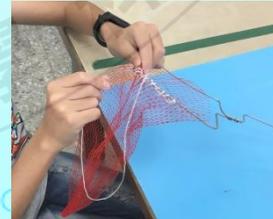


用粗鐵絲製作連接棒，連接兩個主機。

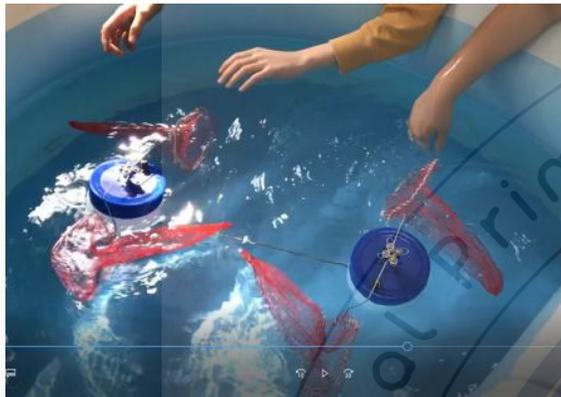


3.網撈式收集器的七大改造：目的在減少網子在水中的阻力及避免網框因碰觸而變形。

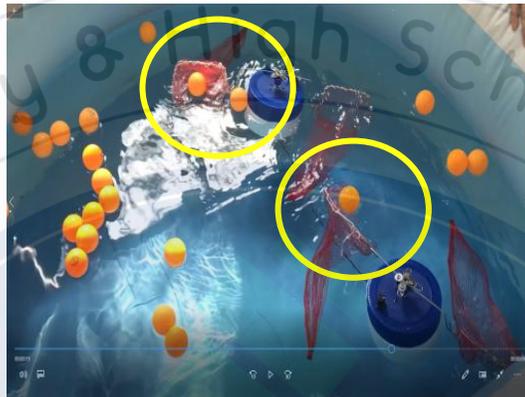
- (1)網目變大
- (2)網子長度改短
- (3)網框材質改為粗鐵絲
- (4)網框形狀改為方框
- (5)網框數量改為4個
- (6)網框大小改小
- (7)旋臂長短改短



(二) 第三代雙螺旋網撈式的實測與結果：



網撈成功旋轉，主機不會自轉



漂浮物停在網口進不去網內



用瓦楞板做成長形邊框，可順利收集到漂浮物。

(三) 漂浮物收集實驗：

1. 實驗方法：將網撈裝上三種不同長度的長形邊框，收集三種不同形狀的漂浮物。



尺寸：9*9*12



尺寸：9*9*9



尺寸：9*9*6



實驗A：球狀漂浮物
乒乓球(100顆)



實驗B：長管狀漂浮物
吸管(粗細各50支)



實驗C：片狀漂浮物
塑膠片(100片)

2. 實驗步驟：每種邊框收集每種漂浮物的實驗都重複做10次。



依序使用三種邊框



依序使用三種漂浮物



放入第三代收集器



漂浮物放於水池中央



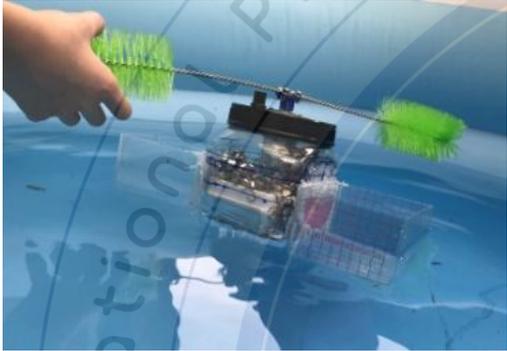
收集器運轉一分鐘



計算收集漂浮物數量

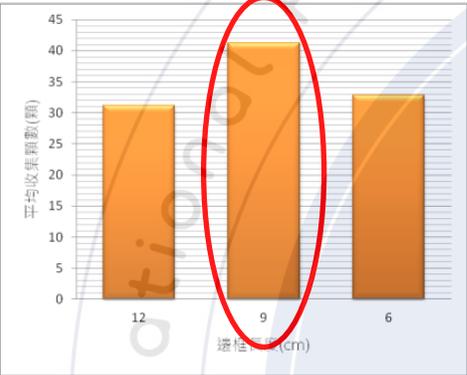
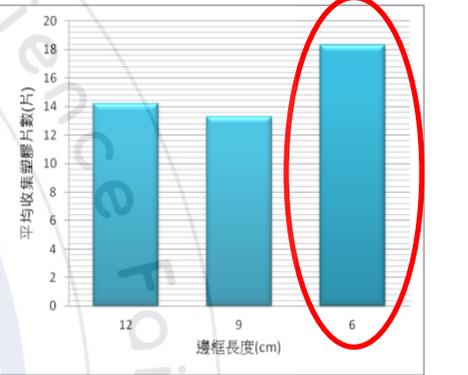
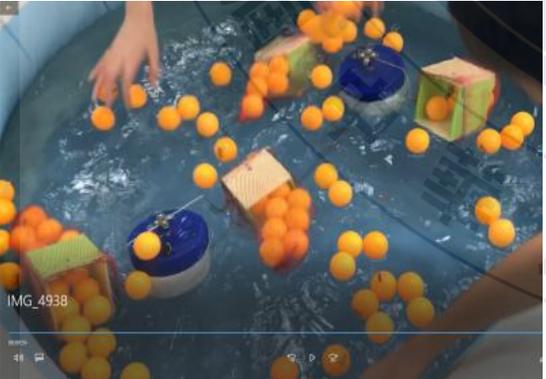
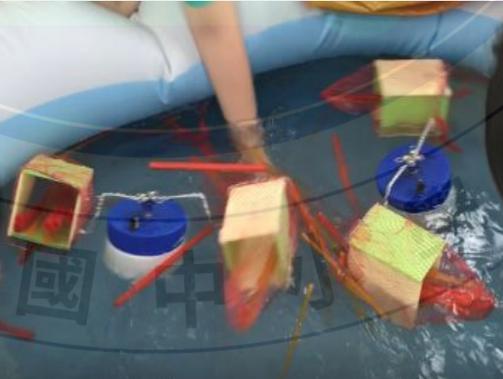
肆、實驗結果與討論：

一、第一代、第二代、第三代漂浮垃圾收集器的優缺點比較：

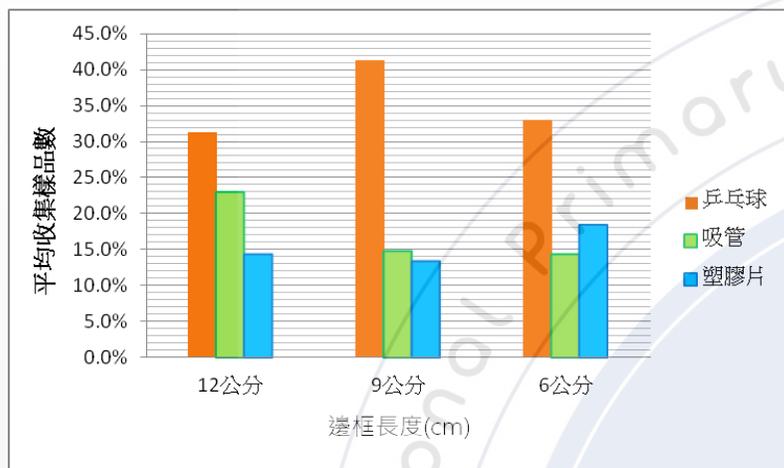
漂浮垃圾收集器	第一代：單螺旋浮桶式	第二代：單螺旋網撈式	第三代：雙螺旋網撈式
水中實測情形			
優點與缺點	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.螺旋可順利旋轉：為對抗浮力加入許多砝碼，機身重，使得螺旋可順利旋轉。 <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.浮力過大：主機的桶身高度較高，且以浮桶式收集垃圾。2.浮桶進水：浮桶會進水，造成整個機體沉沒。3.無法收集漂浮物。	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.浮力較小：主機桶身高度較低且捨棄浮桶式收集器，能減少所受浮力。 <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.阻力過大：網撈過長、網目過小。2.主機自轉：水的阻力大且機體過輕，造成螺旋不動、單螺旋主機自轉。3.無法收集漂浮物。	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.阻力較小：網撈的網目較大、長度短。2.螺旋可順利旋轉：雙主機的運轉方向相反可抵消彼此自轉的力量。3.可順利收集漂浮物：用長形邊框幫助網袋撐開。4.網撈數量多：有四個網撈可收集較多漂浮垃圾。

二、漂浮物收集實驗中，漂浮物收集成效的比較與討論：

1.同一種漂浮物在不同長度的邊框之收集成效比較與討論：

實驗	實驗 A	實驗 B	實驗 C																								
漂浮物	球狀漂浮物—乒乓球	長管狀漂浮物—吸管	片狀漂浮物—塑膠																								
實驗結果	 <table border="1"> <caption>實驗 A 數據表</caption> <thead> <tr> <th>邊框長度 (cm)</th> <th>平均收集效率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>~31.2</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>41.2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>~32.8</td> </tr> </tbody> </table>	邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)	12	~31.2	9	41.2	6	~32.8	 <table border="1"> <caption>實驗 B 數據表</caption> <thead> <tr> <th>邊框長度 (cm)</th> <th>平均收集效率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>22.8</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>~14.8</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>~13.8</td> </tr> </tbody> </table>	邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)	12	22.8	9	~14.8	6	~13.8	 <table border="1"> <caption>實驗 C 數據表</caption> <thead> <tr> <th>邊框長度 (cm)</th> <th>平均收集效率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>~14.8</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>~13.8</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>18.3</td> </tr> </tbody> </table>	邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)	12	~14.8	9	~13.8	6	18.3
邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)																										
12	~31.2																										
9	41.2																										
6	~32.8																										
邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)																										
12	22.8																										
9	~14.8																										
6	~13.8																										
邊框長度 (cm)	平均收集效率 (%)																										
12	~14.8																										
9	~13.8																										
6	18.3																										
收集成效最佳	<p>(1)邊框長度：9 cm (2)平均收集成效：41.2% (3)收集情形：9 cm的邊框長度適中，網子後段撐得夠開，能容納的乒乓球的球數最多，所以收集成效最佳。</p>	<p>(1)邊框長度：12 cm (2)平均收集成效：22.8% (3)收集情形：12 cm的邊框，從邊框到網子後段都撐得夠開，吸管容易進入，較少再流出，所以收集成效最佳。</p>	<p>(1)邊框長度：6 cm (2)平均收集成效：18.3% (3)收集情形：6 cm的邊框較短，塑膠片進入網框後很快就碰到水於是順著水流進入網子內，所以收集成效最佳。</p>																								
收集情形																											

2. 同一種長度的長形邊框下，不同形狀的漂浮物之收集成效比較：

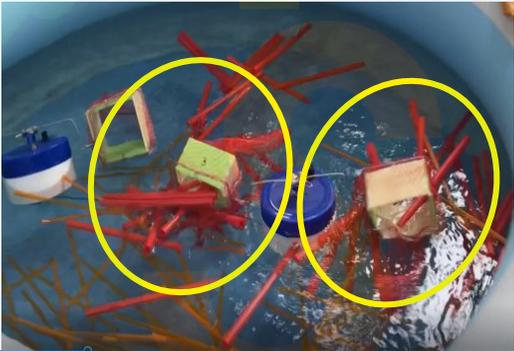
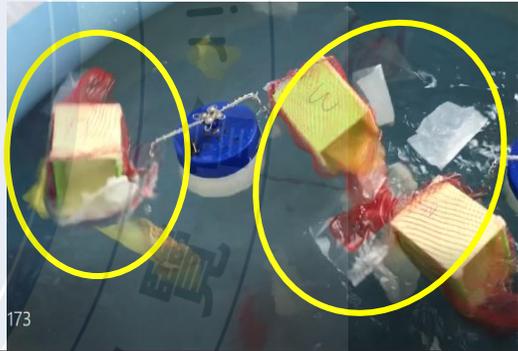


1. 不論是12cm、9cm或6cm，每一種長度收集成效最佳的都是**乒乓球**。

2. 乒乓球的平均收集成效在31.2% ~ 41.2%之間，較吸管和塑膠片高出許多，在8.4%~24.9%之間。

3. 吸管在12cm和9cm的收集成效略高於塑膠片。

4. 實際收集情形描述如下：

1. 球狀漂浮物—乒乓球	2. 長管狀漂浮物—吸管	3. 片狀漂浮物—塑膠片
		
<p>(1) 乒乓球的直徑(4cm)比網框(9cm)小，容易進入網內。</p> <p>(2) 乒乓球的球體形體不易被卡住。</p> <p>所以乒乓球的收集成效高出吸管和塑膠片許多。</p>	<p>(1) 吸管的長度(20cm)比網框(9cm)長許多，在網口處打橫不易進入網內。</p> <p>(2) 許多吸管進入網框後，碰到邊框再從開口流出。</p> <p>(3) 少量吸管穿過網子的洞從後方流出。</p> <p>故吸管的收集成效較乒乓球差</p>	<p>(1) 塑膠片的邊長(12cm)較網口(9cm)大，不易進入網內。</p> <p>(2) 塑膠片容易彼此緊貼聚集成更大的漂浮垃圾。</p> <p>(3) 塑膠片容易貼在邊框上而不易進入網內。</p> <p>故塑膠片的收集成效較乒乓球和吸管差。</p>

三、根據實驗結果，第三代：雙螺旋網撈式漂浮垃圾收集器未來的改良方向：

1.主機的型式	2.網撈式收集器	3.實驗裝置
可將雙主機改為三主機或四主機，增加網撈的數量，以提高漂浮物收集成效。	(1)網框加大—比實際漂浮物大。 (2)改變網袋材質—選用不會收縮、會自然撐開的材質。	漂浮物收集實驗時，游泳池內加沉水馬達來造浪，模擬海洋的波浪起伏。

伍、結論

一、漂浮垃圾收集器的研製與實測

第一代：單螺旋浮桶式
主機可旋轉，但浮力過大，浮桶會進水。

第二代：單螺旋網撈式
改為網撈式收集器，減少浮力，但水的阻力過大，導致網撈不轉、主機自轉。

第三代：雙螺旋網撈式
改為雙螺旋主機及改變網撈的材質與型式，並加裝長形邊框，終於順利收集到漂浮物。

二、不同長度的長形邊框對不同形狀漂浮物的收集成效

(一)同一種漂浮物在不同長度的邊框之收集成效：

1.球狀漂浮物—乒乓球
長度 9 cm 的收集成效最好，平均收集成效達41.2%。

2.長管狀漂浮物—吸管
長度 12 cm 的收集成效最好，平均收集成效為22.8%。

3.片狀漂浮物—塑膠
長度 6 cm 的收集成效最好，平均收集成效為18.3%。

(二)同一種長度的長形邊框下，不同形狀的漂浮物之收集成效

不論是12cm、9cm或6cm，每一種長度收集成效最佳的都是**乒乓球**，平均收集成效在31.2%~41.2%之間，較吸管、塑膠片的平均收集成效高了8.4%~24.9%之間。