

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081523

勇闖海龍宮—環保型波力發電潛水艇的探討

學校名稱： 臺北縣永和市秀朗國民小學

作者： 小五 王鈺涵 小五 林宇亮 小五 范宇碩 小五 黃子馨 小五 宋柏賢 小五 陸靖	指導老師： 蘇秀麗、 楊怡靜
--	-------------------

關 鍵 詞：替代能源、波力發電、反作用力

勇闖海龍宮~~環保型波力發電潛水艇的探討

壹、摘要

台灣是一個海島，海洋資源豐富，尤其波浪是海上力士，蘊藏著巨大的能量，因為能源即將短缺，所以我們要尋找替代能源以應能源危機。波力發電是一種新型的海洋資源，雖然還有很多難題，但我們還是努力的去試驗與探討。

我們利用伯努利原理與應用牛頓第三運動定律作用力與反作用力，模擬波浪上下起伏推動閘門，噴出高速氣流推動渦輪機，帶動發電機發電的神奇波力。於是共同設計製作簡易潛水艇渦輪發電機，在上浮下潛或陸地上測試流體的速度產生的氣流能否推動渦輪發電讓燈亮起來，並以電纜線送電至遠方以提供海洋上的船隻在大自然的環境中得到適當的能源。

貳、研究動機

隨著國際原油價格不斷的提高以及「京都議定書」在 2005 年 2 月 16 日正式實施後，溫室氣體減量勢在必行，而各國對於永續再生能源發展日益重視，正好上自然課康軒版第三冊第四單元「運輸工具與能源」的時候，老師也要我們想出對策來，如何節約能源，那些能源可以用來發電，經過我們的討論，認為海洋能的波力發電可產生潔淨的能源，可提供給人類乾淨舒適的生存環境，所以就以它為研究主題。希望能製作出既環保又可用波力發電的潛水艇，以解決目前海上交通工具所需要耗費的大量能源。

參、研究目的

- 一、自製比重計瞭解海水的比重
- 二、瞭解固體在海水中的浮力和密度
- 三、瞭解渦輪的葉扇數、角度與發電機的關係
- 四、懂得利用人工海浪與游泳池、水槽實驗發電強弱
- 五、瞭解噴氣渦輪發電機與伯努利原理的關係
- 六、瞭解因高速氣流產生反作用力的定律

肆、研究問題

- 一、如何自製比重計瞭解海水和淡水的比重？
- 二、比較各種固體在海水中的浮力和密度？
- 三、渦輪葉扇的多寡會影響發電嗎？
- 四、那一種渦輪葉扇角度的發電照明度最強？
- 五、如何製造人工海浪使渦輪發電機發電？
- 六、潛水艇在海水和淡水中其空氣和水的比例與浮沉的關係？

- 七、如何製作環保型波力發電潛水艇？
- 八、不同流體操作環保型波力發電潛水艇能發電嗎？
- 九、潛水艇潛在水槽中，空氣、水、物體的關係如何？

伍、研究設備與器材

自製比重計、標準比重計、海水、水族箱、寶特瓶、各一立方公分的紅蘿蔔、熱熔膠、蠟、木頭、積木、肥皂、磁磚、石膏、塑鋼土、橡皮擦、黏土，玩偶、發電機、塑膠布、烙鐵、錫、水桶、注射筒、迷你風力機、測光儀、量筒、天秤、安培計、發光二極體電燈泡、電壓計、錢幣、噴嘴、打氣筒、吸管、美崙公園人工海浪、學校游泳池、洗手台水槽、漏斗、粗鹽、尺、螺帽、木板、鐵絲、磁鐵、防水漆、發射台閘門、粗細鐵絲、扣環、U型白鐵管束、圓型白鐵管束。

陸、研究過程

問題一、如何自製比重計瞭解海水和淡水的比重？

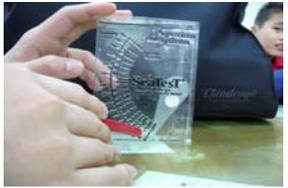
方法〈一〉自製比重計

- 1、取 500 毫升的食鹽水（10g 鹽）、海水、淡水，同時放入三個相同陶製小玩偶。
- 2、觀察陶製小玩偶在食鹽水、海水、淡水中浮沉現象。

方法〈二〉標準比重計

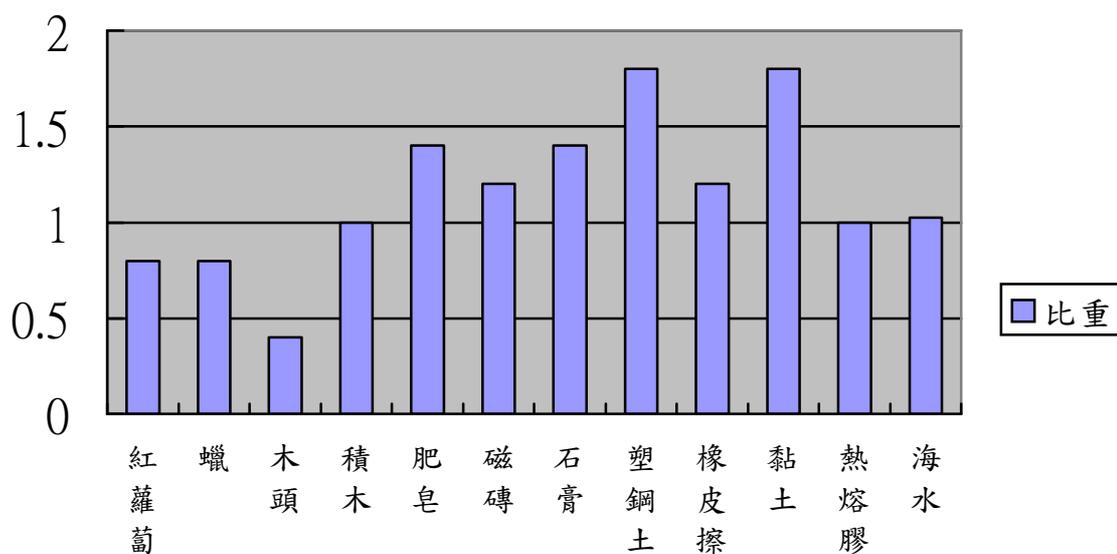
- 1、取海水 50 毫升注入比重計中確定海水比重為 1.025。
- 2、先把紅蘿蔔、熱熔膠、蠟、木頭、積木、肥皂、磁磚、石膏、塑鋼土、橡皮擦、黏土，各切成一立方公分。
- 3、再用天秤測量物體的質量，放入十一個各 500 毫升有海水的量杯。
- 4、算出密度和海水的比重，觀察是沉體還是浮體。

照片一~1 海水比重與淡水比重

		
測海水比重是 1.025	測出淡水比重是 1	用心測量物體的質量

表一-1 一立方公分物體在海水中的比重（海水比重 1.025）

項目	物體的質量 (g)	比重	浮或沉
紅蘿蔔	0.8	$0.8 < 1.025$	浮
蠟	0.8	$0.8 < 1.025$	浮
木頭	0.4	$0.4 < 1.025$	浮
積木	1.0	$1.0 < 1.025$	浮
肥皂	1.4	$1.4 > 1.025$	沉
磁磚	1.2	$1.2 > 1.025$	沉
石膏	1.4	$1.4 > 1.025$	沉
塑鋼土	1.8	$1.8 > 1.025$	沉
橡皮擦	1.2	$1.2 > 1.025$	沉
黏土	1.8	$1.8 > 1.025$	沉
熱熔膠	1.0	$1.0 < 1.025$	浮



圖一~1各種物體和海水比重的關係

結果分析：

做這個實驗目的是要瞭解海水和淡水的比重，淡水是 1，海水是 1.025，若食鹽水加入越多的鹽比重就越多。紅蘿蔔、蠟、木頭、積木、塑膠的比重等於或小於 1，肥皂、磁磚、石膏、塑鋼土、橡皮擦、黏土、的比重大於 1。

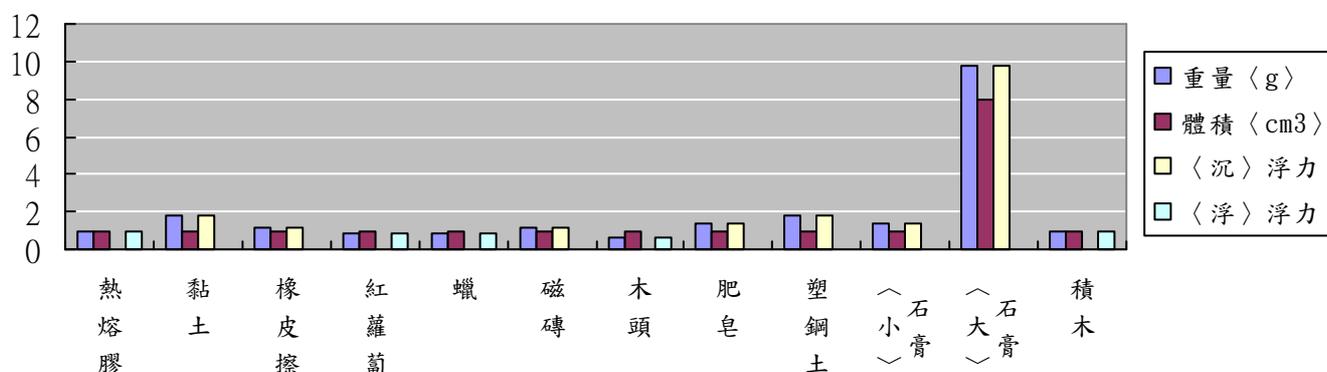
問題二、比較各種固體在海水中的浮力和密度？

方法〈一〉浮力和密度的關係

- 1、把帶來的物體切成一立方公分正方體。
- 2、拿天平測量物體重量。
- 3、把物體放入水中，觀察它是沉還是浮並算出沉體浮力與浮體浮力。

表二-1 固體在海水中的浮力和密度

物體	熱熔膠	黏土	橡皮擦	紅蘿蔔	蠟	磁磚	木頭	肥皂 〈每次減 200mg〉	塑鋼土	石膏		積木
重量 g	1	1.8	1.2	0.8	0.8	1.2	0.6	1.4	1.8	小 1.4	大 9.8	1
體積 cm ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1
〈沉〉 浮力	/	1.8	1.2	/	/	1.2	/	1.4	1.8	1.4	9.8	/
〈浮〉 浮力	1	/	/	0.8	0.8	/	0.6	/	/	/	/	1



圖二~1 各種一立方公分物體的密度與浮力

結果分析：

根據沉體浮力等於物體體積乘以液體的密度，所以沉入海水中的物體如黏土、橡皮擦、磁磚、塑鋼土、肥皂、石膏有多少重量就有多少浮力。

浮體浮力等於物體重量也等於海面下的物體體積乘以液體的密度，所以浮在海面上的物體如熱熔膠、紅蘿蔔、蠟、積木其重量都小於1。

問題三、渦輪葉扇的多寡會影響發電嗎？

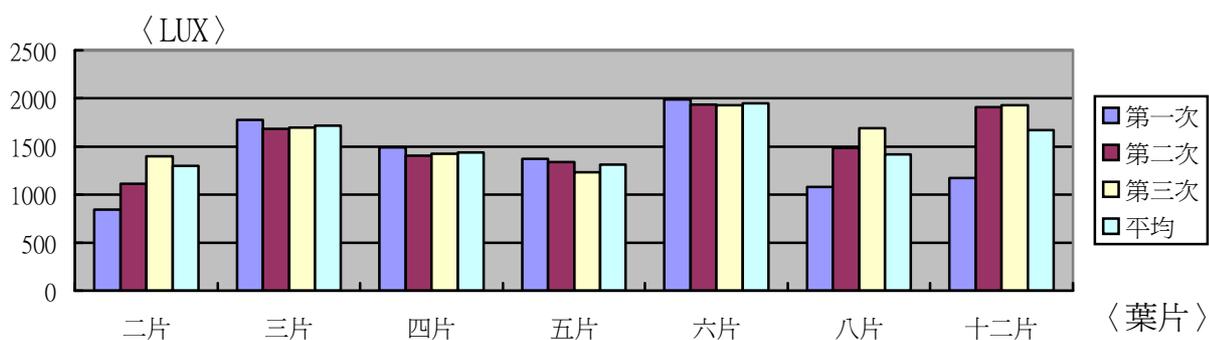
方法〈一〉固定水龍頭水柱的位置與水的沖力，測試渦輪葉扇發電的強與弱。

- 1、找回收的寶特瓶製作成 2、3、4、5、6、8、12 片的葉扇。
- 2、將發光二級體的電燈泡銲接在發電機上。
- 3、把發電機上的渦輪裝置在潛水艇上。
- 4、打開水龍頭，將葉扇與水固定成 90 度。
- 5、用測光儀測試發光二極體燈泡的照明度。
- 6、測一次 30 秒，每測一次都取最高數值，連測三次，再取它的平均值。
- 7、平均數值裡去比較哪一個葉扇的照明度最高。

表三-1

在〈30〉秒鐘葉片轉動產生的照明度。

次數 照明度 葉片	第一次 LUX	第二次 LUX	第三次 LUX	平均數 LUX
二片	845	1116	1400	1303
三片	1775	1682	1700	1719
四片	1493	1404	1426	1441
五片	1375	1339	1234	1316
六片	1988	1937	1932	1952
八片	1084	1485	1692	1420
十二片	1176	1907	1930	1671



圖三-1 各種不同葉扇在三十秒內轉動產生的照明度

結果分析：

做完實驗後，我們發現六片葉扇轉動所產生的照明度最高、發電力最強。

問題四、那一種渦輪葉扇角度的發電照明度最強？

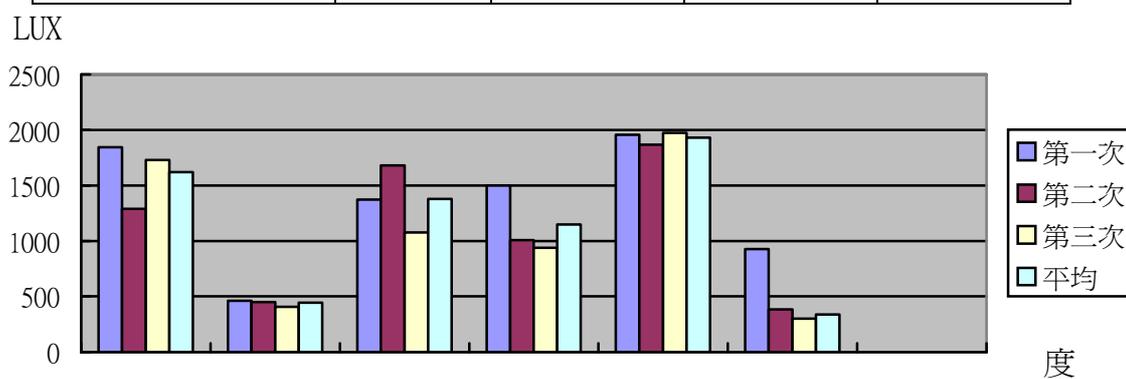
方法〈一〉如前題結果，再以不同角度的渦輪葉扇實驗。

- 1、找回的寶特瓶製作成六片的渦輪葉扇。
- 2、把渦輪葉扇用鉗子壓出葉片與桌面夾角各 0、30、60、70、80、90 度。
- 3、將發光二極體的電燈泡銲接在發電機上。
- 4、把發電機上的各種角度渦輪裝置在潛水艇後方。
- 5、把潛水艇的發電機渦輪放在水族箱的固定位置上
- 6、打開水龍頭，把水桶放置在排水管下，以便回收使用，再將渦輪與水成 90 度沖擊葉扇。
- 7、用測光儀測試發光二極體燈泡的照明度。
- 8、測一次 30 秒，每測一次都取最高數值，連測三次，再取它的平均值。

表四-1

在〈30〉秒鐘葉片轉動產生的照明度。

葉扇角度	次數			平均數 LUX
	第一次 LUX	第二次 LUX	第三次 LUX	
0 度	1843	1290	1731	1621
30 度	1203	1345	1211	1253
60 度	1371	1681	1078	1377
70 度	1500	1009	938	1149
80 度	1955	1866	1973	1931
90 度	1854	1734	1843	1810



圖四-1 渦輪葉扇角度的發電照明度比較

結果分析：

我們發現與桌面夾角 80 度的六片葉扇轉動所產生的照明度最高電力最強。

問題五、如何製造人工海浪使渦輪發電機發電？

方法〈一〉用水族箱和塑膠布製造人工波浪。

- 1、討論製造人工海浪的方法：準備裝水五分滿的魚缸和塑膠布。
- 2、用塑膠布鋪在水族箱的正下方，2人拉住塑膠布震動產生人工海浪。
- 3、震動越大，人工海浪越大。

方法〈二〉利用小型的抽水機製造人工波浪。

- 1、準備裝水的水族箱
- 2、放插電型抽水機至水族箱，調整抽水機和人工波浪的適當角度
- 3、裝有發光二極體燈泡的發電機（渦輪葉扇）讓波浪沖擊
- 4、用測光儀測試發光二極體燈泡的照明度

方法〈三〉利用台北市美崙公園的手搖渦輪製造人工波浪。

- 1、用手力轉動渦輪，每分鐘轉 20 下，再測試波浪的高度。
- 2、在岸邊用布尺量每一公尺，用顏色膠帶做記號。
- 3、觀察後浪推前浪，前浪速度每分鐘流至幾公尺。
- 4、把第一代潛水艇放到最高浪前方，觀察發光二極體燈是否發亮。

照片五-1 時間：2006.02.07 地點：台北市美崙公園

		
用手力轉動渦輪，每分鐘轉 20 下	在人工海浪下做第一代潛水艇發電實驗	放到最高浪前方，觀察發光二極體燈是否發亮。

結果分析：

- 1、用水族箱和塑膠布製造人工波浪效果差，比較不穩定。
- 2、用抽水機製作的人工海浪，可以使葉扇轉動並產生電力。
- 3、台北市美崙公園的手搖渦輪製造人工波浪讓潛水艇行進不穩定無法利用。

問題六、潛水艇海水和淡水中空氣和水的比例與浮沉的關係？

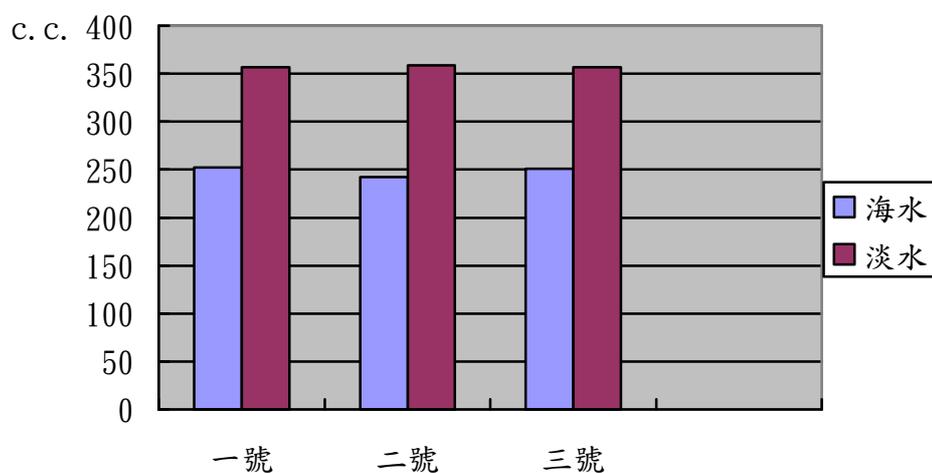
方法〈一〉用注射筒打氣，測試要打多少空氣，潛水艇才會浮到水面上。

- 1、兩個水族箱內裝淡水和海水各 2000 毫升。
- 2、寶特瓶裝滿水放入水族箱中，用注射筒打氣，記錄要打多少氣體，潛水艇才會浮到水面上。
- 3、寶特瓶放在水面上，用注射筒抽水，記錄要抽多少水，潛水艇才會沉到水底。

表六-1

滿水的潛水艇在海水和淡水中打多少空氣才會浮上來（注射筒打氣）

代號 次數	海水			淡水		
	一號	二號	三號	一號	二號	三號
第一次	250	245	251	356	360	360
第二次	256	240	252	360	357	360
第三次	250	241	250	355	359	350
平均	252	242	251	357	359	357



圖六-1浮出海水及淡水空氣的比較

結果分析：

裝滿 400c.c. 水的潛水艇潛在 2000c.c. 海水中只要打氣到 248c.c. 的空氣就可以浮出水面，而在淡水中就要打氣到 358c.c. 才能浮上水面，可見海水浮力大。

問題七、如何製作環保型波力發電潛水艇並使其產生電力？

方法〈一〉先製作渦輪發電機到和美國小海邊測試（95.1.1）

- 1、發光二極體電燈泡銲接在簡易型發電機上
- 2、特瓶切成一半，留下瓶口部分，剪成各種造型的葉扇
- 3、葉扇裝在發電機的齒輪軸軸心上，用一條釣魚線繫住
- 4、渦輪發電機投入大海的波浪中，測試發光二極體電燈泡是否會在波浪的上下起伏中發亮。

照片七~1 時間：95.1.1 地點：和美國小海邊

		
到東北角龍洞灣的海邊實測	組員趴著實驗渦輪發電機	組員取海水回去實驗

方法〈二〉製作第一代潛水艇到美崙公園利用人工海浪（95.2.7）

- 1、作第一代潛水艇，取 360 毫升的寶特瓶，前、後各挖一小孔，作為海水的進出孔
- 2、熱熔膠把錢幣黏在寶特瓶底部的中央，做為穩固艇身的功用
- 3、整錢幣數量位置，使它保持平衡
- 4、寶特瓶上端另挖兩小孔，插上塑膠管，接上注射筒、迷你風力機
- 5、特瓶前後裝上有渦輪及發光二極體燈泡的發電機
- 6、第一代潛水艇放在美崙公園的人工波浪上，並在岸邊測量，每隔一公尺做一個記號
- 7、塑膠閘門架在水中，讓水推動水流，觀察潛水艇的渦輪是否讓發光二極體燈泡亮起來。

照片七-2 時間：95.2.7 地點：台北市美崙公園

		
用力壓讓水柱帶動渦輪轉動	量量看人工波浪有多長	以注射筒控制潛水艇的浮沉

方法〈三〉製作第二代潛水艇到秀朗國小游泳池測試（95.2.26）

- 1、第二代潛水艇（都是六、四葉扇的渦輪），準備 600 毫升的寶特瓶 6 個（六葉扇一組，四葉扇一組，各三個）。
- 2、每個寶特瓶外殼每隔 5 公分套上圓型白鐵管束，共 2 個。
- 3、機用瞬間膠和熱熔膠焊上 U 型白鐵管束，接在各個寶特瓶的底部、右側、下側。
- 4、型白鐵管束上接上等長的鐵絲環。
- 5、用水火箭的發射臺製作成木板閘門，並在鐵絲及所有器材塗上防水漆。
- 6、10 公尺的鐵絲纜線在發射臺的起點和終點上。
- 7、種裝在不同位置的渦輪發電機潛水艇接在起點閘門的噴嘴上。
- 8、把潛水艇裝水 100c.c., 200c.c., 300c.c., 400c.c.。
- 9、氣筒打氣至 90 Lb/in²，發射讓渦輪發電機潛水艇吊在纜線上前進。
- 10、一種渦輪發電機潛水艇前進的速度和發電的情況。

照片七-3 製作渦輪發電機及閘門噴氣孔



表七-1 六葉扇（長方形）在水中行進的情況

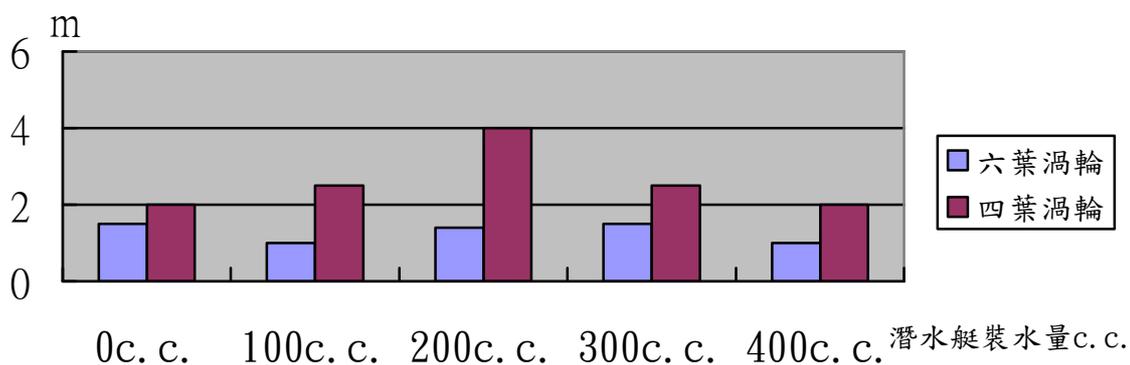
距離 位置 m	水量					燈亮 與否
	0c.c.	100c.c.	200c.c.	300c.c.	400c.c.	
渦輪在前	1	7	10	8	5	×
渦輪在側 （單側）	1.5	1	1.4	1.5	1	v
渦輪在下	0.7	0.9	0.8	0.7	0.6	×

表七-2 四葉扇（長方形）在水中行進的情況

距離 位置 水量 m	0c.c.	100c.c.	200c.c.	300c.c.	400c.c.	燈亮 與否
渦輪在前	1	8	10	8.5	5.5	x
渦輪在側 (單側)	2	2.5	4	2.5	2	v
渦輪在下	0.9	1	1.8	1.7	1.6	x

表七-3 葉扇渦輪在單側（長方形）在陸地上行進的情況

距離 種類 水量 m	0c.c.	100c.c.	200c.c.	300c.c.	400c.c.	燈亮與否
六扇	10	10	10	8	5	v
四扇	10	10	10	8.5	6	v



圖七~1 六葉與四葉渦輪在側在水中前進距離

結果分析：

第二代潛水艇在水中所推動的渦輪產生電力，以加水 200c.c. 長方形四葉扇渦輪在側邊的燈最亮，所以第三代潛水艇將以四葉扇渦輪裝置在潛水艇兩側。

問題八、不同流體中操作環保型波力發電潛水艇能發電嗎？

方法〈一〉液體注入第三代潛水艇控制在纜線並讓它浮出游泳池水面測試。

- 1、作四葉扇的渦輪兩組以便替換。
- 2、造潛水艇成爲雙側的渦輪，潛水艇裝水從 0~400 cc.。
- 3、加製作潛水艇梭形前端，潛水艇底部裝滑板以減阻力。
- 4、線上平行雙勾，木板閘門（噴氣發射臺）在岸上打氣進潛水艇。

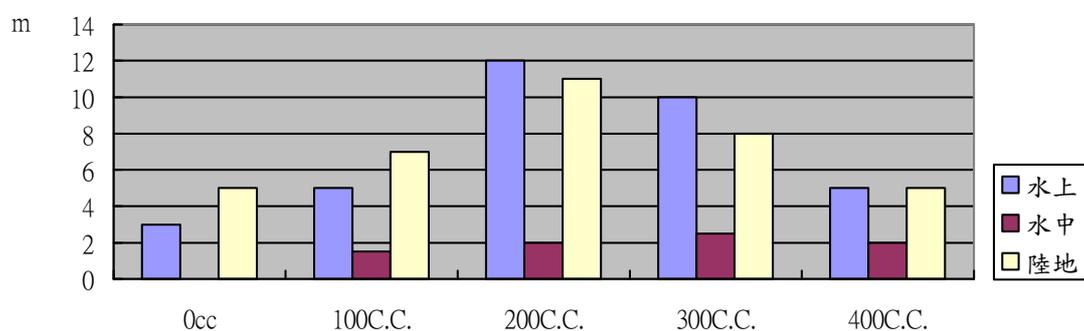
方法〈二〉固體放進第三代潛水艇控制在纜線讓它沉入游泳池裡測試。

- 1、水壓的關係要改變空氣艙（潛水艇）內容物爲固體。
- 2、水艇不裝水改裝 200 克磁鐵。
- 3、閘門（噴氣發射臺）在岸上打氣到潛水艇裡。

方法〈三〉將水注入第三代潛水艇不用纜線直射測試。

表八-1 兩側有渦輪發電機於不同流體行進的距離與發電亮燈

距離位置	水量	0c.c.	100c.c.	200c.c.	300c.c.	400c.c.	燈亮與否
水上	m	3	5	12	10	5	v
水中	m	0	1.5	2	2.5	2	x
陸地	m	5	7	11	8	5	v



圖八~1 不同流體行進距離

結果分析：

潛水艇的雙側都有渦輪，在水上噴出的距離比單側渦輪遠，也能發電讓燈亮起來，而水中因浮力大，所以潛水艇要放入固體才可打氣進去並沉入水中，但噴出距離短，也看不清楚燈泡是否發亮，在陸地上實驗在五公尺左右就可以發亮。

問題九、潛水艇潛在水槽中，空氣、水、物體的關係如何？

方法〈一〉不同量的液體、氣體、固體置入第四代潛水艇（600c.c.）控制在纜線並讓它潛入 15 公分水槽中測試。

- 1、發光二極體燈泡焊接在簡易發電機導電板上。
- 2、製作四葉扇的渦輪三組分別裝在潛水艇圓型白鐵管束的左、右側、頂端，潛水艇裝水 150c.c.、300c.c.、400c.c.。
- 3、繼續加入螺帽 4、5、6、7、8、9、10 個。
- 4、潛水艇掛在纜線上，在木板閘門（噴氣發射臺）後方打氣，讓潛水艇充滿空氣，再潛進水槽中，準備發射。
- 5、測量噴射出去以後的距離與觀察發光二極體燈泡是否發亮。

表九-1 裝水 150c.c.於 600c.c.的潛水艇

距離 項目	螺帽 4	5	6	7	8	9	10
噴出距離	60c.m.	100c.m.	54c.m.	101c.m.	160c.m.	80c.m.	100c.m.
燈亮與否	v	v	v	v	v	v	v

表九-2 裝水 300c.c.於 600c.c.的潛水艇

距離 項目	螺帽 4	5	6	7	8	9	10
噴出距離	205c.m.	160c.m.	170c.m.	170c.m.	238c.m.	186c.m.	188c.m.
燈亮與否	v	v	v	v	v	v	v

表九-3 裝水 400c.c.於 600c.c.的潛水艇

距離 項目	螺帽 4	5	6	7	8	9	10
噴出距離	132c.m.	188c.m.	160c.m.	150c.m.	320c.m.	180c.m.	160c.m.
燈亮與否	v	v	v	v	v	v	v

方法〈二〉不同量的液體、固體注入第五代潛水艇（330c.c.）控制在纜線並讓它潛入水中測試。

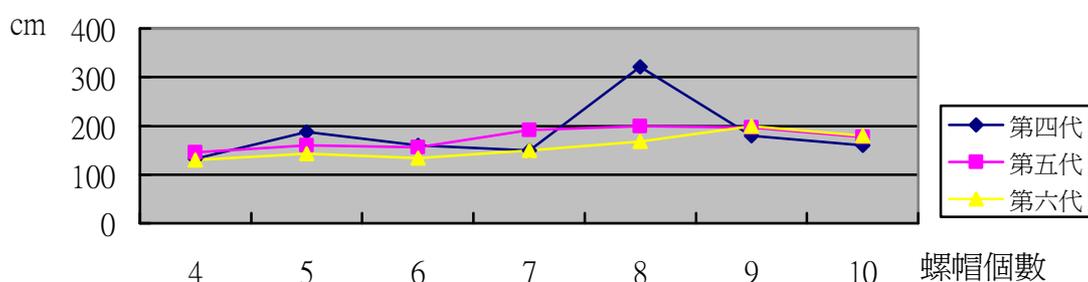
表九-4 裝水 100c.c.330c.c.的潛水艇

距離 螺帽 m	4	5	6	7	8	9	10
噴出距離	146c.m.	160c.m.	156c.m.	192c.m.	200c.m.	197c.m.	177c.m.
燈亮與否	v	v	v	v	v	v	v

方法〈三〉不同量的液體、固體注入第六代潛水艇（1000c.c.）控制在纜線並讓它潛入水中測試。

表九-5 裝水 200c.c.1000c.c.的潛水艇

距離 螺帽 m	4	5	6	7	8	9	10
下沉高度	15c.m						
噴出距離	130c.m.	143c.m.	134c.m.	150c.m.	168c.m.	200c.m.	180c.m.
燈亮與否	v	v	v	v	v	v	v



圖九-1第四、五、六代潛入水槽中的距離

結果分析：

潛在水槽深度都在 15c.m 下第四代 600c.c.的潛水艇各裝水 150c.c.、300c.c.、400c.c，第五代 330c.c.的潛水艇注入 100c.c 的水，第六代 1000c.c.的潛水艇注入 200c.c.時的水內裝 8 個或 9 個螺帽潛進水槽中的速度最快並最遠，而三個渦輪發電機全部亮燈。

柒、研究結果

- 一、海浪上下起伏威力有多強？它能發揮電力的功能嗎？所以我們到東北角龍洞灣海邊勘察，瞭解海水和淡水的比重到底一不一樣，取回海水六公升，經過自製比重計和標準比重計實測得知淡水是 1，海水是 1.025，若食鹽水加入越多的鹽比重就越多。紅蘿蔔、蠟、木頭、積木、熱熔膠製作的比重計等於或小於 1，肥皂、磁磚、石膏、塑鋼土、橡皮擦、黏土、製作的比重大於 1。
- 二、爲了要選擇實驗器材讓模型較能適用於海水中，製作十一種一立方公分的物體並算出沉體浮力〈等於物體體積乘以液體的密度〉，所以沉入海水中的物體如黏土、橡皮擦、磁磚、塑鋼土、肥皂、石膏有多少重量就有多少浮力。又算出浮體浮力〈等於海面下的物體體積乘以液體的密度〉，所以浮在海面上的物體如熱熔膠膠、紅蘿蔔、蠟、積木、木頭其重量都小於 1。
- 三、自製焊接簡易發電機及發光二極體燈於導電板上，轉動齒輪讓燈亮起來。齒輪軸心各接 2、3、4、5、6、8、12 片的葉扇，東北角龍洞灣和美國小海邊實驗，但因不懂海浪衝擊力那麼強，簡易發電機綁在釣魚線上仍然被浪衝走，於是改用硬度高的寶特瓶製作成渦輪葉扇，在走廊水龍頭下實驗計二十一次並用測光儀測出其照明度，水龍頭下有水桶回收再使用，終於發現六片渦輪葉扇轉動所產生的照明度最高、發電力最強。
- 四、渦輪葉扇量角度的方法〈渦輪葉扇全張開面平貼桌面角度爲 0° ，越縮離桌面角度越大〉，在水龍頭下實驗二十四次用測光儀測出其照明度，結果與桌面夾角 80° 的六片葉扇轉動所產生的照明度最高電力最強。
- 五、自製人工海浪，（一）以水族箱和塑膠布，經試驗幾次發現塑膠布無法撐住水的重量常溢出來，效果差不穩定。（二）以抽水機馬達，雖可以使葉扇轉動並產生電力，但要調整適當位置不穩定。（三）以台北市美崙公園的手搖渦輪人工波浪，並帶去第一代發電潛水艇實地操作，組員輪流用手搖一分鐘二十下，很辛苦實驗也不穩定。（四）以學校游泳池的實驗較安全，但因水壓大不易觀察。（五）最後實驗部份選在學校水龍頭洗手水槽。
- 六、潛在海水中的潛水艇，要如何讓它浮起來，以淡水中的潛水艇對照實驗，實驗結果就是保特瓶裝滿 400c.c 的水，海水中只要打氣到 248c.c. 可以浮出水面，而在淡水中就要打氣到 358c.c. 水面，可見海水浮力大。
- 七、第一代用的是 360c.c. 容量的寶特瓶，在水中重量不夠與重心不穩，第二代 600c.c. 容量的寶特瓶，渦輪發電機裝在前端、左側、下方，並自製噴射氣流的閘門發射板，爲控制波力發電機潛水艇不受水流的摩擦力與阻力影響，在閘門發射板起點與終點加上纜線十公尺，波力發電機潛水艇吊扣在纜線上，打氣的唧筒上下起浮如同海浪，潛水艇內加水 0c.c~400c.c 依照裝水容量的順序，第二代潛水艇以加水 200c.c. 在水中的高速氣流所推動的渦輪讓燈亮起來；長方形四葉扇渦輪在側邊的燈最亮，驗證伯努利原理在不同的流體中（空氣和水）高速噴氣形成的氣流（風）能讓渦輪帶動發電機。

- 八、第三代波力發電潛水艇在不同的流體中，浮在水面可快速前進十公尺以上，於五公尺就可看到亮燈。若在陸地上一公尺處就能發電，若在水底下因為水壓的關係必須裝滿水才能沉下去，因無法打氣，於是就在潛水艇中放入固體磁鐵片代替水，打氣之下發現潛在水中仍可噴射前進至五十公分遠，但是燈的亮度模糊不易看出。
- 九、第四代潛入水龍頭洗手水槽 15cm 下，600c.c.的潛水艇各裝水 150c.c.、300c.c.、400c.c.、第五代 330c.c.的潛水艇注入 100c.c.的水、第六代 1000c.c.的潛水艇注入 200c.c.時的水內裝 8 個或 9 個螺帽的速度最快並最遠，而三個渦輪發電機全部亮燈。由此可證明渦輪經高速氣流帶動發電機從「動能」產生「電能」燈亮很久。

捌、結論

- 一、我們應用有趣的「水火箭原理」去驗證「波力發電潛水艇」的可行性，當海浪來時，水位上升，壓縮閘門上部高速的空氣由上方出口排出，而上方出口則安裝一個像風扇一樣的葉片（安置在潛水艇兩側），風力的作用轉動葉片用以發電。
- 二、臺灣四面環海，全島共擁有 1,488 公里的海岸線，沿海地區由於受到季風的吹拂，波浪能源蘊藏量可說是極為豐富，是一項可觀的海洋資源，如何有效利用海浪所攜帶之能量來發電，也是我們盼望追求的目標。而根據統計（劉百清，2006），每一公尺的海岸有八仟瓦的電量，總計可達八百萬仟瓦，利用海浪波力發電船是成本最低又不會造成污染的乾淨能源，除了發電功能外，在休閒方面可做為海釣船發電使用。
- 三、波力發電就是以海浪發電裝置將海浪「動能」轉換成「電能」，為了吸收波能，它運轉的形式完全是要靠波浪上下振動特性而設計，所以我們以打氣筒上下壓縮利用穩定槓桿運動代表波浪動能並控制氣流，然後再加以利用氣流造成的風讓渦輪發電機發電，而潛水艇上的纜線代表輸送電力的媒介。
- 四、在實驗中瞭解波浪的能量會逐漸散失於水中摩擦力和阻力造成碎波的，所以第四代的「波力發電潛水艇」底部加裝吸管滑板以減低摩擦力和阻力。
- 五、在水龍頭下實驗渦輪發電機時水的沖力要和葉面成 90° ，才能產生電力，所以我們發現角度不同也會有不同的反應，與桌面夾角 80° 度的六片葉扇轉動所產生的照明度最高電力最強，因為「位能」由上而下集中沖力接觸水的點最多。
- 六、用水族箱和塑膠布製造人工波浪效果差不穩定。用抽水機的人工海浪，可以使葉扇轉動並產生電力，但要隨時調整位置。台北市美崙公園的手搖渦輪製造人工波浪讓潛水艇行進不穩定無法利用。
- 七、從第一代到第三代「波力發電潛水艇」使用的寶特瓶 360c.c 到 1000c.c.，於游泳池的深度實驗最理想的「波力發電潛水艇」是 1000c.c.，因為實

驗時 1000c.c. 寶特瓶的水量比例為空氣：水=3：2 經噴氣產生反作用力而成高速氣流（風）轉動渦輪產生電，在陸地懸空吊纜射出距離超過 20 公尺，四葉扇渦輪在兩側的燈最亮，葉扇渦輪要面向前方才能迎風轉動，從這裡我們也學到了許多的物理現象。

八、經過改良結構與選擇水槽實驗第四代 600c.c. 的潛水艇裝水 400c.c 內放 8 個螺帽潛進水槽中的速度最快並最遠，三個渦輪發電機全部亮燈，第五代 330c.c. 的潛水艇和第六代 1000c.c. 的潛水艇都較不穩定，渦輪發電機機的燈只亮兩側。

玖、討論

- 一、我們研究重點在於波浪高速氣流所推動的渦輪產生電力，但當海浪退下，水位下降時，若能設計排風渦輪讓它變為吸氣，而風扇反向旋轉亦可發電的話就更好了，這一部份希望再研究。
- 二、根據參考資料（曾若玄，2005）得知波浪高度須保持在三公尺，波浪所含的能量是和它波高(H)的平方成正比，波浪所傳受的功率公式如下： $P \sim 0.96 H^2 T$ 。單位為仟瓦/公尺，T 為波浪週期單位秒，例如三公尺波高，波浪週期十秒鐘，則每公尺波峰寬度上可以傳送大約九十仟瓦的功率。根據海洋學家的推算全球海洋波浪所傳送的功率約為 $10^{12} \sim 10^{13}$ 瓦，差不多正好是全球能源的需求量。
- 三、根據沉體浮力等於物體體積乘以液體的密度，所以從遊戲實驗中學會浮力和密度的物理概念，物體有多少重量就有多少浮力。浮體浮力等於物體重量也等於海面下的物體體積乘以液體的密度。
- 四、在水龍頭下我們發現與桌面夾角 80° 的六片葉扇轉動所產生的照明度最高、發電力最強，這是水力發電位能、動能、電能的現象，而在水面上和水中除靠噴氣經閘門產生的氣流帶動渦輪發電外，位能也是變因。
- 五、選擇學校的游泳池是因為組員都會游泳也會潛水，雖然實驗期間都在 $10^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$ 室溫下，但組員為了探討自製的「波力發電潛水艇」的威力，不怕寒冷全跳下游泳池實驗，出水孔拍打成浪但浪不高，我們希望再研究討論。
- 六、製作模型實驗如電工焊錫、鋸木的方法與技術應小心。當發電機與發光二極體燈焊在導電板上時，轉動齒輪發光二極體燈發亮，經查資料得知，綠燈、藍燈亮度高持續時間長價格比黃燈高三倍。
- 七、寶特瓶切二分之一要製作成渦輪葉扇，取上部有瓶口部份，留住蓋子打洞，打的洞要能銜接在齒輪軸心上，太緊轉不動摩擦力太大；太鬆會掉下來，所以寧可先把洞打小一點再慢慢修。

拾、參考資料

- 一、圖書

書名	作者	出版日期	出版社	出版地	頁數
觀念物理	蔡坤憲 譯	2003.1.30 第一版第12次	天下遠見 出版社	台北市	45~72
小牛頓國小數理辭典	高源清	1992.12.10	牛頓出版社	台北市	79
天地海人星月風雲	施鶴群 徐德勝 林裕杰	1997.5	弘文出版社	台北縣	118~119
海洋資源	沈順根 錢秀貞	2004.1	海潮出版社	中國 北京市	76~80
開發富饒的海洋	朱志堯	1991.10	謙謙出版社	台北市	89~93

二、期刊文章

期刊書名	作者	出版日期	主題名稱	出版地	頁數
能源報導	顧洋	2005.10	危機就是轉機	台北市	5~7

三、網站資源

網站名稱	作者	網址
國立高雄師範大學 物理系	周建和	http://www.phy.nknu.edu.tw/~adept/
中華太陽能聯誼會	查丁壬	http://www.solar-i.com/content11.html
科學月刊	曾若玄	http://www.education.ntu.edu.tw/wwwcourse/energy/ocean.htm

拾壹、活動照片

	
<p>時間：2005.12.20 地點：146 教室 內容：用標準型比重計測試海水比重</p>	<p>時間：2006.12.25 地點：146 教室 內容：實驗各種物體在海水中的浮沉</p>

	
<p>時間：2006.01.01 地點：龍洞灣海邊 內容：我們在海邊測試渦輪發電機</p>	<p>時間：2006.01.15 地點：146 教室 內容：製作各種形狀的渦輪</p>
	
<p>時間：2006.02.05 地點：146 教室 內容：第一代環保型波力發電潛水艇</p>	<p>時間：2006.02.07 地點：146 教室 內容：第二代環保型波力發電潛水艇</p>
	
<p>時間：2006.02.15 地點：146 教室 內容：製作完成的第三代潛水艇</p>	<p>時間：2006.02.20 地點：146 教室 內容：製作閘門噴嘴孔</p>
	
<p>時間：2006.02.26 地點：學校游泳池 內容：進行水中波力發電的實驗</p>	<p>時間：2006.02.26 地點：學校游泳池 內容：在做高速噴氣渦輪發電實驗</p>



時間：2006.03.05 地點：學校游泳池
內容：吸引很多同學來看波力發電實驗



時間：2006.03.05 地點：學校游泳池
內容：先在陸地上測試噴氣高速氣流



時間：2006.03.05 地點：游泳池門前
內容：大家準備器材出發去實驗



時間：2006.03.12 地點：146 教室
內容：我們共同在電腦上繪圖設計模型



時間：2006.06.04 地點：146 教室
內容：製作完成的第四代潛水艇



時間：2006.06.07 地點：146 教室
內容：利用水槽作噴氣渦輪發電實驗

評 語

081523 勇闖海龍宮~環保型波力發電潛水艇的探討

1. 實驗設計所用之材料的創意頗佳。
2. 實用性稍嫌不足。
3. 參展報告內容少部份有待商榷。