

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第二名

080823

許地球一個不渴的未來-太陽能海水淡化裝置

學校名稱：桃園市立永順國民小學

作者：	指導老師：
小六 劉岳霖	王俊傑
小六 黃筱絜	王秋雯
小六 廖婕涵	
小六 陳致鈞	
小六 周睿濬	

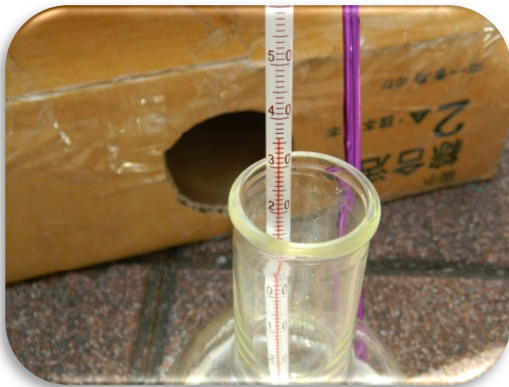
關鍵詞：缺水、海水淡化、蒸發法

摘要

2015 年 4 月，全台發生嚴重的缺水危機，然而台灣四面環海，年降雨量也不少，照理來說應該要比沙漠國家更不缺水才對。沙漠型的國家（如以色列）都採用海水淡化解決缺水問題，台灣呢？

從最先研究的各種海水淡化的方法，如：逆滲透、多極閃化、電透析法、蒸發法等，而我們選擇了成本最低及製作方法最基本的蒸氣法。

創造出最有效率的蒸氣海淡法便成為了我們這次實驗的目的，從利用酒精燈燃燒過濾海水到利用凸透鏡和凹面鏡及微型凸透鏡(利用太陽能反射)等歷經多次實驗，將蒸氣海淡法提升到兼顧低成本及高效率。



測量水的溫度



調整聚焦



找到可用小風扇，決定拿來使用



第一代陶瓷加熱片海淡裝置

壹、研究動機

2015 年 4 月，台灣發生嚴重的缺水危機，桃園區更採取了三段限水措施，但是台灣四面環海，如何利用這個優勢，從佔地球全部水資源 96.5%的海水中以低耗材、低耗能、低污染、快速獲得淡水，是永續生存的重要課題，因此開發海水淡化將成為往後增加水資源的重要管道。

※相關單元：南一版 4 上(3)光的世界、南一版 4 下(4)奇妙的水、康軒版 5 上(1)觀測太陽

貳、研究目的

一、設計低成本、高效率之太陽能海水淡水裝置

(一) 研究水源造成太陽能海水淡化裝置效能變因~水質、鹽度

(二) 研究瓶子造成太陽能海水淡化裝置效能變因~遮光率、遮光色、瓶子形狀

(三) 研究鏡子造成太陽能海水淡化裝置效能變因~透鏡大小、透鏡樣式、面鏡

參、研究設備及器材

實驗	研究設備及器材
實驗一	錐形瓶 x3.酒精燈 x3.加熱腳架 x3.自來水.鹽水.海水各 100c.c.溫度計 x3
實驗二	錐形瓶.球型瓶.廣口瓶.海水各 100c.c.放大鏡 x3.保麗龍箱.奇異筆.顏料
實驗三	錐形瓶 x1.球型瓶 x1.黑色噴漆.海水每瓶各 100c.c.放大鏡 x3.保麗龍箱.鏡子 x3.凹面鏡 x3.PMMA 直徑 10mm 微型凸透鏡 x71.直徑 11.6mm 微型平凸透鏡(直徑 1cm) x106.溫度計 x1
實驗四	球型瓶.u 型水管.凹面鏡(直徑 10cm)x3.放大鏡(直徑 10cm).邊長 4cm 陶瓷加熱片.蓄電池.保麗龍箱.透明集水盒
實驗五	直徑 27cm 平底鍋.太陽能科學玩具.海水 250c.c.保麗龍箱.放大鏡 x2.鏡子 (127 cm ²)x3.透明集水盒.方型水盆 x2.直徑 4cm 風扇.太陽能板.蓄電池.大紙箱
實驗六	直徑 27cm 平底鍋.250cc 鋁罐.海水 1000c.c.保麗龍箱.放大鏡 x2.鏡子 x3.透明水盒.L 型水管.透明水管.直徑 4cm 風扇.太陽能板.蓄電池.大紙箱.油土

肆、研究架構與流程

一、我們研究思考及研究設計歷程如下：

【圖 2】研究思考及方法設計歷程圖



許地球一個不渴的未來~太陽能海水淡化裝置

(一) 文獻探討：

1. 缺水原因及解決辦法：

水資源是珍貴而有限的天然資源，其對國計民生影響至鉅，若不能妥善分配使用，問題必然叢生。而水問題不單是降雨量多寡的問題，地形、氣候、人口、經濟活動等都可能導致缺水，更是分配、供給與管理的問題。因此，缺水問題已成為我國地區水資源之重要議題。

對照歷年來台灣每逢老天不下雨即面臨缺水的老公式，這幾年居然幾度發生了豪雨過量引致缺水的情況，可見台灣的缺水問題並非老天下得雨不夠用，而是雨水下到地面後，該怎麼運用、管理的問題，凸顯了台灣的水資源管理策略面臨檢討的必要性。

台灣每年平均降雨量 2,500mm，相較於全世界平均降雨量 880mm 多出近 3 倍之多，但台灣每人可用水量僅約 3,950 立方公分，比起全世界每人平均可用水量約 32,500 立方公分 少約 10 倍的量，為什麼？台灣地區各標的用水量逐年增加，人口與社會經濟活動急遽成長，但局限於因氣候變化異常，水庫興建困難，地下水已嚴重超限使用及水源污染嚴重等環境問題，可直接引用水源日趨減少。不僅如此，國家未來面臨缺水的危機仍持續惡化中，所以為了有效解決水資源所面臨之問題，應加強水資源之有效管理利用、集水區經營管理、地下水評估與管理等，方能讓水資源永續發展。基於分析台灣所面臨之缺水問題，茲以提出解決水荒之因應對策。

2. 海水淡化原理及技術：

古代從海水中去除鹽分，直到 16 世紀，人們才開始努力從海水中提取淡水。探險家在漫長航海旅行用船上的火爐煮沸海水以製造淡水，就是海水淡化技術的開始。大自然的海水淡化，也是受熱蒸發形成雲，雲在一定條件下遇冷形成雨，而雨就是不帶鹹味的淡化海水。

海水淡化技術應用於海水淡化商業用途的技術，主要可分為蒸發法和薄膜法兩大類。**蒸發法**又包括**多效蒸發法**、**多級閃化法**和**蒸氣壓縮法** 3 種。**薄膜法**主要有**逆滲透法**和**電透析法**兩種。逆滲透法和多級閃化法是海水淡化領域的主流方法。

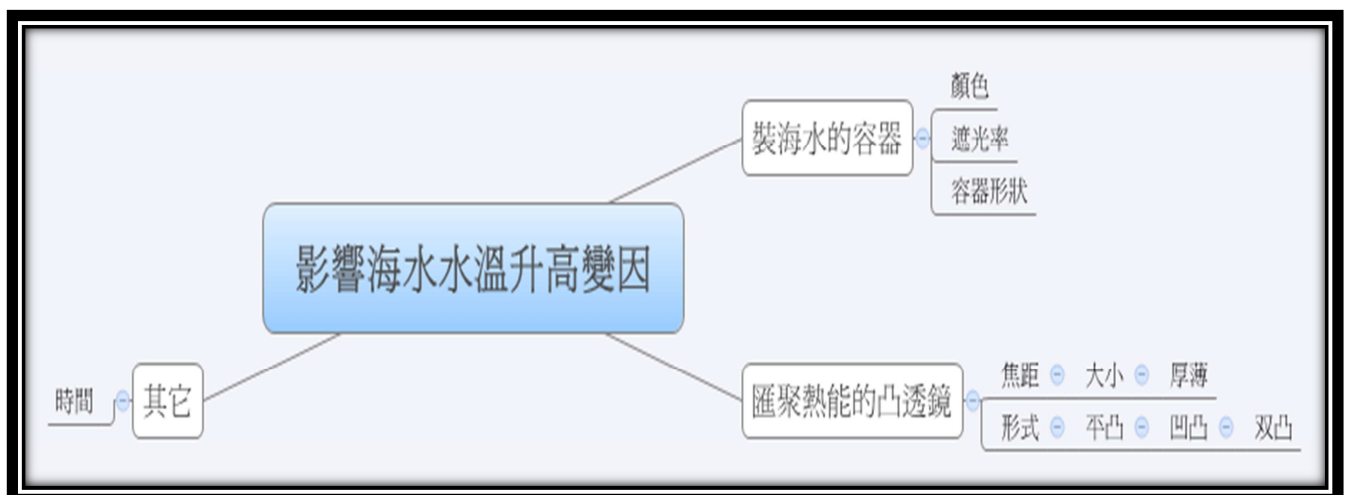
多效蒸發法是海水淡化技術中**較早發展成功**的方法之一，它的原理是利用高溫

蒸氣和海水的溫差進行熱交換後，使受熱沸騰而蒸發的海水冷凝並收集而得到淡水。它的處理過程是把海水和蒸氣分別引入第 1 道槽內，進行熱交換，蒸氣被冷凝成淡水，海水則被蒸發。蒸發的蒸氣進入第 2 槽內和較濃的海水在第 2 道槽中進行熱交換，這裡的壓力較第 1 道槽低。持續進行蒸發，並在不同的槽中重複蒸發和冷凝，收集冷凝後的水就是所得到的淡水。

由於多效蒸發法的海水在熱交換表面上蒸發，因此有礦物質沉澱而積垢的現象，進而阻礙了能量的傳輸。為了防止積垢現象的發生，多效蒸發法也設計在低溫操作，雖然可能損失掉一些能量，但是可以防止材料在高溫操作時所產生高腐蝕和積垢的現象，並可促使整廠所使用的材料成本降低。

3. 太陽能海水淡化法：

人類早期利用太陽能進行海水淡化，主要是利用太陽能進行蒸餾，由於它結構簡單、取材方便，至今仍被廣泛採用。各種熱性能的改善以及將它與各類太陽能集熱器配合使用上，與傳統動力源和熱源相比，太陽能具有安全、環保等優點。太陽能海水淡化技術由於不消耗常規能源、無污染、所得淡水純度高等優點而逐漸受到人們重視。



影響海水水溫變因心智圖

(二)尋找研究對象：**提升海水淡化效能變因探討**

(三)研究中調查：如何製造一個蒸發效能高的太陽能海水淡化裝置

(四)確定研究主題：**許地球一個不渴的未來～太陽能海水淡化裝置**

(五)分析，進行結果推論：

【實驗前準備】簡易太陽能海水淡化裝置設計

【實驗一 A】「不同水質」的蒸發效能差異

【實驗一 B】「不同鹽度的水」蒸發效能差異

【實驗二 A】「遮光率」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗二 B】「遮光顏色」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗二 C】「瓶子形狀」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗三 A】「凸透鏡有無」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗三 B】「微型凸透鏡」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗三 C】「面鏡」對太陽能海水淡化裝置的影響

【實驗四】第一代太陽能海水淡化裝置

【實驗五】第二代太陽能海水淡化裝置

【實驗六】最佳化太陽能海水淡化裝置

伍、研究過程與結果

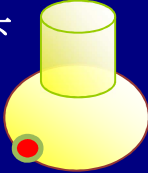
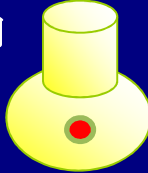
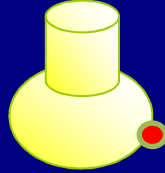
【實驗前準備】 設計簡易太陽能海水淡化基本裝置

一、實驗方法與過程：利用現有物品製作低成本、高效率簡易實用海水淡化裝置

	1 •了解放大鏡的原理及測量它的焦距(焦距31cm)
	2 •了解凹面鏡的原理及實際測量實驗(焦距11cm)
	3 •將長吸管剪成與焦距同長，以方便未來擺放
	4 •拿到室外調整箱子及測量效果
	5 •分別讓焦點打在圓錐瓶不同點上，以找出溫度上升最快的一組

二、實驗結果：

表 1 陽光聚焦位置對海水蒸發效能差異

聚焦位置	左下 	中間 	右下 
溫度變化			
原來溫度	34	35	35
10 分鐘後	38	39	38
20 分鐘後	38	40	40
30 分鐘後	40	41	41
40 分鐘後	41	42	41
50 分鐘後	42	44	42
相差溫度	6	9(最佳狀態)	6

三、實驗討論：

1. 很快地發現瓶子裡有水滴存在，顯示此種方法確實可行。
2. 應隨時調整陽光聚焦點，盡量讓光聚焦在球型玻璃瓶下方正中央位置。

【實驗一 A】「不同水質」的蒸發效能差異

一、實驗前思考預測：

1. 含有鹽度的水與沒有含鹽成分的水蒸發效果有何不同？
2. 一般海水的鹽度因地而異，平均鹽度為 35‰左右。

二、實驗方法與過程：

1. 利用酒精燈分別加熱自來水、3.5%鹽水及一般海水。
2. 觀察 15 分鐘後記錄水溫上升情形。

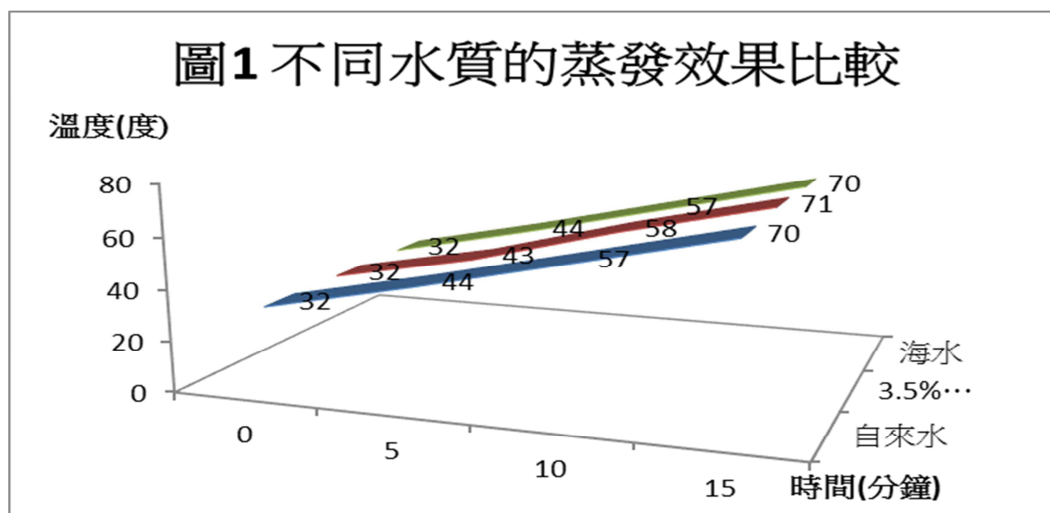


利用酒精燈分別加熱自來水、3.5%鹽水及海水

三、實驗結果：

表 2 不同水質的溫度上升差異

不同水質	自來水	3.5%鹽水	海水
原來溫度	32	32	32
五分鐘後	44	43	44
十分鐘後	57	58	57
十五分鐘後	70	71	70
相差溫度	38	39	38



四、實驗檢討與修正：

1. 因為水溫上升速度相當，蒸發量相似，不同水質蒸發效果並沒有顯著差異。
2. 那不同區域的海水會有不一樣的效果嗎？海水的鹽度因地而異，根據蒸發量的大小、雨水及河水的作用、洋流性質、潮汐盛衰、結冰及融冰以及海水對流作用等，所以研究團隊打算用不同鹽度的水再進行一次實驗，想看看不同區域的海水是否有所差異。

【實驗一 B】「不同鹽度的水」蒸發效能差異

一、實驗前思考預測：不同鹽度的水蒸發效果有何不同？

二、實驗方法與過程：

1. 查詢資料發現食鹽飽和水溶液為 100g 水能溶解的食鹽量為 35.9g 。
2. 利用酒精燈分別加熱重量百分濃度 0%、0.5%、1%、1.5%、2%、2.5%、3%、3.5%、4%鹽水。
3. 觀察 15 分鐘後記錄水溫上升情形。

三、實驗結果：

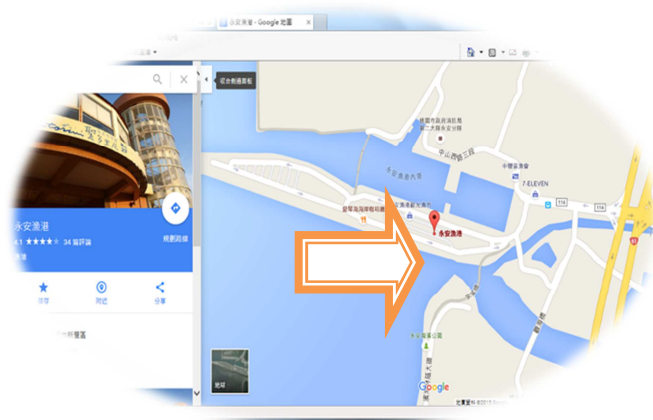
表 3 不同鹽度水質的溫度上升差異

鹽度	0%	0.5%	1%	1.5%	2%	2.5%	3%	3.5%	4%
原來溫度	30	29	30	30	30	30	31	30	30
五分鐘後	48	47	45	44	46	45	45	47	45
十分鐘後	66	67	65	64	65	65	65	66	65
十五分鐘後	79	80	81	79	79	80	79	81	80
相差溫度	49	51	51	49	49	50	48	51	50

四、實驗討論：

1. 根據實驗二 A 及實驗二 B 的實驗結果顯示，發現**水質**及**鹽度**都不會影響到水的蒸發效果。
2. 推論不同區域的海水蒸發效果也相似，如果以同一種海水來做實驗，應該不會有顯著差距。
3. 所以我們取距離我們學校最近的永安漁港海水做為本次實驗所需的海水來源。

圖 2 永安漁港取得海水位置



【實驗二 A】「遮光率」對太陽能海水淡化裝置的影響

一、實驗前思考預測：黑色吸熱，所以比較黑色奇異筆塗上程度的加熱速度差異，

覺得塗上黑色球形瓶海水加熱速度應比較快且溫度較高。

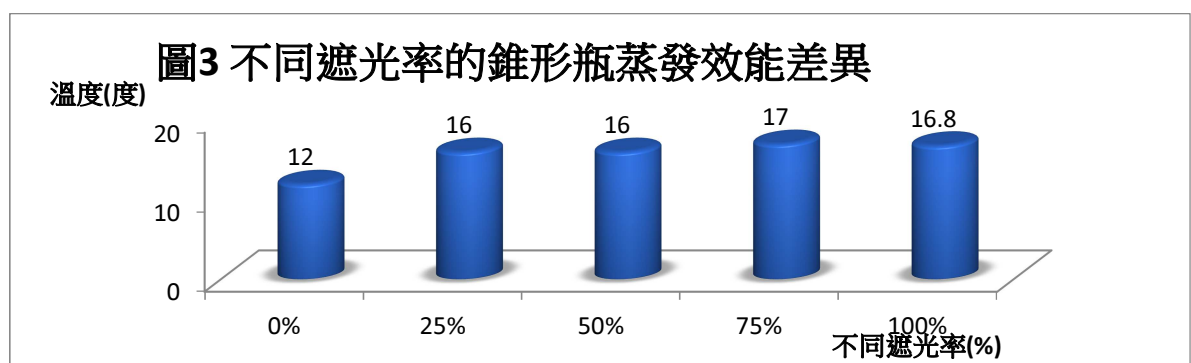
二、實驗方法與過程：

1. 在球形瓶上用黑色簽字筆塗黑代表黑色吸熱部分。
2. 比較不同比率，以不塗上黑色簽字筆、底部塗上簽字筆(約 55.09cm^2 部分)、垂直右側、垂直右側側面加底部塗上簽字筆(約 165.26cm^2)部分及全部塗黑的球形瓶利用太陽能對焦加熱速度及溫度之差別。

三、實驗結果：

表 4 不同遮光率的球形瓶蒸發效能差異

所佔比例(%)	0%	25%	50%	75%	100%
所佔面積(cm^2)	0	55.09	110.12	165.26	220.58
塗黑區域	不塗	只塗	垂直	垂直右側	全部
時間	奇異筆	底部	右側	加底部	塗黑
0	31	31	31	31	31
10	36	39	38	40	42
20	39	42	42	42	45
30	41	45	45	46	45
40	43	46	46	47	46
50	43	47	47	48	47.8
相差溫度(度)	12	16	16	17(最佳)	16.8



四、實驗討論：

1. 加熱效果是 不塗奇異筆(0%) < 只塗底部 (25%) = 垂直右側(50%) < 全部塗黑 (100%) < 垂直右側加底部(75%)。
2. 發現黑色塗在球型瓶垂直右側加底部上的遮光率 75%，海水蒸發效果最佳。

【實驗二 B】「遮光顏色」對太陽能海水淡化裝置的影響

一、實驗前思考預測：不同遮光顏色瓶子對太陽能水淡化裝置蒸發效能的影響。

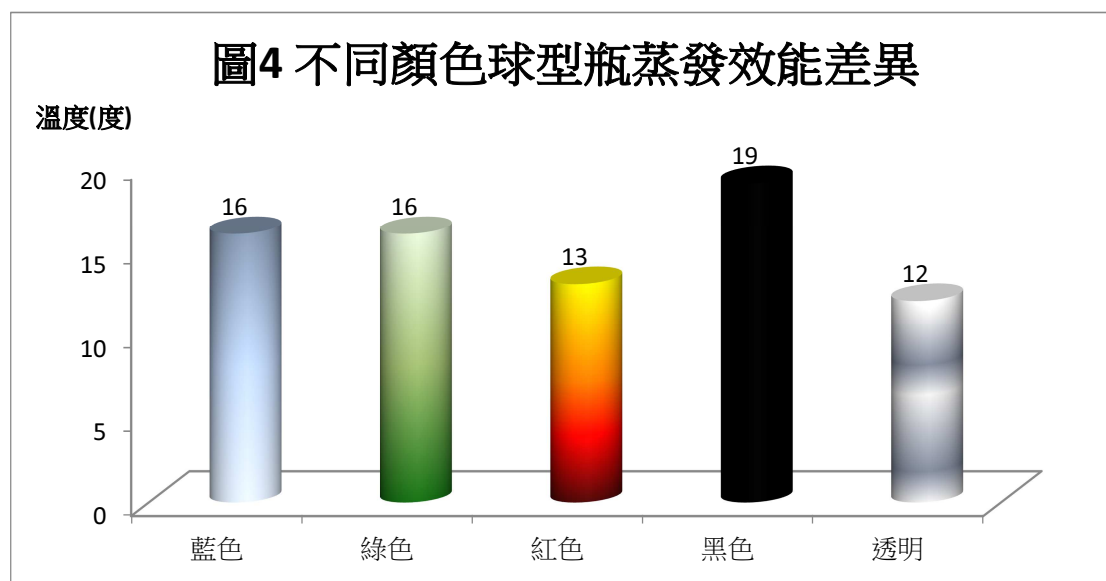
二、實驗方法與過程：

1. 分別在不同遮光顏色 250mL 的球型玻璃瓶裝 100cc 海水。
2. 研究團隊利用實驗前研發製作的基礎海水淡化裝置作為測試工具。

三、實驗結果：

表 5 不同遮光顏色的球形瓶溫度上升差異

遮光顏色	藍色	綠色	紅色	黑色	透明
時間					
0	33	34	35	33	31
10	38	40	38	39	36
20	41	42	40	41	39
30	44	45	42	45	41
40	48	48	45	49	43
50	49	50	48	52	43
相差溫度	16	16	13	19	12



四、實驗討論：

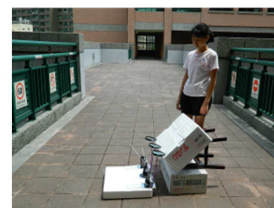
1. 不同顏色球形瓶遮光效能不同，其中黑色(19 度)>綠色(16 度)=藍色(16 度)>紅色(13 度)>透明(12 度)。
2. 研究結果發現，黑色因為能吸收輻射熱，溫度上升較快，未來實驗應採用黑色作為遮光顏色。

【實驗二 C】「瓶子形狀」對太陽能海水淡化裝置的影響

一、實驗前思考預測：不同形狀玻璃瓶是否對蒸發效能產生影響？

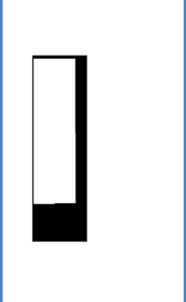
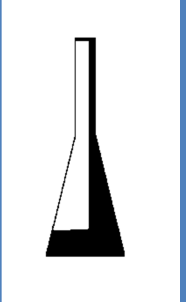
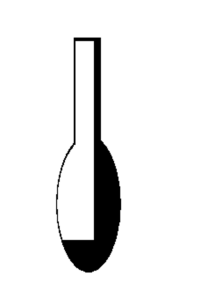
二、實驗方法與過程：

1. 分別 250mL 玻璃量筒、玻璃錐形瓶及球型玻璃瓶裝 100cc 海水。
2. 利用實驗前製作的海水淡化裝置測試。



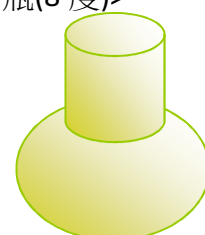
三、實驗結果：

表 6 不同瓶子形狀的海水溫度上升差異

瓶子 形狀				備 註
時間(mins)	100mL 量筒	100mL 錐形瓶	100mL 球型瓶	
0	32	33	33	無太陽而且有 雲遮，無法對焦
10	36	37	39	
20	38	40	41	
30	37	40	41	
40	36	40	41	
50	37	41	42	
剩餘海水	98CC	99CC	99CC	
相差溫度(°C)	5	8	9	
比較結果	較差		最佳	

四、實驗討論：

1. 發現在相同大小的容積下，相差溫度以球型玻璃瓶(9 度)>錐形玻璃瓶(8 度)>玻璃量筒(5 度)。
2. 推測應該是因為瓶身與容積與開口大小跟蒸發效能有關。
3. 所以未來海水淡化裝置應採用透明球型玻璃瓶(如右圖)較佳。



【實驗三 A】「凸透鏡有無」對太陽能海水淡化裝置的影響

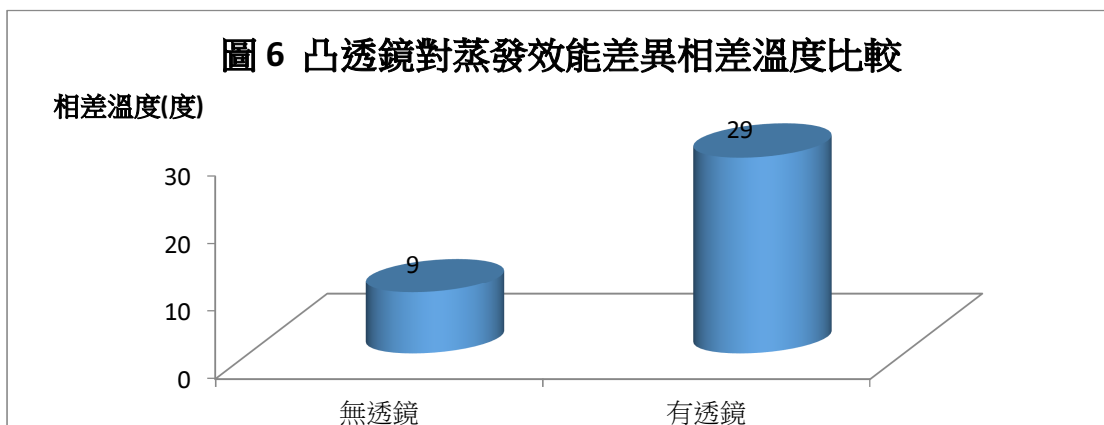
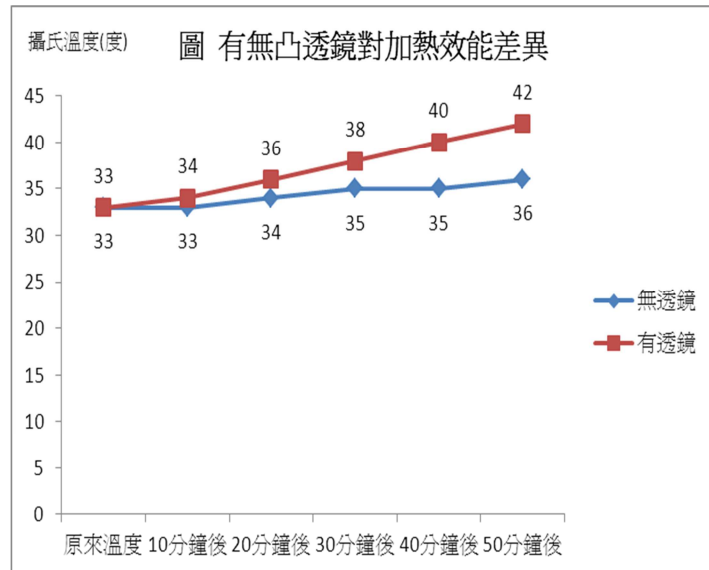
一、實驗前思考預測：設置凸透鏡是否會影響海水的蒸發效能？

二、實驗方法與過程：

1. 使用透明球型瓶二個，裡面都放置 100CC 的海水。
2. 實驗組不放置凸透鏡，對照組放置一大型凸透鏡，並放置在太陽底下 50 分鐘。

三、實驗結果：表 7

透鏡數量	0	1
原來溫度	33	33
10 分鐘後	33	34
20 分鐘後	34	36
30 分鐘後	35	38
40 分鐘後	35	40
50 分鐘後	36	42
相差溫度	3	9



四、實驗討論：

1. 相同條件下，設置凸透鏡溫度(9 度)較不設凸透鏡(3 度)，差別頗大。
2. 沒有凸透鏡不行，所以未來海水淡化裝置應**設置凸透鏡**。

【實驗三 B】「微型凸透鏡」對太陽能海水淡化裝置的影響

一、實驗前思考預測：由於放大鏡經常要隨著太陽移動調整位置，很不方便。曾經在網路上看到『**讓手機變顯微鏡**』這樣的概念，若能在球型瓶四周貼滿微型凸透鏡的話，就不必再調整焦距位置，然而微型凸透鏡是否比一般放大鏡更能增加海水淡化效能呢？

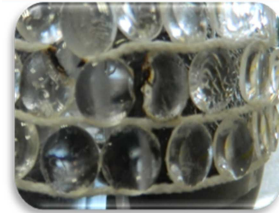
二、實驗過程及方法：



於網路上購買 PMMA 材質直徑 10mm 雙凸透鏡，圍繞球型瓶三圈，共 71 顆（這是研究團隊能貼滿的極限數量）



由於**微型雙凸透鏡**僅用棉線黏住邊緣，非常脆弱，研究團隊小心翼翼將它拿到戶外測試。



結果發現**微型雙凸透鏡**很難在球型瓶上固定，遇熱超過 80 度還會熔解，研究團隊思考改成用平凸透鏡及錐形瓶。



重新購買光學玻璃材質直徑 11.6mm **平凸透鏡**環繞較易鋪放的錐形瓶。



貼滿 250mL 錐形瓶，繞錐形瓶六圈 106 個，讓四面八方都可受光。



在錐形瓶後方用三個凹面鏡幫助加熱。



在錐形瓶前面再加放大鏡協助加熱，但狀況仍舊不理想。



將微型平凸透鏡改掛於 75%塗黑的錐形瓶，看加熱是否會加快？



75%塗黑的錐形瓶溫度上升比全透明的錐形瓶快。

三、實驗結果：

【實驗 3B-1】雙凸透鏡與平凸透鏡海水淡化裝置效能

表 8 雙凸透鏡與平凸透鏡海水淡化裝置效能

時間(分) 透鏡種類	0	10	20	30	40	50	相差
雙凸透鏡	32	37	41	44	46	47	15
平凸透鏡	30	34	37	39	41	43	13

1. 結果發現平凸透鏡溫度並沒有雙凸透鏡高，蒸發量也沒有明顯的增加。

【實驗 3B-2】球型瓶與錐形瓶海水淡化裝置效能

表 9 球型瓶與錐形瓶海水淡化裝置效能

時間(分) 瓶子形狀	0	10	20	30	40	50	相差
球型瓶	30	31	41	44	46	47	17
錐形瓶	30	34	37	39	41	43	13

1. 原本應該較熱的錐形瓶溫度居然比球型瓶還低，蒸發的效能也不相上下。

【實驗 3B-3】未塗色與塗黑 75%海水淡化裝置效能

表 10 未塗色與塗黑 75%海水淡化裝置效能

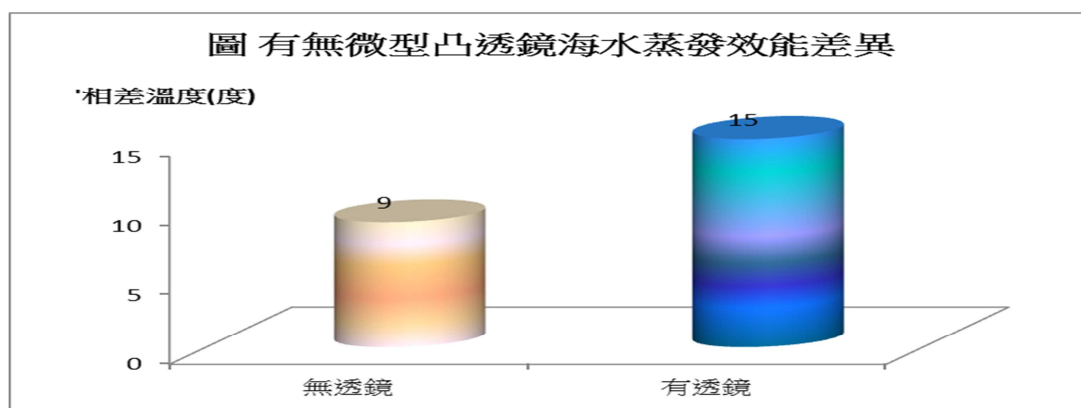
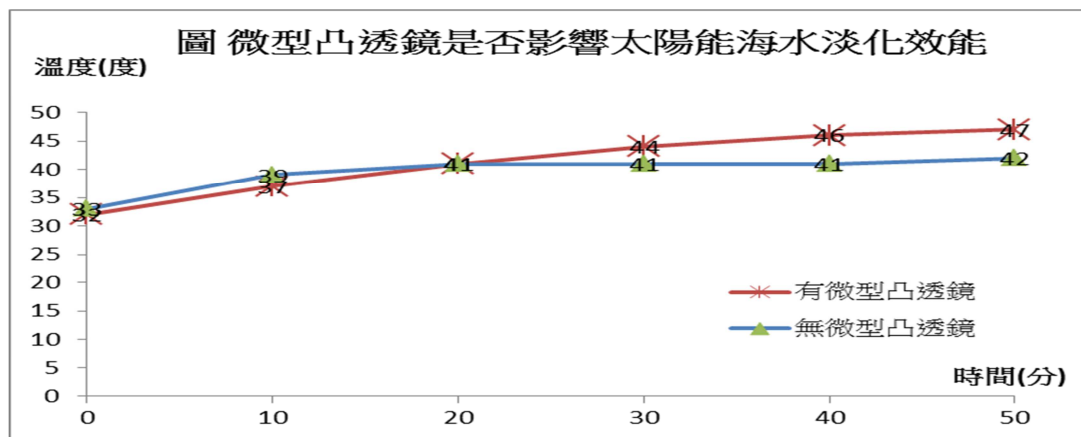
時間(分) 塗色	0	10	20	30	40	50	相差
未塗色	30	34	37	39	41	43	13
塗黑 75%	32	38	42	46	47	49	17

1. 這次改用塗上黑色漆 75%的錐形瓶和透明錐形瓶進行實驗，有塗色面的錐形瓶溫度明顯上升，但是蒸發效能卻沒提高。

【實驗 3B-4】微型凸透鏡是否會影響太陽能海水淡化裝置效能

表 11 微型凸透鏡是否會影響太陽能海水淡化裝置效能

時間(分) 微型凸透鏡	0	10	20	30	40	50
有微型凸透鏡	32	37	41	44	46	47
無微型凸透鏡	33	39	41	41	41	42



四、實驗討論：

1. 有微型凸透鏡的太陽能海水淡化裝置溫度上升有 15 度，沒有微型凸透鏡有 9 度，有微型凸透鏡的太陽能海水淡化裝置比較能夠讓海水溫度上升。
2. 微型凸透鏡雖然具有聚光效果，但半徑過小，每次進光量也少，所以無法達到一定收集熱能的效果，實在讓人遺憾。
3. PMMA 微型凸透鏡經不起放大鏡的聚焦高溫，有部分燒毀，加熱效果不彰。

五、實驗檢討與修正：

1. 微型凸透鏡黏貼時仍有許多空隙，且價格不便宜。思考如何讓聚光效果更集中的辦法，例如：隨陽光移動的雲台等，應該可以修正大型凸透鏡缺點。

【實驗三 C】「面鏡形式」對太陽能海水淡化裝置的影響

一、實驗前思考預測：平面鏡跟凹面鏡何者讓海水增溫效能較佳？

二、實驗方法與過程：

1. 將裝置改為掛有 106 個光學玻璃材質直徑 11.6mm 凸透鏡之錐形瓶。
2. 錐形瓶的海水加至 250CC，利用簡易太陽能海水淡化裝置進行測試。
3. 紀錄實驗結果如下表。



在錐形瓶後方用三個凹面鏡幫助加熱，重新調整放大鏡及凹面鏡的距離，

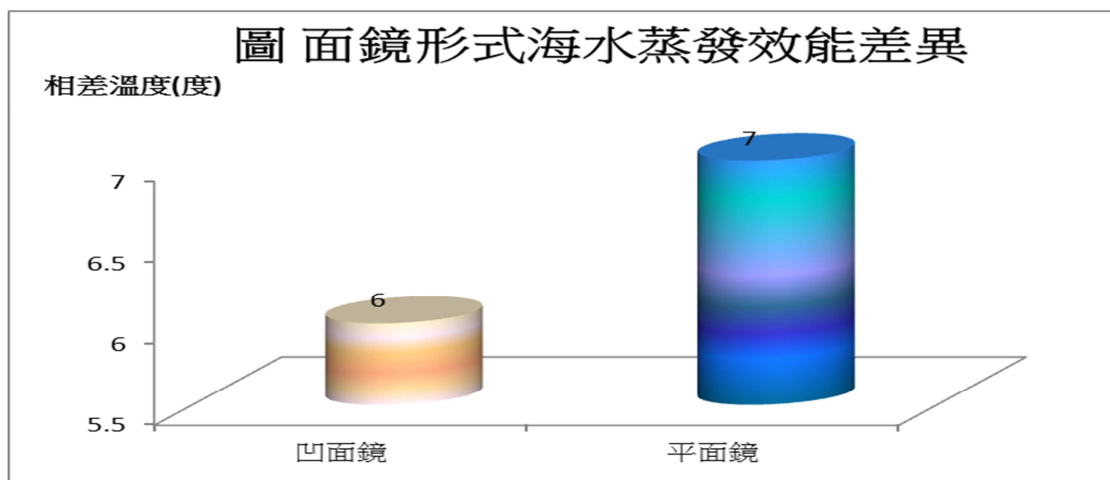
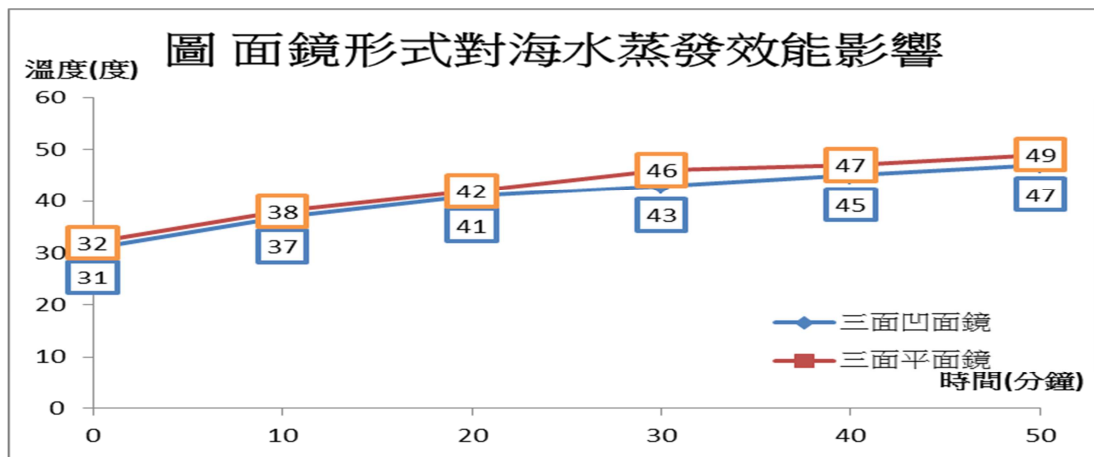


改放三面普通平面鏡子，使每顆微型平凸透鏡儘可能發揮功能，溫度上升較好

三、實驗結果：

表 12 面鏡形式是否會影響太陽能海水淡化裝置效能

時間(分) \ 面鏡形式	0	10	20	30	40	50
三面凹面鏡	31	37	41	43	45	47
三面平面鏡	32	38	42	46	47	49



四、實驗討論：

1. 三個凹面鏡的太陽能海水蒸發裝置水溫上升 6 度，改成三個平面鏡的水溫上升 7 度，有微小的差距，足以思考是因為面鏡形式，還是因為凹面鏡焦點位置不易對焦的關係。
2. 本實驗延續上次微型凸透鏡之實驗，將掛有 106 個光學玻璃材質直徑 11.6mm 凸透鏡之錐形瓶配有兩組不同對焦工具（一凸透鏡加三個凹面鏡及一凸透鏡加三個平面鏡）比較出最高加熱效率的一組，但發現，更換材料和對焦工具後的錐形瓶，加熱效果其實差不多。

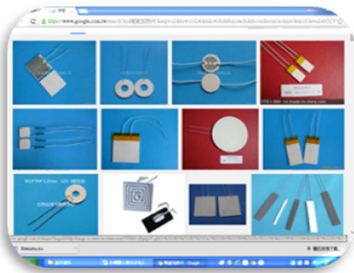
【實驗四】第一代太陽能海水淡化裝置

一、實驗前思考預測：如果加上加熱片會不會讓海水蒸發速度增加？依據前面的實驗結果及理念，研究團隊設計出第一代太陽能水淡化裝置雛型(如下)。



圖 10 第一代海水淡化裝置雛型

實驗前



查詢加熱片相關資料，發現只有小型陶瓷加熱片(4cm*4cm，12v，24w)比較適合學校目前的太陽能板。



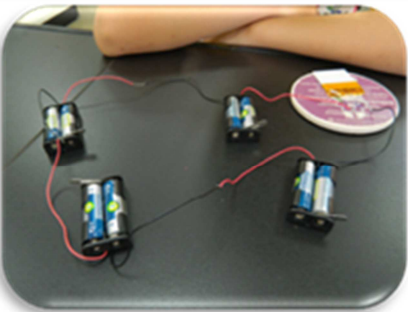
延續實驗三 A、B、C，採用球型玻璃瓶並重新噴上 75%的黑色漆。

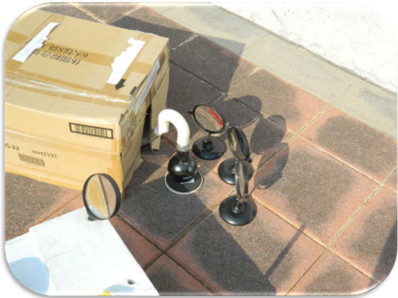


製作第一代收集淡水裝置開始切割適合的水管長度(約 20cm)。



將 U 形水管套入圓形瓶，導引熱空氣往收集盒流入。

實驗中		
	串聯八顆三號電池，看加熱效果，因 3 號電池品質差，十分鐘溫度便下降。決定將蓄電池充飽電，提供長時間的加熱。	在球形瓶底下放置陶瓷加熱片，用太陽能蓄電池供應其電力。

實驗成果			透鏡焦點持續移動、加熱片耗電多，由於太陽不斷移動，各式透鏡的焦點隨時會跑掉，加上陶瓷加熱片耗電很兇。後續雖繼續用透鏡加熱三小時，但卻收集不到半滴水。	
實驗時間 (單位：mL)	瓶內原始 海水量	瓶內剩餘海 水量	末端集水盒純 水量	不明原因消失的水量
約五個小時	250	240	0	10

實驗討論	檢討事項	修正實驗
	1. 陶瓷加熱片耗電很兇。 2. 透鏡的焦點隨時會跑掉。 3. 水蒸氣無法越過 U 型管凝結在集水盒。	1. 放棄高耗電的陶瓷加熱片。 2. 換體積較大的平底鍋。 3. 增設小風扇，強迫將水蒸氣導往集水盒。在水管中段設置降溫裝置，以利水蒸氣凝結。

【實驗五】第二代太陽能海水淡化裝置

一、實驗前思考歷程：

1. 如果能利用永續能源(例如太陽能)加熱是否可以為環境盡一點小小心力？
2. 要如何將水蒸氣從鍋子內導引出來凝結呢？
3. 水蒸氣要如何冷卻成小水滴？要怎麼模擬天然海水冷卻？
4. 末端淡水要如何收集？水氣如何不蒸發？

二、實驗方法與過程：



表 13 第二代太陽能海水淡化裝置改良順序一覽表

改良法	鍋內海水量 (mL)		末端 集水 盒純 水 (mL)	夾藏 在管 子內 部 (mL)	實驗結果 與 研究檢討反思
	原始	剩餘			
原來	250	230	0	20	太陽能風扇功率太小，鍋子到風扇之間有看到不少水滴。 下回改善項目： 1.縮短水管長度。 2.嘗試改換小型電腦散熱風扇。
第一次改良	250	205	0	45	此次加了 12v 風扇在玻璃蓋上，完全沒看到任何水氣附著於鍋蓋上了表示此項改裝很成功。 下回改善項目： 1.大小管子接縫處的通路要確保其順暢。 2.改用兩支放大鏡加熱，加長實驗時間。
第二次改良	250	125	3	122	此次實驗仍沒見到半滴水進入集水盒，負責冷卻水蒸氣的綠色水盒雖有保麗龍片蓋住上方，但水溫也飆高到四十幾度。 下回改善項目： 1.用大箱子罩住集水盒。 2.在水管內加一條棉線，以利水蒸氣附著及流下，或是再縮短水管長度，使水管往下的斜度更大。 3.將集水盒密封。
第三次改良	250	130	10	110	本次因有加蓋大紙箱，確實達到降溫的效果，雖然集到的水比上回還要多一些，但水量還是令人失望。 下回改善項目： 1.把鍋內的海水加更多，以減少鍋子內空氣體積。 2.強迫增加器材內空氣濕度飽和，進而達到冷凝成小水滴。

三、實驗結果與討論：

實驗結果



經過四次的實驗，每次都測量約四至五個小時，並持續做了部分改良及調整，每次鍋內海水都少了 100 多 mL，但集水盒的水卻少的可憐。

最好的結果，僅得到約 10mL 的淡水，成果令人失望，但也總算有收集到淡水了。但消失 100mL 左右的海水到底跑哪去了？

實驗討論

檢討事項

修正實驗

1. 末端集水盒為塑膠製，散熱不易，對凝結水滴幫助不大。
2. 消失的約 100mL 海水可能由鍋蓋邊緣細縫流失。
3. 後端引流的細水管口徑可能太小，與鍋蓋接口處的 U 水管不符，影響濕熱空氣的流通。

1. 改換易散熱的金屬容器。
2. 將鍋蓋邊緣用黏土封住。
3. 把 U 型管後端的水管改成口徑相符的，並縮短長度，以防水管空間太大，變成濕度飽和空氣的溫床。

1. 尋求更環保能源：

由於在實驗二 C 的結果，知道瓶口越大的，水蒸發的越多，加上傳統曬塩方式，因此把家中淘汰的兩個平底鍋拿來「曬塩」看看，利用大面積受熱，配合放大鏡及平面鏡，效果應比小體積的燒瓶好。風扇電力來源，則依靠太陽能板來提供。

2. 水蒸氣引導裝置：

為了將鍋內的水蒸氣引導出來，一開始我們使用太陽能科學玩具的零件來組裝，但 1V 小馬達(直徑 2CM)經過實測後，發現功率實在太差，因此改換稍大一點的 12V 電腦散熱馬達(直徑 4CM)，並用學校原有的大型太陽能板來提供電力。

3. 增加水滴形成：

水蒸氣在低溫時較易凝結，我們想到天然的海水就是最環保的冷卻裝置，因此我們用水盒裝海水，來模擬當成海邊降溫，故我們將水管貫通整個綠色水盒，使濕熱的空氣流過水盒時能降溫凝結成小水滴。

4. 末端集水盒：

將水管接到透明盒子，上方用保麗龍蓋住，為了避免水蒸氣從小細縫散失，因此用黏土及透明膠帶封死。

【實驗六】最佳化太陽能海水淡化裝置

一、實驗前思考預測：

1. 將前後端的水管口徑改成相符的，是否能使濕熱空氣流通較順暢？
2. 改用金屬容器當末端集水盒，是否能增加散熱效果呢？
3. 將整個裝置完全密閉，是否可減少消失的海水量呢？集水盒可否因此收集更多淡水呢？

二、實驗方法與過程：

1. 改良氣流通暢性：

第二代前端接口因為是用流理台 U 型管再轉接小水管，由於接合技術不佳，依靠油土及膠帶實在無法避免水滴流出，因此找來口徑差不多(直徑約 3.5 公分)的水管及鋸了一段 L 型塑膠管，才克服第二代的缺點(濕熱空氣流通不順暢)，推論應該是因為空氣如果能夠流通，才能讓大量的蒸氣有機會聚集並凝結成淡水。

2. 增加散熱效果：將集水盒由塑膠改為金屬材質

第二代的塑膠集水盒除了散熱不佳外，它與保麗龍蓋及水管之間很難完全封閉，懷疑它也是讓海水消失的原因之一，所以選用傳導容易、散熱性良好的廢鋁罐取代塑膠集水盒，而且也容易密封。

3. 打造密閉空間：

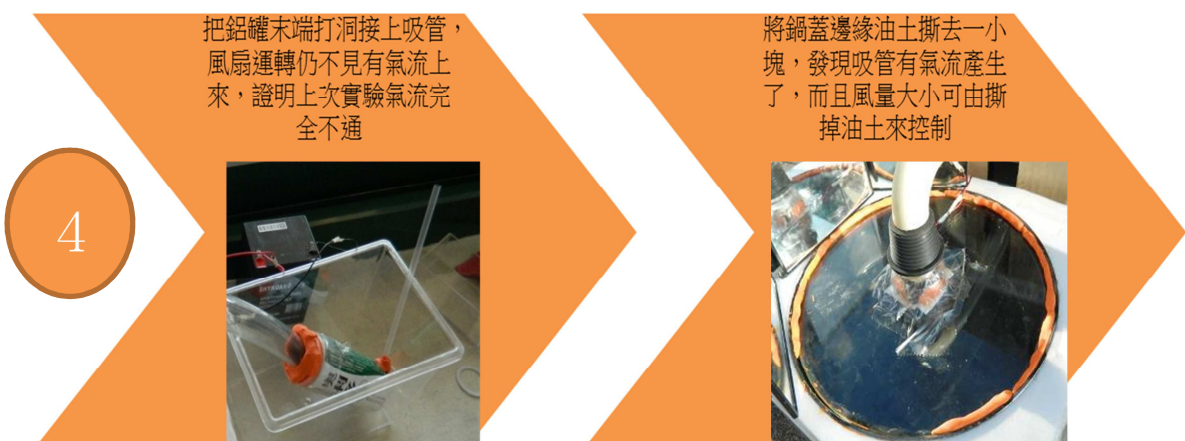
由於第二代裝置的實驗中，在曝曬四至五小時下，平底鍋都少了約 120~150CC(鍋內原本 250CC)，扣掉水管及集水盒內的水滴，約有快 100CC 是消失的，後來發現鍋蓋邊緣會有熱氣冒出，因此用油土將所有縫細填滿。

4. 測試失敗再改良：

將第三代拿去做實驗，發現完全收集不到半滴水，但鍋蓋卻附著一堆水滴，表示密閉空間是無法將水蒸氣引流到集水盒，於是我們將油土拿起一些，發現濕熱空氣便可流到罐子。

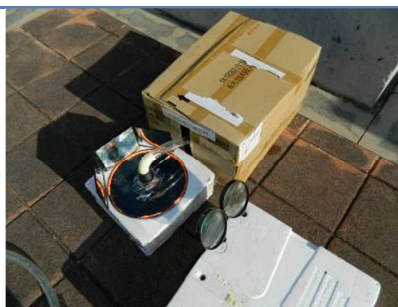


實驗修正並調整



三、實驗結果：

實驗結果



經過五小時的實驗，監控吸管有氣流 鋁罐得到淡水 30CC，鍋內海水僅減
緩緩上升。表示空氣由鍋蓋縫隙被吸 少 100CC，消失的海水量比第二代少
入，夾帶鍋內水蒸氣再從鋁罐吸管排 了，而得到淡水也增加了。
出。

表 14 第一次與第二次最佳化太陽能海水淡化裝置效果比較 單位：mL

	原本水量	剩下水量	集水盒水量	消失水量
第一次	1000	900	0	90
第二次	1000	900	30	40

四、實驗檢討與建議：

1. 當初為了要減少莫名消失的海水，而打造更密閉的空間，沒想到卻有反效果；
反觀裝置前後端各留小洞，卻能順利導引濕熱空氣流向末端集水盒，也收集
到歷次實驗以來最多的淡水，真是意料之外的收穫。
2. 由於氣候漸入冬且偏涼，陽光也常不穩定，會影響到整體實驗的變因，因此
本團隊研究暫時休止，待陽光量充足將會繼續進行。

陸、結論

為了能夠找到為世界設計出能夠從原本的海水變成可以在生活中利用的淡水，所以我們製作了以下四種特色的海水淡化裝置：

- 一、**低耗材**：團隊盡量不購買所需要的器材，盡量使用學校、學生或老師擁有的器材製作。
- 二、**低耗能**：我們為了不違反永續能源的問題，所以不用核能電力，採用取之不盡的太陽能電力，所以過程中並沒有核能電力的困擾。
- 三、**低汙染**：因為使用的是太陽能，所以在過程中並不會有核能在發電中的「二氧化碳」，汙染，自然就會減少。
- 四、**民生用水**：經過裝置，海水裡的鹽分蒸發，淡化出可以洗米、澆花、沐浴生活用的淡水。

研究前實驗工具設計：陽光的確可以讓海水蒸發，只要收集就可以得到淡水

1. 很快地發現瓶子裡有水滴存在，顯示利用放大鏡作為海水淡化裝置主要原理此法確實可行。
2. 應隨時調整陽光聚焦點，盡量讓光聚焦球型玻璃瓶下方正中央位置

研究目的 1：研究水源造成太陽能海水淡化裝置效能變因

（一）【實驗一 A】「不同水質」的蒸發效能差異

1. 因為水溫上升速度相當，蒸發量相似，不同水質蒸發效果並沒有顯著差異。
2. 那不同區域的海水會有不一樣的效果嗎？海水的鹽度因地而異，根據蒸發量的大小、雨水及河水的作用、洋流性質、潮汐盛衰、結冰及融冰以及海水對流作用等，所以研究團隊打算用不同鹽度的水再進行一次實驗，想看看不同區域的海水是否有所差異。

（二）【實驗一 B】「不同鹽度的水」蒸發效能差異

1. 根據實驗二 A 及實驗二 B 的實驗結果顯示，發現水質及鹽度都不會影響到水的蒸發效果。
2. 推論不同區域的海水蒸發效果也相似，如果以同一種海水來做實驗，應該不會有顯著差距。

3. 所以我們取距離我們學校最近的永安漁港海水做為本次實驗所需的海水來源。

研究目的 2：研究瓶子造成太陽能海水淡化裝置效能變因

(三) 【實驗二 A】「遮光率」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 蒸發效果是 不塗奇異筆(0%) < 只塗底部 (25%) = 垂直右側(50%) < 全部塗黑 (100%) < 垂直右側加底部(75%)。
2. 發現黑色塗在球型瓶垂直右側加底部上的遮光率 75%，海水蒸發效果最佳。

(四) 【實驗二 B】「遮光顏色」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 不同顏色球型瓶遮光效能不同，其中黑色(19 度)>綠色(16 度)=藍色(16 度)>紅色(13 度)>透明(12 度)。
2. 研究結果發現，黑色因為能吸收輻射熱，溫度上升較快，未來實驗應採用黑色作為遮光顏色。

(五) 【實驗二 C】「瓶子形狀」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 發現在相同大小的容積下，相差溫度以球型玻璃瓶(9 度)>錐形玻璃瓶(8 度)>玻璃量筒(5 度)。
2. 推測應該是因為瓶身與容積與開口大小跟蒸發效能有關。
3. 所以未來海水淡化裝置應採用透明球型玻璃瓶較佳。

研究目的 3：研究鏡子造成太陽能海水淡化裝置效能變因

(六) 【實驗三 A】「凸透鏡有無」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 相同條件下，設置凸透鏡溫度(9 度)較不設凸透鏡(3 度)，差別頗大。
2. 所以未來海水淡化裝置應設置凸透鏡。

(七) 【實驗三 B】「凸透鏡大小」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 有微型凸透鏡的太陽能海水淡化裝置溫度上升有 15 度，沒有微型凸透鏡有 9 度，有微型凸透鏡的太陽能海水淡化裝置比較能夠讓海水溫度上升。
2. 微型凸透鏡雖然具有聚光效果，但半徑過小，每次進光量也少，所以無法達到一定收集熱能的效果，實在讓人遺憾，PMMA 微型凸透鏡經不起放大鏡的聚焦高溫，而有部分燒燬，加熱效果也不彰。

3. 微型凸透鏡黏貼時仍有許多空隙，且價格不便宜。思考如何讓聚光效果更集中的辦法，例如：隨陽光移動的雲台等，應該可以修正大型凸透鏡的缺點。

(八) 【實驗三 c】「凹面鏡」對太陽能海水淡化裝置的影響

1. 三個凹面鏡的太陽能海水蒸發裝置水溫上升 6 度，改成三個平面鏡的水溫上升 7 度，有微小的差距，足以思考是因為面鏡形式還是因為凹面鏡焦點位置不易對焦的關係。
2. 本實驗延續上次微型凸透鏡之實驗，將掛有 106 個光學玻璃材質直徑 11.6mm 微型凸透鏡之錐形瓶配有兩組不同對焦工具（一放大鏡（凸透鏡）加三個凹面鏡及一放大鏡（凸透鏡）加三個平面鏡）比較出最高加熱效率的一組，但發現，更換材料和對焦工具後的錐形瓶，加熱效果其實差不多。

研究目的 4：設計低成本、高效率之太陽能海水淡水裝置

(九) 第一代太陽能海水淡化裝置

1. 收集結果：250CC 海水經過五小時曝曬後，蒸發掉 10CC，沒有得到任何淡水。
2. 遇到的困境：陶瓷加熱片耗電很兇、透鏡的焦點隨時會跑掉、水蒸氣無法越過 U 型管凝結在集水盒。
3. 下一代改良方向：放棄高耗電的陶瓷加熱片、換體積較大的平底鍋、增設小風扇，強迫將水蒸氣導往集水盒。在水管中段設置降溫裝置，以利水蒸氣凝結。

(十) 第二代太陽能海水淡化裝置

1. 收集成果：250CC 海水經過五小時曝曬，蒸發掉 120CC，得到淡水約 10C，此為第一次成功獲得淡水
2. 遇到的困境：末端集水盒為塑膠製，散熱不易，對凝結水滴幫助不大。消失的約 100CC 海水可能由鍋蓋邊緣細縫流失。末端的細水管口徑可能太小，與鍋蓋接口處的 U 水管不符，影響水蒸氣的流通。
3. 下一代改良方向：改換易散熱的金屬容器。將鍋蓋邊緣用黏土封住。把 U 型管後端水管改成口徑相符的水管，並縮短長度，以防水管

空間太大，變成濕度飽和空氣的溫床。

(十一) 最佳化太陽能海水淡化裝置

1. 收集成果：1000CC 海水經過五小時曝曬，蒸發掉約 100CC，可以得到珍貴的淡水 30CC。

柒、未來展望及感想

- 一、本團隊實驗研究歷程真的十分艱辛，在太陽下被曬得十分痛苦，加上一一次又一次的重複失敗，還有不知道怎麼樣才能成功收集到淡水的無奈；但實驗過程中的小小發現跟改良，卻是無可取代的美好，現在實驗雖然有了小小的結果卻不代表實驗完全結束，**研究的火花燃燒在團隊研究者的心中**，未來不會放棄繼續科學研究的路，縱使一路孤單。
- 二、由於本校位於台灣北部，北部地區的陽光量較不穩定，實驗受天候影響頗大，建議**南部學校臨海學校可以借用本實驗結果**，大家互相切磋研究，繼續改良，**得出更具效能之海水淡化裝置**，讓未來台灣不再受乾旱之苦。
- 三、因為桃園是萬塘之鄉，有非常多的埤塘、河流等，甚至比海水更容易取得，所以研究建議未來也可以使用本裝置**淡化湖水作為民生用水**。
- 四、建議未來如果可以將降溫盒已受熱的熱海水透過管道輸送到下一個海水淡化裝置，可以**減少海洋汙染及降低淡化成本**。
- 五、研究者也在思考，如果將放大鏡放置在**隨地球自轉運行的赤道儀**上，可以減少人力的耗支，也是未來可行的研究方向之一。

捌、參考資料

1. 張淵斯與曹知行(2009 年 6 月)，海水淡化的發展，**科學發展**，438，取自 http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/9806/9806-05.pdf，下載日期：2015.5.30
2. 李至倫，海水淡化之趨勢與未來性分析，**國家政策論壇(民國 92 年 7 月)季刊**，取自 <http://old.npf.org.tw/monthly/0303/theme-281.htm>
3. 遠東學報第二十八卷第一期 我國缺水因素與解決策略之分析評估 <http://www.feu.edu.tw/adms/aa0/aa095/jfeu/28/2801/280101.pdf>
4. 淡化海水-台灣 Word <http://www.twword.com/wiki/淡化海水>

【評語】 080823

該研究因應生活缺水問題，提出低成本、高效率太陽能海水淡化裝置，探究影響因素成果豐碩，唯可思考如何提升淡水產量，與量測所獲淡水內含鹽程度，以利實際民生用水。