

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

第一名

080810

真的全自動-全球免設定日光追蹤系統！

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者： 小五 孫意涵 小五 謝佳岑 小五 閔子庭 小五 楊宇翔	指導老師： 王懋勳 戴郁奇
---	-----------------------------

關鍵詞：太陽軌跡、電量差、免設定自動追日

得獎感言

成績揭曉的那一刻，台上傳來：「第一名，明道普霖斯頓雙語小學」。那時感動如湧泉般，從心裡一股腦兒地湧出來，實在太令人感動了。

回想起這一年的研究過程，真是一條漫長而辛苦的路，沒有完美，只有不斷地改進，忍受實驗時的失敗與枯燥，犧牲下課的玩樂時間和午休時間，重複地累積實驗數據，並與同學和老師共同討論，參考融入大家的想法，才能讓作品日漸成熟。

但除了辛苦，我們也發現科學是一個非常有趣的科目，運用創意與學過的知識，發揮觀察力和想像力，對於研究的範圍不設限，就一定都可以做出很好的作品。

這次的科展作品-日光追蹤系統，發想起點來自於老師上課時介紹到沙漠的太陽能發電廠。裡面的太陽能板很厲害，會自動追著太陽跑。當時的我們天真地想要研究出一種可以不管搬到地球哪裡，都可以自動追蹤面對陽光的機器，想不到答案居然就藏在小學四年級的自然課本裡面，不過雖然原理簡單，但做起來卻是特別的辛苦，因為每一項實驗都只能有一個變因，也都要多做幾次取平均，才不會那麼容易出錯。為了找出最大發電量的組合，我們更是重複地修改，終於打造出這台『真的全自動-全球免設定日光追蹤系統』。完成的當下，以前的爭執與互不相讓，早就被我們拋在腦後，因為我們終於懂得『討論』是融入大家創意的最好方法。

能夠獲得全國科展第一名真是個非常大的榮耀，非常感謝我們的自然科學老師，若不是老師從題目到報告以及每個實驗，都陪伴在我們身邊，我想我們也沒有機會得到這次的榮耀，讓我們有機會參與全國比賽，藉由這個機會，欣賞別人的作品，看每一組的特色和優缺點，並學習到不同的研究方式，增廣見聞。

當然最重要的科展夥伴們，我們一起經歷了這一整年的大小事物，不管是在評審面前緊張發抖，還是在得獎時驚聲尖叫，甚至在總統與我們握手時一起微笑，這些終將成為我們人生中難忘的回憶。

很高興我們能夠得全國科展第一名，也非常謝謝辛苦的評審老師，我們相信，這份榮耀不僅是給我們的鼓勵與肯定，更是期許自己往後能要更加精進，朝科學這方面繼續前進。



準備好了！明天就讓我們一起追蹤日光吧~



謝謝親愛的家人到現場為我們加油，有你們的支持讓我們更有勇氣！



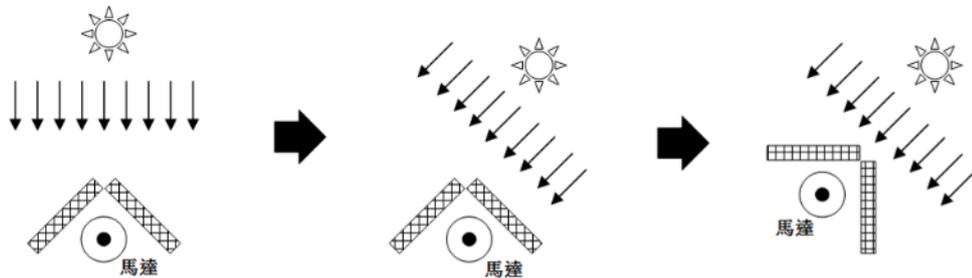
創辦人、校長與主任和我們一起感受得獎瞬間的激動與興奮！

摘要

陽光要直射太陽能板才有最大的發電量，現在太陽能板不是固定式的，就是用電腦程式輸入當地太陽軌跡來追蹤太陽。可是每個國家太陽軌跡不同，如果機器搬到其他國家就必須重新設定，所以我們想讓機器免設定自己就可以追蹤太陽。

實驗發現：陽光是平行光、照射太陽能板角度不同發電量也不同。所以我們把兩片太陽能板架起來，這樣太陽一移動，兩片太陽能板出現電量差，就能帶動太陽能馬達，直到兩片太陽能板中心對準太陽，電量差消失就停止，實驗發現兩片太陽能板夾角 65 度效果最好(P.7)。

另外我們用彈簧和金屬吉他弦設計的開關來控制強扭力馬達，解決太陽能馬達不夠力的問題(P.13)。希望這個構想可以用在屋頂上的太陽能板，讓大家時時刻刻擁有最大的發電量。



壹、研究動機

上課的時候老師有介紹到沙漠的太陽能發電廠。裡面的太陽能板很厲害，會自動追著太陽跑。老師說那事先寫好程式讓它可以一直對著太陽，我們就想說台灣也可以有一套就太棒了。但是老師說如果搬到台灣，太陽能板轉動的程式就要重寫，有同學很厲害的說：「因為不同緯度的地方，太陽走的軌跡會不一樣」。所以我們就想要研究出一種可以不管搬到地球哪裡，都可以自動追蹤面對陽光的機器。

★ 與課程相關單元：

【四年級奇妙的電】：電流方向與馬達轉動方向、串並聯。

【五年級觀測太陽】：太陽軌跡、四季太陽運行。



貳、研究目的

- 一、模擬太陽光和太陽移動的情形。
- 二、太陽能板發電量和照光角度的關係。
- 三、設計自動追蹤太陽裝置。
- 四、兩片太陽能板的角度和馬達轉動的關係。
- 五、解決太重轉不動的問題—加裝強扭力馬達。
- 六、利用太陽能馬達設計「控制強扭力馬達」正轉反轉的開關。
- 七、底部輪子的設計。
- 八、最後組裝與其他設計。
- 九、觀察一整天運作情形，發現問題與缺點改進。
- 十、測試準確度、和固定式太陽能板比較發電量。

參、研究設備及器材

自製角度調整器	木板、塑膠片、膠帶、長螺絲釘、螺帽
自動太陽追蹤器	木板、木條、保麗龍板、太陽能馬達、強扭力馬達、鱷魚夾、電線、光碟片、滾珠軸承輪、竹筷、塑膠管、彈簧、吉他金屬弦、吸管、9V 電池、太陽能板
實驗工具	檯燈、實驗架、量角器、數位電表、電源供應器、滑輪、電子秤、砝碼、彈簧秤、水平儀
製作工具	剝線鉗、焊錫、熱熔膠、線鋸機

肆、研究過程與方法

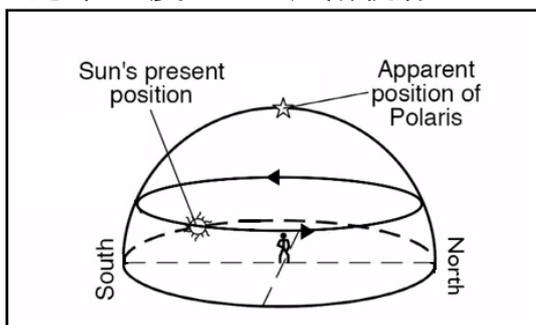
一、資料查詢：

(一)、現在「太陽能發電板」追蹤太陽的方法：

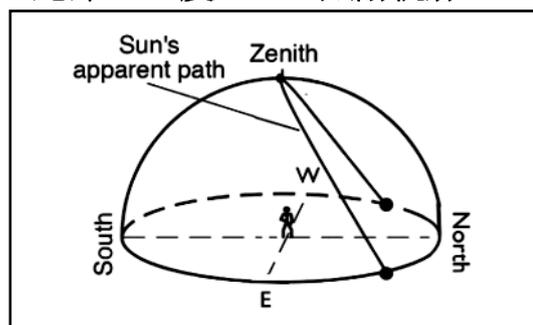
1. 電腦控制太陽能板轉動：先輸入當地太陽軌跡移動的資料，讓電腦根據資料控制太陽能板該何時轉動、轉動多少角度。
例如：台灣高雄路竹區高聚光太陽能發電廠、上陽能源 iPV 追日系統、利用 GPS 定出所在地經緯度判定地點後利用程式追蹤太陽。
2. 先偵測每個時間發電最大量的角度，輸入電腦並記錄，找到發電量最大的位置。
例如：明道大學全自動太陽追蹤系統。

(二)、世界各地「太陽軌跡」：

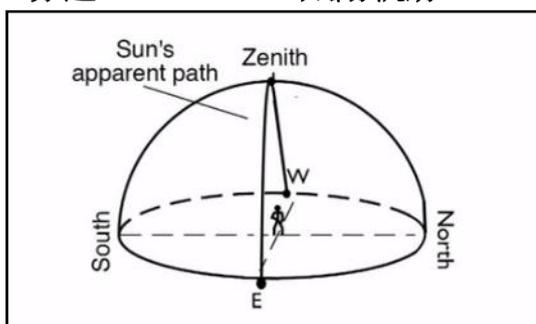
北緯 90 度，6/21 太陽軌跡



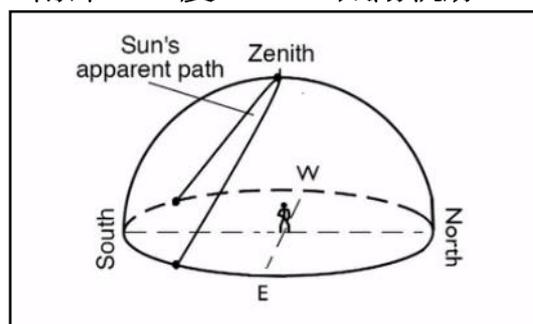
北緯 23.5 度，6/21 太陽軌跡



赤道，3/21、9/23 太陽軌跡



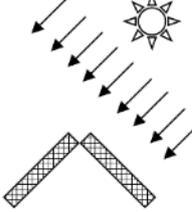
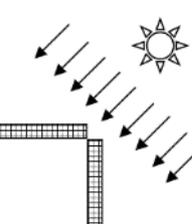
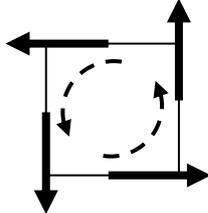
南緯 23.5 度，12/21 太陽軌跡



二、研究架構

目標：自動追蹤太陽

- 不需設定，全世界各地都適用，用陽光角度決定何時要轉動
- 越靈敏越好，盡可能隨時對準太陽。

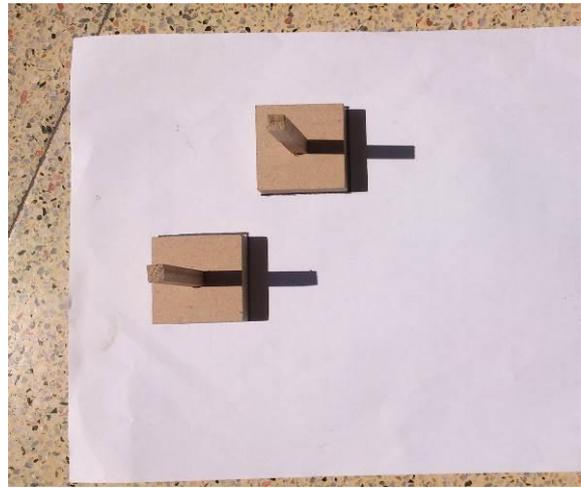
遇到的問題	解決方法
如何模擬太陽光	<p>太陽光：距離檯燈 30 公分，就會有類似平行光的效果。</p> <p>太陽移動：光源不動，利用「自製角度調整器」調整太陽能板角度，模擬太陽不同照射角度。</p>
如何讓陽光自行判斷何時該轉動	 <p>右邊版子陽光直射，發電量大；左邊版子陽光斜射，發電量小；所以馬達會向右轉動。</p>  <p>一直轉到兩塊版子受光角度相同，發電量相同，馬達順轉逆轉力量相同，就停止不會動了。</p>
「太陽能馬達」力量不夠	改用強扭力馬達來帶動轉盤。
如何用「太陽能馬達」做出「控制強扭力馬達」正轉反轉的開關	 <p>電源正負極分別接到金屬弦、彈簧。太陽能馬達轉動風扇，打到金屬弦後，碰到彈簧連成通路，強扭力馬達就動了。</p>
底盤裝在馬達上無法達到完全水平轉起來歪歪斜斜的	 <p>用馬達帶動裝在底盤四邊的輪子。當輪子沿著切線方向轉動，這樣就可以帶動整台機器旋轉。</p>

【研究一】模擬太陽光和太陽移動的情形

一、太陽光的特性：

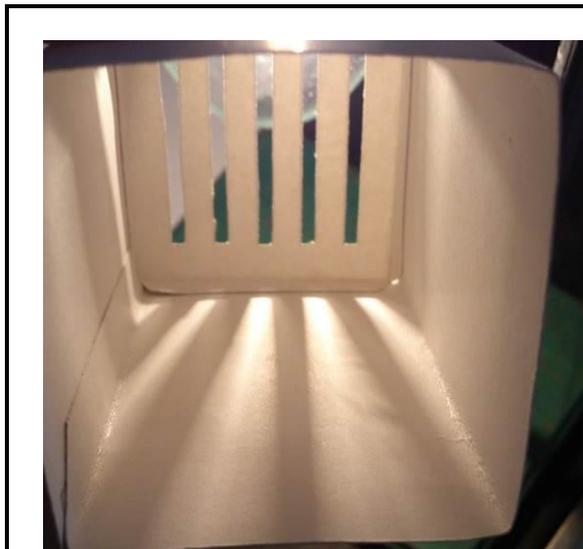


通過隙縫的太陽光每一條都是平行的

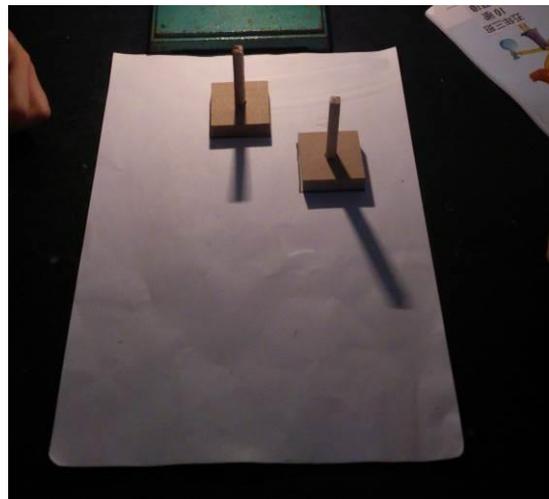


棍子位置不同，但是影子方向、長度是相同的。

二、燈泡光的特性：



通過隙縫的燈泡光是散開的



棍子位置不同，影子方向、

三、討論：

1. 因為太陽比地球大非常多，又很遠，所以射到地球的光幾乎是相同方向角度的平行光。
2. 燈泡因為是 360 度往四周散出光，所以光有各種不同角度，看起來就像是散開一樣。

四、模擬太陽光線：

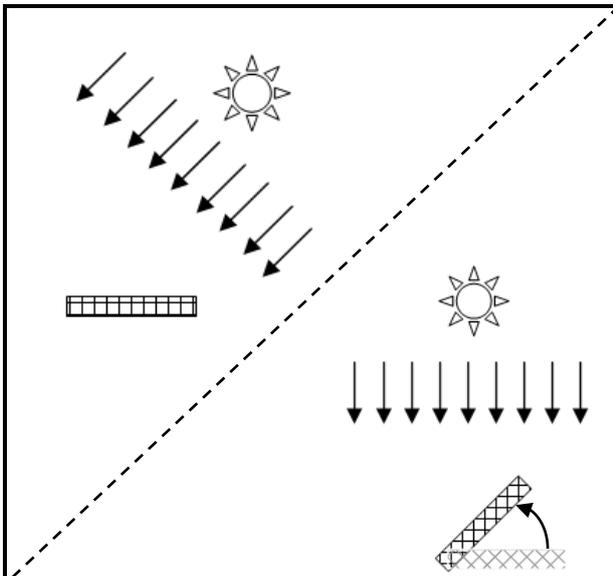


距離燈泡 30 公分，
光線通過隙縫變成幾乎是平行的。

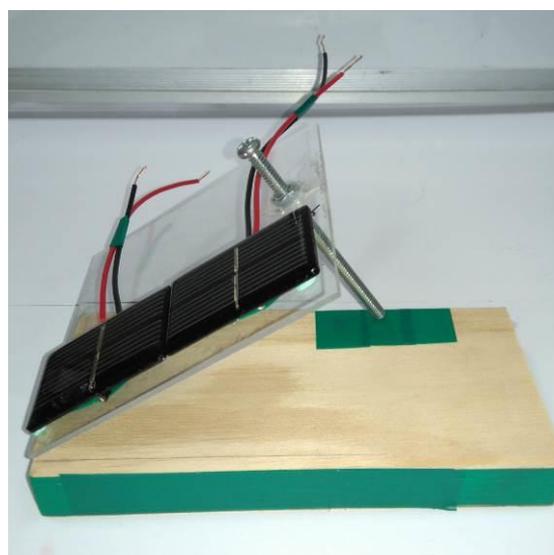


所以我們把檯燈架高 35 公分，
光往下照當作是陽光。

五、模擬太陽移動：



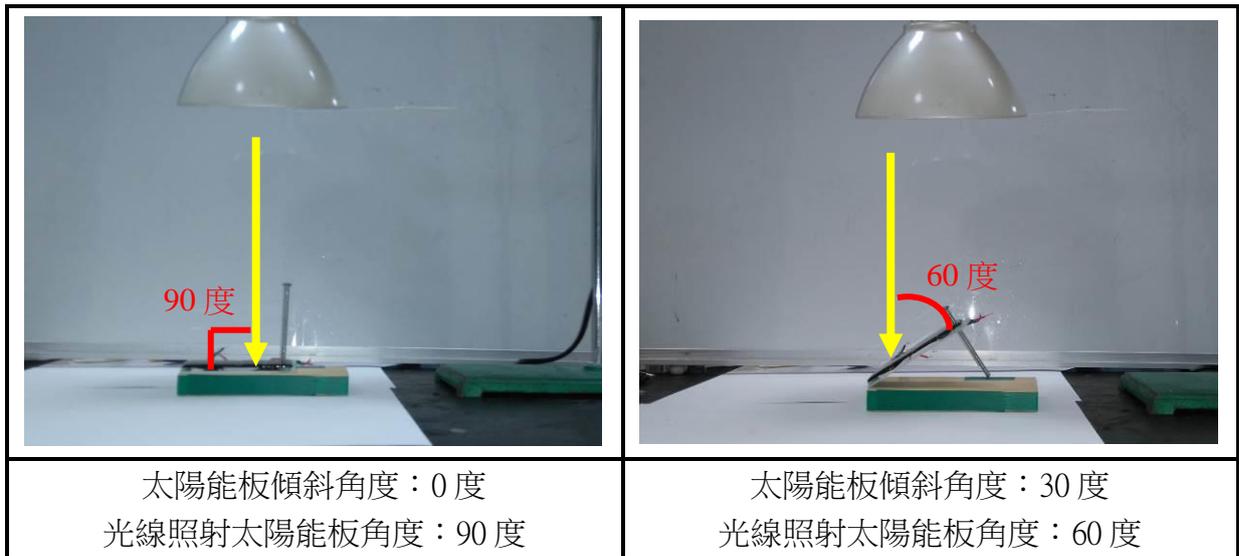
左上圖是太陽移動導致斜射，右下圖是調整太陽能板角度造成斜射。這兩種情況的太陽照射太陽能板的角是相同的。



製作「角度調整器」，我們用改變太陽能板角度當成太陽移動造成照射角度不同。

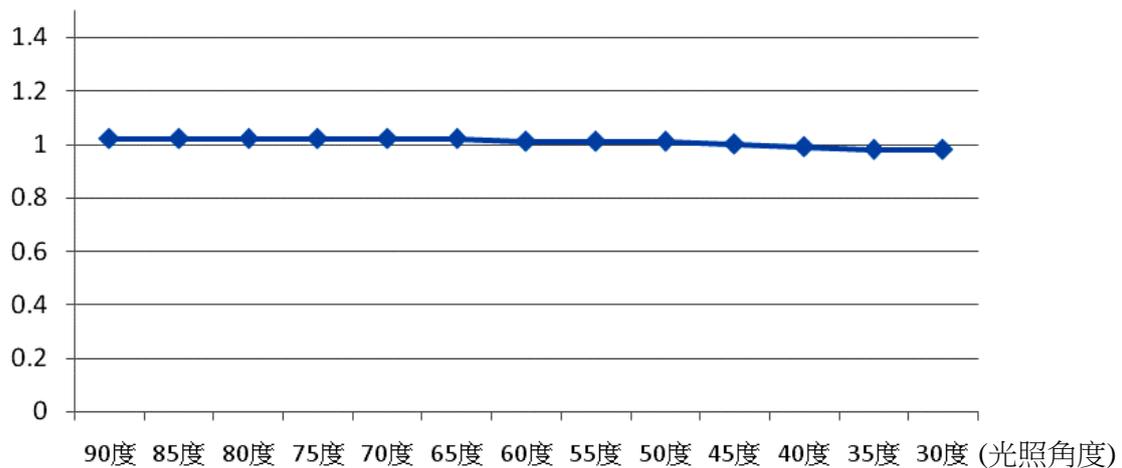
【研究二】太陽能板發電量和照光角度的關係

一、用「角度調整器」改變照光角度，測量太陽能板的電壓和電流量：

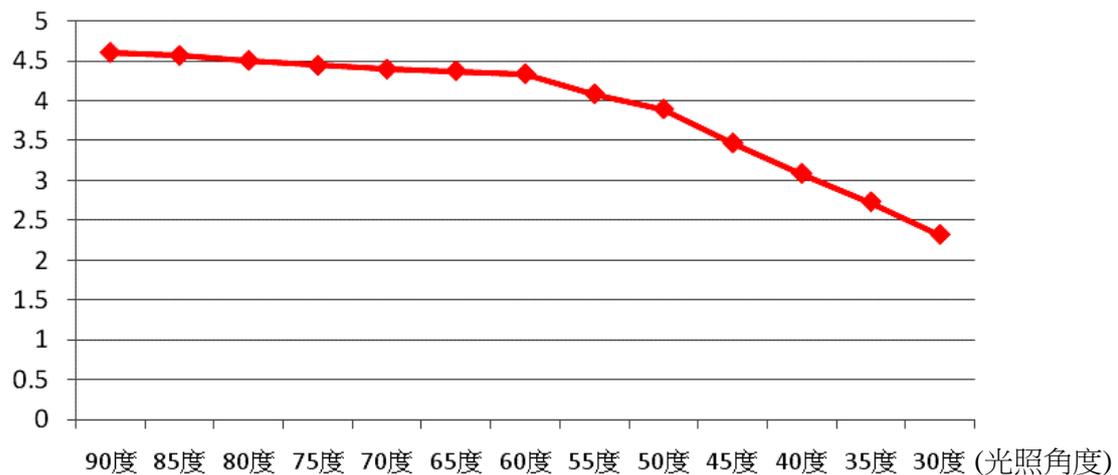


二、實驗結果：

電壓(V)



電流(mA)

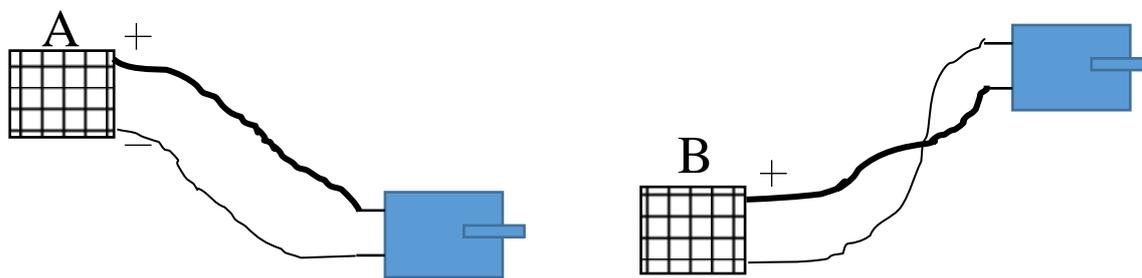


三、討論與發現：

1. 電壓大小幾乎不會隨著光照角度改變。
2. 光照射太陽能板角度 90 度（直射）時發電量最大。
3. 光照射角度越小，發電量也越少。
4. 所以太陽能板最好要和太陽光線保持垂直狀態，才会有最大的發電量。

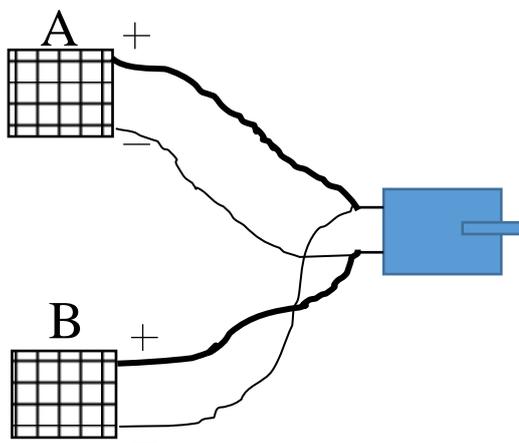
【研究三】設計自動追蹤太陽裝置

一、四年級的時候我們有學過，改變電流方向，馬達轉動方向也會改變。



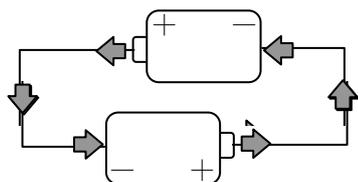
【馬達"順時針"轉動】【馬達"逆時針"轉動】

二、A、B 兩片太陽能板同時接上馬達，但是正負極顛倒，結果馬達不會動。



我們討論後認為馬達不會動的原因有 2 種可能性：

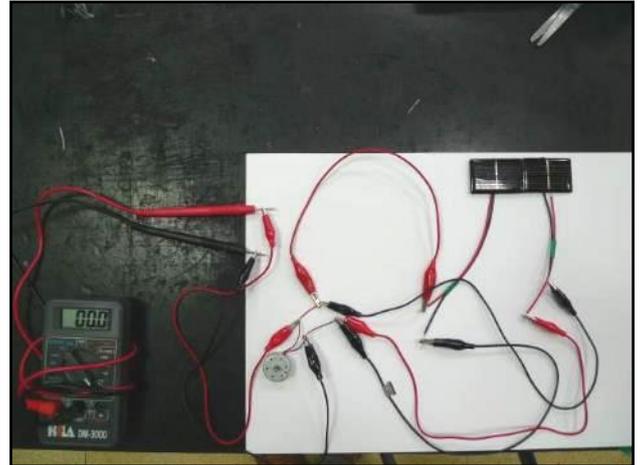
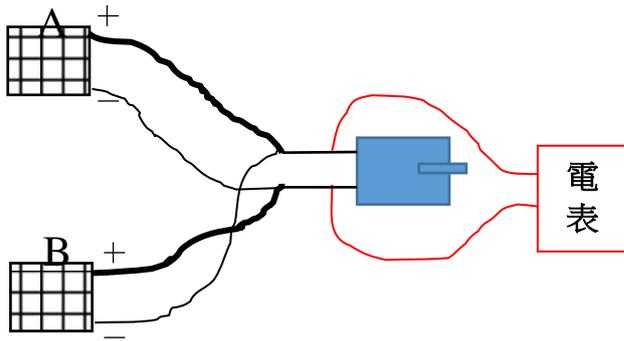
1. A、B 兩塊太陽能板自己的正負極短路，電流根本沒有流進馬達裡。



【四年級學過電池這樣接會短路，燈泡不會亮】

2. 電流有流進馬達，但是因為電流方向不同而會互相抵消，剩下的電流再進到馬達。

三、所以我們在馬達電線上接上電表，結果發現：

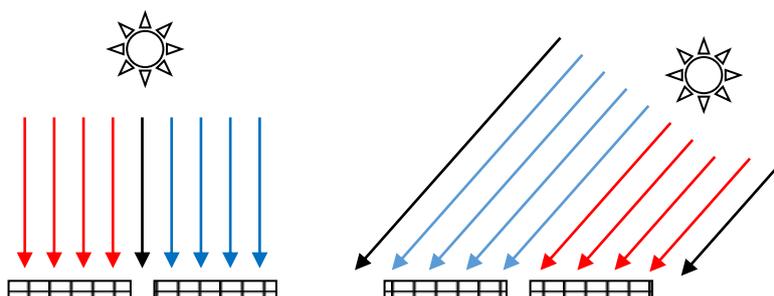


全部都不遮。 測得電量：0.1mA	右邊遮住 1/4。 測得電量：7.3mA	右邊遮住 1/2。 測得電量：15.9mA

右邊遮住 3/4。 馬達開始轉 測得電量：26.3mA	右邊全部遮住。 馬達開始轉 測得電量：37.1mA

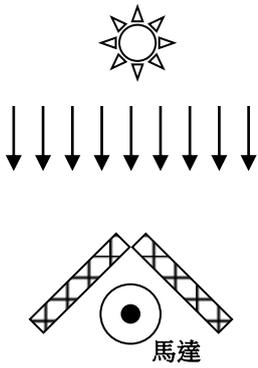
★ 所以兩片太陽能板發的電因為方向不同，所以會互相抵消。抵消完剩下的部分，才會流進馬達裡。

四、我們希望太陽移動時，因為陽光照射角度不同，造成兩片太陽能板發電量不同。

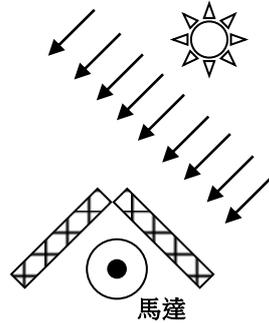


兩片太陽能板都是平放，雖然太陽有移動，但是因為太陽是平行光，所以就算是斜射，兩塊版子受光量仍然相同，發電量相同，互相抵消後不會動。

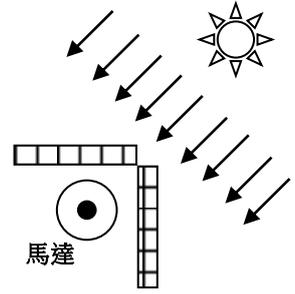
【設計想法】



太陽是平行光，兩塊版子受光量相同，發電量相同互相抵消，所以馬達不會轉動。

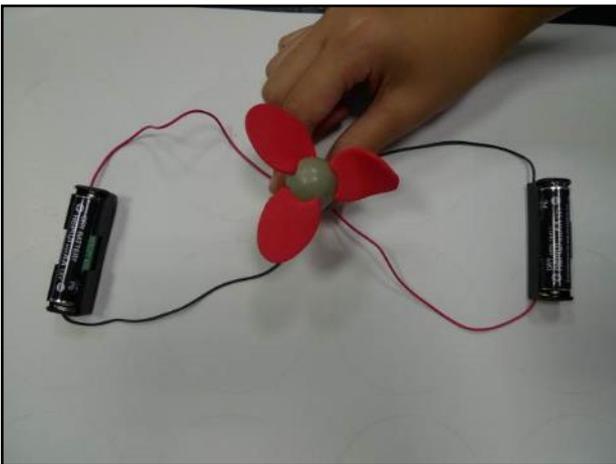


當太陽移動，右邊太陽能板受光量比左邊大，兩邊的發電量**抵消部分後還有剩餘電流**，所以馬達會帶動板子向右旋轉。

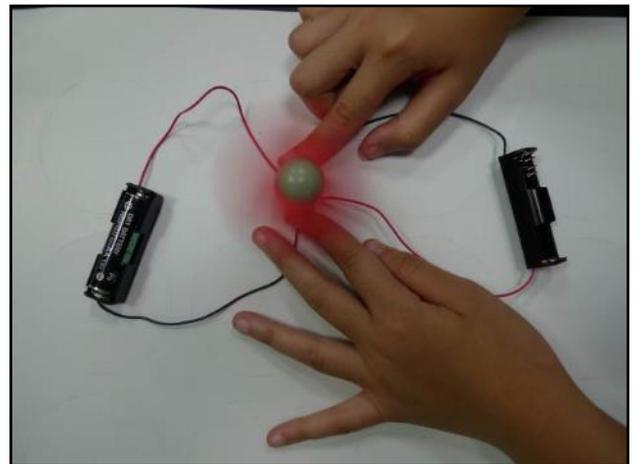


馬達會一直轉到當兩塊太陽能板受光量相同，發電量又相同了，所以馬達就會停下來。

【事先測試】



兩邊都裝上顆電池，電量相同互相抵消，所以馬達不會轉。



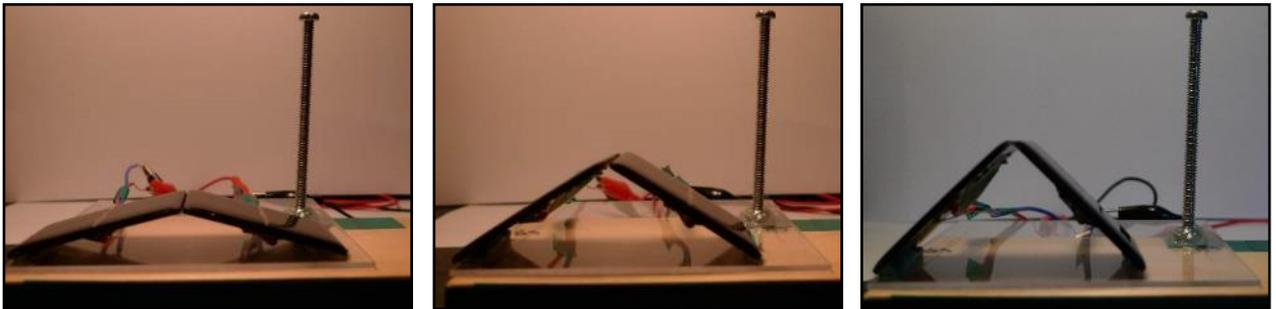
拆掉其中一邊的電池，不會互相抵消，馬達就開始轉了。

【研究四】兩片太陽能板的角度和馬達轉動的關係

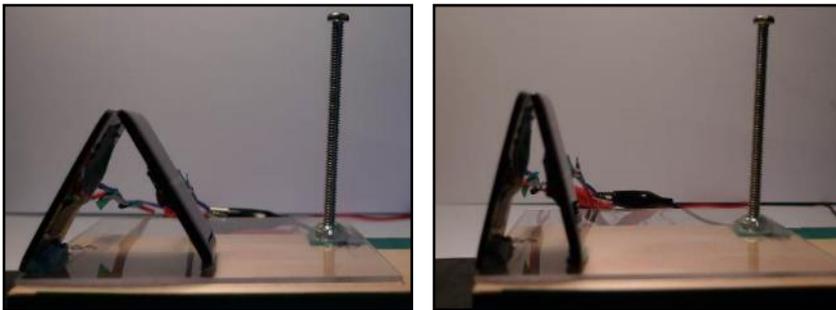
- 我們希望機器能夠在太陽移動一點點的時候，就能感應到然後旋轉，自動對準太陽，就是希望它能夠靈敏一點。
- 馬達要能動靠的是「兩片太陽能板的發電量互相抵消後剩餘的電量」，所以我們想知道兩片太陽能板要怎麼放才能給馬達最多的電。
- 給馬達的電 = 前太陽能板的發電量 - 後太陽能板的發電量

一、實驗一：2片太陽能板不同夾角時的發電量差 (40W 日光燈)

【兩片太陽能板的夾角】

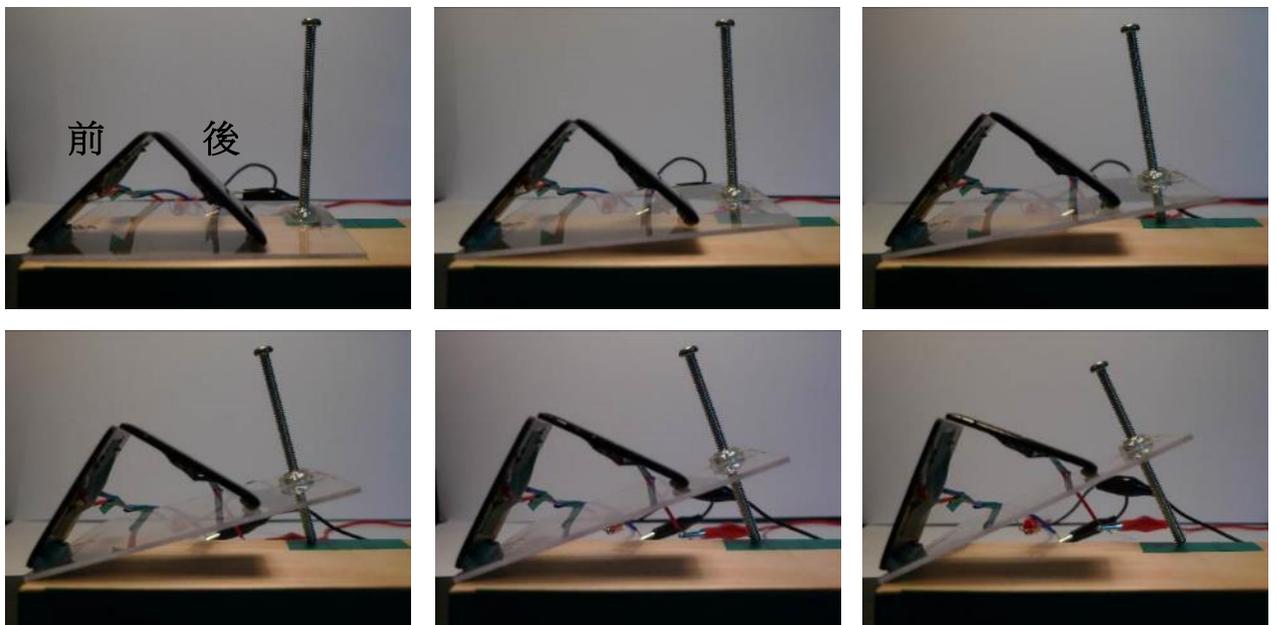


夾角 150 度 夾角 120 度 夾角 90 度



夾角 60 度 夾角 30 度

【用「角度調整器」改變照光角度，模擬太陽移動】



【實驗結果】

夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
150度	第一次	3.61	3.61	3.58	3.9	3.51	4.17	3.44	4.39	3.29	4.58	3.08	4.85	2.82	5.06
	第二次	3.61	3.61	3.58	3.92	3.51	4.16	3.44	4.39	3.26	4.58	3.09	4.85	2.81	5.05
	平均	3.61	3.61	3.58	3.91	3.51	4.17	3.44	4.39	3.28	4.58	3.09	4.85	2.82	5.06
	電量差	0.00		0.33		0.66		0.95		1.31		1.77		2.24	

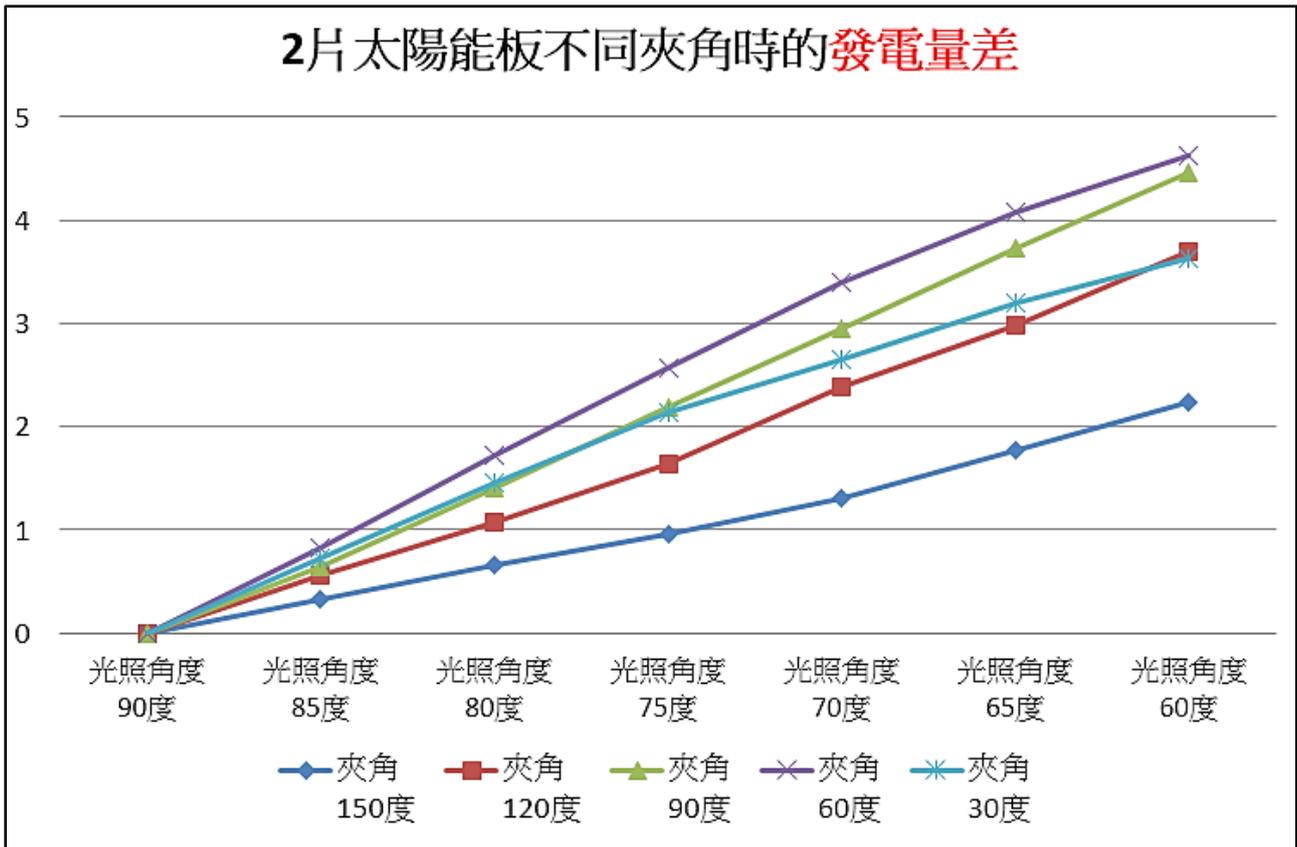
夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
120度	第一次	3.21	3.21	3.02	3.56	2.84	3.89	2.59	4.26	2.29	4.65	1.97	4.94	1.58	5.26
	第二次	3.22	3.22	3.02	3.58	2.83	3.92	2.64	4.25	2.29	4.69	2.01	4.99	1.53	5.25
	平均	3.22	3.22	3.02	3.57	2.84	3.91	2.62	4.26	2.29	4.67	1.99	4.97	1.56	5.26
	電量差	0.00		0.55		1.07		1.64		2.38		2.98		3.70	

夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
90度	第一次	2.81	2.81	2.55	3.21	2.23	3.61	1.87	4.04	1.49	4.46	1.1	4.84	0.74	5.16
	第二次	2.81	2.81	2.57	3.18	2.23	3.67	1.86	4.04	1.52	4.43	1.13	4.84	0.71	5.18
	平均	2.81	2.81	2.56	3.20	2.23	3.64	1.87	4.04	1.51	4.45	1.12	4.84	0.73	5.17
	電量差	0.00		0.64		1.41		2.18		2.94		3.73		4.45	

夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
60度	第一次	2.06	2.06	1.65	2.46	1.19	2.92	0.81	3.39	0.47	3.86	0.23	4.31	0.12	4.74
	第二次	2.06	2.06	1.65	2.48	1.21	2.91	0.81	3.37	0.47	3.88	0.23	4.31	0.15	4.76
	平均	2.06	2.06	1.65	2.47	1.20	2.92	0.81	3.38	0.47	3.87	0.23	4.31	0.14	4.75
	電量差	0.00		0.82		1.72		2.57		3.40		4.08		4.62	

夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
30度	第一次	1.08	1.08	0.69	1.42	0.38	1.82	0.18	2.31	0.09	2.74	0.07	3.23	0.06	3.71
	第二次	1.1	1.09	0.69	1.4	0.41	1.86	0.18	2.31	0.09	2.74	0.07	3.28	0.06	3.66
	平均	1.09	1.09	0.69	1.41	0.40	1.84	0.18	2.31	0.09	2.74	0.07	3.26	0.06	3.69
	電量差	-0.01		0.72		1.45		2.13		2.65		3.19		3.63	

2片太陽能板不同夾角時的發電量差



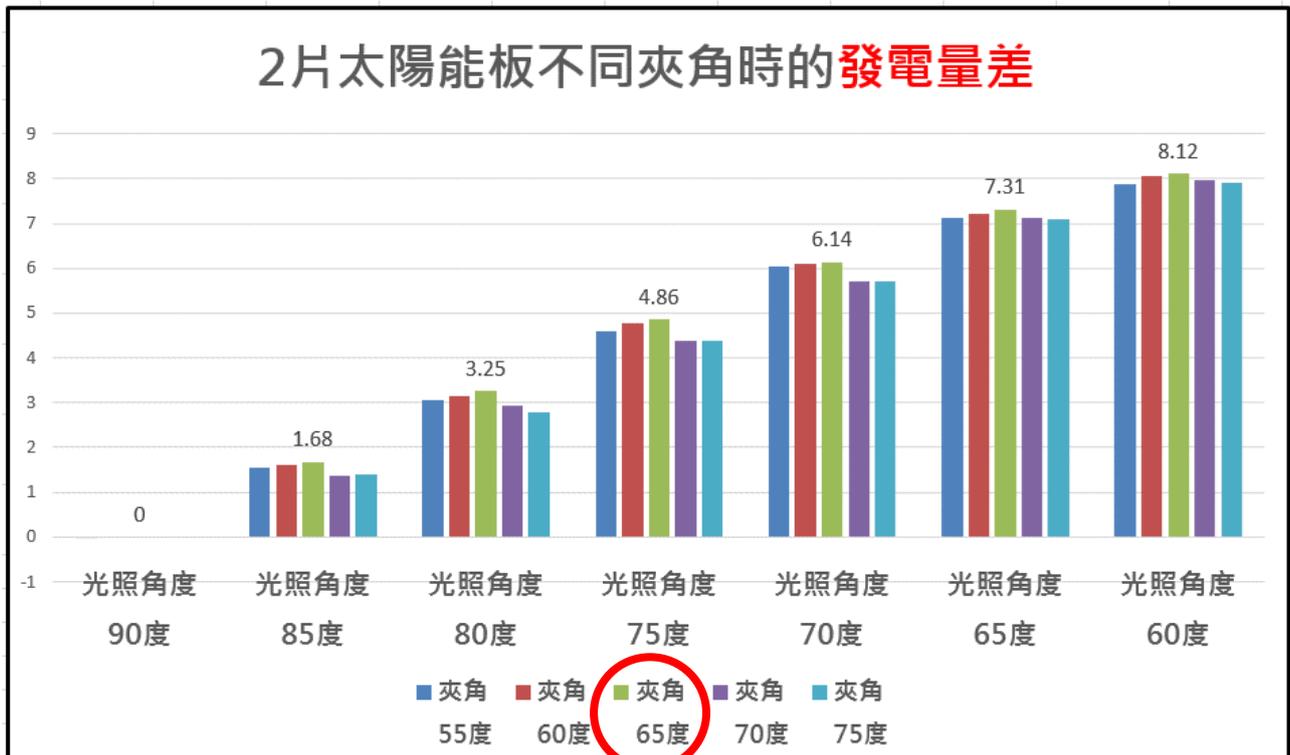
二、實驗二：2片太陽能板不同夾角時，馬達會在光照移動幾度時開始轉動(60W 日光燈)
 如果光照移動角度越小馬達就能開始動，代表自動追蹤太陽的裝置越靈敏。

2片太陽能板 夾角 150度	2片太陽能板 夾角 120度	2片太陽能板 夾角 90度	2片太陽能板 夾角 65度	2片太陽能板 夾角 30度
往上旋轉 59 度 馬達開始轉動	往上旋轉 36 度 馬達開始轉動	往上旋轉 31 度 馬達開始轉動	往上旋轉 17 度 馬達開始轉動	往上旋轉 37 度 馬達開始轉動

靈敏度最高
 能最快感應
 到太陽移動
 而追蹤太陽

三、兩片太陽能板更精細的角度變化：

夾角	光照角度	90度		85度		80度		75度		70度		65度		60度	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
55度	第一次	3.74	3.72	2.97	4.46	2.13	5.18	1.43	5.99	0.7	6.73	0.33	7.45	0.21	8.08
	第二次	3.72	3.71	2.87	4.47	2.12	5.18	1.41	6	0.7	6.73	0.33	7.42	0.2	8.07
	平均	3.73	3.72	2.92	4.47	2.13	5.18	1.42	6.00	0.70	6.73	0.33	7.44	0.21	8.08
	電量差	-0.02		1.55		3.06		4.58		6.03		7.11		7.87	
60度	第一次	4.01	4	3.12	4.77	2.43	5.51	1.55	6.31	0.94	7	0.46	7.62	0.26	8.31
	第二次	4.01	4.02	3.18	4.73	2.38	5.58	1.58	6.33	0.91	7.03	0.41	7.65	0.25	8.33
	平均	4.01	4.01	3.15	4.75	2.41	5.55	1.57	6.32	0.93	7.02	0.44	7.64	0.26	8.32
	電量差	0.00		1.60		3.14		4.76		6.09		7.20		8.07	
65度	第一次	4.39	4.38	3.52	5.2	2.74	5.98	1.89	6.76	1.17	7.33	0.61	7.92	0.33	8.44
	第二次	4.39	4.39	3.51	5.19	2.73	5.99	1.87	6.71	1.19	7.31	0.62	7.93	0.32	8.44
	平均	4.39	4.39	3.52	5.20	2.74	5.99	1.88	6.74	1.18	7.32	0.62	7.93	0.33	8.44
	電量差	0.00		1.68		3.25		4.86		6.14		7.31		8.12	
70度	第一次	4.42	4.43	3.78	5.13	2.98	5.87	2.18	6.56	1.49	7.22	0.82	7.96	0.44	8.39
	第二次	4.42	4.42	3.79	5.17	2.94	5.89	2.18	6.56	1.51	7.21	0.84	7.95	0.43	8.39
	平均	4.42	4.43	3.79	5.15	2.96	5.88	2.18	6.56	1.50	7.22	0.83	7.96	0.44	8.39
	電量差	0.00		1.37		2.92		4.38		5.72		7.13		7.96	
75度	第一次	4.62	4.62	3.95	5.34	3.27	6.04	2.46	6.83	1.75	7.44	0.93	8.02	0.61	8.52
	第二次	4.61	4.62	3.95	5.33	3.28	6.05	2.43	6.79	1.75	7.45	0.94	8.03	0.61	8.51
	平均	4.62	4.62	3.95	5.34	3.28	6.05	2.45	6.81	1.75	7.45	0.94	8.03	0.61	8.52
	電量差	0.00		1.39		2.77		4.37		5.70		7.09		7.91	



電量差最大

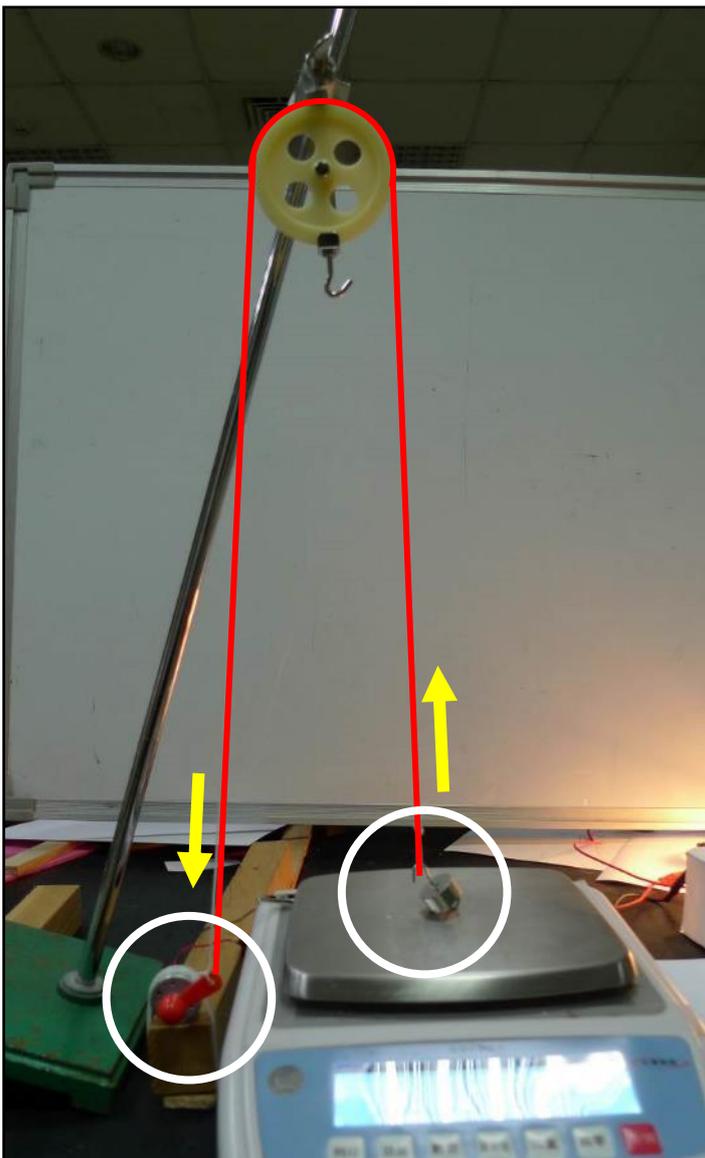
四、討論與發現：

1. 太陽能板夾角 150 度時，2 片板子分別的發電量很大，但是它們相差的電量不多，所以互相抵消後，流進馬達的電量是最少的。
2. 太陽能板夾角 65 度時，2 片板子相差的電量最多，所以互相抵消後，流進馬達的電量是最多的。
3. 太陽能板夾角 65 度時，光照角度 17 度時，馬達就會開始轉動。
4. 所以當太陽移動時，太陽能板夾角 65 度的裝置能最快感應到，馬達就會開始轉動，讓裝置對準陽光。

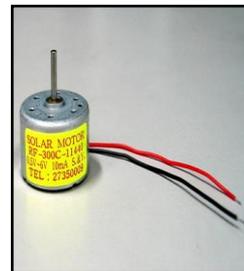
【研究五】解決太重轉不動的問題—加裝強扭力馬達

我們在前面的研究中發現，太陽能馬達旋轉的力量很弱，這樣可能無法帶動整個裝置轉動，所以我們想用其他馬達代替。

一、測量不同馬達旋轉時力量的機器



1. 繩子分別綁在馬達風扇上和砝碼上，懸掛在滑輪上。
2. 用電子秤秤出砝碼的重量，記錄下來。
3. 啟動馬達，馬達轉動會拉動繩子。
4. 紀錄電子秤的重量，計算後減經的重量就是馬達的拉力。
5. 分別測試太陽能馬達、書局買的馬達、強扭力馬達。



二、實驗結果

	太陽能馬達		普通小馬達		強扭力馬達	
	砝碼重量		砝碼重量		砝碼重量	
	開動前	開動後	開動前	開動後	開動前	開動後
第一次	20	16.25	20	12.25	20	0
第二次	20	16.3	20	12.25	20	0
第三次	20	16.3	20	12.25	20	0
平均	20	16.28	20	12.25	20	0
馬達拉力 (重量差)	3.72 g		7.75 g		20 g	

三、測量強扭力馬達的力量

因為強扭力馬達把 20 克砝碼整個拉上來，所以我們把重物換成 1493 公克的一罐錢幣，看看它能拉動多少重量。

	強扭力馬達	
	重物重量	
	開動前	開動後
第一次	1493	267
第二次	1493	263
第三次	1493	264
平均	1493	264.67
馬達拉力 (重量差)	1228.33 g	



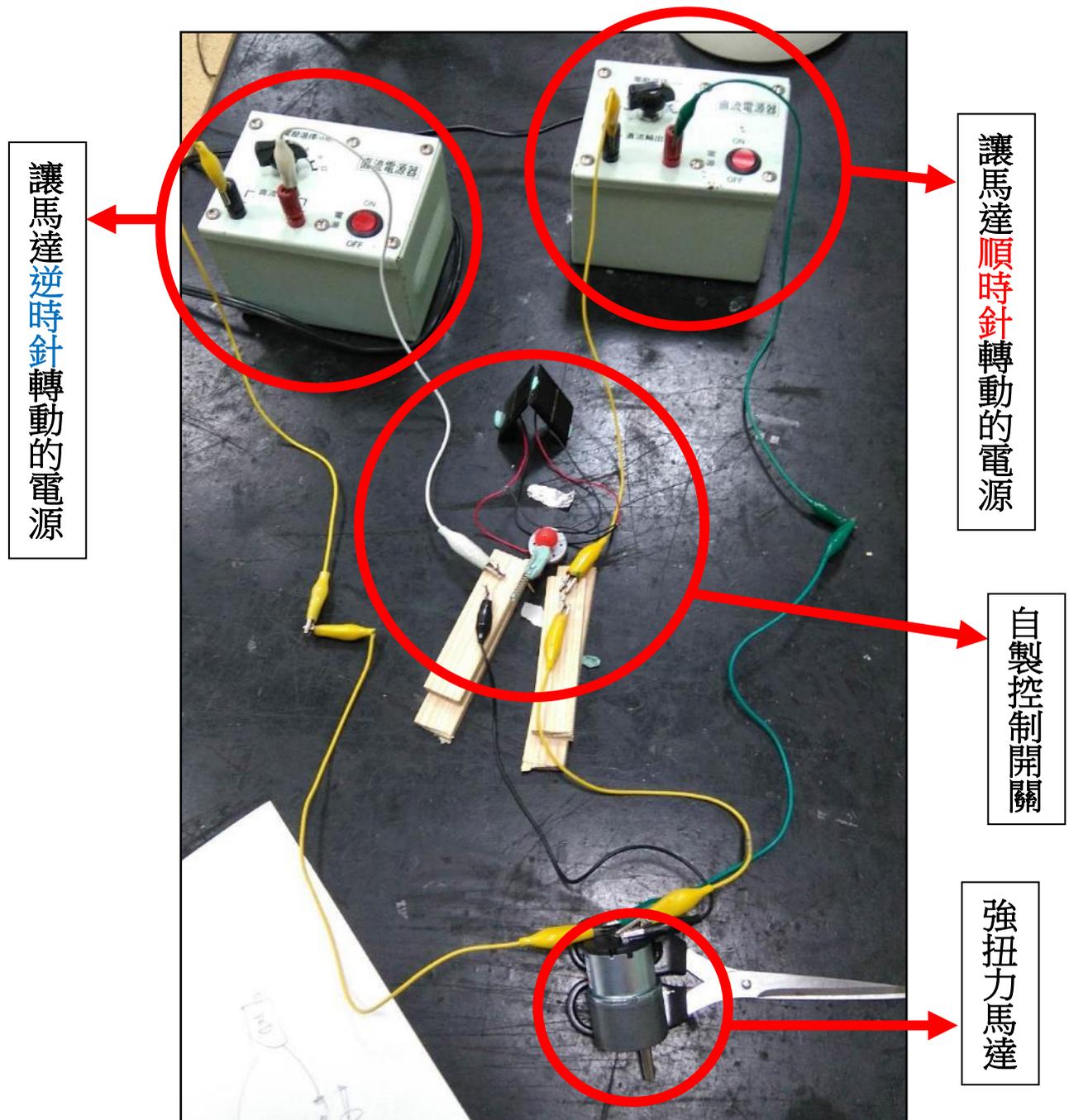
四、討論與發現：

1. 太陽能馬達的力量非常弱。
2. 書局一般的馬達轉速很快，但是能帶動的力量也只有 7.75g。
3. 強扭力馬達能帶動 1228.33g，而且轉動的也比較慢，比較符合我們的需求。

【研究六】利用太陽能馬達設計「控制強扭力馬達」正轉反轉的開關

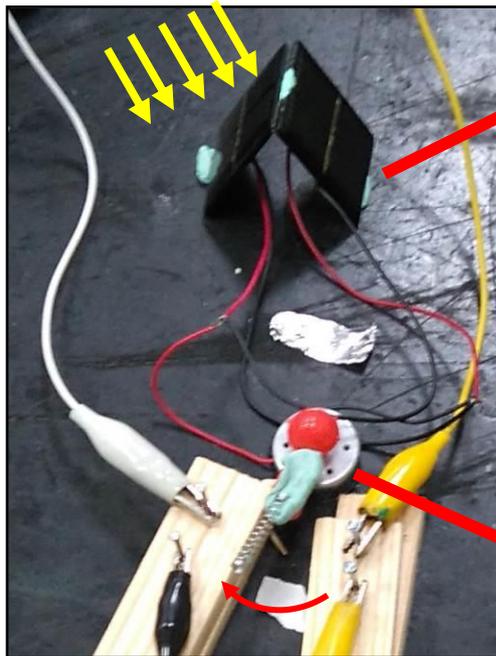
2片夾角 60 的太陽能板，能夠控制太陽能馬達追蹤太陽，但是力量太弱。所以我們必須要用「太陽能馬達」設計一種開關，控制「強扭力馬達」何時順轉、逆轉，讓它能夠帶動機器追蹤太陽。

一、接線設計



二、「自製開關」能控制「強扭力馬達如何轉動」的設計

1



左邊的太陽能板接受到比較多的光。

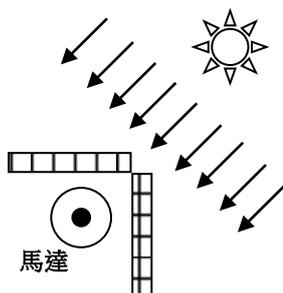
讓太陽能馬達開始順時針旋轉。

2



彈簧因為太陽能馬達轉動，彈簧同時被壓在兩根釘子上，形成通路，強扭力馬達就開始逆時針旋轉。

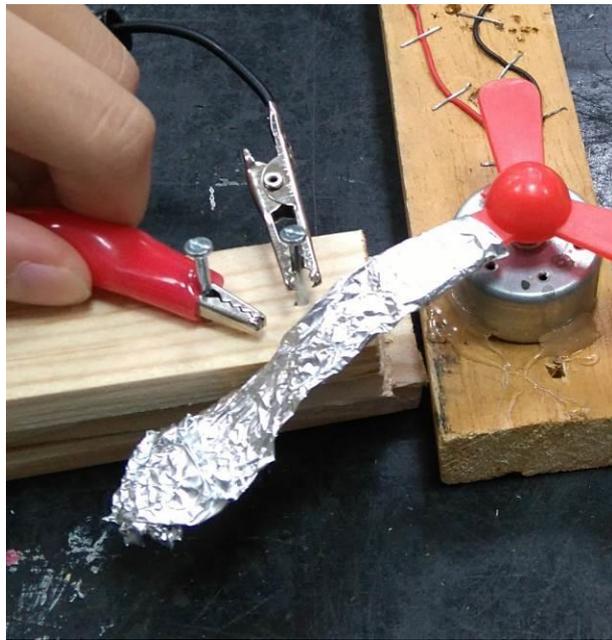
3



等到太陽能板兩邊受光亮相同，太陽能馬達停止轉動，彈簧會從釘子上鬆開一點點，這時候變成斷路，強扭力馬達就停了。

三、「自製開關」的改良

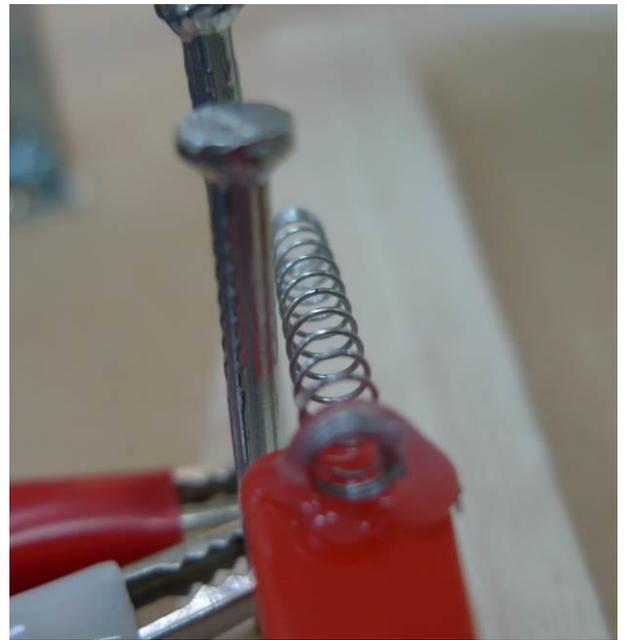
第一代：鋁箔紙



缺點：邊緣不平整，不容易同時碰到 2 根鐵釘，無法形成通路。

下一代目標：有彈性的導電金屬

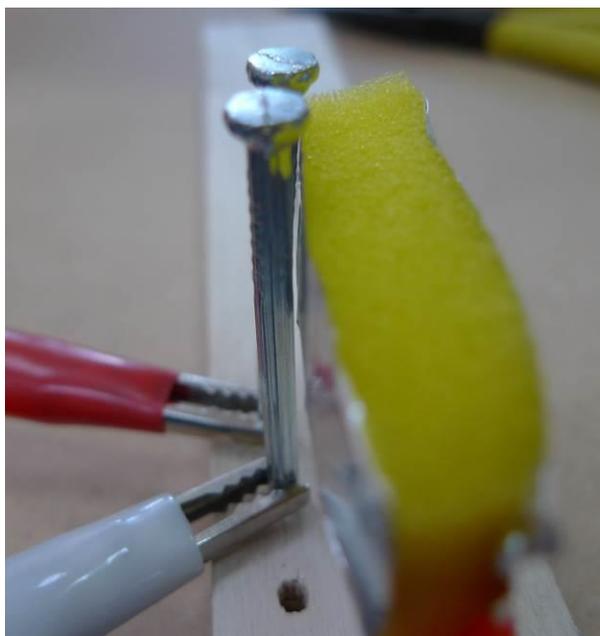
第二代：彈簧



缺點：太陽能馬達力量太弱，不是每次都能把彈簧強壓到同時碰到兩根鐵釘。

下一代目標：更柔軟、有彈性的導電金屬。

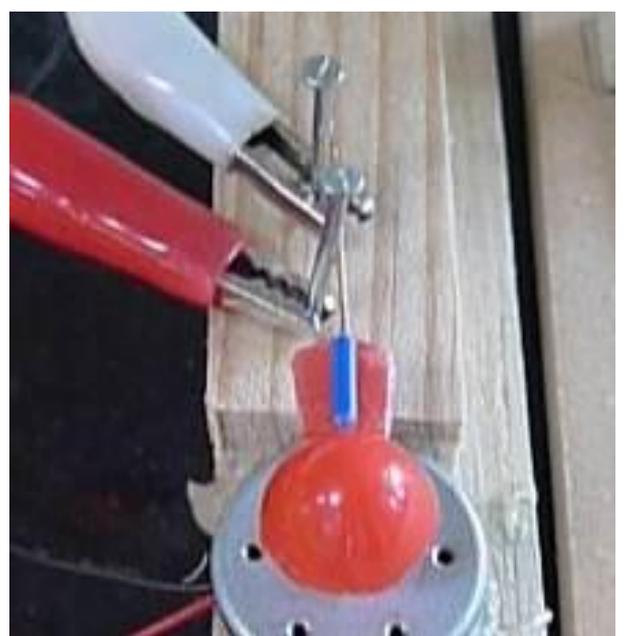
第三代：海綿外貼一層鋁箔



缺點：太陽能馬達力量太弱，不是每次都能把包鋁箔的海綿強壓到同時碰到兩根鐵釘。

下一代目標：更柔軟、有彈性的導電金屬。

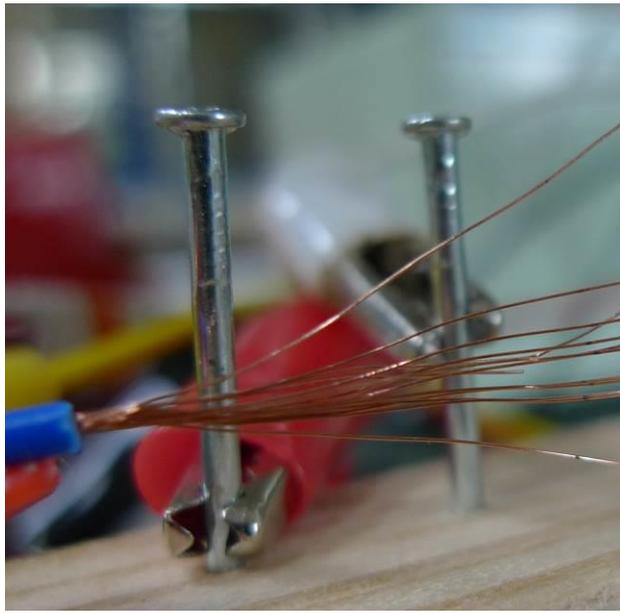
第四代：電線



缺點：太陽能馬達力量太弱，不是每次都能把電線強押到同時碰到兩根鐵釘。

下一代目標：更柔軟、有彈性的導電金屬。

第五代：電線散成一絲一絲的



缺點：電線散開後比較沒有彈性，開關幾次後電線絲會變形，之後幾次就有點接觸不良。
下一代目標：柔軟且有彈性的導電金屬。

第六代：金屬吉他弦 + 彈簧



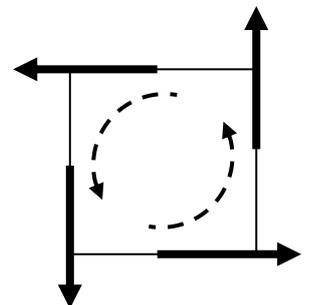
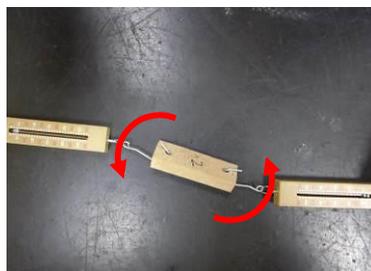
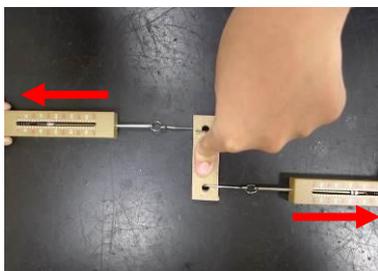
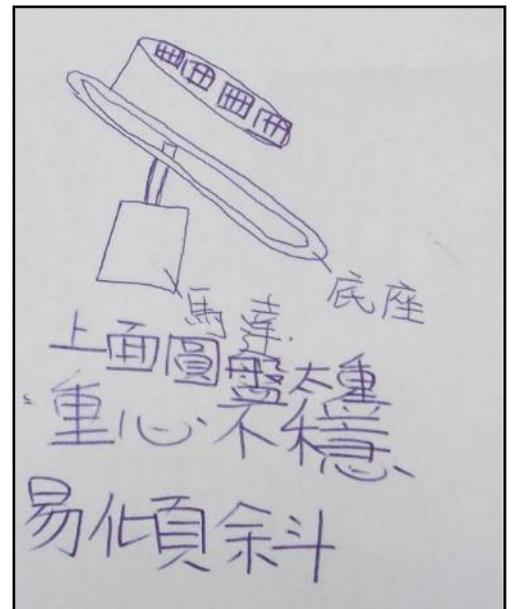
「金屬吉他弦」和「彈簧」是分開的，而且分別接上電線。當太陽能馬達轉動，牙籤推動金屬吉他弦，當它和彈簧碰在一起就形成通路。

【研究七】底部輪子的設計

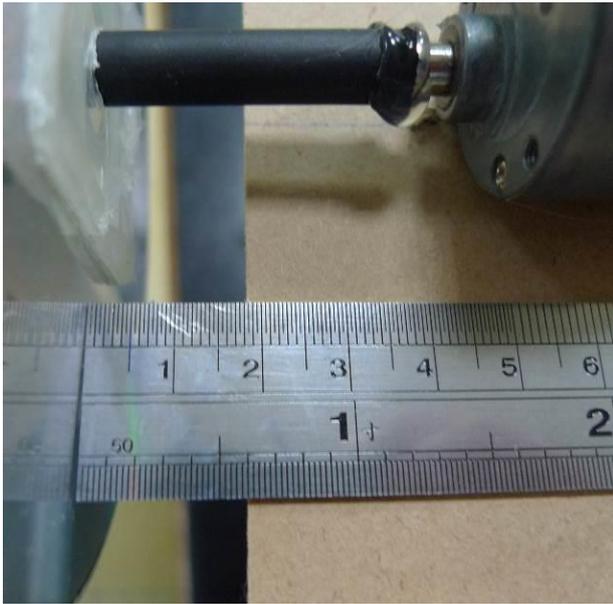
本來我們想把底部圓盤中間挖洞，直接裝上高扭力馬達，如右圖。但是討論後發現：

1. 上方重量不均勻，可能無法水平旋轉，變成波浪型旋轉。
2. 上方重量太重，只有中間的支撐點可能力量不夠，會往下滑。

剛好實驗課時我們學到「相反方向的力如果作用在不同位置上，物品可能會旋轉」，所以我們就用這樣的原理設計底部輪子。



動力輪

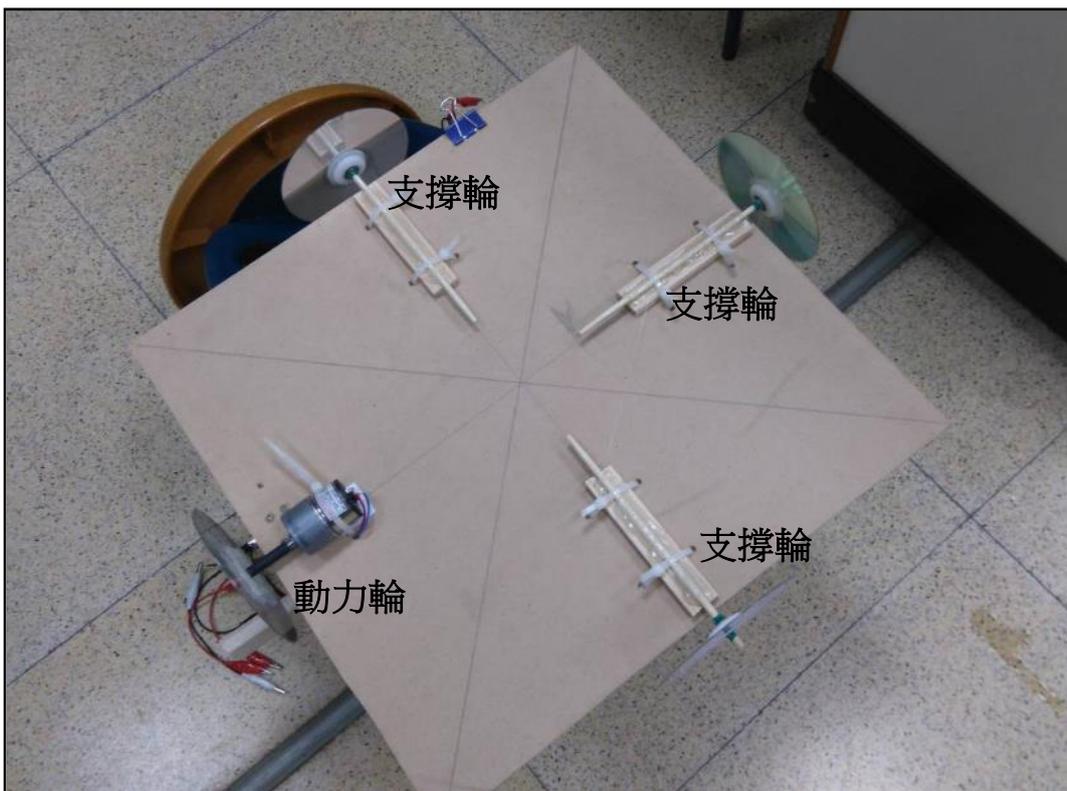


把強扭力馬達的轉軸黏死在光碟片中心，當成旋轉動力來源。

支撐輪

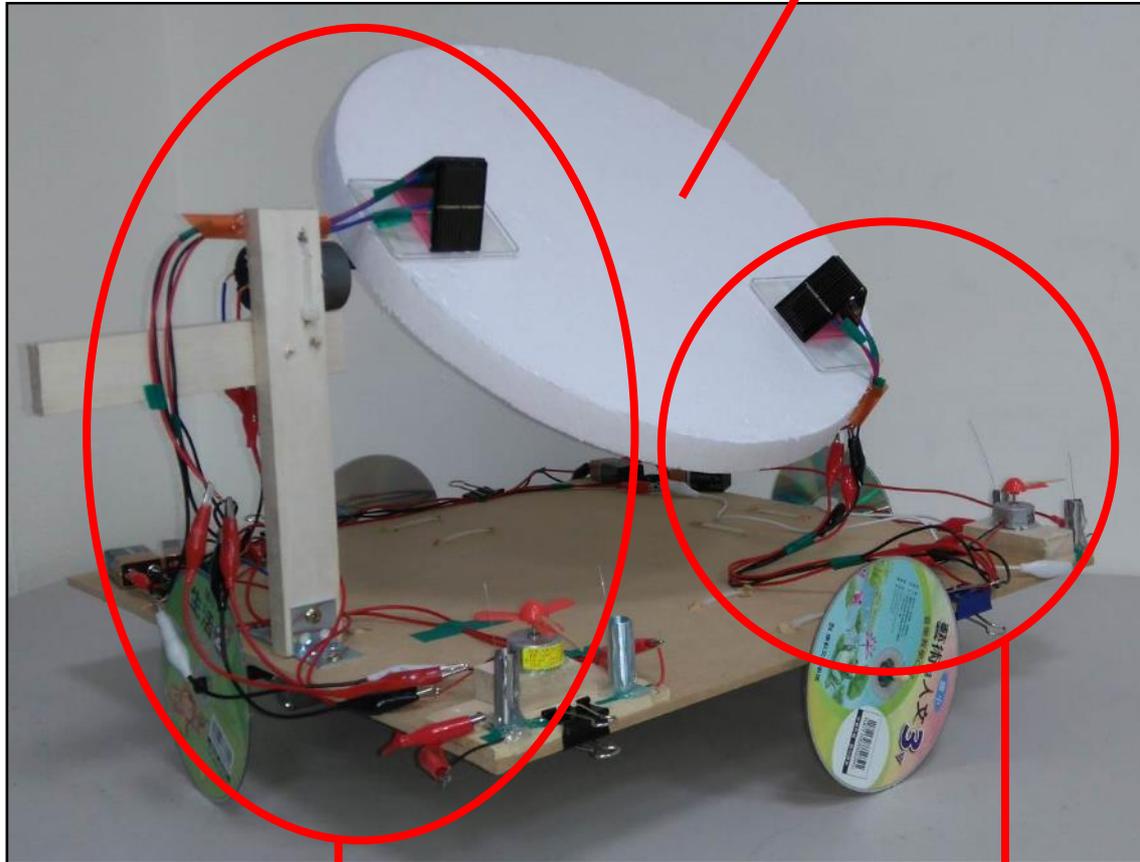


光碟中心黏上木櫃用滑輪。這種輪子老闆說有「培林」的構造，就算上面物體很重造成摩擦力很大，一樣可以轉動得很順。



【研究八】最後組裝與其他設計

太陽能直射這個盤面（光線和盤面夾角 90 度），如果上面佈滿太陽能發電板，就可以有最高的發電效率。

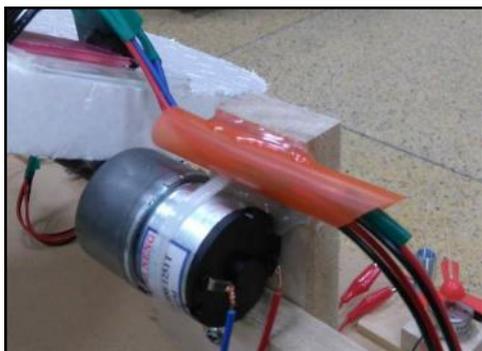


東西向太陽追蹤裝置

白色盤面會隨著太陽東西移動而**垂直旋轉**。

南北向太陽追蹤裝置

整台木頭底座會隨著太陽南北移動而**水平旋轉**。



用吸管把線整理在一起。



把線剪得不一樣長，這樣才不會互相碰到造成短路。

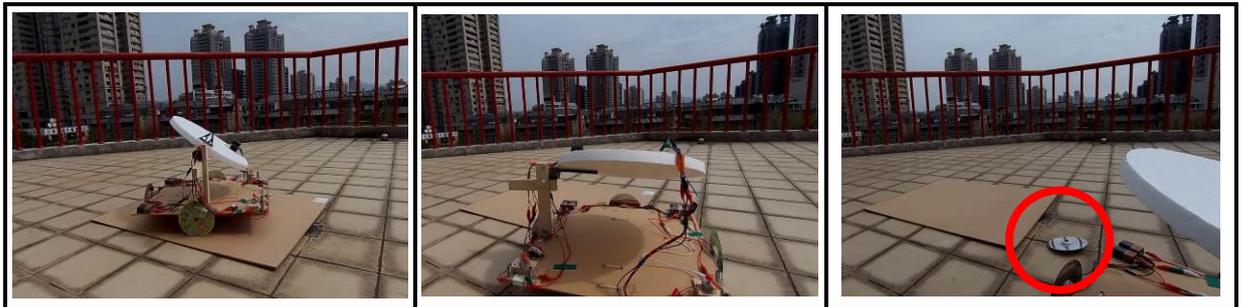
【研究九】觀察一整天運作情形，發現問題與缺點改進

我們把機器放在頂樓陽台，從 9：25 放到下午 4：00，用攜帶型攝影機縮時攝影，看看它的運作情形。

一、頂樓設置情形



二、突發狀況-風把機器吹移動，光碟片腳架斷掉一邊



三、測試結果與改進

測試後我們超興奮，因為我們一走到陽光下，它就開始自己動起來追蹤太陽，它真的可以用。雖然途中腳架斷掉，但是我們中午趕快搶修後又好了。我們看了紀錄影片後進行了討論和加裝一些東西：



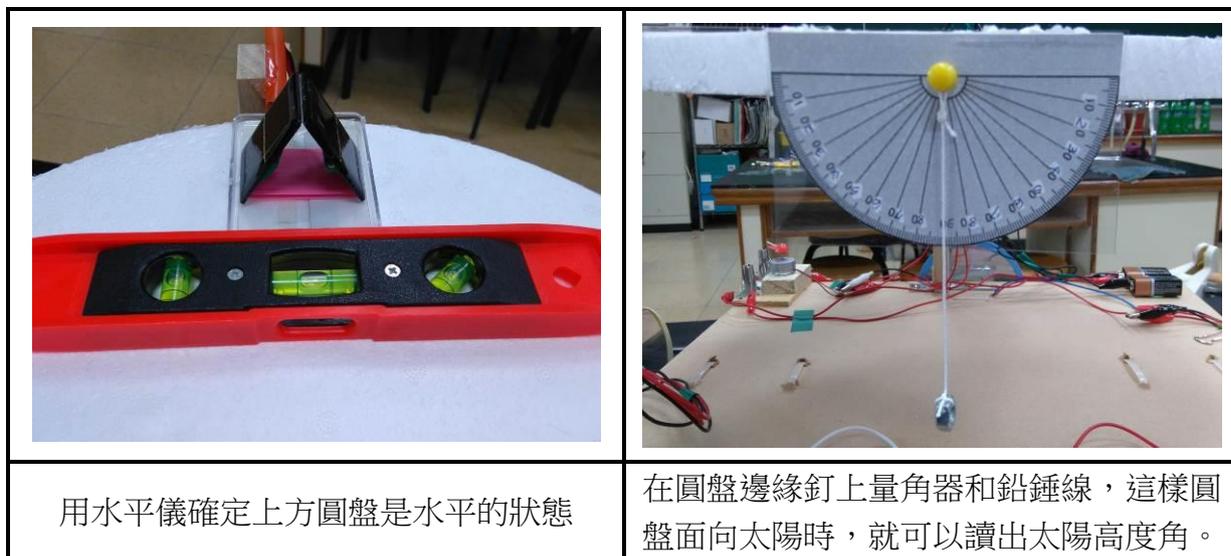
1. 光碟腳架防滑氣球套

因為光碟片在木板上會被風吹到滑走，所以我們套上氣球橡膠，增加摩擦力，也可以防止光碟空轉。



2. 角度觀測器

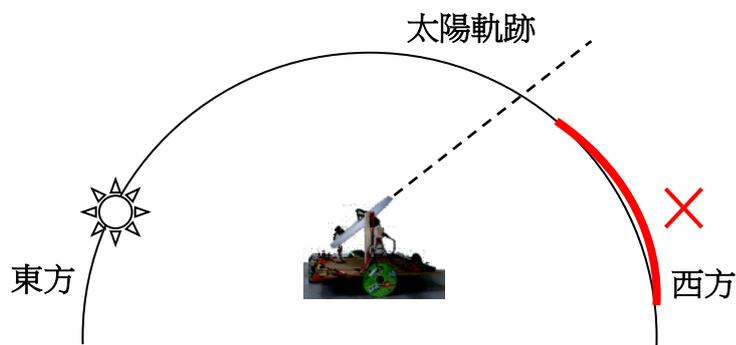
因為雖然有確實看到它在追蹤太陽，可是我們不知道準確度如何，所以我們加裝角度觀測器，這樣可以和中央氣象局中午太陽仰角資料對照，看看我們的機器準確度如何。



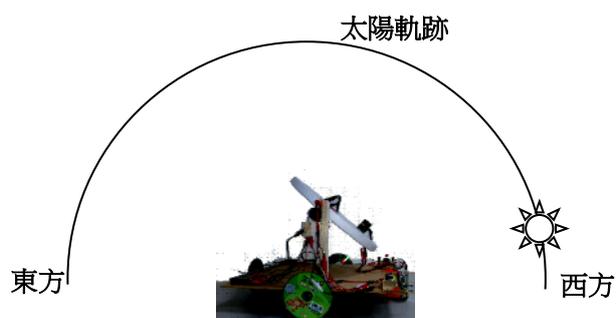
3. 解決機器罷工的問題，讓它真的完全「全自動」

(1). 晴天突然變陰天，再變回晴天後，能不能再對準太陽：

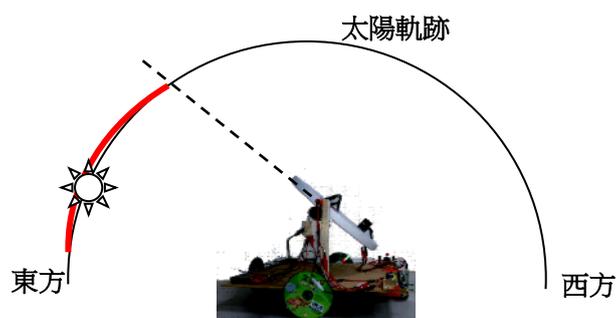
- 只要太陽再次出現的時候，**角度不要低於圓盤邊緣的延長線（右圖虛線）**。
- 因為如果低於右方的虛線，陽光照不到判斷該如何旋轉的感應器，圓盤就不會轉動。



(2). 今天下午面向西方，隔天早上無法自動轉回東方：

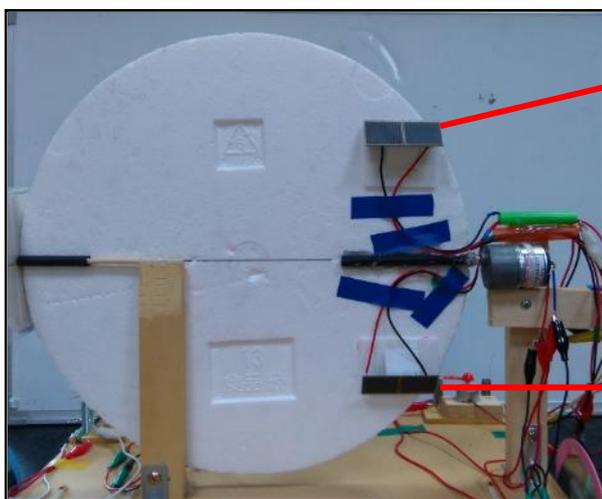
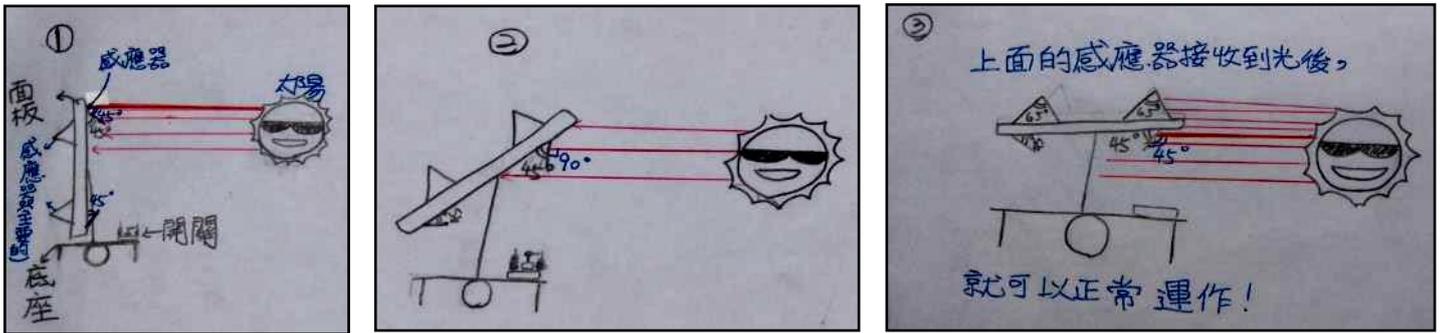


今天測量結束，盤面朝向西方



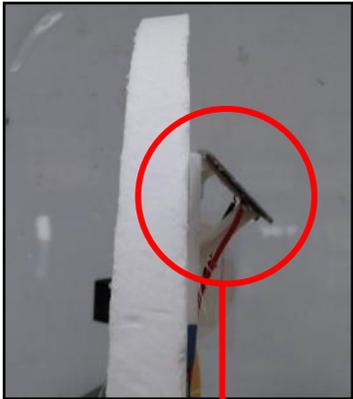
明天太陽東方升起，但是盤面朝向西方，照不到判斷該如何旋轉的感應器，圓盤就不會轉動。

(3). 解決方法：在盤面底部加裝和感應器並聯的另一片太陽能板（輔助感應器）



讓盤面可以
從西方轉回
東方

陰天再變回
晴天後，可以
幫助盤面再
次對準太陽。

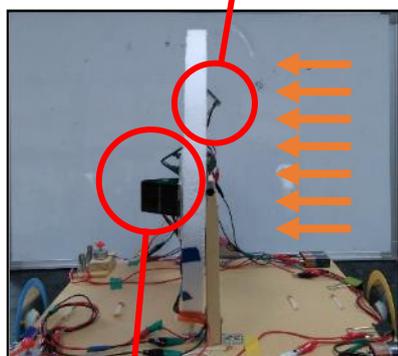


夾角 45 度。

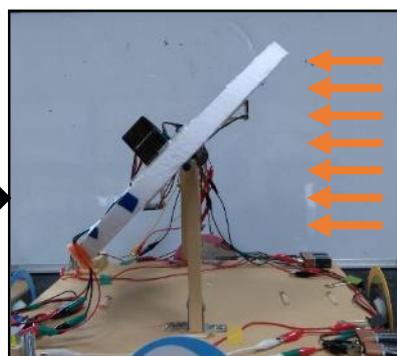
【輔助感應器-運作過程】

輔助感應器被太陽照到
後，讓盤面開始轉動。

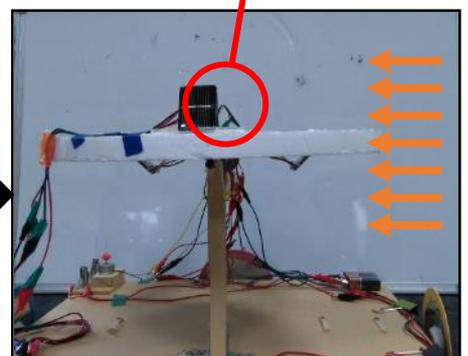
這時陽光可以照到感應
器，恢復正常運作。



西方 東方



西方 東方

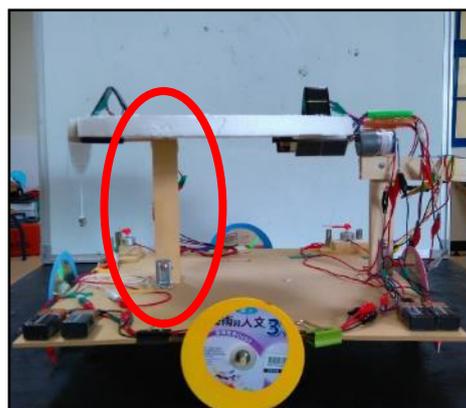
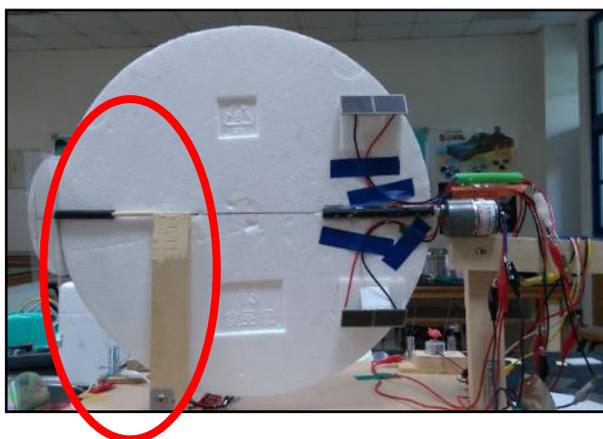


西方 東方

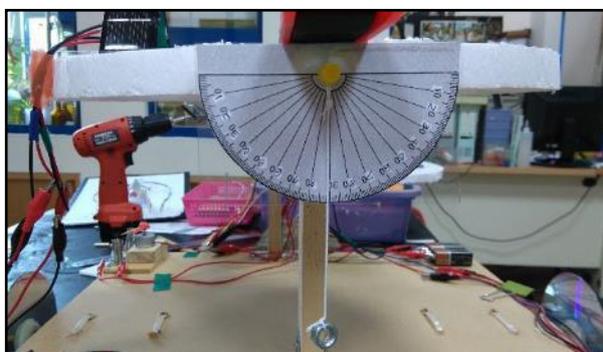
太陽從東方升起，照
不到感應器。

4. 加裝支架，盤面才不會歪斜

在轉軸對面加裝支架，這樣盤面才不會傾斜，增加盤面對準太陽的準確度。



【用水平儀確定盤面的準確度】



【研究十】測試準確度、和固定式太陽能板比較發電量

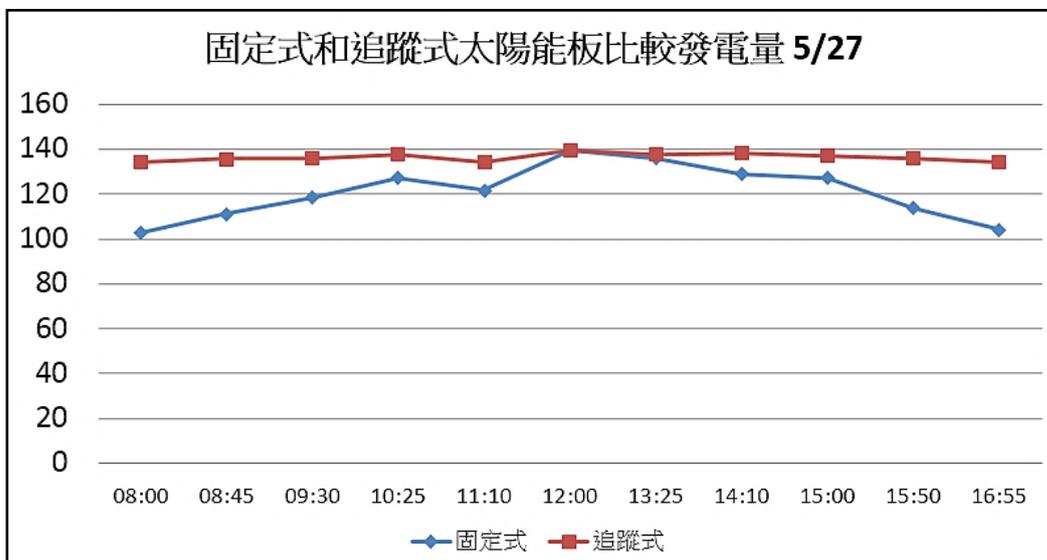
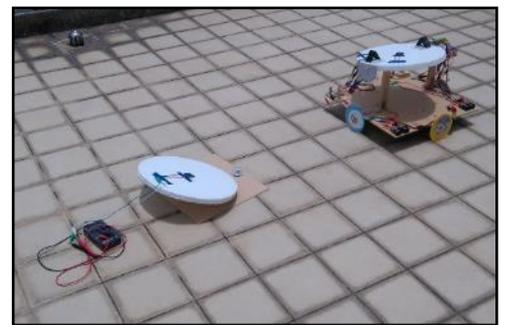
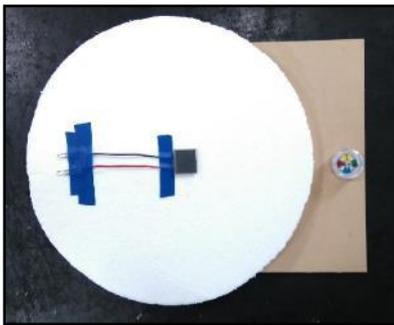
一、【測試準確度】：我們裝了角度測量器，把測量到太陽最高點的角度和中央氣象局的資料比較，看看我們機器的準確度：

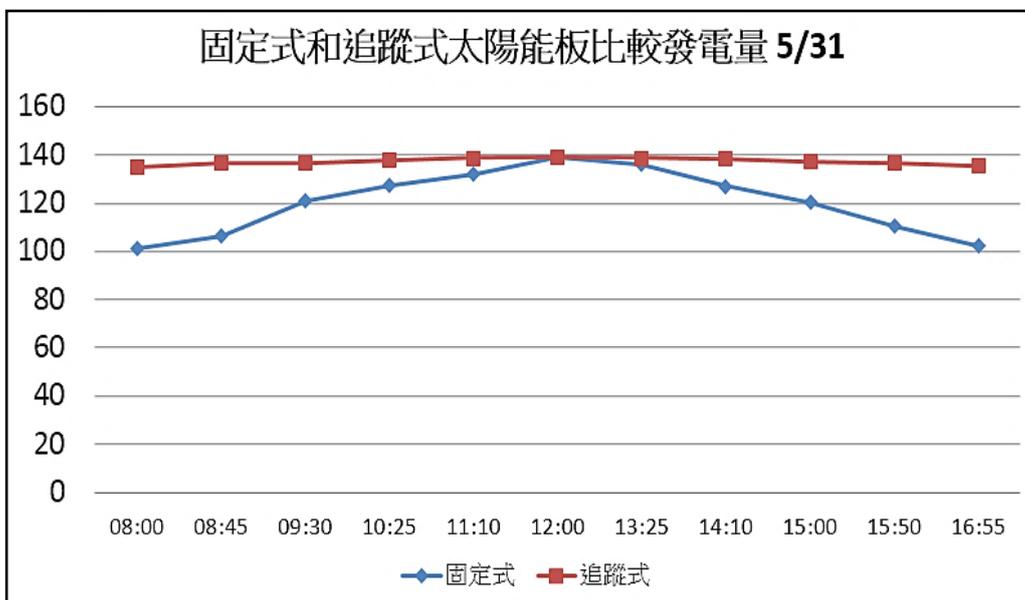
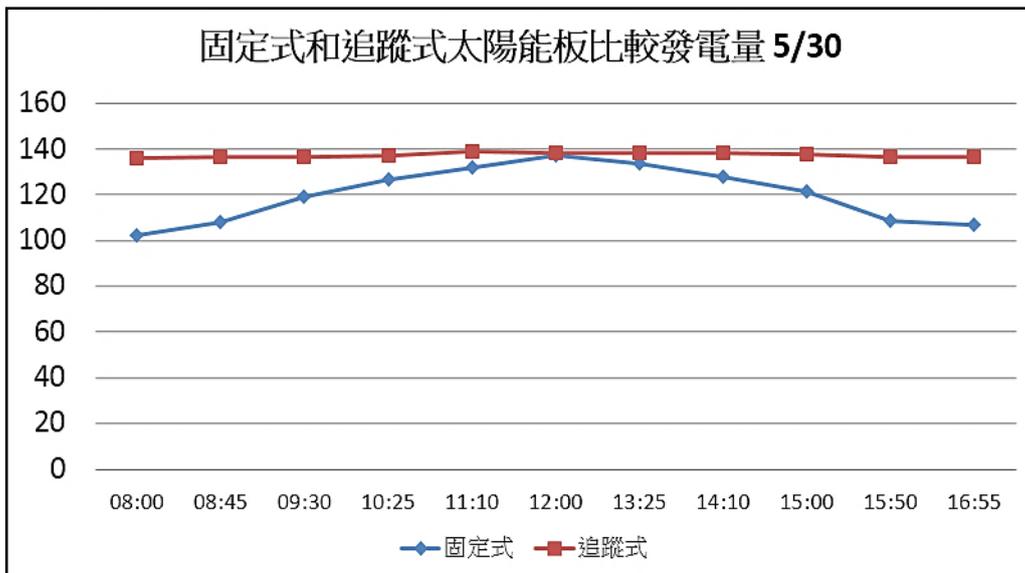
日期	我們的	氣象局	準確度	日期	我們的	氣象局	準確度
3/1	57.5	58	99%	3/17	陰天		
3/2	57.5	58	99%	3/18	65	65	100%
3/3	57	58	98%	3/19	-	-	-
3/4	陰天			3/20	-	-	-
3/5	-	-	-	3/21	陰天		
3/6	-	-	-	3/22	陰天		
3/7	60	60	100%	3/23	陰天		
3/8	陰天			3/24	陰天		
3/9	陰天			3/25	陰天		
3/10	雨天			3/26	-	-	-
3/11	雨天			3/27	-	-	-
3/12	-	-	-	3/28	68.5	69	99%
3/13	-	-	-	3/29	69	69	100%
3/14	陰天			3/30	69	70	99%
3/15	陰天			3/31	68.5	70	98%
3/16	陰天						

日期	我們的	氣象局	準確度	日期	我們的	氣象局	準確度
5/1	-	-	-	5/17	陰天		
5/2	陰天			5/18	陰天		
5/3	82	82	100%	5/19	86	86	100%
5/4	陰天			5/20	陰天		
5/5	陰天			5/21	-	-	-
5/6	82	82	100%	5/22	-	-	-
5/7	-	-	-	5/23	雨天		
5/8	-	-	-	5/24	陰天		
5/9	陰天			5/25	陰天		
5/10	陰天			5/26	87	87	100%
5/11	陰天			5/27	87.5	87	99%
5/12	83.5	84	99%	5/28	-	-	-
5/13	84	84	100%	5/29	-	-	-
5/14	-	-	-	5/30	88	88	100%
5/15	-	-	-	5/31	88	88	100%
5/16	陰天						

二、【和固定式太陽能板比較發電量】

固定式的太陽能板我們參考現在台灣一般屋頂上的設置方式，**固定面向南方、傾斜 23.5 度**。





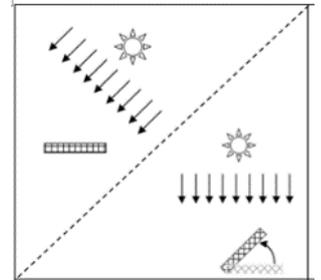
三、結果討論：

1. 和中央氣象局的資料比較，我們機器的準確度很高（99%~100%），代表它真的可以追蹤、面向太陽。
2. 我們的機器因為可以追蹤太陽，讓太陽能板保持被太陽直射，所以發電量不太會改變，發電量較多。
3. 固定式的太陽能板早上下午是斜射，所以發電量較少。

伍、研究結果

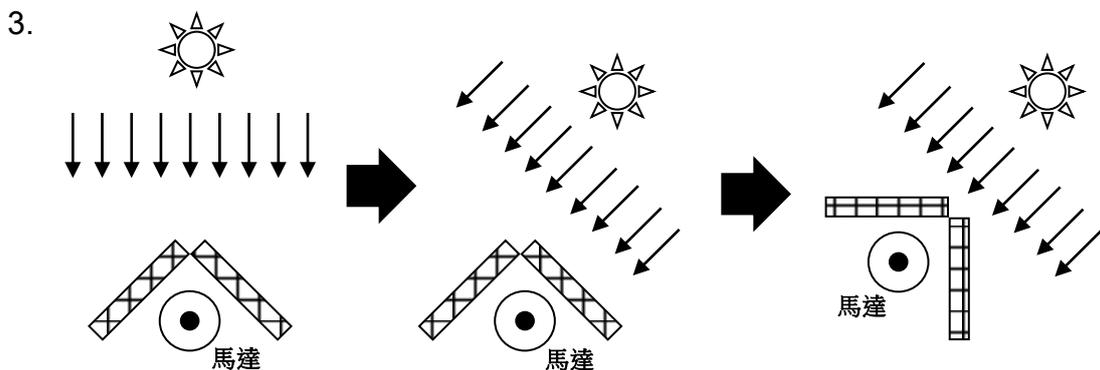
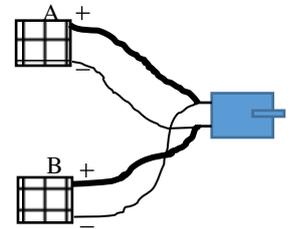
一、關於陽光的發現：

1. 太陽光是平行光，燈泡光是散射光。
2. 距離燈泡 30 公分，光線通過隙縫變成幾乎是平行的。所以我們把檯燈架高 35 公分，光往下照當作是陽光。
3. 製作「角度調整器」，我們用改變太陽能板角度當成太陽移動造成照射角度不同。
4. 太陽能板的發電電壓幾乎不會隨著光照角度改變。
5. 光照射太陽能板角度 90 度（直射）時發電量(電流)最大。



二、關於「自動追蹤太陽裝置」：

1. A、B 兩片太陽能板同時接上馬達，但是正負極顛倒，結果馬達不會動。
2. 兩片太陽能板發的電因為方向不同，所以會互相抵消。抵消完剩下的部分，才會流進馬達裡。



太陽是平行光，兩塊版子受光量相同，發電量相同互相抵消，所以馬達不會轉動。

當太陽移動，右邊太陽能板受光量比左邊大，兩邊的發電量抵消部分後還有剩餘電流，所以馬達會帶動板子向右旋轉。

馬達會一直轉到當兩塊太陽能板受光量相同，發電量又相同了，所以馬達就會停下來。

4. 給馬達的電 = 前太陽能板的發電量 - 後太陽能板的發電量
5. 太陽能板夾角 60 度時，2 片板子相差的電量最多，所以互相抵消後，流進馬達的電量是最多的。
6. 當太陽移動時，太陽能板夾角 65 度的裝置能最快感應到，馬達就會開始轉動，讓裝置對準陽光。

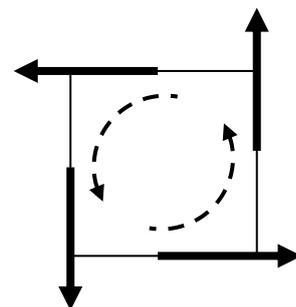
三、關於「加裝強扭力馬達」：

1. 太陽能馬達的力量太弱，太陽能板發電量有限，無法順利轉動機器來追蹤太陽。
2. 強扭力馬達可以拉動 1228.33g 的重物，但是需要另外接電源，而且要用「太陽能馬達」設計一種開關，控制「強扭力馬達」何時順轉、逆轉，讓它能夠帶動機器追蹤太陽。
3. 我們利用「金屬吉他弦」和「彈簧」是分開的，而且分別接上電線。當太陽能馬達轉動，牙籤推動金屬吉他弦，當它和彈簧碰在一起就形成通路。



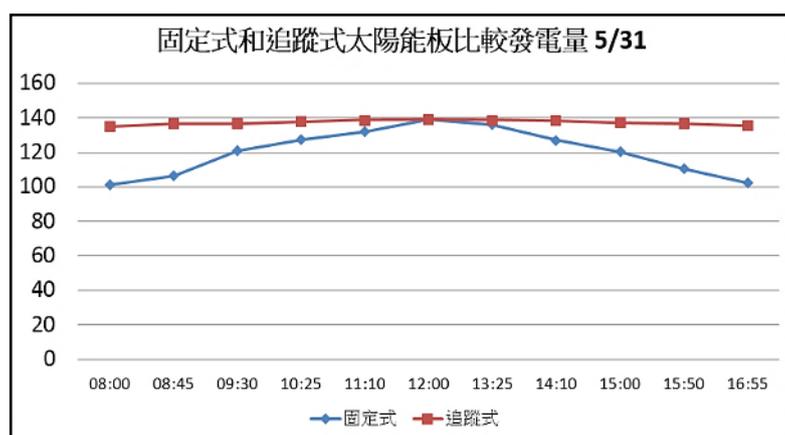
四、其他設計：

1. 用馬達帶動裝在底盤四邊的輪子。當輪子沿著切線方向轉動，這樣就可以帶動整台機器旋轉。
2. 光碟中心黏上木櫃用滑輪。這種輪子老闆說有「培林」的構造，就算上面物體很重造成摩擦力很大，一樣可以轉動得很順。
3. 光碟片套上氣球橡膠，增加摩擦力，也可以防止光碟空轉。
4. **加裝角度觀測器**，這樣可以和中央氣象局中午太陽仰角資料對照，看看我們的機器準確度如何。之後也可以觀測太陽高度角。
5. 在盤面底部加裝另一片太陽能板（**輔助感應器**），可以讓盤面隔天早上從西方轉回東方，也可以在陰天再變回晴天後，幫助盤面再次對準太陽。
6. 在轉軸對面加裝支架，這樣盤面才不會傾斜，增加盤面對準太陽的準確度。



五、測試準確度、和固定式太陽能板比較發電量：

1. 和中央氣象局的資料比較，我們機器的準確度很高（99%~100%），代表它真的可以追蹤、面向太陽。
2. 我們的機器因為**可以追蹤太陽**，讓太陽能板**保持被太陽直射**，所以**發電量不太會改變**，發電量較多。



陸、參考資料

- 一、 上陽能源 iPV 追日系統:每組 iPV 追日系統都配有一套計算太陽軌跡的萬年曆程式，只要設定所在位置的經緯度，系統每五分鐘就會自動調整角度來同步追蹤日照。
非太陽本身引導，需要程式設定
<http://pv.energytrend.com.tw/interview/20140508-8339.html>
- 二、 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會國小組生活與應用科學科
現代夸父-----太陽能追蹤器:他們的研究只是單純設定機器轉動速度 24 小時轉一圈。
非主動追日
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0808/080817.pdf>
- 三、 20140219 太陽能追蹤器創新獲紐倫堡發明獎最高殊榮
利用 GPS 定出所在地經緯度，判定地點後利用程式追蹤太陽。
非太陽本身引導，需要程式設定
<https://www.youtube.com/watch?v=XQxblqYwphA>
- 四、 全自動太陽追蹤系統設計與研發-明道大學：先偵測每個時間發電最大量的角度，輸入電腦並記錄。需要程式設定
<http://www.mdu.edu.tw/~prc/download/DATA/csms/08> 全自動太陽追蹤系統設計與研發-提高太陽電池發電效率
- 五、 中央氣象局日出日落資料
<http://www.cwb.gov.tw/V7/astromy/sunrise.htm>
- 六、 太陽的軌跡 - 國家地理雜誌
<http://www.ngtaiwan.com/nightsky/s004.pdf>
- 七、 Suns Path
<https://www.youtube.com/watch?v=FBhTRoajVfc>

【評語】 080810

作者們對實驗設計很有想法，對於後續的應用提出可能的改良方式，充份展現對自己的研究有熱情，對於過程樂在其中。