

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

082929

冷熱都來電-Seebeck 效應之熱電現象的應用

學校名稱：新北市私立及人國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳妍庭	吳俊良
小六 林嘉宣	陳瑩雯
小六 蔡茗語	
小六 簡汝茜	

關鍵詞：致冷片、空心杯馬達、3D 列印

摘要

1821年，德國物理學家 Thomas Seebeck 發現，當 Seebeck 用銅線和鉍線在兩端連接形成一個迴路，在其兩端產生電壓電路。如果兩個連結處保持在不同的溫度下形成電路，則熱能轉化為電能。也從自動攪拌杯商品引發想法並分析其優缺點來設計研究。其實驗結果可歸納如下：

1. 致冷片型號 TEC1-12706 價格便宜也較易溫差發電產生。
2. 馬達以微型空心杯能在弱電壓啟動產生高轉速。
3. 散熱裝置以面積大且伏貼致冷片有效延長發電效能。
4. 攪拌子較短且有補償環裝置較能運轉。

使用步驟：易熱傳導容器盛裝高溫 80°C 以上熱水量或低溫 10°C 以下冰水量，放入攪拌子於容器中，靜置致冷片上，再放入溶質(如：牛奶粉、即溶咖啡等)。

壹、研究動機

我的爸爸是個很懶的人，某一天，他帶了個杯子回家，爸爸說這個杯子只要裝熱水進去，便可以讓我們不需要親自動手攪拌奶粉、咖啡粉等，為什麼這個杯子可以不用人力攪拌，便能夠使奶粉融化呢？在好奇心的驅使下，我上網查詢資料，才發現這是一款名叫「磁力攪拌杯」的容器，它是利用杯底的致冷片溫差發電的特性來產生電，以帶動馬達運轉，在使杯內的攪拌子轉動，這樣便不需要使用任何電力，達到節約能源的效果，並且它是一體成形，方便隨身攜帶，但正因為是這樣，一旦裝置損壞想要修復便十分困難，且它的杯子散熱效果不佳，一體成形會將整個裝置包覆，無法使空氣流通，導致若是連續使用，效能便會一次比一次差；還有另一種便是使用電池使馬達運轉，但是若是碰到水便十分容易壞掉，也無法達到節能減碳。我和科展的隊友都對此很感興趣便決定以「磁力攪拌杯」為基礎，做為科展的題目，把它拆解，一分為二，將杯子與裝置分開，並且在裝置旁增加散熱孔，使它能維持一定的效能。



市售電動攪拌杯



市售磁化自動攪拌杯



自製攪拌器

貳、研究目的與問題

有了熱電致冷片半導體後，我們列出了四項研究目的，希望能製作出比市售商品更要好的成品並應用於生活當中。

一、研究目的

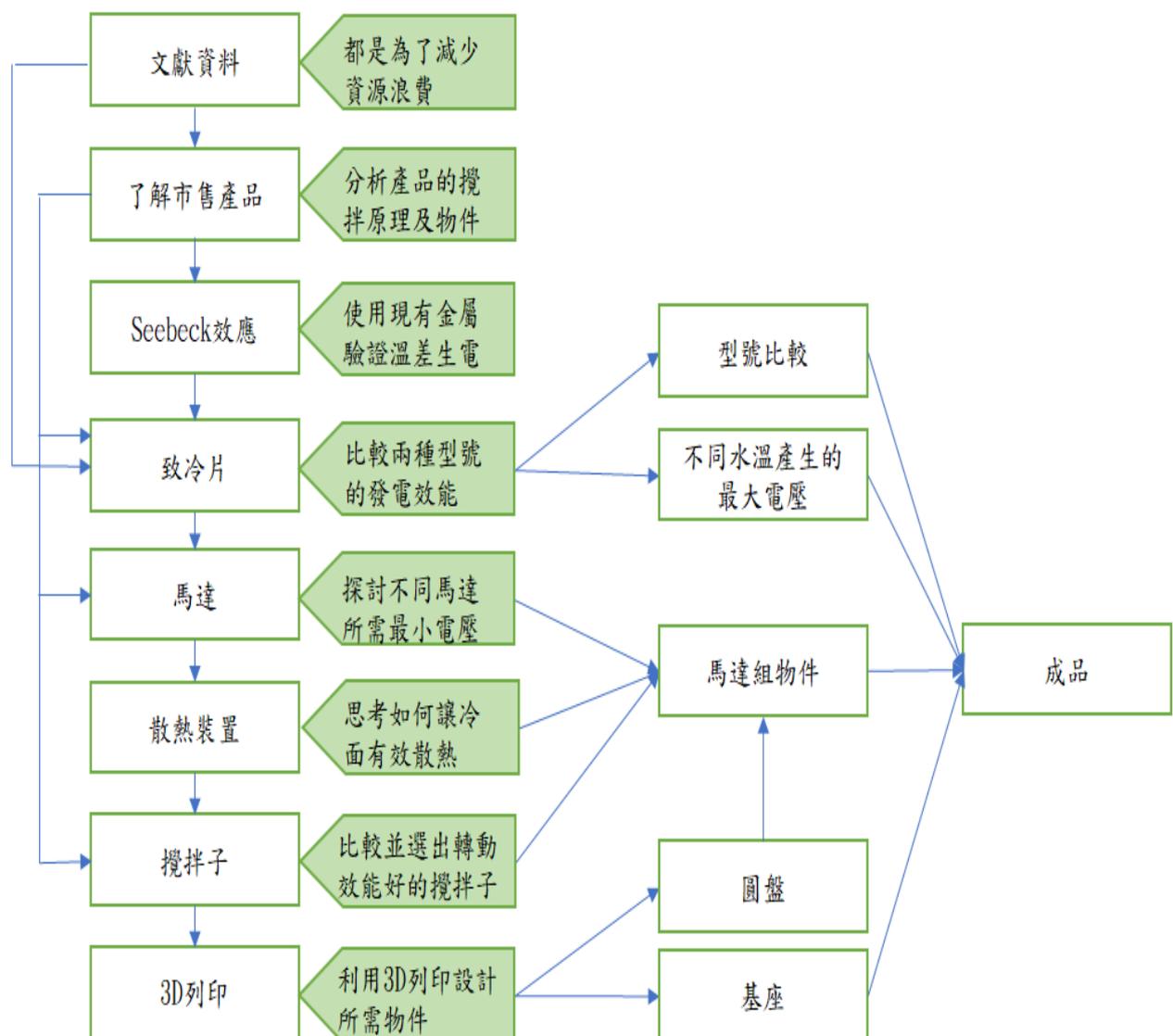
- (一) 了解 seebeck effect 溫差生電效能測試
- (二) 熱電致冷片溫差發電效能
- (三) 裝置設計
- (四) 成品的生活應用測試

二、實驗名稱與探討問題

研究目的	實驗名稱	問題探討
了解 seebeck effect 溫差生電效能測試	實驗 1-1：利用現有不同金屬材料製作溫差產生的電壓	不同金屬組合是否會產生電壓大小比較？
	實驗 1-2：依據上實驗結果比較金屬長度不同是否產生電壓值有所不同	比較其金屬長度不同是否產生電壓值有所不同？
熱電致冷片溫差發電效能	實驗 2-1：相同水溫差下，兩種不同型號致冷片	比較不同型號熱電致冷片的溫差發電效能？
	實驗 2-2：不同起始水溫與致冷片所產生最大電壓關係	比較不同水溫高低接觸致冷片能產生電壓大小？
裝置設計	實驗 3-1：致冷片發電與不同型號馬達運轉關係	探討致冷片發電與不同型號馬達運轉差異？
	實驗 3-2：散熱裝置貼於致冷片	比較不同散熱裝置與馬達運轉時間差異？

	實驗 3-3：選定馬達型號之物件轉速測定	探究所選定馬達物件的轉速？
	實驗 3-4：攪拌子選用	探討攪拌子與馬達組物件的運轉效能？
	實驗 3-5：3D 軟體與列印	3D 列印設計的模組基座？
成品的生活應用測試	實驗 4-1：不同材質容器盛裝	比較盛裝水溶液的材質是否影響熱傳導效能？
	實驗 4-2：成品測試使用	測試成品的轉動效能？

三、研究流程圖：



參、研究設備及器材

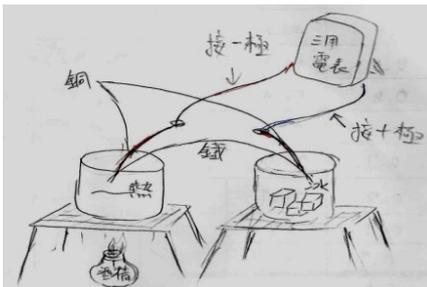
- 一、材料：黏土、聚乳酸(Polylactic Acid)、絕緣膠帶、夾鏈袋、9V 電池、液狀瞬間膠、茶葉、牛奶粉、咖啡粉、綠色色素、冰塊、水。
- 二、器材：鱷魚夾、TEC1-12706 致冷片(40mm x40mm x3.9mm，價錢 76 元/片)、TEC1-07102 致冷片(30mm x30mm x3.4mm，價錢 474 元/片)、三用電表、LED 數位顯示電壓、酒精溫度計、小米溫度計、電子溫度計、不同型號馬達、散熱片、不同規格攪拌子、磁鐵(8mm x1mm)、3D 印表機、水平儀、鐵尺、電子測量尺、量測平台、酒精燈、不鏽鋼碗(150mL)、馬克杯(125 mL)、陶瓷碗(200 mL)、燒杯(50 mL，100 mL，250 mL)、飛機木(24cm x7cm)、紙板(40mm x40mm x1.5mm)。
- 三、軟體：手機的 Magnetic Counter App、3D 設計軟體 (XYZ Maker suit 和 123D design)。

肆、研究過程與結果

一、了解 seebeck effect 溫差生電效能測試

探討 Thomas Seebeck 利用兩種不同金屬材料兩端相互連接，兩端連接處有不同溫差，則會使線圈下的羅盤旋轉，原來材料中有電流產生。

【實驗 1-1】利用現有不同金屬材料製作溫差產生的電壓



裝置設計圖



操作紀錄一



操作紀錄二

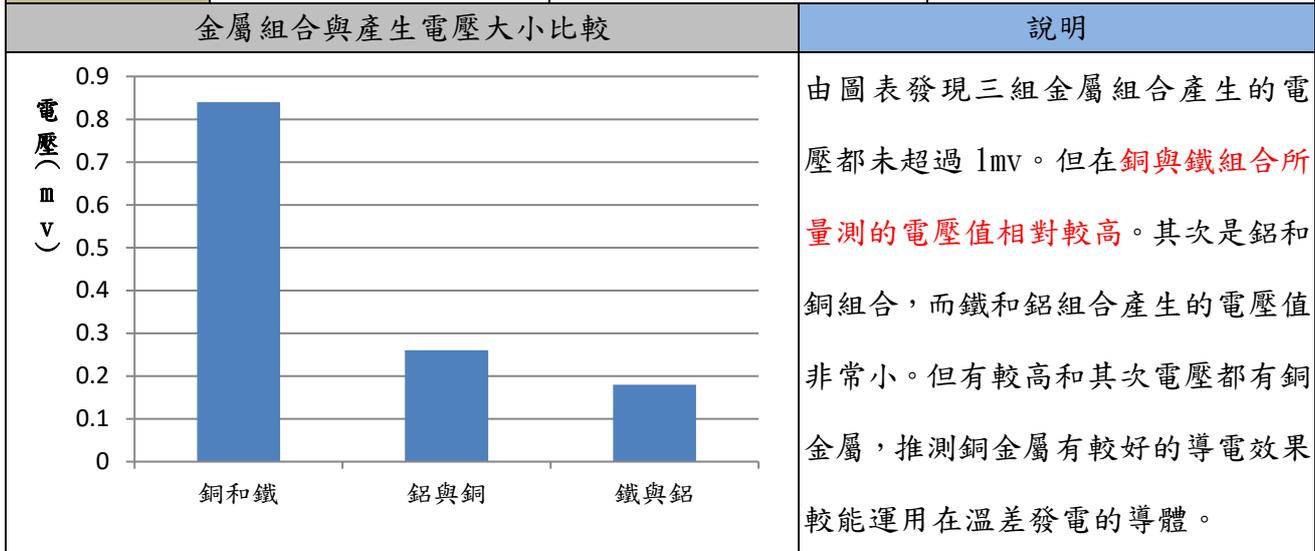
研究方法：

分別各取 22 公分金屬(銅與鐵、鋁與銅、鐵與鋁三種組合)線條並將金屬兩端所預留 1 公分兩兩固定纏繞在一起，其兩端分別浸泡於不同溫度的水中其設定兩杯溫差 90°C 並觀察記錄其電壓大小。

研究結果：

單位：mv

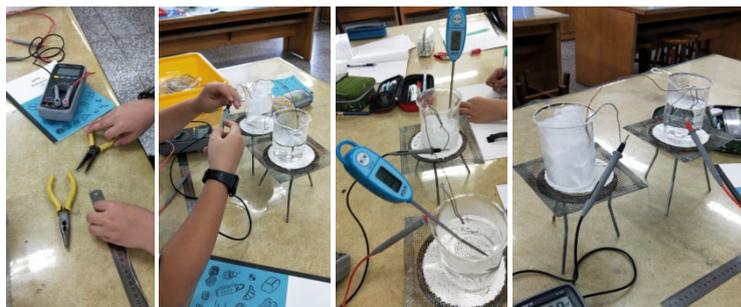
金屬組合 實驗次數	銅和鐵	鋁與銅	鐵與鋁
第一次	0.7	0.2	0.1
第二次	0.9	0.3	0.2
第三次	0.9	0.3	0.2
第四次	0.9	0.2	0.3
第五次	0.8	0.3	0.1
平均電壓	0.84	0.26	0.18



【實驗 1-2】依據上實驗結果比較金屬長度不同是否產生電壓值有所不同



銅與鐵的組合



操作紀錄

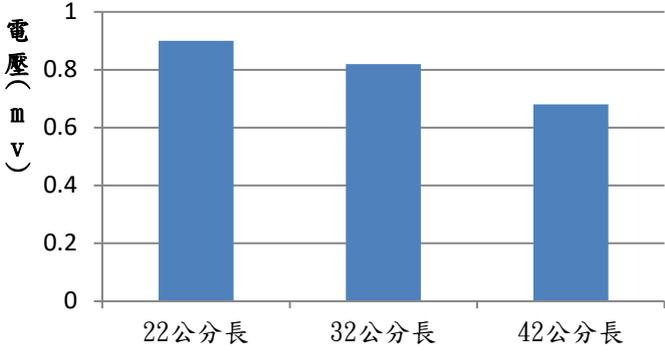
研究方法：

依實驗 1-1 結果，我們選擇銅與鐵組合及配合燒杯大小及架設問題，分別取 22 公分、32 公分及 42 公分，其兩端分別浸泡於不同溫度的水中其設定兩杯溫差 90°C 並觀察記錄其電壓大小。

研究結果：

單位：mv

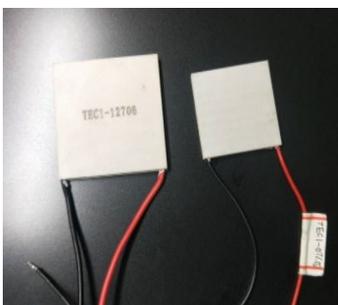
金屬組合 實驗次數	22 公分長	32 公分長	42 公分長
第一次	0.9	0.9	0.7
第二次	0.9	0.8	0.6
第三次	0.9	0.9	0.7
第四次	0.9	0.7	0.7
第五次	0.9	0.8	0.7
平均電壓	0.9	0.82	0.68

金屬長度與溫差產生電壓比較	說明
 <p>電壓 (mV)</p> <p>22公分長 32公分長 42公分長</p>	<p>可發現金屬長度越長，產生的電壓值相對越小。而且兩端溫差 90°C 所產生的電壓值還是低於 1mv，無法有效提供任何電路裝置產生啟用。所以我們決定以市售致冷片做為研究的起點。</p>

二、熱電致冷片溫差發電效能

由於科技的進步，致冷片是由半導體材料所製成的一種特殊元件，它分別有冷面和熱面，一旦通電之後，致冷晶片會將冷面的熱量，不斷的往熱面搬運，因冷面熱量流失，所以冷面就愈來愈冷，熱面則愈來愈熱，而只要將熱面的熱量搬回冷面，就能產生電。

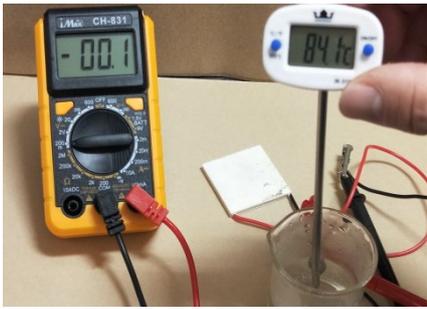
【實驗 2-1】相同水溫度下，兩種不同型號致冷片



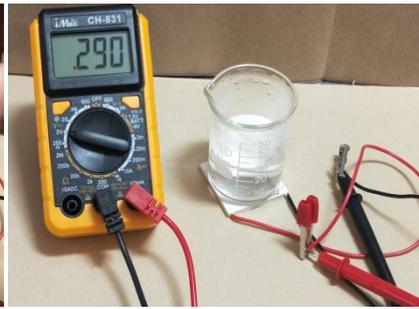
TEC1-12706 和 TEC1-07102
致冷片



TEC1-07102 致冷片測量過程



量測水溫



燒杯放置致冷片熱面上



觀察最大電壓值

研究方法：

50mL 燒杯盛裝 30mL 至少 80°C 的熱水並放置致冷片上，在使用三用電表量測其有無電壓變化。

研究結果：

有產生電壓變化：○ 無產生電壓變化：X

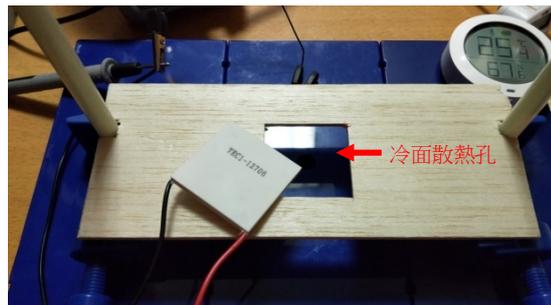
型號 實驗次數	TEC1-12706 致冷片	TEC1-07102 致冷片
一	○	X
二	○	X
三	○	X

發現兩款市售不同價位的致冷片， TEC1-12706 致冷片會造成三用電表產生電壓變化。而 TEC1-07102 致冷片經實驗都無法使三用電表產生電壓變化發生。

【實驗 2-2】不同起始水溫與致冷片所產生最大電壓關係



裁鋸支撐固定架



測量平台樣式



量測不同水溫，並觀察紀錄三用電表的電壓值

研究方法：

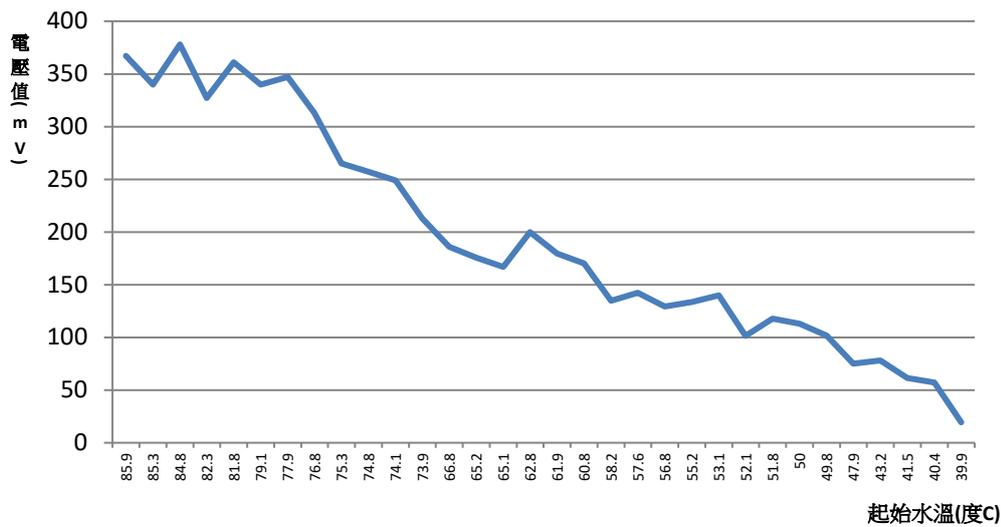
先製作平台其材質選擇以輕巧且易於裁切的飛機木，中央部分則挖空是讓致冷片的冷面可以有散熱的作用。再利用燒杯盛裝 30mL 熱水放置致冷片上並觀察記錄不同水溫變化階段來測量致冷片所產生的電壓最大值。

研究結果：

次數	起始水溫 (°C)	最大電壓 (mv)	次數	起始水溫 (°C)	最大電壓 (mv)	次數	起始水溫 (°C)	最大電壓 (mv)
1	85.9	367	12	73.9	213	23	53.1	139.8
2	85.3	340	13	66.8	186.1	24	52.1	101.3
3	84.8	378	14	65.2	175.6	25	51.8	117.7
4	82.3	327	15	65.1	167	26	50.0	112.9
5	81.8	361	16	62.8	200	27	49.8	101.6
6	79.1	340	17	61.9	179.5	28	47.9	75.2
7	77.9	347	18	60.8	170.3	29	43.2	78
8	76.8	313	19	58.2	134.8	30	41.5	61.6
9	75.3	265	20	57.6	142.2	31	40.4	57.2
10	74.8	257	21	56.8	129.3	32	39.9	19.4
11	74.1	249	22	55.2	133.7			

水溫與致冷片產生最大電壓值關係

說明

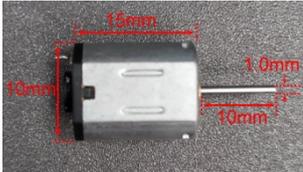
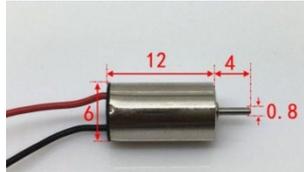
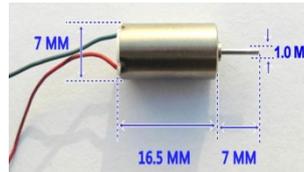


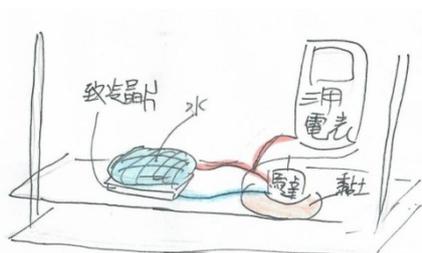
從圖表發現當一開始水溫越高時，致冷片所產生的電壓值也相對越大，但所產的最大電壓均未超過 400mV。

三、成品裝置設計

【實驗 3-1】致冷片發電與不同型號馬達運轉關係

經由【實驗 2-2】測試後，當水溫低於 50°C 時產生的電壓低於 0.1 伏特。我們馬達的選擇則應先以所需電壓小且可以轉動為主，再選擇以重量輕、體積巧小為我們的考慮重點。經由網路查詢目前市售的馬達類型，我們所選擇的類型如下：

			
類型：實驗小馬達(扁型) 機身直徑：15mm 機身長：25mm 電機軸長：8.5mm 電機軸徑：1.9mm 重量：14.49g 額定電壓：1.5V AC	類型：DC 小馬達(扁型) 機身直徑：10mm 機身長：15mm 電機軸長：10mm 電機軸徑：1.0mm 重量：5.37g 額定電壓：3.0V DC	類型：612 空心杯電機 機身直徑：6mm 機身長：12mm 電機軸長：4mm 電機軸徑：0.8mm 重量：1.4g 額定電壓：3.7V DC	類型：716 空心杯電機 機身直徑：7mm 機身長：16.5mm 電機軸長：7mm 電機軸徑：1.0mm 重量：1.4g 額定電壓：3.7V DC



測量方式設計圖



架設平台與物件安裝過程



觀察與紀錄相關數據

研究方法：

利用小夾鏈袋 30ml 裝不同溫度組距的水，放置致冷片上並觀察記錄其最大電壓值和馬達的轉動時間。

研究結果：相關實驗記錄(如附件一)

種類	起始水溫範圍(°C)	平均最大電壓值(mv)	平均轉動時間(秒)
實驗小馬達	90-80	92.0	0.0
	80-70	81.7	0.0
	70-60	85.6	0.0
	60-50	74.8	0.0
DC 小馬達	90-80	420.0	0.0
	80-70	334.0	0.0
	70-60	300.0	0.0
	60-50	222.0	0.0
716 空心杯	90-80	344.3	128.7
	80-70	212.0	81.0
	70-60	167.4	54.7
	60-50	133.2	48.0

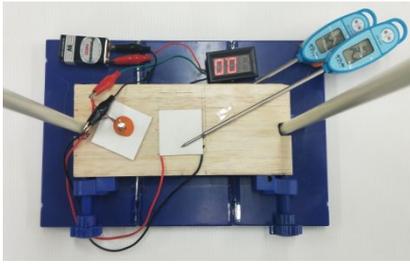
612 空心杯	90-80	251.7	123.7
	80-70	201.0	99.0
	70-60	171.2	69.0
	60-50	146.3	63.0

馬達與量測最大電壓值關係		說明
<p>平均電壓值 (mV)</p> <p>水溫範圍(°C)</p>	<p>DC 小馬達在任何水溫範圍，所量測的電壓值均比其他馬達高。則實驗小馬達在不同的水溫範圍，所量測的電壓值不超過 100mv。</p>	
水溫與馬達運轉時間關係		說明
<p>運轉時間 (s)</p> <p>水溫範圍(°C)</p>	<p>實驗小馬達與 DC 小馬達無法產生轉動。716 和 612 空心杯馬達均會隨起始水溫高低而有轉動時間不同。</p>	

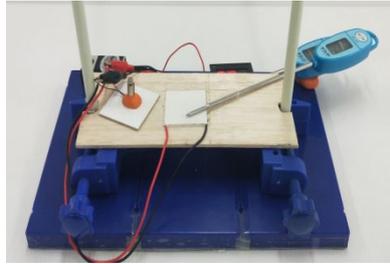
【實驗 3-2】散熱裝置貼於致冷片

經【實驗 3-1】結果推知致冷片的熱面受熱時，因熱傳導而使得冷面逐漸的溫度會變高，溫差生電的效能逐漸變低。我們思考如何讓冷面可以有效地散熱，增加馬達的運轉時間。所以找尋相關散熱裝置的物品如下：

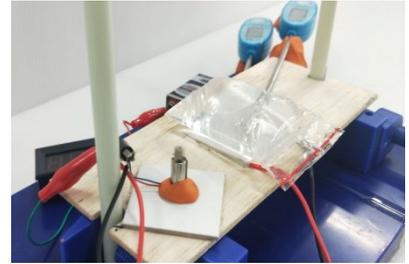
散熱裝置(一)	散熱裝置(二)	散熱裝置(三)	散熱裝置(四)	散熱裝置(五)
規格：(mm)	規格：(mm)	規格：(mm)	規格：(mm)	規格：(mm)
34×34×5	37×37×5	29×29×15	27×27×7	100×100×1.5



測試平台裝置俯瞰圖



測試平台裝置側面圖



夾鏈袋裝熱水測量其紀錄相關數據

研究方法：

準備致冷片的冷面貼散熱裝置和 612 空心杯馬達以及 30mL 的定量夾鏈袋裝不同溫度的水來操作相關實驗。

研究結果：

散熱裝置	起始水溫 (°C)	最大電壓(mv)	馬達轉動時間 (s)	最後水溫(°C)	A、致冷片(熱面)最後溫度 (°C)	B、致冷片(冷面)最後溫度 (°C)	A-B 溫差(°C)
無散熱片	85	387	62	67.9	63.5	33.0	30.5
	80	360	55	70.2	61.5	32.8	28.7
	75	321	53	67.6	58.0	30.9	27.1
	70	203	44	67.0	52.6	30.7	22.0
	65	176	26	61.1	49.2	25.8	23.5
	60	212	27	59.9	46.5	25.5	21.0
	55	263	21	50.8	42.4	23.8	18.6
	50	114	3	46.8	41.8	23.6	18.2
	45	89	0	43.4	40.4	24.1	16.4
	43	79	0	39.9	35.9	23.9	12.0
散熱片 (一)	85	689	183	66.7	57.7	35.6	22.1
	80	435	165	66.4	58.2	34.1	24.1
	75	453	160	66.3	56.2	32.5	23.7
	70	320	128	59.5	53.0	30.3	22.7
	65	262	122	56.4	48.0	28.6	19.4
	60	263	116	55.5	36.6	29.8	6.8
	55	249	104	51.4	42.9	27.5	15.4
	50	279	79	46.2	39.7	25.3	14.5
	45	221	35	40.8	34.8	22.9	11.9
	43	148	4	41.8	34.1	24.3	9.8
散熱片 (二)	85	654	369	66.2	57.7	42.2	15.5
	80	666	361	66.2	58.4	42.0	16.4
	75	545	332	62.6	55.5	39.6	15.9

	70	483	299	60.0	51.8	37.0	14.8
	65	451	258	57.7	48.9	33.6	15.3
	60	466	212	56.0	48.8	33.4	15.4
	55	272	173	51.7	44.7	30.7	14.1
	50	231	116	44.5	41.7	27.1	14.6
	45	204	38	41.4	37.5	23.8	13.7
	43	183	21	41.7	35.9	24.4	11.5
散熱片 (三)	85	685	470	60.5	56.3	34.5	21.8
	80	643	430	59.0	54.7	32.7	22.1
	75	552	405	57.2	53.1	32.8	20.3
	70	435	315	55.1	50.9	33.3	17.7
	65	364	291	53.3	48.5	29.4	19.1
	60	302	239	51.5	47.1	28.3	18.8
	55	263	223	47.8	41.3	27.9	13.4
	50	256	201	44.6	39.3	27.0	12.3
	45	207	186	43.5	38.0	26.4	11.6
	43	153	76	40.1	35.9	24.7	11.2
散熱片 (四)	85	500	299	60.5	50.6	29.6	21.1
	80	494	238	59.6	49.3	28.8	20.5
	75	492	199	58.6	50.3	32.5	17.9
	70	417	170	56.0	48.2	29.5	18.7
	65	328	150	54.0	45.2	27.8	17.4
	60	291	141	51.8	41.8	27.6	14.3
	55	250	121	49.1	40.6	27.9	12.7
	50	147	99	46.0	40.0	27.7	12.3
	45	131	18	42.3	36.2	26.5	9.7
	43	66	0	41.3	38.8	29.8	9.1
散熱片 (五)	85	428	203	68.7	62.6	34.0	28.6
	80	301	191	65.6	60.2	31.7	28.5
	75	282	177	63.2	58.0	30.3	27.7
	70	249	169	59.9	51.7	29.5	22.2
	65	248	154	55.2	49.0	28.4	20.6
	60	231	143	53.2	46.4	28.6	17.8
	55	183	115	50.8	42.8	27.5	15.4
	50	163	70	47.7	40.1	27.4	12.7
	45	89	0	43.0	36.9	25.5	11.5
	43	75	0	40.3	32.7	25.5	7.2

水溫與致冷片產生的最大電壓關係	說明
	<p>發現有加裝散熱(五)與無加裝散熱片的電壓值在不同溫度下電壓值都比較低。則散熱(二)和(三)產生的電壓值均比較其他來的高。</p>
水溫與馬達轉動時間關係	說明
	<p>從圖表得知有加裝散熱裝置的致冷片比沒加裝的致冷片使馬達運轉時間變長。且發現散熱(三)更能使馬達轉動時間變長。</p>
致冷片冷熱面溫差變化關係	說明
	<p>致冷片冷、熱面溫差方面，無散熱裝置最後溫差值相對比其他高且降低發電時間。也發現散熱(二)的冷熱面在不同溫度下溫差變化不大。</p>

【實驗 3-3】選定馬達型號之物件轉速測定

我們選定 612 空心杯馬達作為之後成品的馬達物件以及搭配散熱裝置(二)和(三)，馬達帶動圓盤磁鐵轉動的速率是否會影響攪拌子的轉動情形。所謂轉速 (Rotational speed) 是指物體在單位時間內繞軸旋轉的次數，單位為每分鐘轉速 (RPM)。

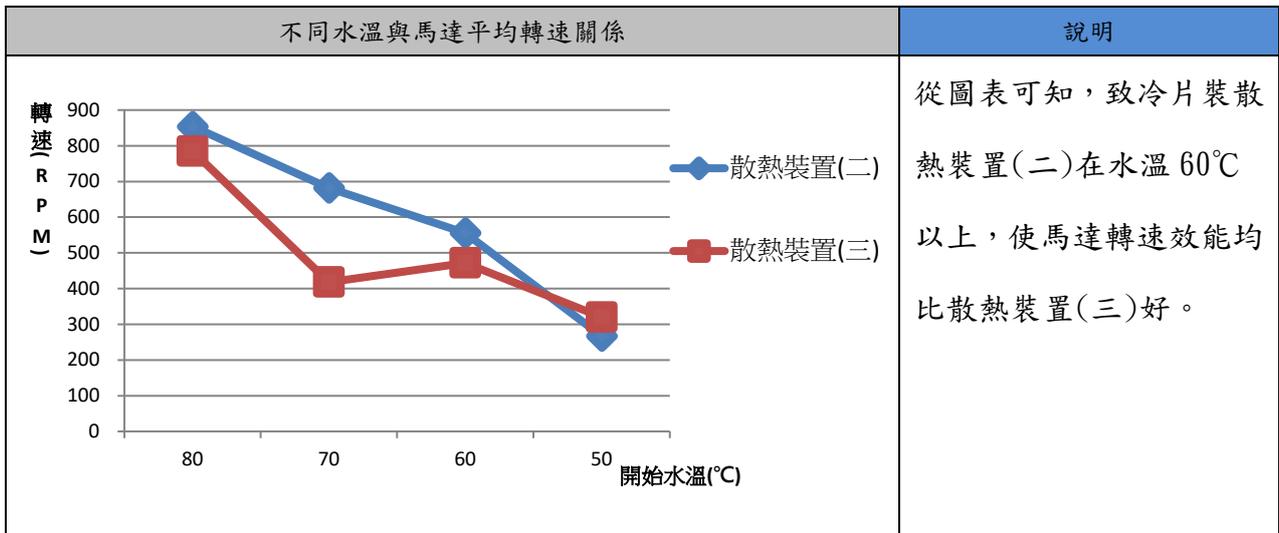
測量設計圖	利用 3D 軟體設計磁鐵圓盤	測量平台架設裝置	手機 APP 紀錄測量過程

研究方法：

3D 列印設計磁鐵圓形轉盤並固定於馬達軸上，再透過手機的 Magnetic Counter App 程式來測量馬達的轉速。

研究結果：

散熱裝置	起始水溫 (°C)	最後水溫 (°C)	最大電壓 (mv)	A 圓盤轉動時間(s)	B 轉動圈數(圈)	換算轉速(RPM) (B)÷(A)／60
(二)	80	69.2	653	122	1732	851.8
	80	68.6	641	81	1155	855.6
	80	69.4	646	107	1525	855.1
	70	62.4	476	102	1166	685.9
	70	62.8	458	94	1068	681.7
	70	61.5	466	83	938	678.1
	60	54.1	446	74	649	526.2
	60	53.3	435	70	682	584.6
	60	55.1	430	62	575	556.5
	50	52.8	234	40	157	235.5
	50	47.7	200	23	107	279.1
	50	39.3	220	31	148	286.5
(三)	80	60.3	640	144	1893	788.8
	80	61.9	652	135	1789	795.1
	80	63.1	641	139	1786	770.9
	70	57.1	439	125	870	417.6
	70	57.3	435	120	822	411.0
	70	57.3	437	123	873	425.9
	60	53.1	302	59	467	474.9
	60	50.6	305	58	427	441.7
	60	50.7	308	50	416	499.2
	50	45.1	256	48	263	328.8
	50	45.5	248	45	243	324.0
	50	47.7	254	43	220	307.0



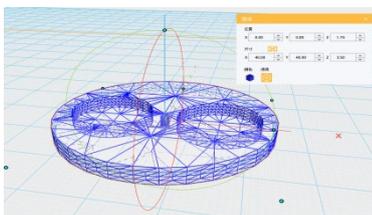
【實驗 3-4】攪拌子選用

磁攪拌子規格：

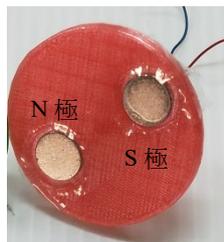
攪拌子(一)	攪拌子(二)	攪拌子(三)	攪拌子(四)	攪拌子(五)
長：15.03mm 寬：6.06mm	長：20.25mm 寬：6.04mm	長：25.27mm 寬：6.03mm	長：21.88mm 寬：5.88mm 有補償環	長：24.87mm 寬：7.89mm 有補償環

(一)馬達軸上圓盤磁鐵磁極

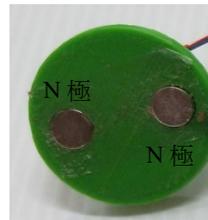
想要了解磁鐵的磁極 N 與 S 極擺放會不會影響磁攪拌子轉動功能。選擇市售強力磁鐵其規格是 8mm×8mm×2mm，再利用 3D 列印設計的圓盤，分別選擇攪拌子(一)和(四)兩種類型來測試運轉情形。



3D 軟體設計磁鐵圓盤



兩磁鐵的磁極位置不同



兩磁鐵的磁極位置相同

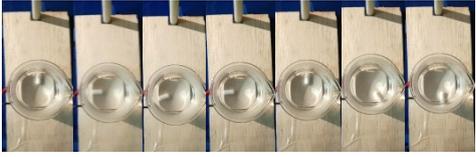
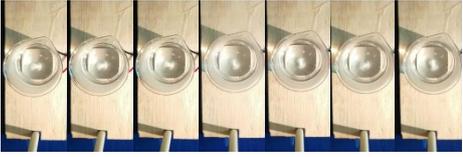
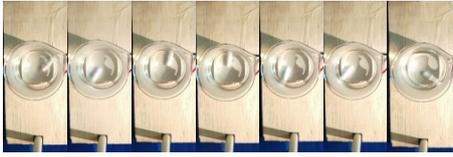


測量平台

研究方法：

利用 100ml 燒杯裝 80°C 以上且 50ml 的熱水量，分次放入攪拌子(一)和(四)，其錄影與拍照方式描述攪拌子的運轉情形。

研究結果：

攪拌子類型	同極同側	異極同側
攪拌子(一) 	 當攪拌子放入後，發現攪拌子會往杯緣靠近，一端被圓盤磁鐵吸引住。當磁鐵圓盤開始轉動時，攪拌子會不斷地靠著杯緣晃動撞擊，無法順利在某處形成旋轉。	 攪拌子放入燒杯時，攪拌子兩端會被磁鐵圓盤吸住不動。直到開始運轉時，攪拌子非常地穩定在杯底中心旋轉著，甚至讓水形成漩渦狀。
攪拌子(四) 	 一開始，攪拌子繞著杯緣大幅度的擺動一圈；中期，由於轉盤轉速過快，因此攪拌子停留在杯緣小幅度的震動；後期，轉盤速度變慢，導致攪拌子又再一次大幅度擺動。	 攪拌子放進杯裡後，攪拌子也是穩定吸附在杯底位置，水裡的晃動也不會讓攪拌子亂動。轉動時也非常地穩定旋轉，讓水形成漩渦狀。

(二)多種不同款式攪拌子的選擇

磁攪拌子大多是由聚四氟乙烯包覆的，因磁攪拌子具有化學鈍性，不易於溶液產生反應。可用於攪拌功能。磁攪拌子形狀主要是類似膠囊狀，最常見的磁攪拌子形狀卻不是攪拌效率最高的形狀。大多數磁攪拌子中部存在環形脊狀突起，這個環狀脊被稱為補償環。



所選擇的攪拌子樣式



觀察記錄攪拌子轉動狀況



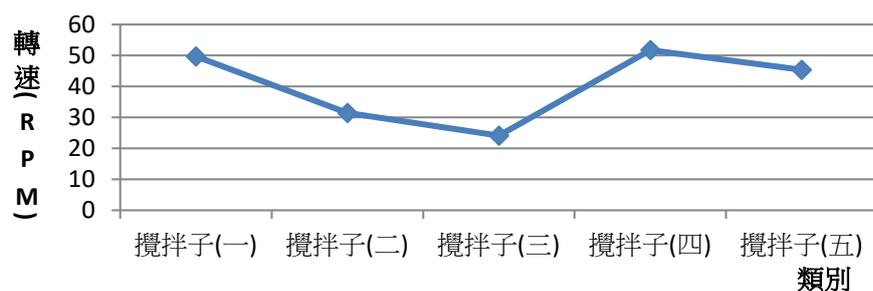
利用相機拍照水漩渦長度

研究方法：

利用 100ml 燒杯裝固定 50ml 熱水量，溫度則設定在 80°C 以上。再利用相機錄攝紀錄水旋轉的長度變化及轉速的紀錄。

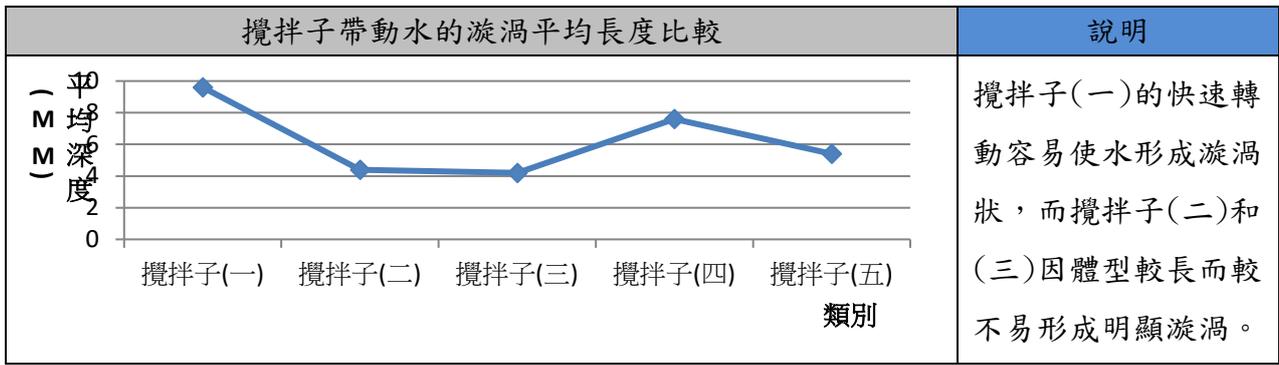
類別	開始水溫(°C)	最後水溫(°C)	轉速(RPM)	水旋轉深度(mm)
攪拌子(一) 	81.6	65.6	49.2	10
	81.5	65.1	50.2	10
	82.0	68.3	49.6	10
	81.4	69.8	48.8	9
	81.3	69.3	50.6	9
攪拌子(二) 	81.3	67.1	31.6	4
	81.4	67.2	31.6	5
	81.3	67.5	31.0	4
	81.9	67.7	32.4	5
	81.9	67.3	30.8	4
攪拌子(三) 	81.5	67.3	23.8	4
	81.9	68.0	22.9	4
	81.4	67.9	24.1	4
	82.0	68.8	25.2	5
	81.3	67.4	24.6	4
攪拌子(四) 	81.8	68.2	55.5	8
	81.5	66.7	51.7	7
	81.5	67.5	50.6	8
	81.3	67.8	49.1	7
	81.7	67.5	51.7	8
攪拌子(五) 	81.5	65.3	49.2	5
	82.0	66.2	48.2	6
	81.5	68.4	45.3	5
	81.5	66.5	41.7	5
	82.0	66.2	42.3	6

不同攪拌子的平均轉速比較



說明

攪拌子長度短，轉速較快。且有補償環的攪拌子轉速均超過 40rpm。

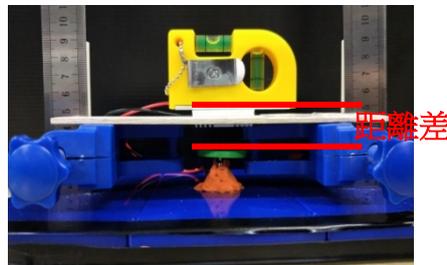


(三)攪拌子與馬達物件間適當距離選擇

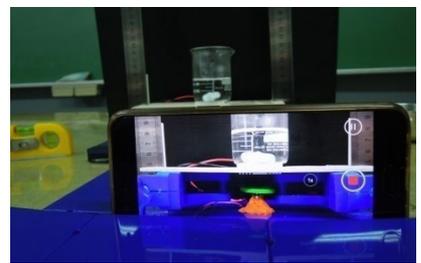
了解圓盤磁鐵與磁攪拌子間的多少距離是否影響磁吸作用關係。我們在桿子上架設有刻度的鐵尺並用水平儀來校正平台的傾斜問題。



量測致冷片與散熱裝置厚度



利用水平儀校正平台水平



觀察記錄攪拌子轉動狀況

研究方法：

利用 100ml 燒杯裝固定 50ml 熱水量，溫度則設定在 80°C 以上。致冷片分別貼散熱裝置(二)和(三)並記錄攪拌子(四)的運轉時間及記錄轉動與否。

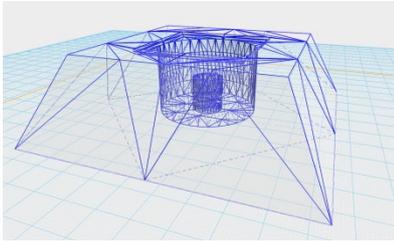
研究結果：致冷晶片與散熱裝置(二)厚度有 9.8mm；致冷晶片與散熱裝置(三)厚度有 19.5mm

○：表示有連續轉動 △：表示未連續轉動 ×：表示無轉動

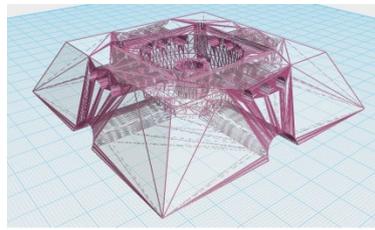
散熱裝置	磁鐵圓盤與致冷片熱面距離(mm)	馬達轉動情形	攪拌子轉動情形	散熱裝置	磁鐵圓盤與致冷片熱面距離(mm)	馬達轉動情形	攪拌子轉動情形
二	12	○	○	三	20	○	○
	14	○	○		22	○	△
	16	○	○		24	○	×
	18	○	○		26	○	×
	20	○	○		28	○	×
	22	○	△		30	○	×
	24	○	△				
	26	○	×				
	28	○	×				
	30	○	×				

【實驗 3-5】3D 軟體與列印

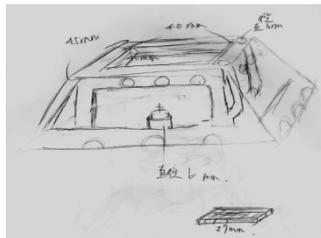
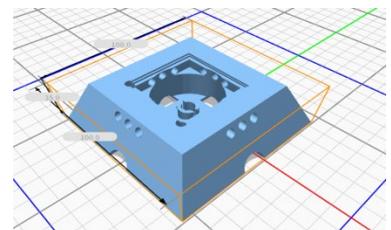
我們透過 3D 列印技術的學習並了解 3D 列印材質是 PLA，是一種抗菌且熱塑性脂肪族聚酯。進而善用學校 3D 列印機製作出我們設計的基座模型。



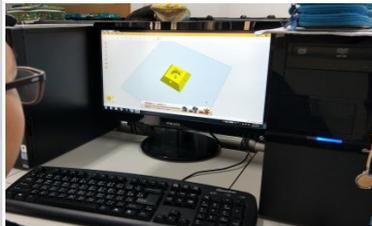
第一代設計列印



第三代設計列印



設計圖

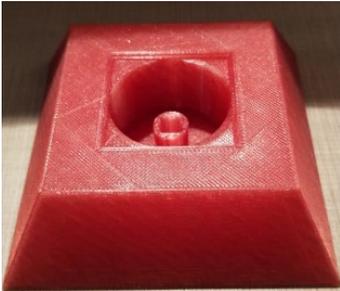


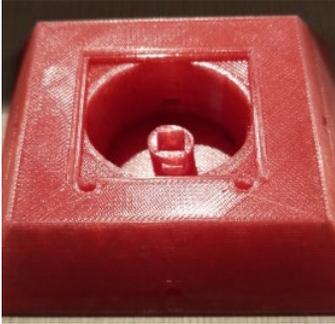
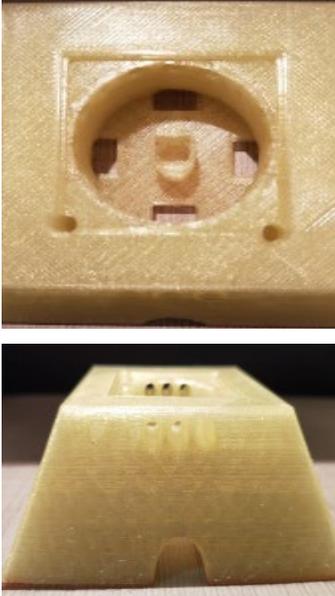
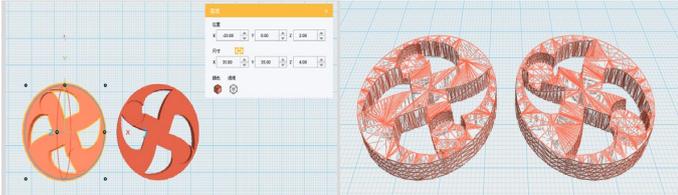
設計軟體設計各項零件及模組



3D 設計列印過程及各種測試

3D 列印作品分析：

作品	圖像	說明
第一代		<p>列印時間花費 9.5 小時。</p> <p>優點： 列印成品可以將空心杯馬達順利放進內部底座及致冷晶片擺放缺口剛好。</p> <p>缺點： 沒有設計到致冷晶片的電線走向即以馬達接線位置，以及缺乏散熱系統規劃。</p>

<p>第二代</p>		<p>列印時間花費 8.5 小時。</p> <p>優點： 列印成品經第一代成品而改善致冷晶片的電線走向。也設計散熱孔洞設計。</p> <p>缺點： 散熱孔洞設計不良，無法有效快速降溫。貼於致冷晶片的散熱裝置(二)無法卡進內部。</p>
<p>第三代</p>		<p>列印時間花費 10.5 小時。</p> <p>優點： 將基座高度提升來增加更多的散熱孔洞，採用基座上下層孔洞增加內部空間的熱對流。更在磁鐵圓盤也設計孔洞，利用圓盤轉動時可擾動內部空間的熱，讓熱對流的更有效率，以達到快速降溫的方法。也設計改善空心杯馬達的固定及易於更換新馬達。</p> 

【實驗 4-1】不同材質容器盛裝



不鏽鋼碗裡出現漩渦狀



玻璃燒杯可看見水龍捲



馬克杯底部覆蓋致冷片



紙杯內攪拌子無法轉動

研究方法：

選擇不同材質的容器，玻璃燒杯、馬克杯、不鏽鋼碗及紙杯，以相同 50ml 水量且水溫 80°C 並放入茶葉和攪拌子觀察測試轉動情形。

研究結果：

○：表示攪拌子有連續轉動 ×：表示攪拌子無轉動

種類 次數	玻璃燒杯		馬克杯		不鏽鋼碗		紙杯	
	轉動情形	轉動時間(S)	轉動情形	轉動時間(S)	轉動情形	轉動時間(S)	轉動情形	轉動時間(S)
第一次	○	286	×	0	○	271	×	0
第二次	○	278	×	0	○	275	×	0
第三次	○	284	×	0	○	268	×	0
第四次	○	285	×	0	○	275	×	0
第五次	○	280	×	0	○	273	×	0
平均時間	282.6		0		272.4		0	

【實驗 4-2】成品測試使用



燒杯當成容器，加入奶粉



不鏽鋼碗當容器，咖啡粉加入攪拌，形成明顯漩渦

研究方法：

選擇易熱傳導的容器(燒杯及不鏽鋼碗)，盛裝以 50ml 水量且高溫 80℃ 及低溫 10℃。再加入分別牛奶粉及即溶咖啡粉，觀察攪拌情形。

研究結果：

○：表示溶質完全溶於水 △：表示溶質未完全溶解於水 ×：表示溶質未溶解在水

種類 次數	玻璃燒杯				不鏽鋼碗				
	牛奶粉(2g)		即溶咖啡(2g)		牛奶粉(2g)		即溶咖啡(2g)		
	溶解情形	最後水溫(℃)	溶解情形	最後水溫(℃)	溶解情形	最後水溫(℃)	溶解情形	最後水溫(℃)	
熱水	第一次	○	63.2	○	64.9	○	62.1	○	63.1
	第二次	○	64.5	○	65.8	○	62.3	○	62.1
	第三次	○	63.6	○	66.4	○	63.4	○	63.4

	第四次	○	65.8	△	65.4	○	63.9	△	63.2
	第五次	○	63.4	○	65.3	△	64.1	○	64.1
	平均最後水溫	64.1		65.56		63.16		63.18	
冰水	第一次	○	15.2	○	14.8	△	18.1	○	14.2
	第二次	△	19.3	△	20.1	○	14.2	○	14.6
	第三次	○	16.1	○	15.3	△	19.2	△	19.8
	第四次	△	19.5	△	19.7	○	14.5	△	18.9
	第五次	△	20.2	○	15.4	△	18.1	○	14.5
	平均最後水溫	18.06		17.06		16.82		16.40	

伍、討論

一、市售攪拌杯其優缺點，如下：

(一) 電動攪拌杯

- 優點：在任何水溫下都可以攪拌；轉速快且力道強，可以聽到攪拌子與杯底的撞擊聲。
- 缺點：水容易噴濺出來；飲用完畢清洗時要注意杯底碰觸水而使電池失去效能；提供馬達轉動電源是電池（非環保）。



(二) 市售磁化自動攪拌杯

- 優點：提供馬達轉動電源是溫差發電的致冷片（環保）；轉速快力道強；飲用完畢清洗方便不會造成內部物件受潮。
- 缺點：要讓攪拌子轉動，在高溫方面所需熱水溫度最低約 53°C，而在低溫方面所需水溫需低於 8°C；無法在短時間內二次使用，因致冷片散熱效能不佳。



- 二、科展群傑廳關於致冷片的研究作品大都以致冷片常用於電產生溫差，製造小而冷的空間環境；少數作品則以用溫差產生電，善用廢熱現象來加以利用避免能源浪費。不管是電產生溫差或溫差產生電的功能，普遍使用率均不高，是值得我們努力的方向。
- 三、開始的水溫愈高，無散熱裝置的致冷片所產生的電壓也較大。當水溫低於 50°C 時，致冷片所能產生的電壓低於 100mv，有可能無法使微型空心杯馬達運轉。
- 四、經由致冷片連接馬達測試，發現致冷片產生的電能無法使一般的實驗小馬達和 DC 小馬達產生運轉。而在兩種不同型號的微型空心杯馬達均可轉動，在轉動的時間比較也可發現 612 空心杯馬達運轉時間比 716 型號相對長。所以 612 空心杯馬達則是可作為後續實驗選定的馬達。
- 五、在致冷片加裝散熱片裝置比較中，散熱裝置(五)不論在電壓測量、馬達轉動時間等都與無加裝散熱裝置表現差不多。而在其他散熱裝置比較中，最大電壓量測及馬達運轉方面：散熱裝置(三)和散熱裝置(二)優於散熱裝置(一)和散熱裝置(四)。推測散熱裝置(二)伏貼致冷片面積較大，而散熱裝置(三)的鋁片較長均較能減緩致冷片冷面溫度上升速率。所以在散熱裝置選擇，我們則以散熱裝置(二)和散熱裝置(三)作為後續實驗的裝置測驗。
- 六、當轉速愈高，相對攪拌的效率也會提高。所以在轉速量測方面，散熱裝置(二)比散熱裝置(三)值均較高，且在 80°C 時，也發現馬達轉速可超過 800RPM 以上。
- 七、馬達軸上的圓盤磁鐵，經測試後發現當兩磁鐵是同極同側時，會造成攪拌子無法順利地旋轉而不斷地來回擺動敲擊杯緣。而兩磁鐵是異極同側，當放入攪拌子到水中，攪拌子則很穩定被兩磁鐵吸附於杯底中。
- 八、攪拌子的轉速測試中，發現長度較短，轉速相對高也易產生水的漩渦。也發現有補償環的攪拌子更容易產生較高轉速及水漩渦。
- 九、雖然散熱裝置(三)讓馬達運轉時間較散熱裝置(二)長，但圓盤磁鐵與攪拌子的相吸轉動較散熱裝置(二)就較沒有使攪拌子可以有效地運轉。所以我們選擇散熱裝置(二)作為成品零件。
- 十、一般馬克杯無法使致冷片產生溫差發電，推測馬克杯杯底呈現凹陷方式，而無法伏貼於致冷片上。

十一、經過牛奶粉和即溶咖啡粉的測試。開始時水溫為 80°C，當溶質經攪拌溶於水中後，飲品的溫度至少 60°C 以上，剛好適合飲用。當水溫為低溫 10°C 以下，溶質因溶劑溫度而影響溶解性，冰水中亦有結塊現象。

陸、結論

一、了解熱電元件的溫差生電效應。

(一) TEC1-12706 致冷片經由不同水溫測試，水溫愈高產生的電壓值也相對愈高。

(二) 在致冷片的冷面加裝散熱裝置厚度愈厚且伏貼面積愈大，產生的電壓值會更大，促使微型馬達運轉時間更長。

(三) TEC1-12706 致冷片所產生的電壓可使微型空心杯馬達運轉。

二、創意生活的設計與應用。

(一) 圓盤磁鐵的擺放應以異極同側方式，更能吸附攪拌子運轉時穩定。且圓盤磁鐵與攪拌子間的距離愈短，愈能有效帶動攪拌子旋轉。

(二) 攪拌子選擇應以長度較短且補償環的型態最好。當攪拌子高轉速時，則難泡都可以輕輕鬆鬆解決。

(三) 盛裝容器的選擇需以容器底部伏貼於致冷片且較能將水的溫度以熱傳導方式傳到致冷片上為主，如：玻璃、不鏽鋼材質為主。則鐵杯不適合，會使攪拌子吸附著不易轉動。

(四) 攪拌器使用建議步驟：

(1) 容器先盛裝至少 30ml 熱水或冷水。

(2) 將攪拌子放進容器中，將容器再放置致冷片上。

(3) 攪拌子開始轉動後，再加入要溶解在水中的溶質。

(4) 攪拌結束後，再利用鐵湯匙吸附取出攪拌子。

(5) 享用美味飲品。

(五) 所設計的成品除了熱水使致冷片產生發電帶動攪拌子旋轉，冰水也亦可。且攪拌子旋轉方向與熱水會是相反的。但不建議使用一般常溫水因較難溫差發電。建議熱水溫度至少 80°C 以上，冰水則低於 10°C 效果會較好。

柒、參考文獻資料

- 一、科展群傑廳：<https://www.ntsec.edu.tw/Article.aspx?a=2>。
- 二、黃振東、徐振庭(2013)。熱電材料。科學發展期刊，486，48-53。
- 三、巫振榮(2013)。熱電元件應用。奈米通訊，20，32-35。
- 四、蕭育仁(2014)。消除廢熱的好幫手：熱電製冷元件。奈米通訊，21，30-31。
- 五、天地能源暨溫控器材行：<https://tande.com.tw/>。

【附錄一】

種類	起始水溫 (°C)	量測最大 電壓值 (mv)	轉動時間 (秒)	種類	起始水溫 (°C)	量測最大 電壓值 (mv)	轉動時間 (秒)
實驗小馬 達	87.7	100.8	0	716 空心杯	86.3	424	171
	86.7	87.3	0		83.3	319	103
	84.9	88	0		80.6	290	112
	74.6	86.1	0		78.9	216	85
	73.9	82.2	0		76	220	79
	70.8	76.8	0		75.5	200	79
	66.2	86.3	0		61.2	170.2	56
	62.5	90.4	0		61.2	168.1	55
	60.5	80	0		60.3	164	53
	53.9	78	0		51.2	131.6	46
	51.2	76.3	0		50.5	135	48
	50.1	70.1	0		50	133	50
DC 小馬達	86.7	431	0	612 空心杯	84	271	133
	84.3	429	0		81.2	243	120
	82.8	400	0		80.1	241	118
	77.4	350	0		70.9	210	113
	76.8	339	0		70.2	200	110
	72.7	313	0		70	193	74
	68.4	303	0		65.4	186	70
	62.4	296	0		63.4	173	67
	60.5	301	0		60.2	154.6	70
	58.3	226	0		56.3	160.2	67
	55.4	245	0		51.6	142	62
	54.2	195	0		50.3	136.6	60

【評語】 082929

一、研究特色

1. 研究主題探討利用冷熱溫差所產的電能及其應用，能從生活中發現問題，進而解決問題，符合探究精神
2. 以溫差生電原理開發的攪拌器具有創意生活設計應用，經過三代改良出穩定基座，外加攪拌子容易導致使用後遺失的不便利性，未來可進一步朝內置於基座改良版。

二、建議事項

1. 有關溫差發電的相關研究文獻探討宜再加強。建議可先分析將製作的器材整體結構，再一步一步實驗分析各部組成之效益。
2. 數項實驗未必需要進行，例如 p.5 「了解 seebeck effect 溫差生電效能測試」實驗結果可先推知。p.9 「水溫與電壓」與「水溫與馬達轉速」屬於重複性實驗，同樣可推知結果。而 p.16 「馬達圓盤軸磁鐵排列」也可以推知必然「磁極相同」的效果最差。
3. p.22 「溶質是否溶於水」的實驗，應注意以目測結果的客觀性與精確定。
4. 研究目的與過程較為傾向於「理解與確認」自動攪拌機的電熱效應，建議可再加強研究的「創新與探索」。例如探討杯子材質、底部形狀、厚度對溫差發電的影響。
5. 本作品「機電」的比重較多，與生活與應用科學(一)機電與資訊之相關性較高。

作品簡報

冷熱都來電-Seebeck效應之熱電現象的應用

組 別：國小組

科 別：生活與應用科學科(二) (環保與民生)

研究動機

我的爸爸是個很懶的人，某一天他帶了杯子回家.....



市售電動攪拌杯



市售磁化自動攪拌杯

研究目的

- (一) 了解 seebeck effect 溫差生電效能測試
- (二) 熱電致冷片溫差發電效能
- (三) 裝置設計
- (四) 成品的生活應用測試



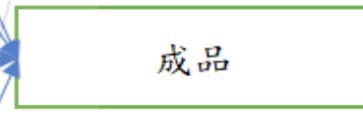
自製
攪拌器



市售電動攪拌杯拆解圖



市售磁化自動攪拌杯拆解圖



成品

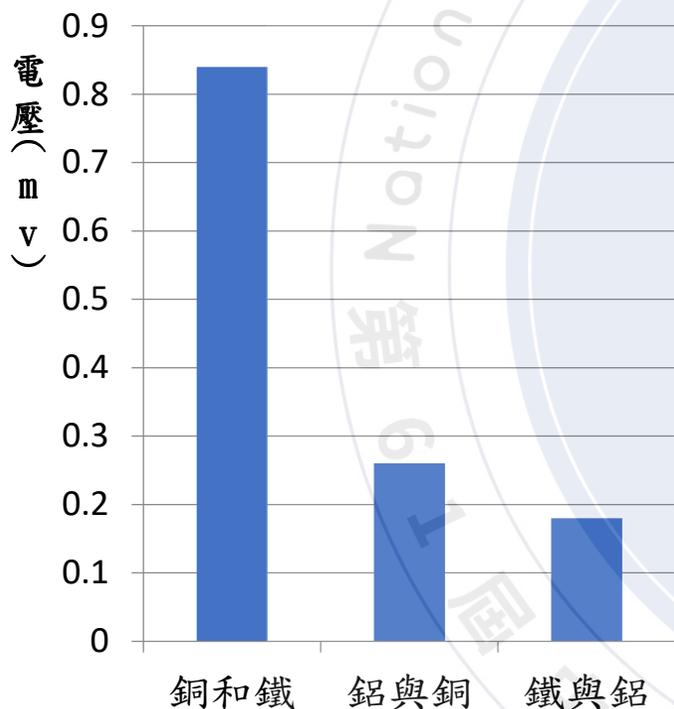


自製攪拌器

一、了解seebeck effect溫差生電效能測試

利用現有不同金屬材料製作溫差產生的電壓

金屬組合與產生電壓大小比較

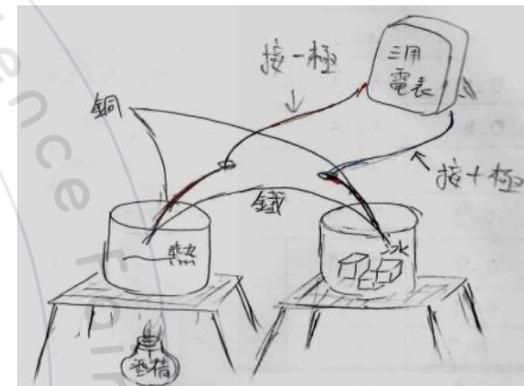


銅與鐵的組合產生的電壓遠比其餘兩種來的高。

銅鐵長度與溫差產生電壓比較



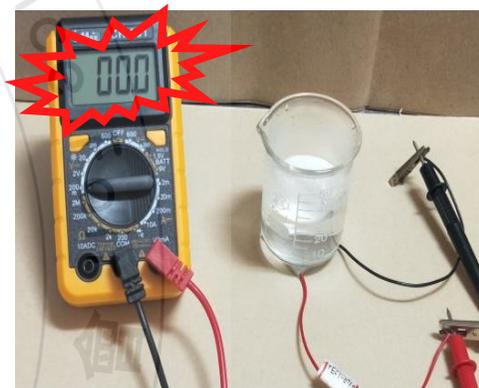
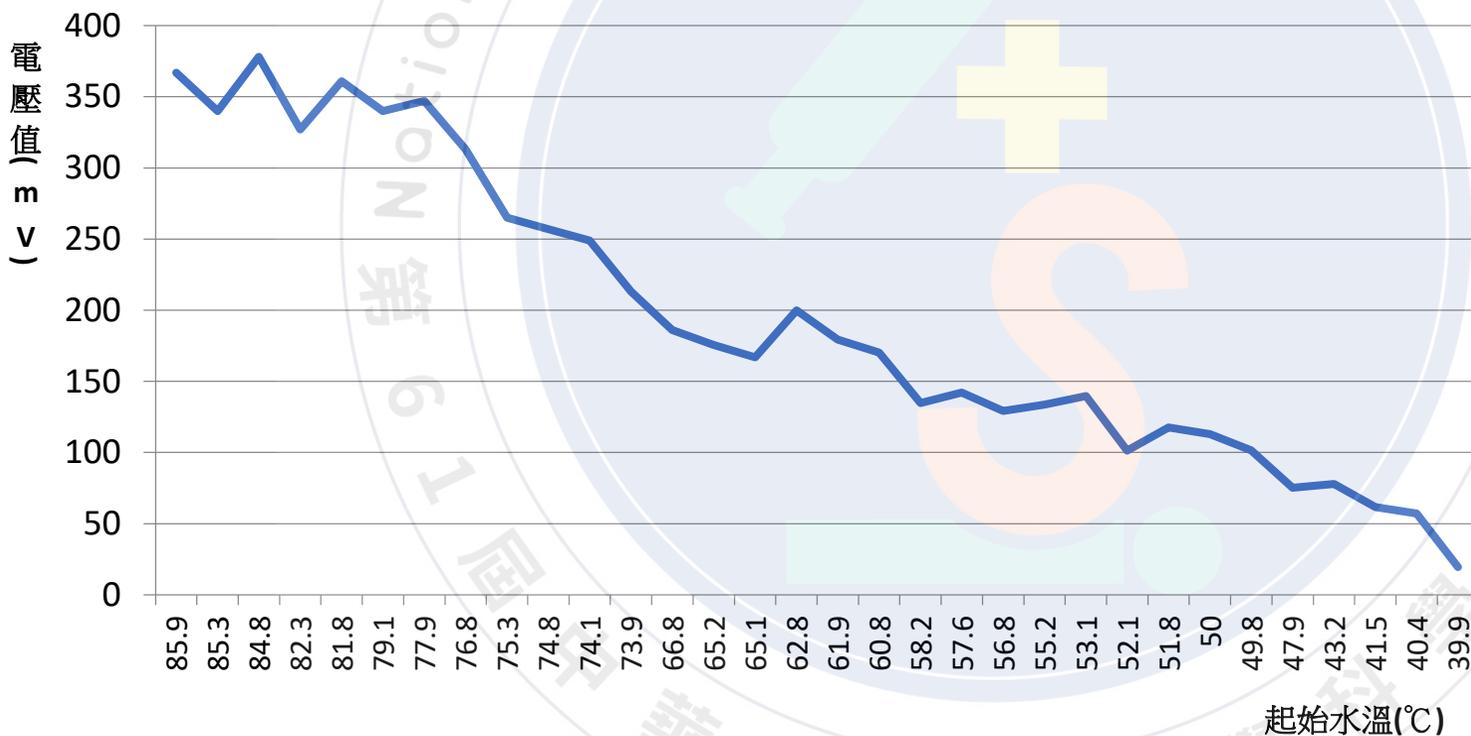
選用銅與鐵的組合發現，當金屬長度愈長，產生的電壓就愈小。



二、熱電致冷片溫差發電效能

兩種致冷片發電比較及不同起始水溫與致冷片所產生最大電壓關係

水溫與TEC1-12706致冷片產生最大電壓值關係



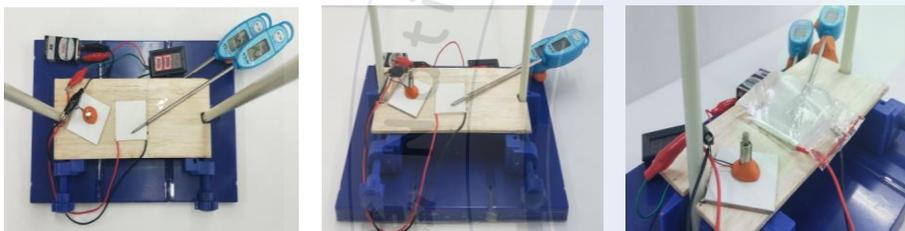
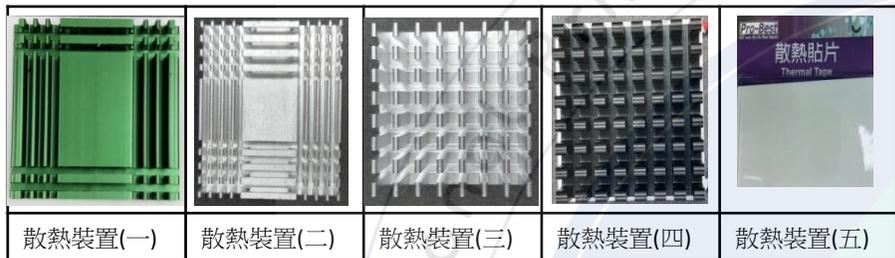
TEC1-07102致冷片測量過程



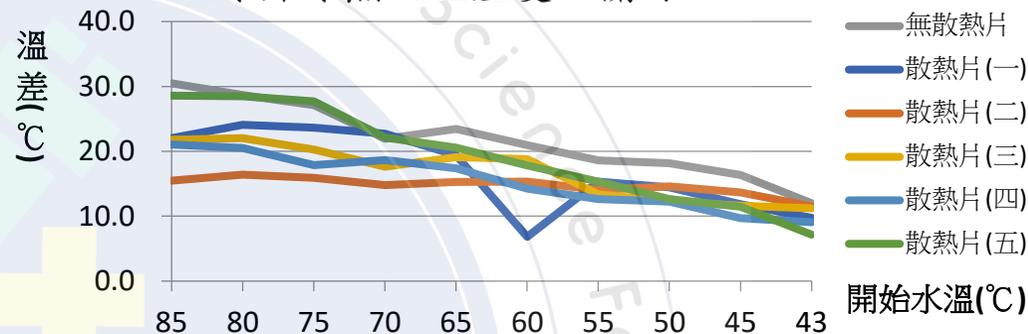
TEC1-12706致冷片測量過程

當一開始水溫越高時，致冷片所產生的電壓值也相對越大，但所產的最大電壓均未超過400mv。

四、致冷片加裝散熱裝置

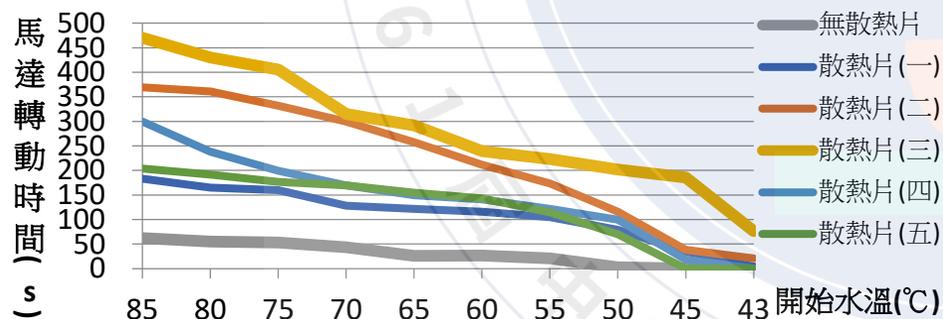


致冷片冷熱面溫差變化關係



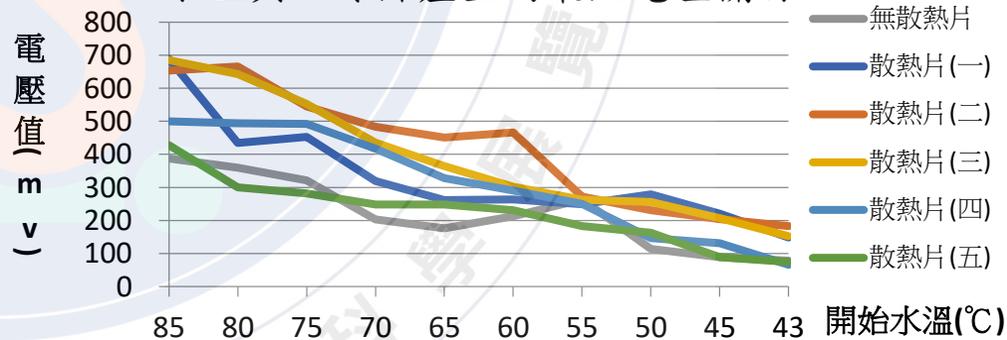
致冷片冷、熱面溫差方面，無散熱裝置最後溫差值相對比其他高且降低發電時間。

水溫與馬達轉動時間關係



有加裝散熱裝置的致冷片比沒加裝的致冷片使馬達運轉時間變長。且發現散熱裝置(三)更能使馬達轉動時間變長。

水溫與致冷片產生的最大電壓關係

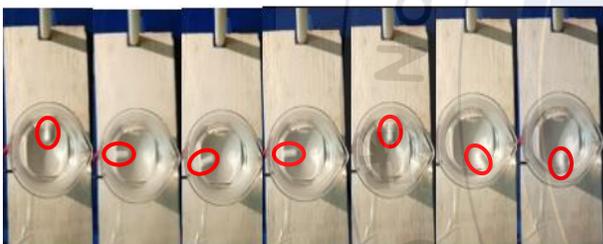


發現有加裝散熱裝置(五)與無加裝散熱片的電壓值在不同溫度下電壓值都比較低。

五、攪拌子選用

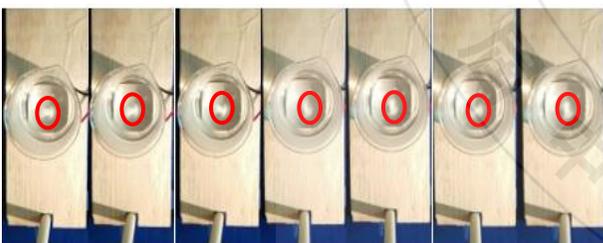
攪拌子(一)	攪拌子(二)	攪拌子(三)	攪拌子(四)	攪拌子(五)
長15.03mm 寬6.06mm	長20.25mm 寬6.04mm	長25.27mm 寬6.03mm	長21.88mm 寬5.88mm 有補償環	長24.87mm 寬7.89mm 有補償環

1. 馬達軸上圓盤磁鐵磁極



同極同側

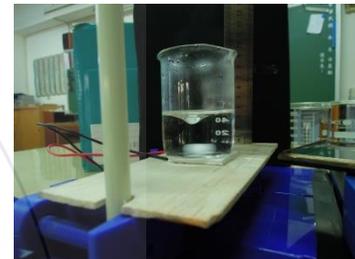
攪拌子會不斷地靠著杯緣晃動撞擊，無法順利在某處形成旋轉。



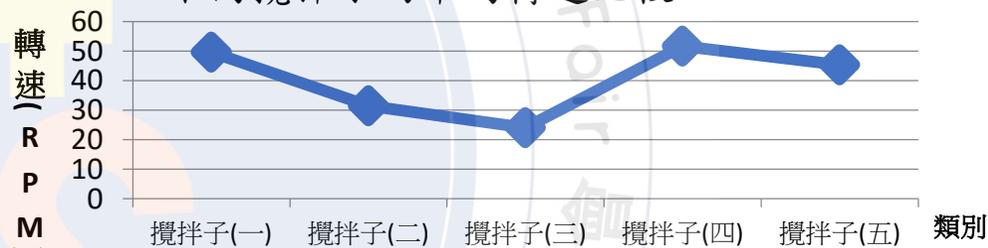
異極同側

攪拌子非常地穩定在杯底中心旋轉著，甚至讓水形成漩渦狀。

2、攪拌子的測試

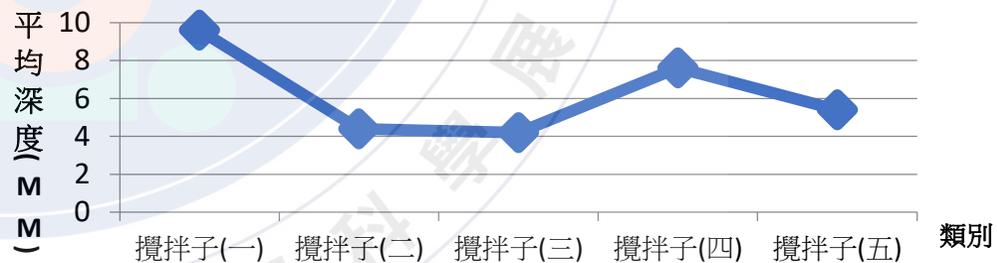


不同攪拌子的平均轉速比較



帶有補償環攪拌子較易產生較高轉速及水漩渦。

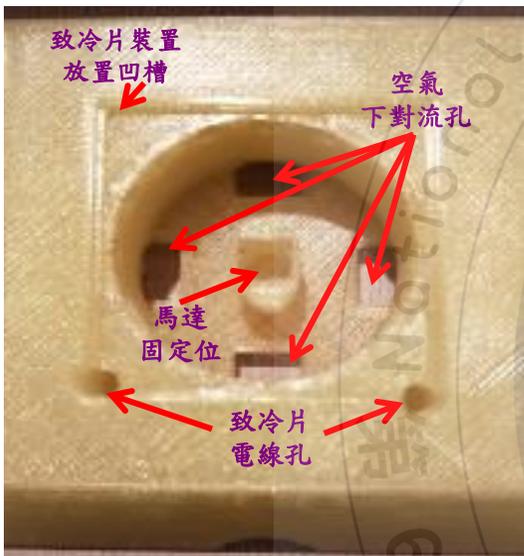
攪拌子帶動水的漩渦平均長度比較



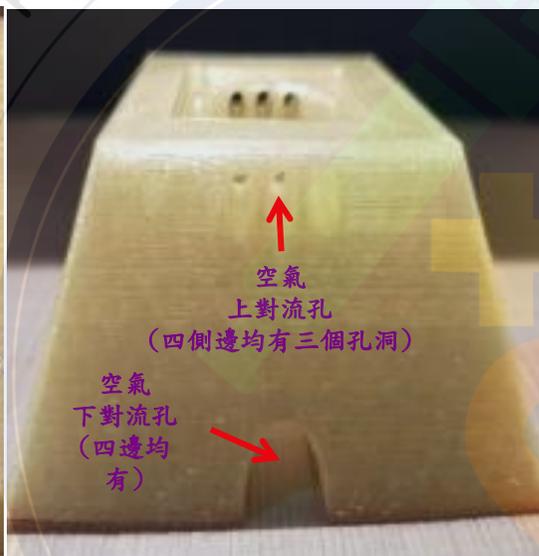
攪拌子(一)的快速轉動容易使水形成漩渦狀，而攪拌子(二)和(三)因體型較長而較不易形成明顯漩渦。

六、運用3D軟體設計及列印基座

基座：

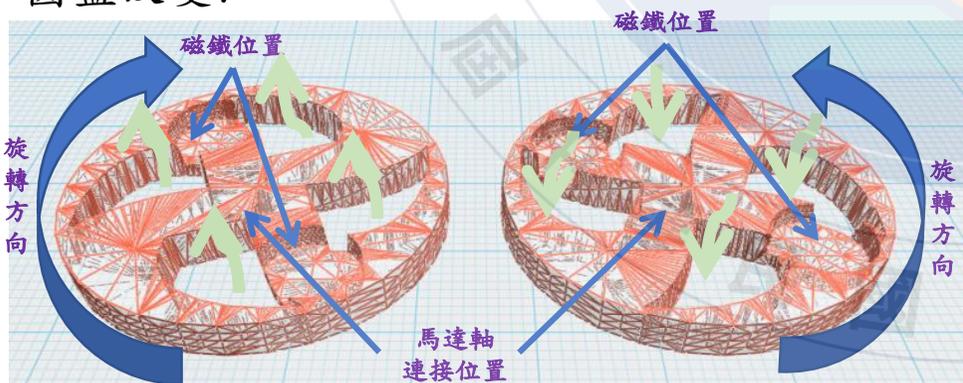


俯視圖



側視圖

圓盤改變：



成品：

熱水測試

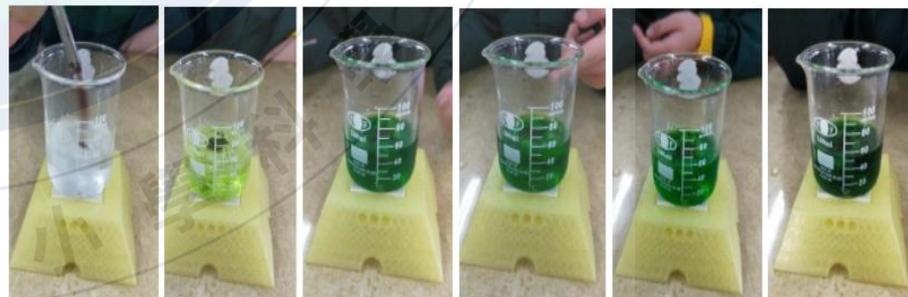


燒杯當成容器，加入奶粉



不鏽鋼碗當容器，咖啡粉加入攪拌，形成明顯漩渦

冰水測試



將綠色色素加入冰水中，也同樣完全溶解

一、市售攪拌杯其優缺點：



市售電動攪拌杯



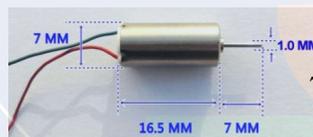
市售磁化自動攪拌杯

二、當水溫低於 50°C 時，致冷片所能產生的電壓低於 100mV ，有可能無法使微型空心杯馬達運轉。

三、致冷片產生的電壓能夠使612及716型號轉動，而612轉動時間又比716還長，所以最後便選用612空心杯馬達作為成品零件。

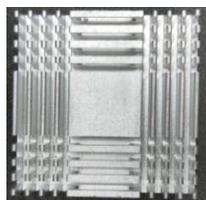


612型

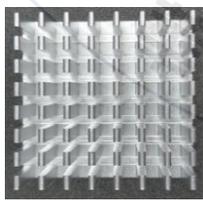


716型

四、致冷片的散熱裝置(二)和(三)優於其他散熱裝置。

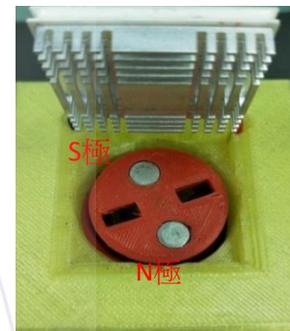


散熱裝置(二)
伏貼致冷片面積較大



散熱裝置(三)
的鋁片較長均較能減緩致冷片冷面溫度上升速率

五、圓盤上磁鐵，應擺放異極同側，才能夠使攪拌子順利轉動。



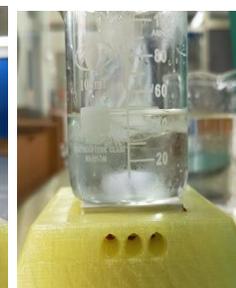
六、長度較短且有補償環的攪拌子，轉速相對高也易產生水的漩渦。



七、若是想使攪拌子轉動效率更好，熱水應為 80°C ，而冷水應為 10°C 以下。



熱水



冰水

TEC1-12706致冷片經由不同水溫測試，水溫愈高產生的電壓值也相對愈高。

致冷片的冷面加裝散熱裝置厚度愈厚且伏貼面積愈大，產生電壓值會更大，促使微型空心杯馬達運轉時間更長。

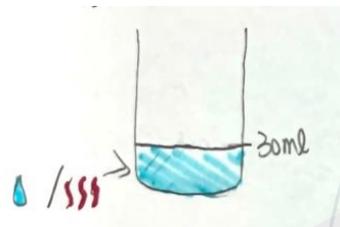
了解熱電元件的溫差生電效應

TEC1-12706致冷片所產生的電壓可使微型空心杯馬達運轉。

二、創意生活的設計與應用

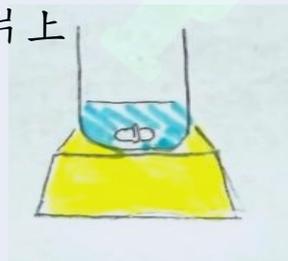
- (一) 圓盤磁鐵的擺放應以異極同側方式，更能吸附攪拌子運轉時穩定。且圓盤磁鐵與攪拌子間的距離愈短，愈能有效帶動攪拌子旋轉。
- (二) 盛裝容器的選擇需以容器底部伏貼於致冷晶片且較能將水的溫度以熱傳導方式傳到致冷晶片上為主，如：玻璃、不鏽鋼材質為主。則鐵杯不適合，會使攪拌子吸附著不易轉動。

(三) 懶人攪拌器使用建議步驟：



(1) 容器先盛裝至少30ml熱水

(2) 將攪拌子放進容器中，將容器再放置致冷晶片上



(3) 攪拌子開始轉動後，再加入要溶解在水中的溶質。



(4) 攪拌結束後，再利用磁鐵吸附取出攪拌子。



(5) 享用美味飲品。

文獻資料：

- 一、科展群傑廳：<https://www.ntsec.edu.tw/Article.aspx?a=2>。
- 二、黃振東、徐振庭(2013)。熱電材料。科學發展期刊，486，48-53。
- 三、巫振榮(2013)。熱電元件應用。奈米通訊，20，32-35。
- 四、蕭育仁(2014)。消除廢熱的好幫手：熱電製冷元件。奈米通訊，21，30-31。
- 五、天地能源暨溫控器材行：<https://tande.com.tw/>。