

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-化學科

科 別：化 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：微波觀點

關 鍵 詞：微 波、熱敏電阻、肥 皂

編 號：030205

學校名稱：

臺北縣立中和國民中學

作者姓名：

劉 潔、翁睿妤、康閔森、郭靜澄

指導老師：

李一之



壹、摘要

振頻 2450MHz 的微波已堂堂走入家庭成為一股新興熱源，就其高效能與普及性理應具有更寬廣的應用空間。本研究由觀察微波效能著手，透過熱敏電阻溫度計監測微波爐內的升溫歷程，試著與實驗室內酒精燈熱源進行實作比較，並藉以探索水溫變化量與水量多寡、加熱時間的確切關係。針對微波環境的特異性，設計系列實驗探討並釐清旋轉盤上不同位置的吸波性與相互之間的遮蔽作用。又經由多種試樣的微波升溫情況比較，確認分子極性與吸收微波能力的相依性。另外，通過實驗觀測建立了酒精度、醋酸度與微波升溫的關係圖。在持續聚焦的微波觀點下，完成了五分鐘肥皂速成法、硫酸銅晶體或氯化亞鈷晶體的脫結晶水、無字天書、指紋現形、噴墨紙的酸性鑑定、發麵做美食等實驗設計與實作成果，積極拓展微波爐的應用價值與微波實驗的新思維。

貳、研究動機

- 一、理化課本實驗 5-2 測量水溫的變化及實驗 5-3 測量不同物質受熱後溫度的變化，實作結果不理想，所得數據僅供定性描述，實在無法定量說明：水溫變化量與加熱時間成正比，而與水量多寡成反比。令我們不禁懷疑課本及老師說法的正確性，實驗成果不佳是誰的錯呢？熱源供熱不穩定是不是主因呢？
- 二、幾乎成為現代家庭必備的「微波熱源」，其加熱方式與原理較之傳統「燃燒熱源」截然不同。身為現代人，在充分享受科技文明之餘，也必須對其所涉及之科學原理與操作方式有一些基本認識，才得以用的「心安理得」！本研究「微波觀點」，即在有限的實驗資源下，從現有的知識背景出發，試圖從多元觀點重新檢視「微波熱源」的加熱環境及應用層面。在一番腦力激盪之下，我們執著地展開生命歷程中「空前繁複」的科學之旅！本研究與現階段理化課程的關聯性，經整理如下：

本研究項目及說明	關聯理化課本章節
1. 水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【酒精燈熱源】	§ 5-1 溫度與溫度計
2. 水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【微波爐熱源】 （含水銀溫度計及熱敏電阻溫度計的校準）	§ 5-2 熱量 §5-3 比熱 §11-5 電阻與歐姆定律
3. 微波加熱環境的認識	§ 9-3 粒子觀點
4. 微波面積與水溫變化的關係	§17-2 能的形式與能的轉換
5. 酒精度與微波升溫的關係	§13-3 酸鹼的濃度
6. 醋酸度與微波升溫的關係	§ 9-3 粒子觀點
7. 微波觀點 分子極性（有機分子結構的再認識）	§10-2 常見的有機化合物
8. 微波觀點 五分鐘肥皂速成法（皂化新歷程）	§10-4 常用的清潔劑
9. 微波觀點 氯化亞鈷晶體、硫酸銅晶體的脫結晶水	§ 5-4 熱對物質的影響
10.微波觀點 無字天書（稀硫酸濃縮與濃硫酸的脫水性）	§13-2 酸與鹼
11.微波觀點 指紋現形（微波型水浴法）	§ 7-1 物質的變化
12.微波觀點 噴墨紙的酸性鑑定	§13-4 酸鹼中和
13.微波觀點 發麵做美食	

參、研究目的

由明瞭微波加熱原理、探索爐內微波環境入手，進而研究微波熱源的特性及其相關應用，試圖改良現階段實驗的加熱方式並提供微波實驗的新觀點，藉以拓展現代人對微波加熱系統的認識，並「得心應手」地加以充分應用。

肆、研究設備及器材

器 材	微波爐（廠牌：Whirpool 型號：AKM103 微波振頻：2450 MHz 消耗功率：1400 W）				
	酒精燈	水銀溫度計	鐵架及鐵圈	三樑天平	刮勺
	燒杯（50 mL、100 mL、250 mL、500 mL）			玻棒	陶瓷纖維網
	熱敏電阻（UEI-150）		數位式三用電表（YU FONG YF-3503）		
藥 品	冰醋酸	乙醇	丙三醇	丙醇	沙拉脫
	丙酮	乙酸乙酯	氯仿	四氯化碳	椰子油
	沙拉油	氫氧化鈉	碳酸氫鈉	硫酸	硫酸銅
	氯化亞鈷	低筋麵粉	方糖	小蘇打粉	香蕉、檸檬、蛋
	噴墨紙	影印紙	廣用試紙	碘	

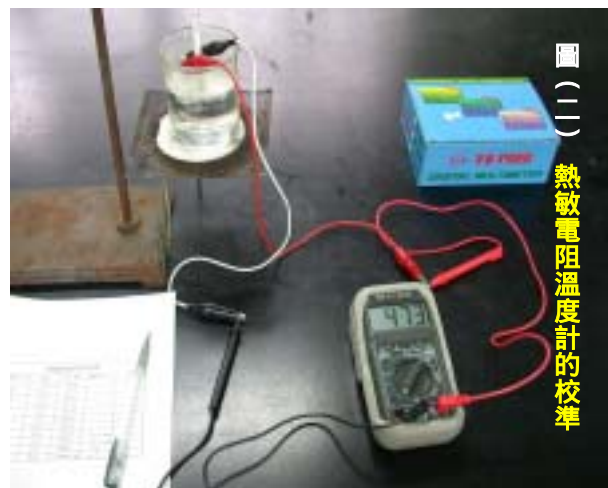
伍、研究過程及方法

一、水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【酒精燈熱源】

1. 量取 100g 的水置於 250 mL 燒杯，測初溫。
2. 以陶瓷纖維網襯底，用酒精燈加熱之。每隔 1 分鐘測量水溫一次，連續測五分鐘。
3. 重覆步驟 2 二次，總計測得三組數據。
4. 改取 200g 的水置於 250 mL 燒杯，重覆步驟 2 和 3。
5. 改取 400g 的水置於 500 mL 燒杯，重覆步驟 2 和 3。

二、水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【微波爐熱源】

1. 水銀溫度計的校準
 - (1) 選取數根在室溫下讀數相等的水銀溫度計。
 - (2) 以正在熔化的冰（0）和正在沸騰的水（100）來對水銀溫度計做粗略的校準。
 - (3) 擇取其中最準確的兩根水銀溫度計進行後續實驗。
2. 熱敏電阻溫度計的校準
 - (1) 燒一杯沸騰的水，並將一特定規格之熱敏電阻浸泡其中，電阻兩端導線延伸出水面，連結至三用電表，如下圖（一）（二）所示。



- (2) 利用一已校準的水銀溫度計測定水溫，同時測量熱敏電阻相對應之電阻值。
- (3) 隨著水溫下降，測量一系列的水溫和熱敏電阻相對應之電阻值。
- (4) 將取得之實驗數據中之溫度轉換成凱氏（絕對）溫標的倒數 $1/T$ ，相對應之電阻值改取自然對數 $\ln R$ ，以 $1/T$ 對應 $\ln R$ 透過 EXCEL 軟體作圖，套入迴歸直線公式求取 $1/T = A + B \ln R$ 式中的 A、B 值。
- (5) 完成熱敏電阻溫度計的校準。

3. 水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係

- (1) 量取 100g 的水置於 500 mL 燒杯。
- (2) 測定初溫後，放入微波爐旋轉盤之中央位置。
- (3) 將熱敏電阻浸於水中，兩端導線延伸至爐外與三用電表連結，關閉遮波面版，如下圖所示。

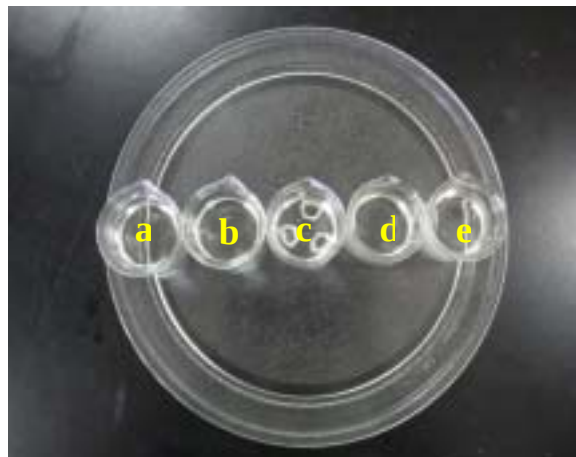


- (4) 行微波（強度 P-HI），每隔 20 秒測量瞬間電阻值一次，連續測四 五次。
- (5) 改取 200g 的水，重覆步驟 2 ~ 4。
- (6) 改取 400g 的水，重覆步驟 2 ~ 4。
- (7) 將以上所取得之瞬間電阻值透過 $1/T = A + B \ln R$ 式子轉換成溫度。

三、微波加熱環境的認識

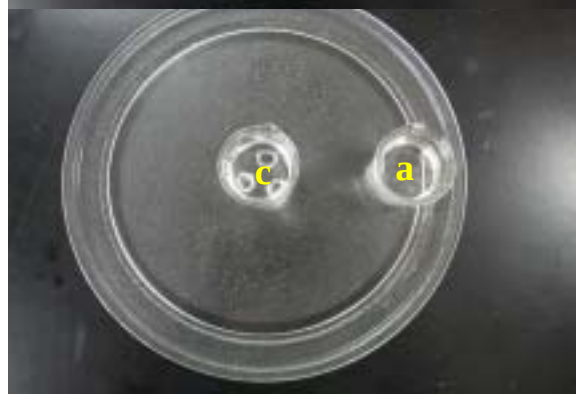
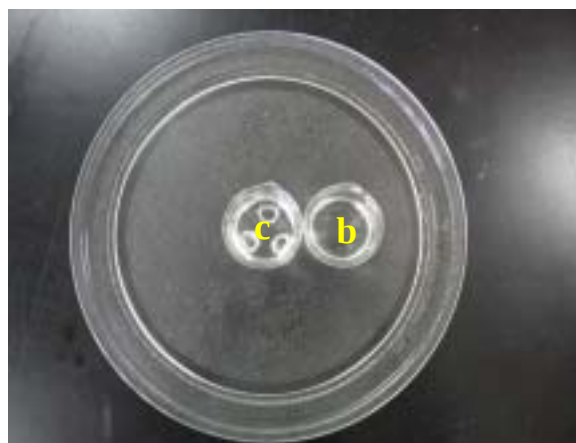
1. $a + b + c + d + e$ 組

- (1) 量取 100g 的水置於 100mL 燒杯中，共五杯，分別標以 a、b、c、d、e。
- (2) 測量水的初溫，接著以保鮮膜覆蓋杯口。
- (3) 五杯水按標示依序排列於微波爐內旋轉盤之直徑上。a、e 位於兩端外側，b、d 位於內側，c 則位於旋轉盤中央，如右圖所示。
- (4) 強度設定 P-HI (強、100 %)，微波 1 分鐘。
- (5) 測量五杯水的末溫，並計算水溫變化量。
- (6) 重覆上述步驟(1)~(5)二次，總計測得三組數據。



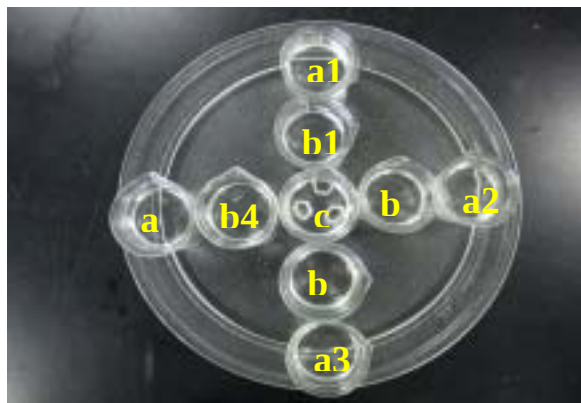
2. c 、 $(c+b)$ 、 $(c+a)$ 組

- (1) 量取 100g 的水置於 100mL 燒杯中，共五杯，分別標以 a、b、c、c、c。
- (2) 測量水的初溫，接著以保鮮膜覆蓋杯口。
- (3) 將 c 杯單獨置於旋轉盤中央，強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (4) 另取一 c 杯置於旋轉盤中央，同時將 b 杯緊鄰 c 杯放置 (即旋轉盤內環帶上)，如右上圖所示。強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (5) 另取一 c 杯置於旋轉盤中央，同時將 a 杯置於旋轉盤外環帶上，如右下圖所示。強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (6) 計算步驟(3)~(5)中水溫變化量，並比較其間的差異性。
- (7) 重覆上述步驟(1)~(6)二次，總計測得三組實驗數據。



3. $c + (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) + (a_1 + a_2 + a_3 + a_4)$ 組

- (1) 量取 100g 的水置於 100mL 燒杯中，共九杯，分別標以 c、b₁、b₂、b₃、b₄、a₁、a₂、a₃、a₄。



- (2) 測量水的初溫，接著以保鮮膜覆蓋杯口。
- (3) 將九杯水按右圖所示排列於旋轉盤上（c：中央、b：內環、a：外環），強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量 c、b、a 水溫。
- (4) 計算水溫變化量，並比較其間的差異性。
- (5) 重覆上述步驟(1)~(4)二次，總計測得三組實驗數據。

4. 大滿貫組

- (1) 量取 100g 的水置於 100mL 燒杯中，共 21 杯。
- (2) 測量水的初溫，接著以保鮮膜覆蓋杯口。
- (3) 將 21 杯水塞滿旋轉盤，如右圖所示，強度設定 P-HI，微波 3 分鐘，測量 c、b、a 三杯水溫。
- (4) 計算水溫變化量，並比較其間的差異性。
- (5) 重覆上述步驟(1)~(4)二次，總計測得三組實驗數據。



5. c、b、a 組

- (1) 量取 100g 的水置於 100mL 燒杯中，共三杯，分別標以 a、b、c。
- (2) 測量水的初溫，接著以保鮮膜覆蓋杯口。
- (3) 將 c 杯單獨置於旋轉盤中央，強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (4) 將 b 杯單獨置於旋轉盤內環帶上，強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (5) 將 a 杯單獨置於旋轉盤外環帶上，強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
- (6) 計算步驟(3)~(5)中水溫變化量，並比較其間的差異性。
- (7) 重覆上述步驟(1)~(6)二次，總計測得三組實驗數據。

四、微波面積與水溫變化的關係

1. 以 100mL、250mL、500mL 三種規格的燒杯分別盛裝 100g 的水。
2. 依序測量三燒杯之水深，據以推算三杯水的表面積。
3. 依序將三杯水置於微波爐旋轉盤中央，強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量水溫。
4. 重覆步驟 1、3 四次，總計取得五組數據。
5. 計算水溫變化量，並比較接受微波輻射面積與水溫變化量的關係。

五、酒精度與微波升溫的關係

1. 測室溫。
2. 將酒精量（mL）與水量（mL）按 0/50、5/45、10/40、15/35、20/30、25/25、30/20、35/15、40/10、45/5、50/0 等不同比例分別混合於 100 mL 燒杯中。
3. 立即測量各杯酒精水溶液之混合初溫。

4. 5 分鐘後，測量各杯酒精水溶液之微波初溫，隨即以保鮮膜覆蓋杯口。
5. 強度設定 P-HI，微波 30 秒，測量末溫。
6. 重覆上述步驟 1~4 二次，總計測得三組數據。
7. 計算酒精度，並探討酒精度與溫度變化量的關係。

六、醋酸度與微波升溫的關係

1. 測室溫。
2. 將冰醋酸量 (mL) 與水量 (mL) 按 0/50、5/45、10/40、15/35、20/30、25/25、30/20、35/15、40/10、45/5、50/0 等不同比例分別混合於 100 mL 燒杯中。
3. 立即測量各杯醋酸水溶液之混合初溫。
4. 5 分鐘後，測量各杯醋酸水溶液之微波初溫，隨即以保鮮膜覆蓋杯口。
5. 強度設定 P-HI，微波 30 秒，測量末溫。
6. 重覆上述步驟 1~4 二次，總計測得三組數據。
7. 計算醋酸度，並探討醋酸度與溫度變化量的關係。

七、微波觀點 分子極性

1. 分取下列試樣各 100 mL 置於 100 mL 燒杯中。
(試樣：水、甲醇、乙醇、丙醇、丙三醇、冰醋酸、丙酮、乙酸乙酯、氯仿、四氯化碳、椰子油、沙拉油、沙拉脫)
2. 測量各試樣之微波初溫。
3. 強度設定 P-HI，微波 1 分鐘，測量末溫。
4. 比較各試樣的溫度變化量，並探討與其分子極性的相關性。

八、微波觀點 五分鐘肥皂速成法

1. 取 4.65M 氫氧化鈉水溶液 20 mL、椰子油 20 g (約 26 mL) 與 4 mL 乙醇混合於 250 mL 燒杯中，攪拌 30 秒。
2. 微波 (強度：P-HI) 1 分鐘，在爐內進行皂化，如下圖 (一) 所示。
3. 取出溶液攪拌 20 秒。
4. 續微波 (強度：P-50) 20 秒。
5. 取出溶液，緩緩注入飽和食鹽水 100 mL，同時不斷地攪拌。(約 1 分鐘)
6. 靜置 1 分鐘，如下圖 (二) 所示。
7. 以絲襪充做濾網濾取上層肥皂，並強力擠壓去水，如下圖 (三) (四) 所示。
8. 填充模子，待其乾燥結塊。



圖(一) 在微波爐中完成皂化



圖(二)
鹽析



圖(三) 鹽析浮現的肥皂透過稀液濾取之



圖(四) 肥皂離形

9. 試做透明皂。將上述製成之肥皂，接續下列簡易流程(1)或(2)：
 - (1) 肥皂 + 15 mL 95%乙醇 + 5mL 甘油 → 攪散 → 微波(強度：P-HI)30 秒 → 倒入模子。
 - (2) 肥皂 + 10 mL 95%乙醇 + 10mL 甘油 → 攪散 → 微波(強度：P-HI)30 秒 → 倒入模子。
10. 試做保濕皂。在前述皂化完畢後，不經鹽析，直接添加 20 mL 甘油 → 攪勻 → 微波(強度：P-HI)30 秒 → 倒入模子。

九、微波觀點 氯化亞鈷晶體 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 硫酸銅晶體 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 脫結晶水

1. 取氯化亞鈷晶體約 5 g，置於燒杯中，搖散，記錄外觀及顏色。
2. 微波(強度：P-HI)1 分鐘，觀察外觀及顏色變化。
3. 改取硫酸銅晶體約 5 g，重覆上述步驟。

十、微波觀點 無字天書(稀硫酸濃縮與濃硫酸的脫水性)

1. 用玻棒蘸取或滴管汲取稀硫酸，在紙上書寫或作畫。
2. 寫完稍待片刻，讓紙吸收稀硫酸，透明字跡幾乎遁形。
3. 置入微波爐，微波(強度：P-HI)20 秒，觀察外觀及顏色變化。

十一、微波觀點 指紋現形(微波型水浴法)

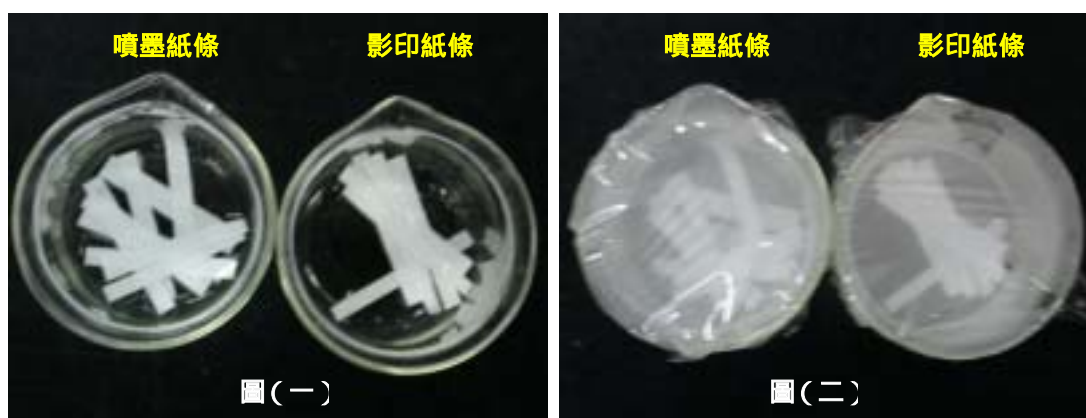
1. 在影印紙片及噴墨紙片上各自按下指印，一同投入 100mL 小燒杯中，如下圖(一)所示。

2. 沿著小燒杯邊緣投入約 0.2 g 碘晶片，隨即覆以保鮮膜。
3. 另取一 250mL 大燒杯，加水些許後，將小燒杯放入，如下圖（二）所示。
4. 微波（強度 P-HI）20 秒取出，觀察兩紙片上有何變化。



十二、微波觀點 噴墨紙的酸性鑑定

1. 取噴墨紙和影印紙各一張，截取部分裁成細條狀，分別投入 100mL 燒杯中，如下圖（一）所示。
2. 以滴管各滴水 10 滴後，覆以保鮮膜，如下圖（二）所示。



3. 微波（強度：P-HI）20 秒。
4. 揭開保鮮膜，各投入廣用試紙一片，觀察試紙顏色變化。

十三、微波觀點 發麵做美食

1. 簡易小發糕
 - (1) 方糖 2 顆 + 水 10mL + 小蘇打粉 0.3g + 低筋麵粉 20g + 椰子油 10mL，依序置入瓷碗或燒杯中並持續攪勻，如右圖所示。
 - (2) 靜置 1 分鐘。
 - (3) 微波（強度：P-HI）2 分鐘即成。



2. 微波香蕉蛋糕
【材料準備如右圖所示】

- (1) 香蕉 2 支 + 檸檬汁 1 大匙，攪拌成泥狀（甲）。
- (2) 蛋 1~2 個 + 果糖 50g，攪勻成（乙）。
- (3) （甲）+（乙）+ 沙拉油 40g，攪勻成（丙）。
- (4) （丙）+ 低筋麵粉 100g + 小蘇打粉 2.5g，攪勻。
- (5) 微波（強度：P-HI）3.5 分鐘。



六、研究結果

(一) 水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【酒精燈熱源】

次別：1-A-1	熱源：酒精燈，水量：100g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	28.5	30.0	34.5	39.5	44.8	51.0
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	1.5	6.0	11.0	16.3	22.5

次別：1-A-2	熱源：酒精燈，水量：100g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	28.0	30.9	35.5	40.0	45.7	51.8
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	2.9	7.5	12.0	17.7	23.8

次別：1-A-3	熱源：酒精燈，水量：100g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	27.5	29.0	33.5	37.4	42.5	48.2
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	1.5	6.0	9.9	15.0	20.7

次別：1-B-1	熱源：酒精燈，水量：200g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	28.0	29.8	32.2	35.6	39.0	42.2
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	1.8	4.2	7.6	11.0	14.2

次別：1-B-2	熱源：酒精燈，水量：200g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	28.0	30.5	34.0	37.1	41.0	45.0
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	2.5	6.0	9.1	13.0	17.0

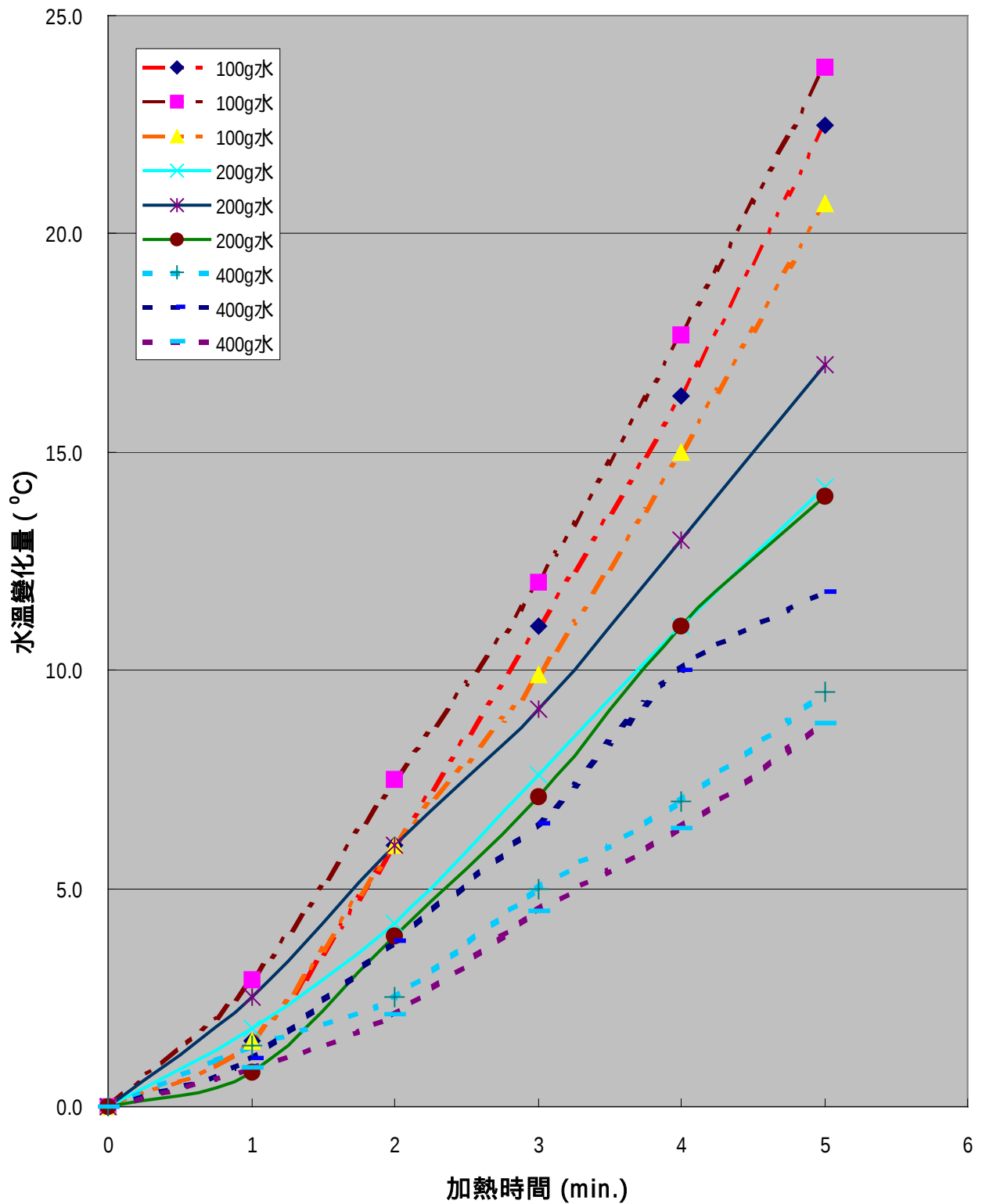
次別：1-B-3	熱源：酒精燈，水量：200g，容器：250mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	29.0	29.8	32.9	36.1	40.0	43.0
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	0.8	3.9	7.1	11.0	14.0

次別：1-C-1	熱源：酒精燈，水量：400g，容器：500mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	28.5	29.9	31.0	33.5	35.5	38.0
溫度變化（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0	1.4	2.5	5.0	7.0	9.5

次別：1-C-2	熱源：酒精燈，水量：400g，容器：500mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（℃）	28.0	29.1	31.8	34.5	38.0	39.8
溫度變化（℃）	0.0	1.1	3.8	6.5	10.0	11.8

次別：1-C-3	熱源：酒精燈，水量：400g，容器：500mL 燒杯					
加熱時間（分）	0	1	2	3	4	5
溫度（℃）	28.0	28.9	30.1	32.5	34.4	36.8
溫度變化（℃）	0.0	0.9	2.1	4.5	6.4	8.8

水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【酒精燈熱源】

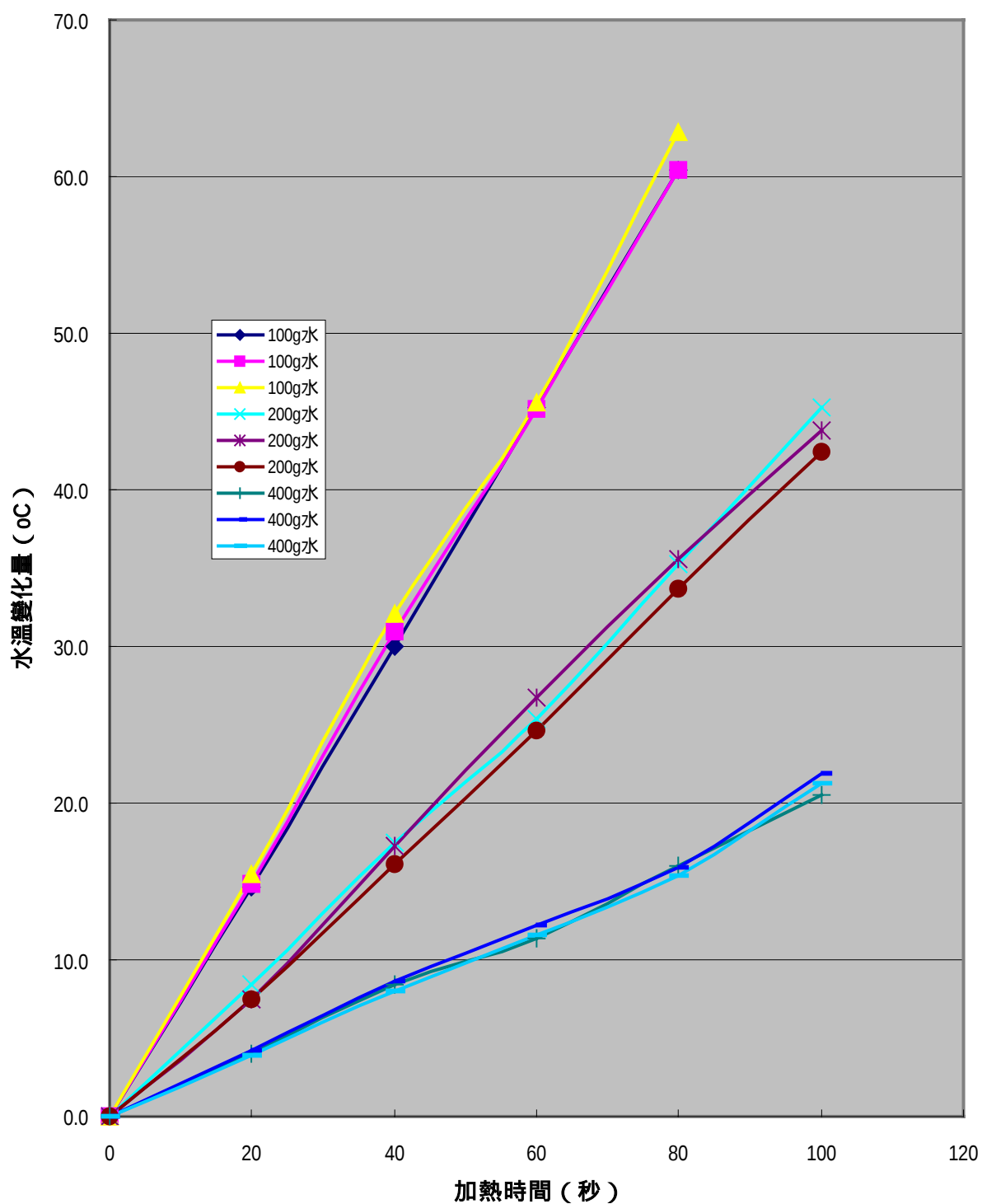


(二) 水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【微波爐熱源】

次別：2-A-1 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	449	246	138	82	51	
溫度（℃）	29.4	44.0	59.4	74.7	89.8	
溫度變化（℃）	0.0	14.6	30.0	45.3	60.4	
次別：2-A-2 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	462	250	137	84	52	
溫度（℃）	28.7	43.6	59.6	73.9	89.2	
溫度變化（℃）	0.0	14.9	30.9	45.2	60.4	
次別：2-A-3 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	456	241	130	82	48	
溫度（℃）	29.0	44.5	61.1	74.7	91.9	
溫度變化（℃）	0.0	15.5	32.1	45.6	62.8	
次別：2-B-1 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：200g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	464	325	227	168	118	84
溫度（℃）	28.6	37.1	46.1	54.0	63.9	73.9
溫度變化（℃）	0.0	8.4	17.4	25.4	35.2	45.3
次別：2-B-2 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：200g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	462	336	228	159	116	88
溫度（℃）	28.7	36.3	45.9	55.5	64.4	72.5
溫度變化（℃）	0.0	7.5	17.2	26.8	35.6	43.8
次別：2-B-3 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：200g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	456	333	235	170	123	91
溫度（℃）	29.0	36.5	45.2	53.7	62.7	71.5
溫度變化（℃）	0.0	7.4	16.1	24.7	33.6	42.5
次別：2-C-1 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：400g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	466	392	327	290	241	202
溫度（℃）	28.5	32.6	36.9	39.9	44.5	49.1
溫度變化（℃）	0.0	4.0	8.4	11.3	16.0	20.6
次別：2-C-2 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：400g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	457	382	318	275	238	189
溫度（℃）	29.0	33.2	37.6	41.2	44.8	50.9
溫度變化（℃）	0.0	4.2	8.6	12.2	15.9	21.9
次別：2-C-3 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：400g，容器：500mL燒杯						
加熱時間（秒）	0	20	40	60	80	100
電阻值（Ω）	462	391	330	285	245	195
溫度（℃）	28.7	32.6	36.7	40.3	44.1	50.0
溫度變化（℃）	0.0	3.9	8.0	11.6	15.4	21.3

〈註〉1. 利用熱敏電阻（UEI-150）溫度計監測水溫 2. $1/T = 0.00176022 + 0.00025300 \ln R$

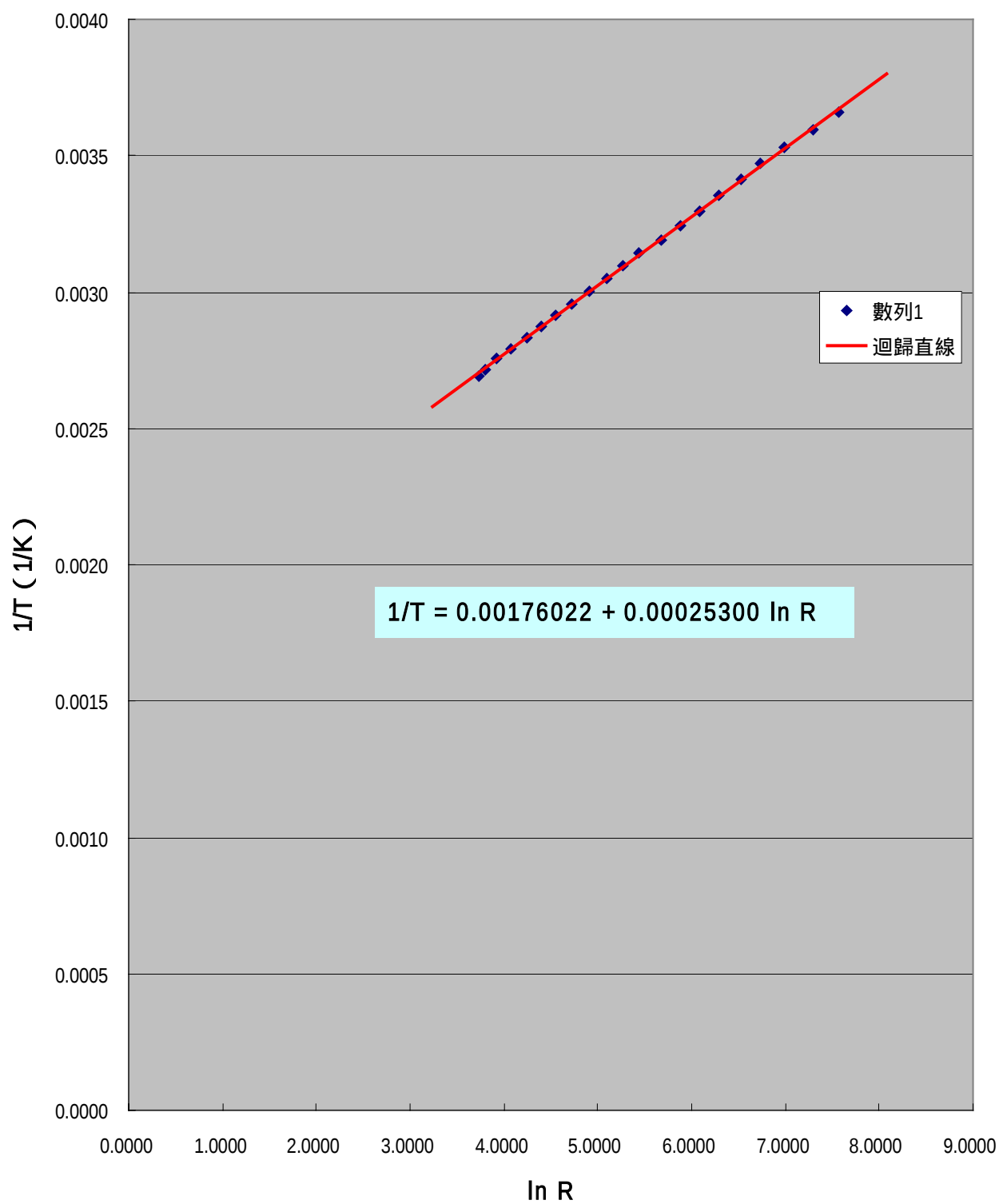
水溫變化量與加熱時間、水量多寡的關係【微波爐熱源】



熱敏電阻 (UEI-150) 溫度計的校準

水銀溫度計 ()	T (K)	1/T (1/K)	電阻 R (Ω)	ln R
0.0	273.15	0.003661	1948	7.5746
5.0	278.15	0.003595	1462	7.2876
10.0	283.15	0.003532	1090	6.9939
15.0	288.15	0.003470	846	6.7405
20.0	293.15	0.003411	681	6.5236
25.0	298.15	0.003354	540.0	6.2916
30.0	303.15	0.003299	440.0	6.0868
35.0	308.15	0.003245	356.0	5.8749
40.0	313.15	0.003193	291.0	5.6733
45.0	318.15	0.003143	230.0	5.4381
50.0	323.15	0.003095	193.2	5.2637
55.0	328.15	0.003047	163.0	5.0938
60.0	333.15	0.003002	135.3	4.9075
65.0	338.15	0.002957	113.2	4.7292
70.0	343.15	0.002914	95.5	4.5591
75.0	348.15	0.002872	81.1	4.3957
80.0	353.15	0.002832	69.5	4.2413
85.0	358.15	0.002792	58.8	4.0741
90.0	363.15	0.002754	50.5	3.9220
95.0	368.15	0.002716	44.7	3.8000
98.0	371.15	0.002694	42.0	3.7377

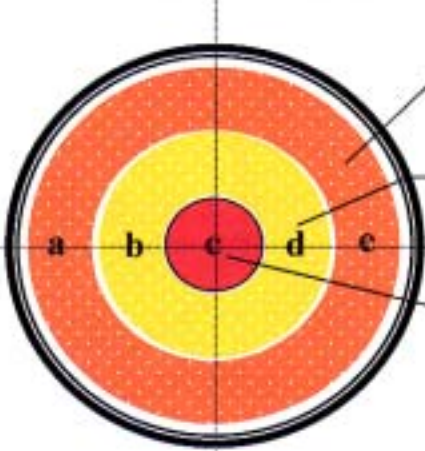
熱敏電阻（UEI-150）溫度計的校準



(三) 微波加熱環境的認識

1. a + b + c + d + e 組

次別：3-A-1	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	a	b	c	d	e
初溫（℃）	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
末溫（℃）	41.0	38.1	44.5	38.5	41.0
溫度變化（℃）	14.0	11.1	17.5	11.5	14.0
次別：3-A-2	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	a	b	c	d	e
初溫（℃）	27.0	27.2	27.0	27.0	27.0
末溫（℃）	41.0	38.5	44.5	38.5	41.2
溫度變化（℃）	14.0	11.3	17.5	11.5	14.2
次別：3-A-3	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	a	b	c	d	e
初溫（℃）	27.5	27.7	27.5	27.5	27.9
末溫（℃）	41.5	38.8	45.1	39.0	42.0
溫度變化（℃）	14.0	11.1	17.6	11.5	14.1
綜合數據	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	a	b	c	d	e
平均 ΔT （℃）	14.0	11.2	17.5	11.5	14.1



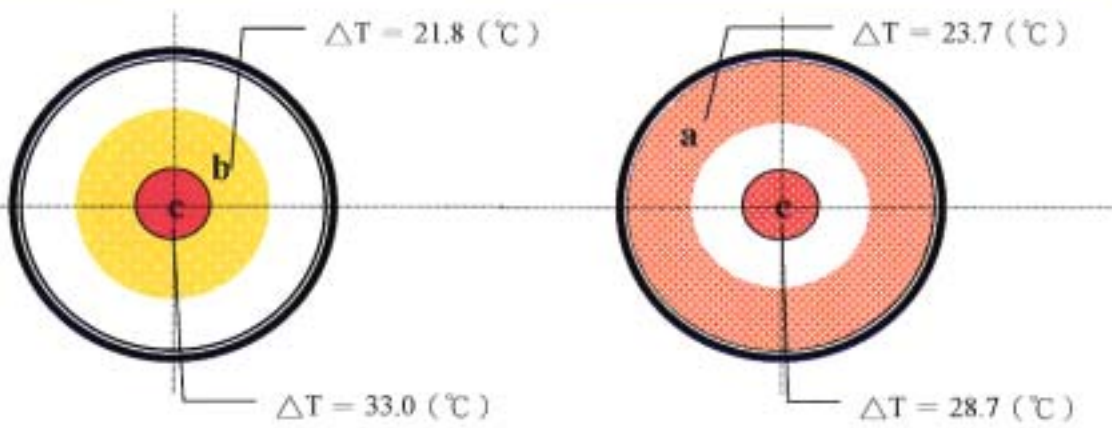
$\Delta T = (14.0 + 14.1) / 2 = 14.1 \text{ (}^\circ\text{C)}$

$\Delta T = (11.2 + 11.5) / 2 = 11.4 \text{ (}^\circ\text{C)}$

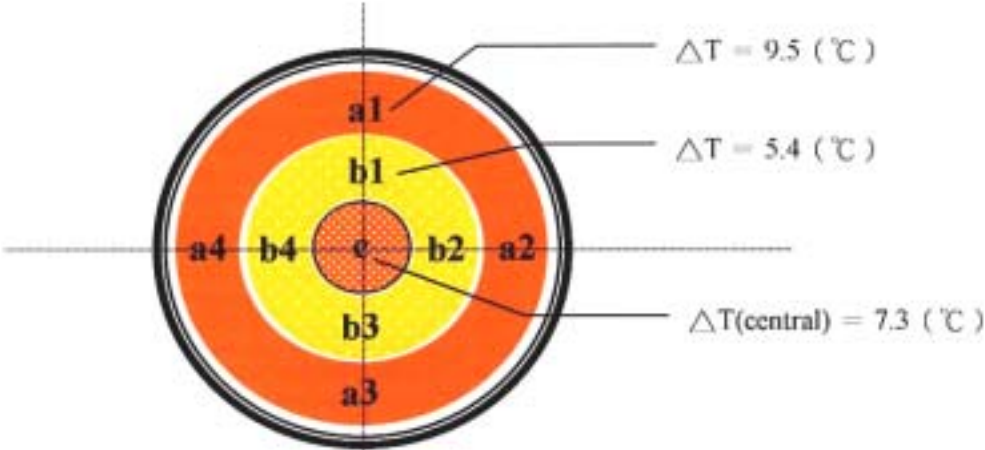
$\Delta T(\text{central}) = 17.5 \text{ (}^\circ\text{C)}$

熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.

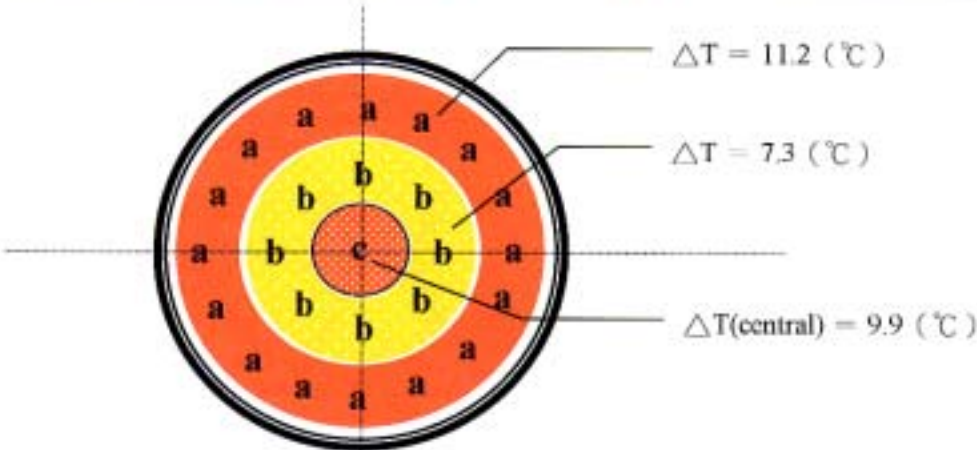
2. $c \cdot (c+b) \cdot (c+a)$ 組

次別：3-B-1	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	c	c + b		c + a	
初溫（℃）	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
末溫（℃）	73.0	58.0	48.5	52.7	49.0
溫度變化（℃）	48.0	33.0	23.5	27.7	24.0
次別：3-B-2	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	c	c + b		c + a	
初溫（℃）	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
末溫（℃）	73.3	59.0	47.0	55.0	49.0
溫度變化（℃）	47.8	33.5	21.5	29.5	23.5
次別：3-B-3	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	c	c + b		c + a	
初溫（℃）	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
末溫（℃）	72.5	58.0	46.0	54.5	49.0
溫度變化（℃）	47.0	32.5	20.5	29.0	23.5
綜合數據	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.				
旋轉盤上位置	c	c + b		c + a	
平均 ΔT （℃）	47.6	33.0	21.8	28.7	23.7
					
熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.					

3. $c + (b1+b2+b3+b4) + (a1+a2+a3+a4)$ 組

次別：3-C-1	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b1	a1
初溫（℃）	28.9	28.9	28.9
末溫（℃）	36.1	34.4	38.3
溫度變化（℃）	7.2	5.5	9.4
環狀等溫帶既已證明，本組實驗：內環帶上僅取b1測溫，外環帶僅取a1測溫			
次別：3-C-2	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b1	a1
初溫（℃）	28.9	28.9	28.9
末溫（℃）	36.1	34.2	38.5
溫度變化（℃）	7.2	5.3	9.6
環狀等溫帶既已證明，本組實驗：內環帶上僅取b1測溫，外環帶僅取a1測溫			
次別：3-C-3	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b1	a1
初溫（℃）	29.0	29.0	29.0
末溫（℃）	36.4	34.5	38.6
溫度變化（℃）	7.4	5.5	9.6
環狀等溫帶既已證明，本組實驗：內環帶上僅取b1測溫，外環帶僅取a1測溫			
綜合數據	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b1	a1
平均 ΔT （℃）	7.3	5.4	9.5
 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.			

4. 大滿貫組

次別：3-D-1	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
初溫（℃）	29.0	29.0	29.0
末溫（℃）	39.0	36.0	40.1
溫度變化（℃）	10.0	7.0	11.1
c：中央、b：內環、a：外環			
次別：3-D-2	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：3 min.		
旋轉盤上位置	c	bl	al
初溫（℃）	29.0	29.0	29.0
末溫（℃）	38.8	36.4	40.0
溫度變化（℃）	9.8	7.4	11.0
c：中央、b：內環、a：外環			
次別：3-D-3	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	bl	al
初溫（℃）	29.0	29.0	29.0
末溫（℃）	39.0	36.4	40.4
溫度變化（℃）	10.0	7.4	11.4
c：中央、b：內環、a：外環			
綜合數據	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	bl	al
平均 ΔT （℃）	9.9	7.3	11.2
c：中央、b：內環、a：外環			
 熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：3 min.			

5. c、b、a 組

次別：3-E-1	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
初 溫（℃）	20.6	21.0	21.0
末 溫（℃）	68.0	72.0	70.0
溫度變化（℃）	47.4	51.0	49.0
<註> a、b、c三位置單獨放置，分次進行微波			
次別：3-E-2	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
初 溫（℃）	21.0	20.5	21.0
末 溫（℃）	68.0	74.3	73.5
溫度變化（℃）	47.0	53.8	52.5
<註> a、b、c三位置單獨放置，分次進行微波			
次別：3-E-3	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
初 溫（℃）	21.0	21.0	21.0
末 溫（℃）	67.1	73.0	71.5
溫度變化（℃）	46.1	52.0	50.5
<註> a、b、c三位置單獨放置，分次進行微波			
次別：3-E-4	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
初 溫（℃）	21.0	21.5	21.0
末 溫（℃）	67.1	72.0	70.0
溫度變化（℃）	46.1	50.5	49.0
<註> a、b、c三位置單獨放置，分次進行微波			
綜合數據	熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.		
旋轉盤上位置	c	b	a
平均 ΔT （℃）	46.7	51.8	50.3
<註> a、b、c三位置單獨放置，分次進行微波			

$\Delta T = 46.7 (^{\circ}\text{C})$
 $\Delta T = 51.8 (^{\circ}\text{C})$
 $\Delta T = 50.3 (^{\circ}\text{C})$

熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，容器：100mL燒杯，加熱時間：1 min.

(四) 微波面積與水溫變化的關係

熱源：微波爐（強度：P-HI），水量：100g，加熱時間：1 min.				
實驗次別	測試項目	容器：100 mL燒杯	容器：250 mL燒杯	容器：500 mL燒杯
4-1	初 溫（℃）	24.5	24.5	24.0
	末 溫（℃）	71.0	74.5	69.5
	溫度變化（℃）	46.5	50.0	45.5
4-2	初 溫（℃）	24.5	24.5	24.5
	末 溫（℃）	71.5	73.0	69.8
	溫度變化（℃）	47.0	48.5	45.3
4-3	初 溫（℃）	24.5	24.5	24.5
	末 溫（℃）	71.0	72.3	69.5
	溫度變化（℃）	46.5	47.8	45.0
4-4	初 溫（℃）	24.5	24.5	24.5
	末 溫（℃）	71.2	74.5	69.5
	溫度變化（℃）	46.7	50.0	45.0
4-5	初 溫（℃）	24.5	24.5	24.5
	末 溫（℃）	71.0	73.0	69.8
	溫度變化（℃）	46.5	48.5	45.3
<綜合數據>				
微波面積（cm ² ）		119.2	125.0	140.7
平均溫度變化（℃）		46.6	49.0	45.2
<註> 100mL燒杯盛水100mL時，水深 5.2 cm；可據以推知水受微波輻射面積= 119.2 cm ² 250mL燒杯盛水100mL時，水深 3.3 cm；可據以推知水受微波輻射面積= 125.0 cm ² 500mL燒杯盛水100mL時，水深 2.3 cm；可據以推知水受微波輻射面積= 140.7 cm ²				

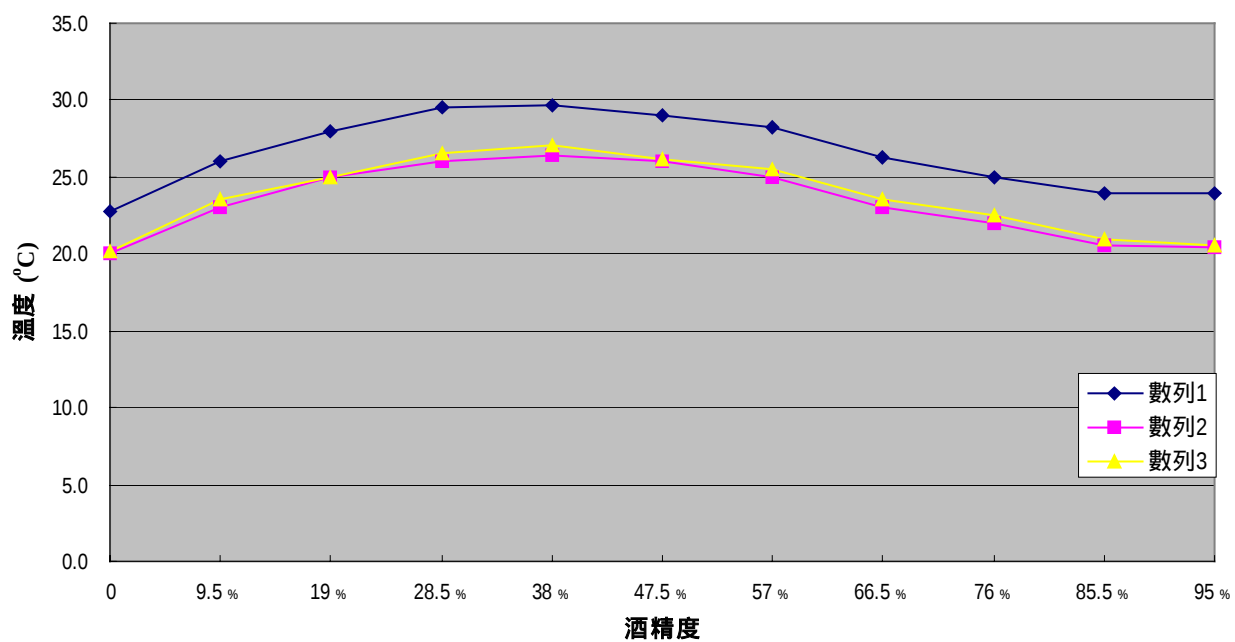
(五) 酒精度與微波升溫的關係

次別：5-1	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 23.0℃）										
酒精量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
酒 精 度	0	9.5%	19%	28.5%	38%	47.5%	57%	66.5%	76%	85.5%	95%
混合初溫（℃）	22.8	26.0	28.0	29.5	29.7	29.0	28.2	26.3	25.0	23.9	24.0
微波初溫（℃）	22.8	25.0	25.0	26.9	26.9	26.0	25.8	25.0	25.0	24.0	24.0
微波末溫（℃）	53.3	57.0	57.1	62.1	67.5	67.3	70.0	74.0	75.9	74.9	75.9
溫度變化（℃）	30.5	32.0	32.1	35.2	40.6	41.3	44.2	49.0	50.9	50.9	51.9

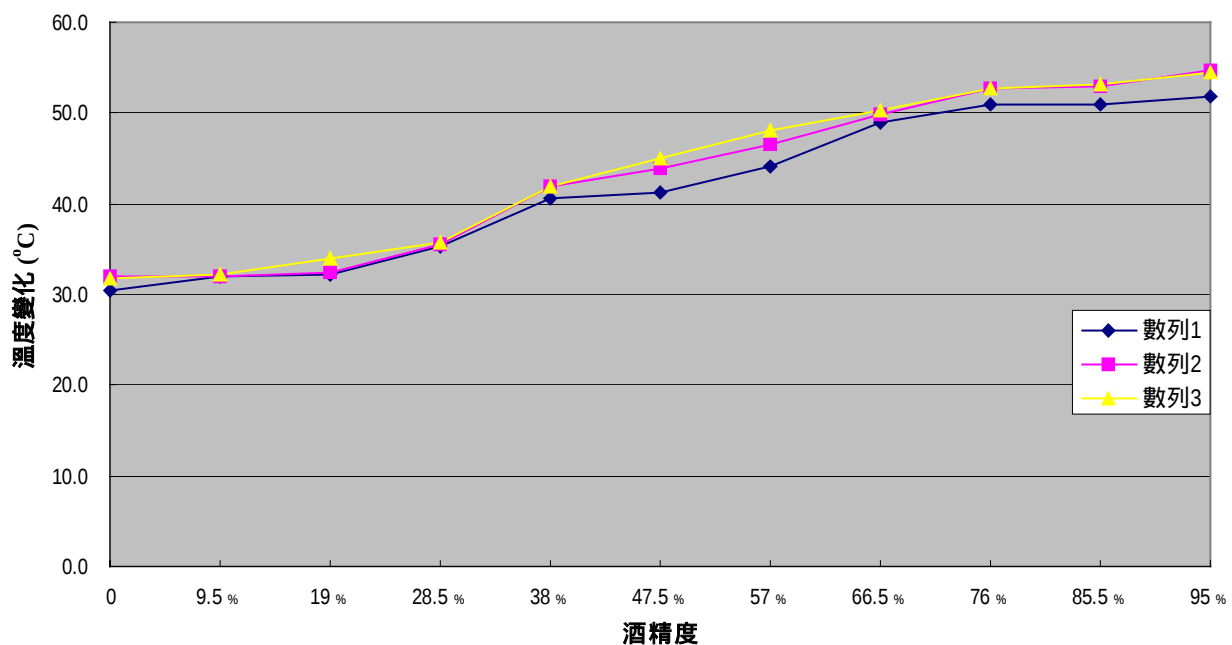
次別：5-2	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 20.4℃）										
酒精量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
酒 精 度	0	9.5%	19%	28.5%	38%	47.5%	57%	66.5%	76%	85.5%	95%
混合初溫（℃）	20.0	23.0	25.0	26.0	26.4	26.0	25.0	23.0	22.0	20.5	20.4
微波初溫（℃）	20.0	21.0	22.0	22.0	22.0	22.0	21.5	21.4	21.0	21.0	20.4
微波末溫（℃）	52.0	53.0	54.5	57.5	64.0	66.0	68.0	71.2	73.8	74.0	75.0
溫度變化（℃）	32.0	32.0	32.5	35.5	42.0	44.0	46.5	49.8	52.8	53.0	54.6

次別：5-3	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 20.5℃）										
酒精量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
酒 精 度	0	9.5%	19%	28.5%	38%	47.5%	57%	66.5%	76%	85.5%	95%
混合初溫（℃）	20.2	23.5	25.0	26.5	27.0	26.2	25.5	23.5	22.5	21.0	20.5
微波初溫（℃）	20.2	21.5	22.0	22.2	22.2	22.0	21.5	21.2	21.0	20.8	20.5
微波末溫（℃）	52.0	53.6	56.0	58.0	64.2	67.0	69.5	71.5	73.8	74.0	75.0
溫度變化（℃）	31.8	32.1	34.0	35.8	42.0	45.0	48.0	50.3	52.8	53.2	54.5

酒精與水不同比例混合的溫度變化



酒精度與微波升溫的關係

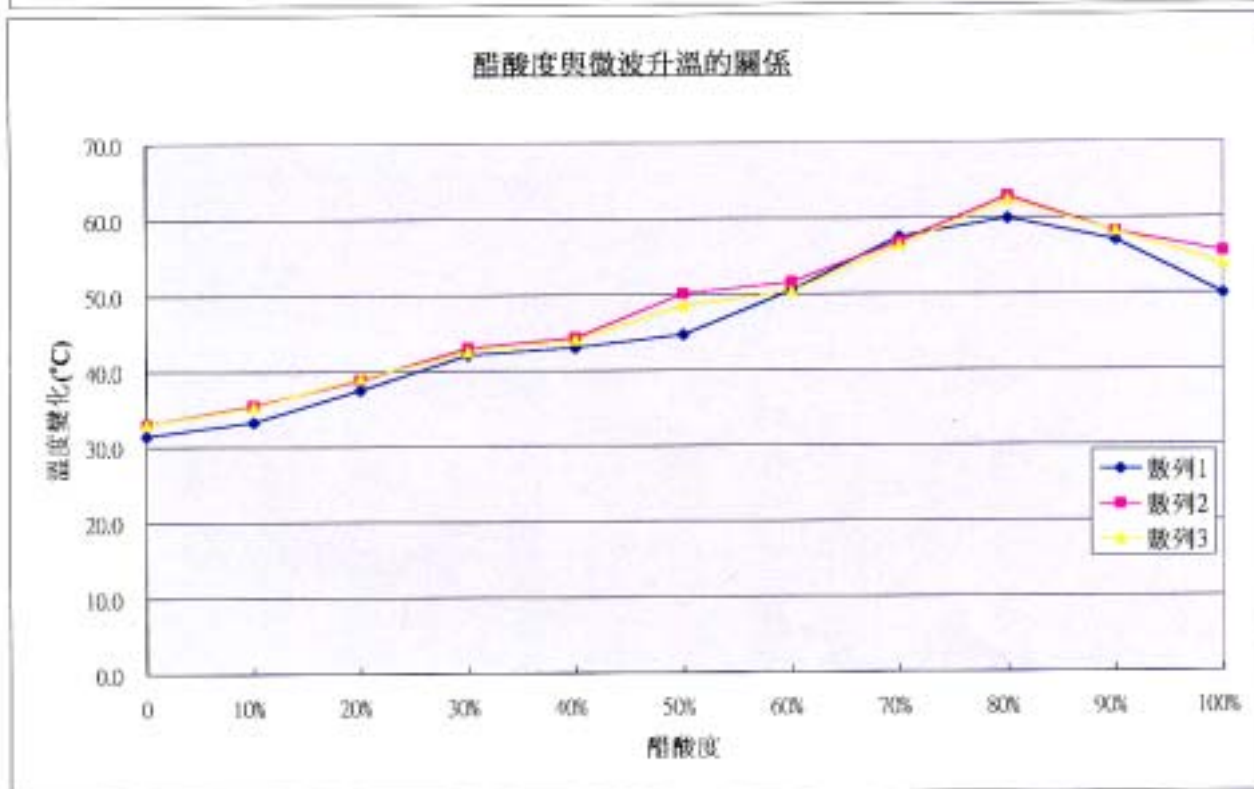
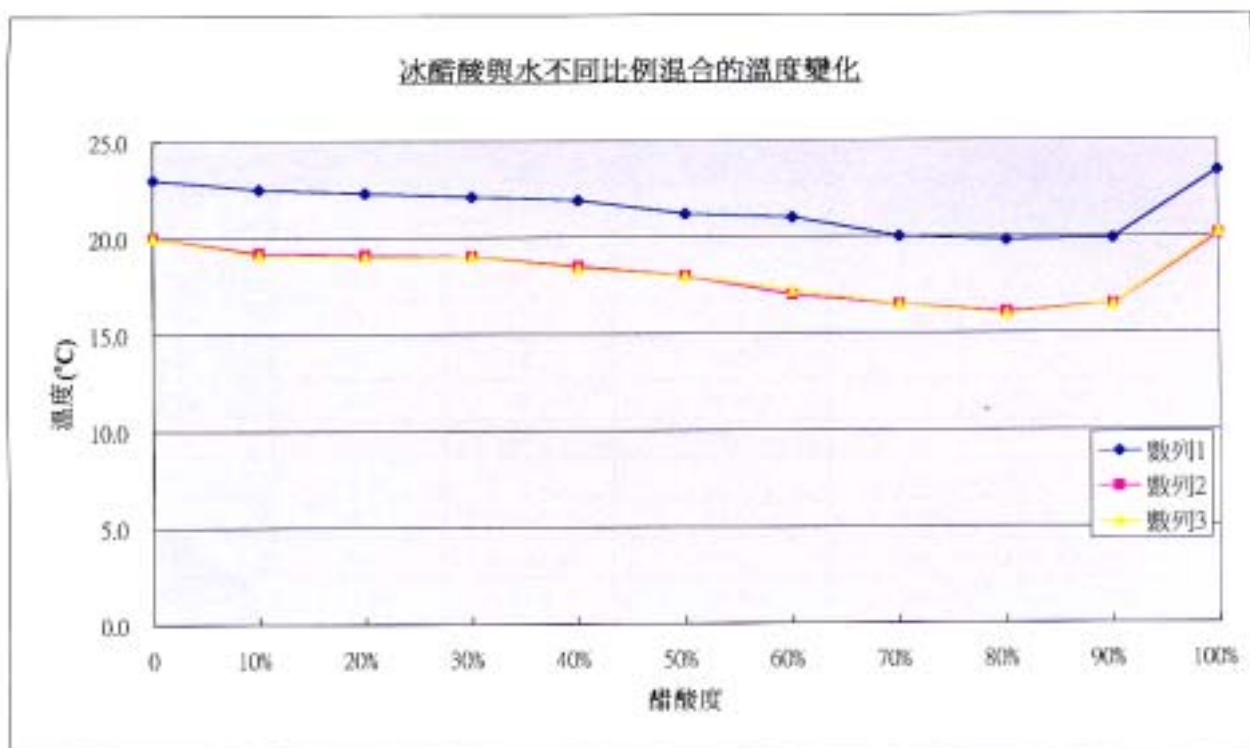


(六) 醋酸度與微波升溫的關係

次別：6-1	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 23.8℃）										
水醋酸量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
醋 酸 度	0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
混合初溫（℃）	23.0	22.5	22.3	22.1	21.9	21.2	21.0	20.0	19.8	19.9	23.4
微波初溫（℃）	23.0	24.0	23.5	23.4	23.5	23.2	23.5	23.3	23.1	23.0	23.4
微波末溫（℃）	54.5	57.3	61.0	65.5	66.5	67.9	74.0	80.8	83.0	80.0	73.4
溫度變化（℃）	31.5	33.3	37.5	42.1	43.0	44.7	50.5	57.5	59.9	57.0	50.0

次別：6-2	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 20.4℃）										
水醋酸量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
醋 酸 度	0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
混合初溫（℃）	20.0	19.2	19.1	19.0	18.5	18.0	17.0	16.5	16.1	16.5	20.1
微波初溫（℃）	20.0	20.5	20.1	20.0	20.0	19.5	19.3	19.1	19.1	20.0	20.1
微波末溫（℃）	53.0	56.0	58.9	63.0	64.3	69.6	70.9	76.0	82.0	78.1	75.6
溫度變化（℃）	33.0	35.5	38.8	43.0	44.3	50.1	51.6	56.9	62.9	58.1	55.5

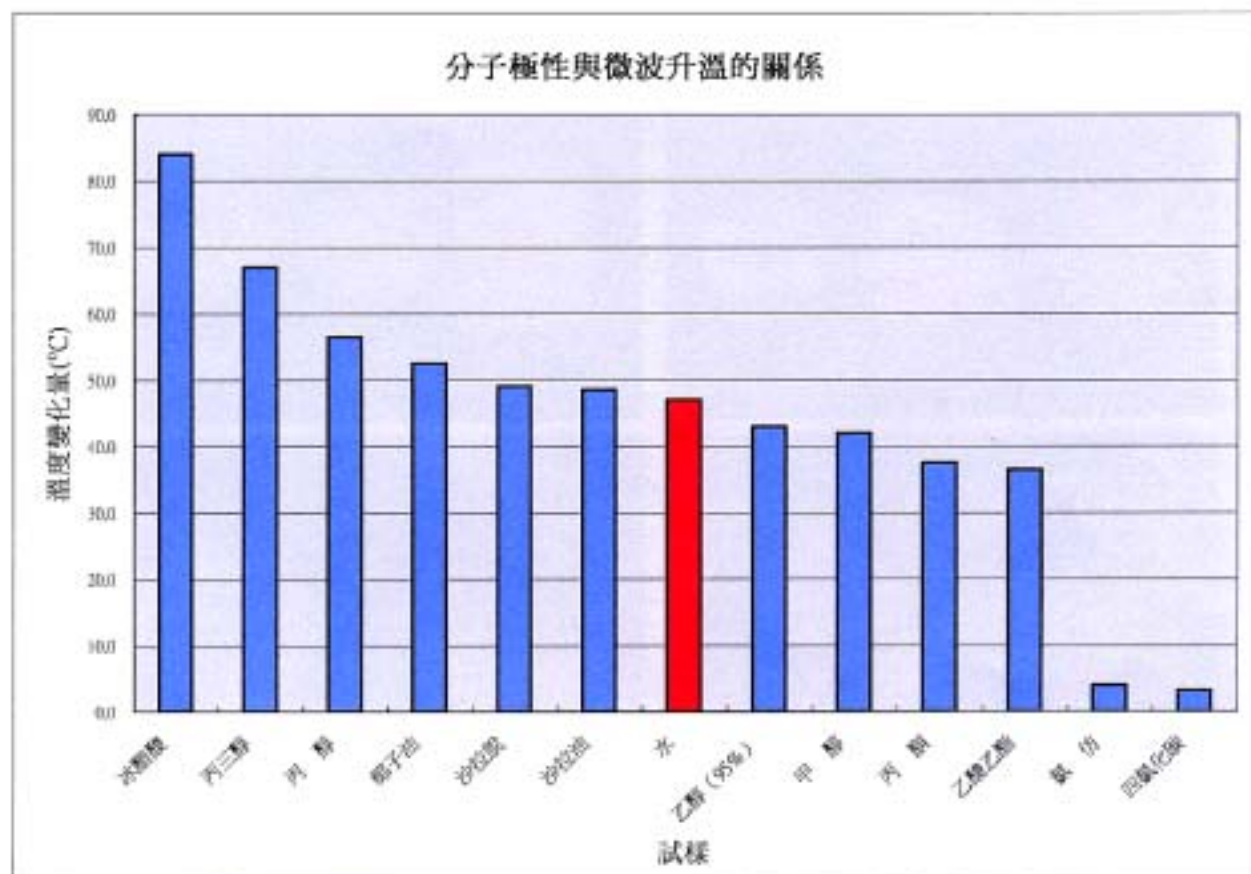
次別：6-3	熱源：微波爐（強度：P-HI）・容器：100 mL燒杯・加熱時間：30 sec（室溫 = 20.5℃）										
水醋酸量(mL)/水量(mL)	0.0/50.0	5.0/45.0	10.0/40.0	15.0/35.0	20.0/30.0	25.0/25.0	30.0/20.0	35.0/15.0	40.0/10.0	45.0/5.0	50.0/0.0
醋 酸 度	0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
混合初溫（℃）	20.0	19.1	19.0	19.0	18.4	18.0	17.2	16.5	16.0	16.5	20.2
微波初溫（℃）	20.0	20.5	20.0	20.0	20.0	20.0	19.6	19.1	19.1	19.8	20.2
微波末溫（℃）	53.0	55.8	59.0	62.5	64.0	68.5	70.0	75.5	81.5	78.0	74.0
溫度變化（℃）	33.0	35.3	39.0	42.5	44.0	48.5	50.4	56.4	62.4	58.2	53.8



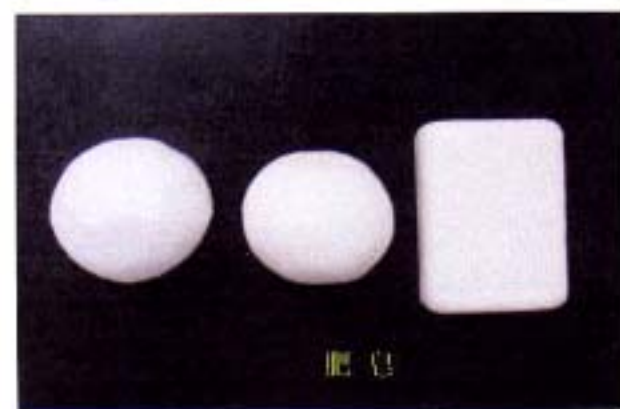
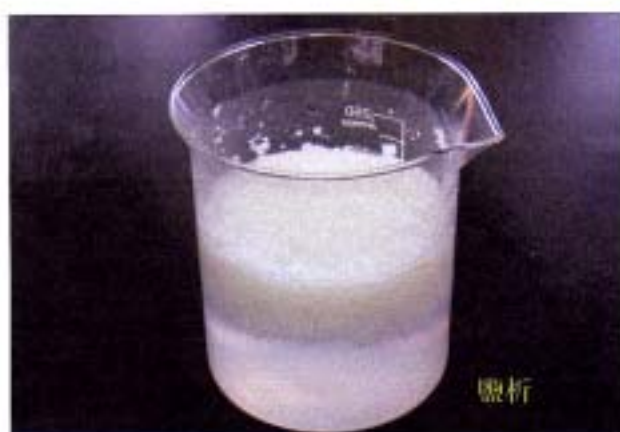
(七) 微波觀點～分子極性

試樣體積：100mL，容器：100mL 燒杯，微波強度：P-HI，加熱時間：1 min.				
試樣	初溫 (℃)	末溫 (℃)	溫度變化 (℃)	備 註
冰醋酸	19.5	103.5	84.0	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
丙三醇	19.0	86.0	67.0	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
丙 醇	18.5	75.0	56.5	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
椰子油	19.5	72.0	52.5	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
沙拉脫	19.5	68.5	49.0	SALATT
沙拉油	20.0	68.5	48.5	統一大豆沙拉油
水	19.5	66.5	47.0	
乙醇 (95%)	18.0	61.0	43.0	台灣省煙酒公賣局，暴沸減少約15mL
甲 醇	18.5	60.5	42.0	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)，蒸餾約20mL
丙 酮	20.0	57.5	37.5	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
乙酸乙酯	19.0	55.5	36.5	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
氯 仿	19.0	23.0	4.0	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)
四氯化碳	18.8	22.0	3.2	試劑一級 OSAKA(島久藥品株式會社)

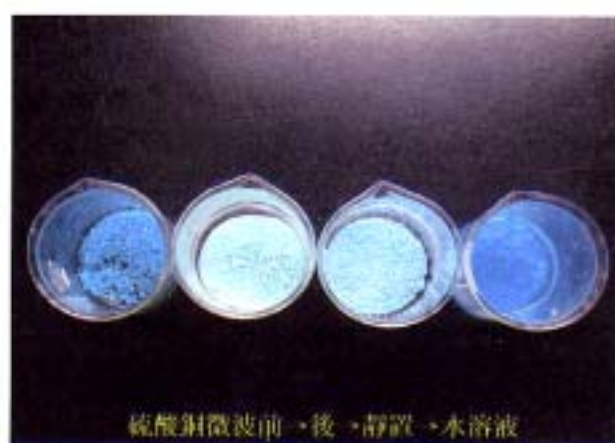
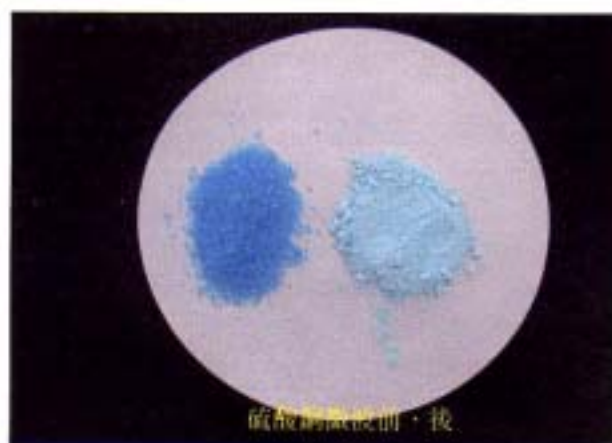
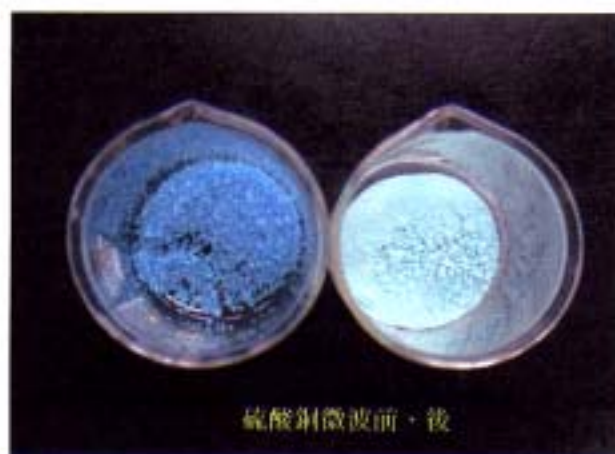
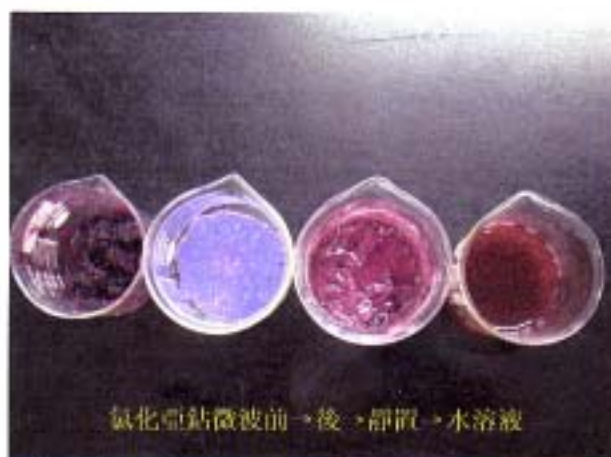
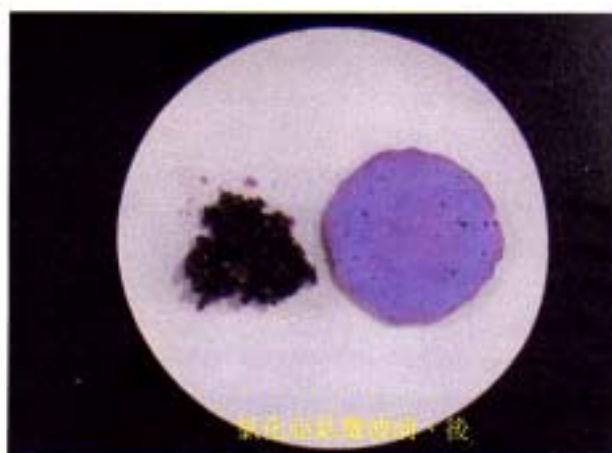
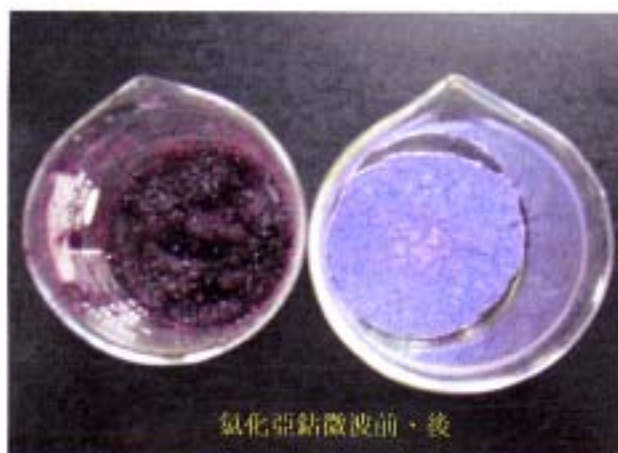
<註> 微波振率 = 2450 MHz 消耗功率 = 1400 W (廠牌：Whirlpool 型號：AKM103)



(八) 微波觀點～五分鐘肥皂速成法



(九) 微波觀點～氯化亞鈷晶體、硫酸銅晶體的脫結晶水



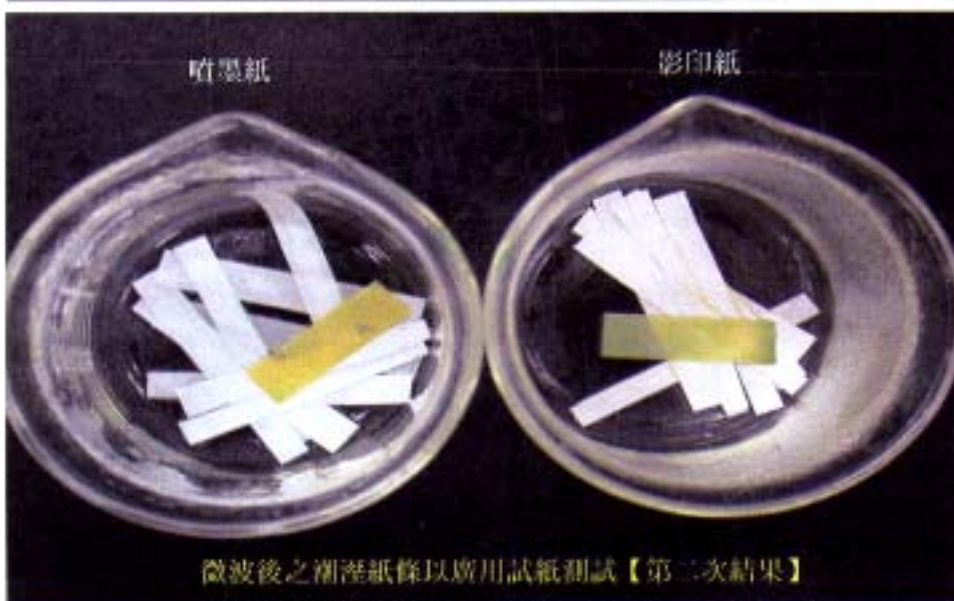
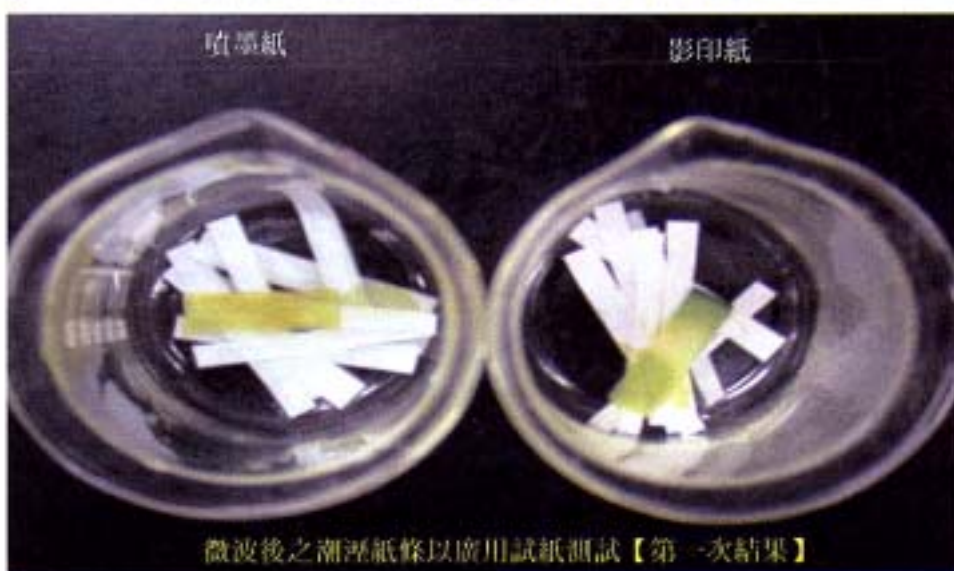
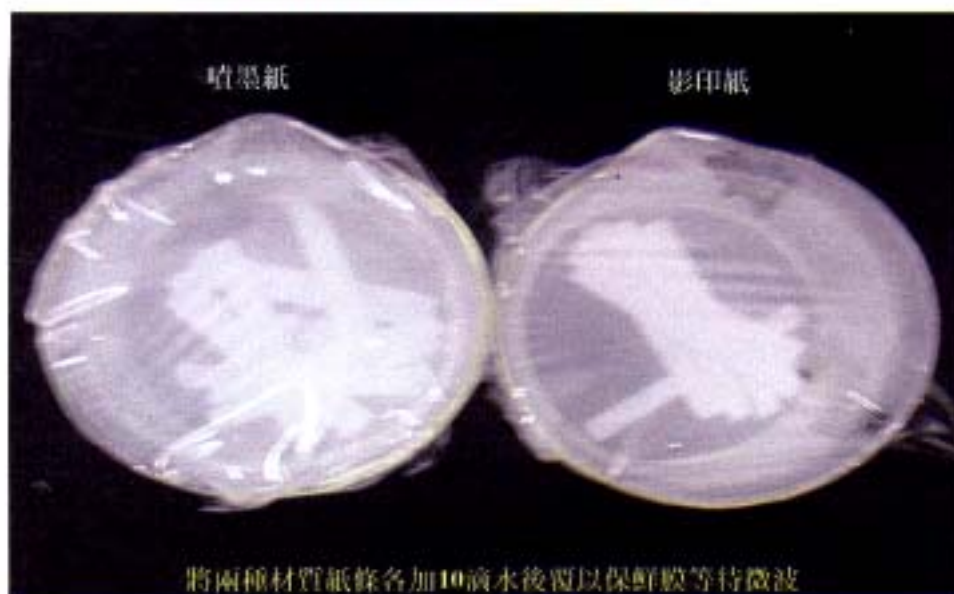
(十) 微波觀點～無字天書（稀硫酸濃縮與濃硫酸的脫水性）



(十一) 微波觀點～指紋現形（微波型水浴法）



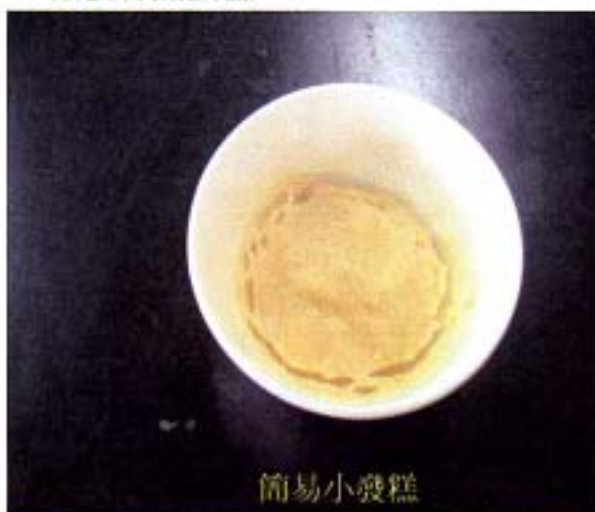
(十二) 微波觀點～噴墨紙的酸性鑑定



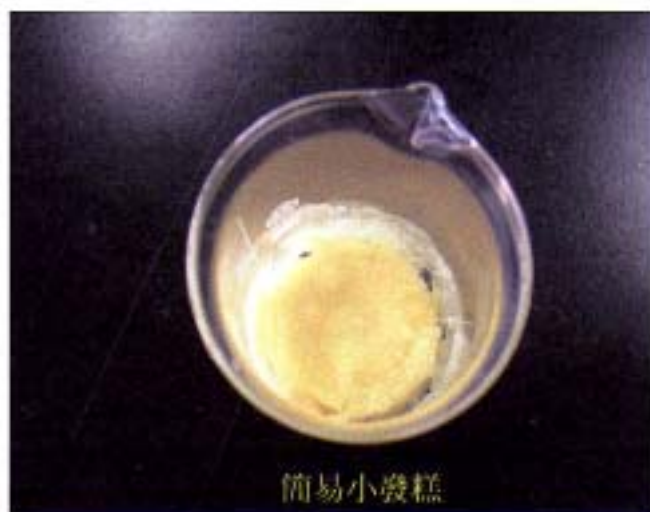
(十三) 微波觀點～發麵做美食

1. 簡易小發糕

2. 微波香蕉蛋糕



簡易小發糕



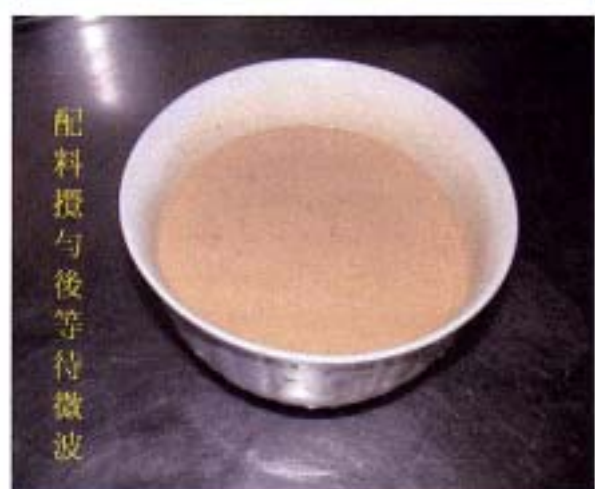
簡易小發糕



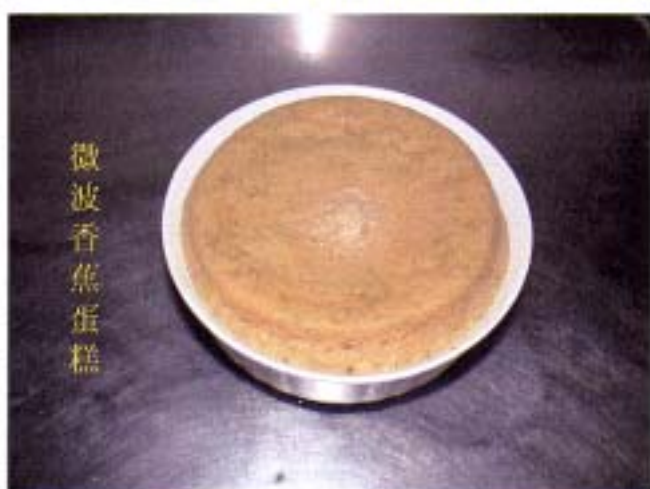
簡易小發糕



製作微波香蕉蛋糕的材料



配料攪勻後等待微波



微波香蕉蛋糕

柒、討論

(一) 水溫變化與加熱時間、水量多寡的關係【酒精燈熱源】

3. 水量一定時，加熱時間愈長，水溫愈高，但其溫度變化量實在無法看出與加熱時間有正比的關係。
4. 加熱時間一定時，水量愈多，水溫變化量愈小，但二者看不出有反比的關係。
5. 酒精燈熱源不穩定、受熱水體處於開放系統、溫度計的介入等都是造成上述問題的關鍵因素。

(二) 水溫變化與加熱時間、水量多寡的關係【微波爐熱源】

6. 微波爐的加熱環境是一個近似密閉的爐子，可使磁控管所釋出的微波在爐內金屬壁間連續反射，期間可穿越玻璃、陶瓷、紙張、木器等物品，而被如水一般的極性分子所吸收，所以，微波的加熱原理與加熱環境有別於一般熱源。為了要探測微波升溫的連續歷程，我們遭遇了困難 如何監測在近似密閉的爐內持續升溫的概況呢？幾經討論與請教，我們決定以熱敏電阻溫度計深入監測，設計延伸出兩條「細」導線通過微波爐嚴密的遮波面板，連結至數位式三用電表，藉以測量爐內浸於水中的熱敏電阻因應外界溫度變化所呈現的瞬間電阻值，爐內導線接頭均以鐵氟倫 (teflon) 和 PVC 膠帶加以包覆。
7. 後續實作中，熱敏電阻 (UEI-120) 在爐內損壞，起因於熱敏電阻兩端金屬引線包裹不全抑或是熱敏電阻本身材質經不起持續微波，仍待日後進一步探討改善。另取熱敏電阻 (UEI-150) 完成校準，改將受熱水體微波後移至爐外即時測溫。
8. 水量一定時，微波時間愈長，水溫變化量愈大，二者大致上成正比的關係。
9. 微波時間一定時，水量愈多，水溫變化量愈小，二者大致上成反比的關係。
10. 經此驗證，微波爐確為一穩定而有效率的加熱器具，實驗成效良好，但在定量研究上仍須注意：來自餘熱的誤差、旋轉盤上位置的誤差、容器材質與規格的選擇、測溫方式的設計、微波對象的限制。

(三) 微波加熱環境的認識

1. a+b+c+d+e 組

由於三組實驗數據再現性良好，故綜合數據求取三次之平均值，結果顯示：

- (1) 對稱點 a、e 有一等溫帶分布於旋轉盤之外環。
- (2) 對稱點 b、d 有一等溫帶分布於旋轉盤之內環。
- (3) 微波升溫幅度：中央 c(17.5) > 外環帶 ae(14.1) > 內環帶 bd(11.4)。

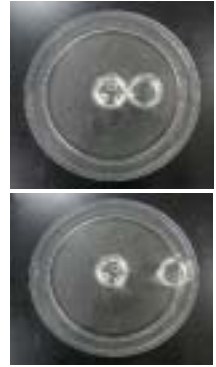
由磁控管釋出之微波在爐內金屬壁上多次反射，由外而內，經旋轉盤上燒杯內水分子吸收。就二維輻射面向而言，位於外環帶者會優先吸收，相對地，使位於內環帶者受到遮蔽作用，是以，外環帶 (a、e) 的水溫升溫幅度高於內環帶 (b、d) 者。至於中央點 c 雖然也受到部分遮蔽，但其原地打轉得以定點吸收微波，此時升溫最多。



2. c、(c+b)、(c+a)組

此部分實驗旨在探索遮蔽作用的影響概況，由實驗結果顯示：

- (1) 在不受遮蔽的影響下，置於中央點 c 的水溫上升 47.6 。
- (2) 在內環 b 遮蔽的影響下，置於中央點 c 的水溫上升 33 。
- (3) 在外環 a 遮蔽的影響下，置於中央點 c 的水溫上升 28.7 。
- (4) 綜上所述，外環對中央的遮蔽作用較內環對中央顯著。
- (5) 就二維輻射面向而言，在外環 a 或內環 b 對中央 c 遮蔽之餘，相對地中央 c 亦對外環 a 或內環 b 遮蔽，且因中央 c 定點吸波的阻隔，顯得遮蔽作用更大，所以，在(c+b)微波組及(c+a)微波組中，水溫上升幅度：**中央 c > 外環帶 a > 內環帶 b**。



(四) c + (b1+b2+b3+b4) + (a1+a2+a3+a4) 組

再探遮蔽作用的影響，三次實驗結果展現良好的再現性，綜合所得微波升溫幅度：**外環帶 a (9.5) > 中央 c (7.3) > 內環帶 b (5.4)**，顯示在二維輻射面向上，內環帶仍受到最大的遮蔽，而定點吸波的中央受到外圍的遮蔽也增加了，升溫幅度落至第二位；至於外環帶所受遮蔽最少，吸波性最好。



4. 大滿貫組

三探遮蔽作用的影響，由於本組實驗受熱水量擴增為 21 杯，為使升溫幅度明顯，微波時間由 1 分鐘改為 3 分鐘，三次實驗結果再現性良好，綜合所得微波升溫幅度：**外環帶 a (11.2) > 中央 c (9.9) > 內環帶 b (7.3)**，確認在旋轉盤被塞滿受熱體的情況下，就二維輻射面向而言，內環帶及中央均受到強烈遮蔽，而中央仍因三維輻射空間內的定點吸波，升溫幅度高於內環帶；至於外環帶所受相對遮蔽最少，吸波性最好。



5. c、b、a 組

在去除遮蔽作用的影響下，依序在中央、內環、外環三位置單獨進行微波，實驗所得微波升溫幅度：**內環帶 b (51.8) > 外環帶 a (50.3) > 中央 c (46.7)**。顯示在單獨微波（即去除相對遮蔽）的情況下，反而以內環帶吸波性最好，中央最差。此結果與之前大相逕庭，推究其原因可能與微波爐內的結構設計有關，旋轉盤上距中心遠近不同的各個位置在接收三維輻射上仍有先天的不均性存在。

(四) 微波面積與水溫變化的關係

1. 以 100mL 燒杯盛水 100mL 時，水深 5.2 cm，經計算得水的表面積 = 119.2 cm²，實驗結果顯示其水溫上升 46.6 。
2. 以 250mL 燒杯盛水 100mL 時，水深 3.3 cm，經計算得水的表面積 = 125.0 cm²，實驗結果顯示其水溫上升 49.0 。
3. 以 500mL 燒杯盛水 100mL 時，水深 2.3 cm，經計算得水的表面積 = 140.7 cm²，實驗結果顯示其水溫上升 45.2 。

綜上所述，一定量受熱體的微波面積大小與微波升溫幅度並無明確的相關性，其間溫度的差異性似乎還是繫於微波旋轉盤上的位置分布。

(五) 酒精度與微波升溫的關係

為了調配不同酒精度，試著將不同比例的酒精與水混合，監測混合時所造成的溫度變化發現：酒精與水混合時會放熱致使溶液溫度上升；當酒精度達 38 % 時，升溫幅度最大（混合總體積約 50mL，升溫約 6 ~ 7 °C）。另由微波實驗結果顯示：酒精度愈高，微波升溫幅度愈大。但要留意的是，酒精度達 76 % 以上時，升溫幅度趨於緩和（升溫約 54 °C），在此階段的實作過程發現酒精水溶液已有急遽汽化或暴沸現象。綜觀由三組實驗數據所建立的酒精度與微波升溫的關係圖，實驗再現性尚可，其延伸應用價值：針對一酒精水溶液取樣 50mL，經微波（強度 P-HI）30 秒，測量升溫度數，透過上述關係圖的內插，可據以粗略判定其內涵酒精度。

(六) 醋酸度與微波升溫的關係

為了調配不同醋酸度，試著將不同比例的冰醋酸與水混合，監測混合時所造成的溫度變化發現：冰醋酸與水混合時會吸熱致使溶液溫度下降；當醋酸度達 80 % 時，降溫幅度最大（混合總體積約 50mL，降溫約 3 ~ 4 °C）。另由微波實驗結果顯示：醋酸度愈高，微波升溫幅度愈大，當醋酸度達 80 % 時，升溫幅度最大（升溫約 60 °C）；但當醋酸度超過 80 % 時，升溫幅度轉趨變小。觀察冰醋酸與水混合的降溫變化，再看醋酸溶液微波的升溫變化，發現此兩項實驗結果均在醋酸度 = 80 % 時顯現最大的溫度變化值，依此推論，於此醋酸濃度時，除了原本冰醋酸內的單分子（涉及分子間氫鍵作用力）及部分耦合分子（涉及分子內氫鍵作用力）外，水分子的適度介入，不僅促使部分醋酸分子游離，改變了分子間作用力，而溶液中存有某種特殊的高能態分子或離子結構出現，該結構對應著較大的分子偶極矩，值得往後持續深入探究。綜觀由三組實驗數據所建立的醋酸度與微波升溫的關係圖，實驗再現性尚可，其延伸應用價值：針對一醋酸水溶液取樣 50mL，經微波（強度 P-HI）30 秒，測量升溫度數，透過上述關係圖的內插，可據以粗略判定其內涵醋酸度。

(七) 微波觀點 分子極性

量取各種試樣 100mL，經微波（強度 P-HI）1 分鐘後，測得升溫幅度確實與各試樣之分子極性密切相依。實驗結果顯示：分子極性愈大者，微波升溫的幅度隨之愈大。細察有機化合物分類系統的分子極性大小，對照各試樣微波升溫的幅度大致吻合，其排列如下：羧酸 > 醇 > 水 > 酮 > 酯 > 烴。

(八) 微波觀點 五分鐘肥皂速成法

1. 根據文獻所載椰子油的皂化值 = 253 ~ 262 (KOH)，推算皂化時，所需 $\text{NaOH}_{(s)}$ 的相對用量：(KOH = 56 NaOH = 40)

(1) 皂化 10g 椰子油所需 $\text{NaOH}_{(s)}$ 的克數：

$$(0.260/56) \times 40 \times 10 = 1.86 \text{ (g)}$$

(2) 預設以 10 mL $\text{NaOH}_{(aq)}$ 與 10 g 椰子油作用，則需配製 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 的濃度：

$$C_M \times (10/1000) \times 40 = 1.86 \quad \text{則 } C_M = 4.65 \text{ M}$$

(3) 需預配 400 mL $\text{NaOH}_{(aq)}$ 的備用，則需稱取 $\text{NaOH}_{(s)}$ 的克數：

$$4.65 \times 0.4 \times 40 = 74.4 \text{ (g)}$$

2. 依多次實作經驗求取最佳實驗條件：在適量乙醇混入椰子油與 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 混合液

中，微波（強度：P-HI）1 分鐘部分皂化後，取出溶液攪拌均勻，續微波（強度：P-50）20 秒，完成皂化。

3. 以絲襪充做濾網濾取鹽析後浮現的肥皂，並適度擠壓成塊，效果良好。
4. 另試著調整配方製作保濕皂與透明皂，適度添加甘油可凸顯保濕性，適度調增肥皂中甘油和乙醇的比例則可增加透明度。

(九) 微波觀點 氯化亞鈷晶體（ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）硫酸銅晶體（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）脫結晶水

氯化亞鈷晶體與硫酸銅晶體的脫結晶水是吸熱的化學反應，透過微波加熱的方式，可在 1 分鐘內觀察到晶格瓦解成粉末，同時顏色發生變化的現象，操作簡便而有效。微波時若覆以保鮮膜，還可鑑定微波後吸附在保鮮膜的無色液滴 水。

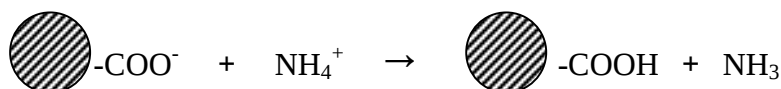
(十) 微波觀點 無字天書（稀硫酸濃縮與濃硫酸的脫水性）

1. 稀硫酸不具脫水性，故將玻棒蘸以稀硫酸在紙上書寫時，只見一筆筆無色液體帶出字跡，靜置約 10 分鐘後，著「墨」處絲毫未見脫水現象，字跡反而逐漸隱沒紙中，由此可知：稀硫酸內的水在尚未揮發之前即被紙張吸納，所以，一般紙張暴露空氣中，或多或少有吸水而變潮的跡象。
2. 隱匿紙中的稀硫酸，在微波升溫之際，水分子逸出，稀硫酸濃縮成為濃硫酸，展現強烈的脫水性，灼燒般的黑色字跡隨即顯現出來。

(十一) 微波觀點 指紋現形（微波型水浴法）

藉由微波型水浴法促使微量碘晶昇華，進而與紙條上的指紋油脂結合而顯影。全程以保鮮膜包覆，避免碘蒸氣外洩，微波水浴促成昇華，安全而有效。實驗之初，雖然尚未進行水浴，已有些許碘晶昇華致使指紋現形，但此時取得的指紋顯影曝露在空氣中會很快變淡而不明，不如水浴法加熱後所得者清晰安定。

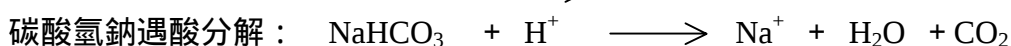
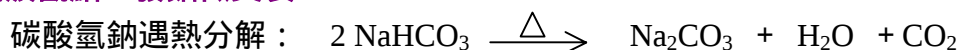
(十二) 微波觀點 噴墨紙的酸性鑑定



墨盒裡的鹼性環境 噴墨紙上的酸性環境

將裁成細條狀的噴墨紙噴上數滴水後以保鮮膜封住杯口進行微波，高溫有助於紙內酸性物質的溶出與解離，接著以廣用試紙檢測呈現黃色；另對影印紙條的檢測呈現綠色是為對照組，由此可確認噴墨紙上的墨色附著是酸鹼中和的應用之一。

(十三) 微波觀點 發麵做美食



上述反應不僅是乾粉、酸鹼、泡沫滅火器的應用原理，也是一般發麵的原理，為了體驗發麵做美食的技能與樂趣，我們設計了兩個簡易實驗：（1）簡易小發糕 （2）微波香蕉蛋糕，在簡易調配發麵後，透過微波爐的高效加熱系統，我們在短短 3~5 分鐘內完成糕餅的製作。累積多次實作（含試吃）經驗，找到效果較好的實驗條件，包括配方比例、微波強度和時間的經驗值。實作中，碳酸氫鈉扮演著發麵過程上的關鍵角色，但須留意的是，添加量宜審慎評估切莫過多，否則，實在「澀」不堪言呀！

捌、結論

微波熱源的乾淨、迅速、經濟、便利和普及等特性是無庸置疑的，如何在生活中得心應手地加以運用？如何推廣微波原理和微波技術的教學應用？如何將微波熱源融入現有課程的實驗設計？這些思維正是本研究「微波觀點」的致力目標，一方面以「微波觀點」檢視現階段國中理化課程的部分實驗改由微波行徑的可行性與可供實作的改善空間；另一方面，試著以「微波觀點」來印證部分學理並著手設計相關實驗。本研究獲得的具體成果簡要說明如下：

1. 微波爐內幾近密閉的空間、微波在金屬壁間的連續反射、旋轉盤的旋轉、強迫對流（Forced convection）風扇的運轉，促使微波加熱具有高效升溫、微波能量充分吸收、全方位加熱的優勢條件，效能遠超越酒精燈等一般熱源。
2. 微波熱源可驗證：在水量一定時，水溫變化量與微波（加熱）時間成正比；在微波（加熱）時間一定時，水溫變化量與水量成反比。
3. 旋轉盤上分布位置的差異對微波升溫的幅度影響頗大。
 - (1) 對單一小型受熱體而言，爐內三維輻射投射盤面離心位置的不均性，致使微波升溫幅度：內環 > 外環 > 中央。
 - (2) 對兩個同時置入且分佔中央和內環位置或中央和外環位置的小型受熱體而言，兩者同時吸收微波，亦互相遮蔽，對中央位置的遮蔽作用：外環 > 內環，但中央的定點吸波亦相對遮蔽內、外環，且更具遮蔽性，因此微波升溫幅度：中央 > 外環 > 內環。
 - (3) 對三個同時置入且分佔中央、內環和外環三位置的小型受熱體而言，三者同時吸收微波，亦互相遮蔽，中央與外環同時遮蔽內環，而中央處另具有定點吸波的優勢，因此微波升溫幅度：中央 > 外環 > 內環。
 - (4) 對佈滿旋轉盤的大型受熱體而言，外環得以優先吸收微波，內環及中央均受到強烈遮蔽，致使微波升溫幅度：外環 > 中央 > 內環。
4. 對同一受熱體而言，其接受微波的面積大小，與微波升溫幅度無明確關係，而其間溫度變化的差異性仍源自旋轉盤上位置的分布性。
5. 酒精與水混合時會放熱致使溶液溫度升高，酒精度 = 38 % 時，混合升溫幅度最大。
6. 酒精度愈高，微波升溫幅度隨之愈大，酒精度達 76 % 以上時，升溫幅度漸趨緩和，乃是因為酒精水溶液已出現急遽汽化或暴沸現象（微波末溫接近 75 ℃）。
7. 冰醋酸與水混合時會吸熱致使溶液溫度下降，醋酸度 = 80 % 時，混合升溫幅度最大。
8. 醋酸度在 80 % 以下時，醋酸度愈高，微波升溫幅度隨之愈大；醋酸度超過 80 % 時，升溫幅度轉趨變小。
9. 吸收微波的能力確實與分子極性大小密切相關。
10. 透過微波爐完成兩階段皂化，再以絲襪濾取鹽析後浮現之肥皂，提供肥皂的新製程，快速而有效。
11. 肥皂適度添加甘油可增加保濕性；適度增加甘油和乙醇的比例，可增加透明度。
12. 透過微波爐完成氯化亞鉬晶體與硫酸銅晶體的脫結晶水，可快速檢視此等吸熱

的化學反應歷程。

13. 微波已被紙張吸納的稀硫酸，可濃縮硫酸，造成紙張在硫酸滯留處被強烈脫水而顯現黑色字跡。
14. 透過微波型水浴法加速碘蒸氣與皮脂的作用，完成指紋現形。
15. 微波潮溼的噴墨紙條，於高溫下所釋出的酸性物質可藉廣用試紙檢出；對照組之影印紙則無此特性。
16. 透過微波爐發麵做美食，可體驗簡易的發麵技術，快速品嚐微波糕餅的美味。

玖、參考資料

17. 日刊工業新聞社：解體新書（四），初版，臺北，良辰出版編輯部翻譯，144，1998
18. 川口寅之輔、米山正信、阪川武志、橫山隆允：牛頓科學研習百科 化學，臺北，牛頓出版社，190，1991
19. 楊永華、張麗英、羅世焜、何金錫：基礎化學，臺北，三民書局，180，1999
20. 魏明通：化學與人生，初版，臺北，五南圖書出版社，229，2001
21. 洪允銘、葉承：有機化學實驗，再版，臺北，藝軒圖書出版社，263，1991
22. 陳錫桓：熱學、聲學 大學物理學之二，第五版，臺北，中央圖書出版社，302，1988
23. 國立編譯館：國中理化（一）（四），臺北，國立編譯館，1999
24. 陳偉民、祁明輝：創意教學 理化篇，初版，臺北，幼獅文化出版社，166，2000
25. D. P. Shoemaker、C. W. Garland、J. I. Steinfeld、J. W. Nibler：Experiments in Physical Chemistry，4th ed.，臺北，狀元出版社，787，1984
26. 省時的小幫手 微波爐（一）：
<http://www.geocities.com/anchichow/MicrowaveCooking1.html>
27. 微波爐雜談：<http://www.healthhouse.com.tw/assort/mixed/microwave.htm>
28. 微波爐效率提升及保養方法：
http://www.superhomeweb.com/L1_02_shopping/L2_02_appliance/L3_07_index/
29. NTC 熱敏電阻溫度感測器：<http://www.steelnet.com.tw/factory01-1.jsp>
30. 微波爐選購小常識：<http://www.Kolin.com.tw/Knowhow-new/Knowhow-7.asp>
31. 微波烹調技巧：<http://www.galanz.com.cn/html-big/communion/pengren.htm#1>
32. 微波加熱面面觀 食物處理新主張：
<http://www.healthzoo.org.tw/health/FOURTH/micro.htm>