

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 物理科

030102

水 正！不正？油關係

學校名稱：屏東縣立大同高級中學(附設國中)

作者：  國三 陳立安  國三 李政穎  國三 陳仲儀	指導老師：  吳健維  蕭綺慧
---	-----------------------------

關鍵詞：線性關係、沙拉油、水加熱

# 摘要

本研究發現將水加熱一小段時間後會出現溫度與加熱時間會成線性關係，但是當水溫升高至八十幾度後，因水開始大量蒸發，水溫與加熱時間關係圖則開始轉成非線性關係。另依實驗結果發現會影響溫度與加熱時間關係圖(以水為例)的因素有：(1)加熱方式(2)蒸發散失的多寡(3)輻射散失的多寡(4)受熱面積的大小(5)盛裝的材質。最後建議國中教材要進行溫度(變化)與加熱時間關係實驗時，可以在操作步驟中**加入少許沙拉油**，可以讓實驗結果更符合實驗公式。

## 壹、研究動機

記得在國二上學期自然與生活科技課本裡有一個單元是溫度與熱，曾提到將水加熱時水的溫度變化與加熱時間成正比，但是當我們實際去實驗室操作實驗時發現：我們把加熱時間作為橫軸而水的溫度(至沸騰前)作為縱軸時畫出關係圖，關係圖並非全部數據都是成線性關係，而是只有在某一段加熱時間才有線性關係，這引起了我們的好奇，到底是我們實驗操作發生了問題？還是另有其他原因呢？

## 貳、研究目的

本研究旨在了解有那些因素會影響加熱時間與溫度關係圖成非現性關係。研究目的與研究問題條列如下：

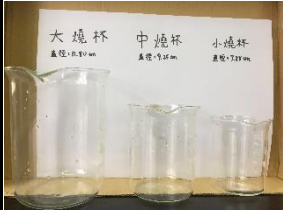
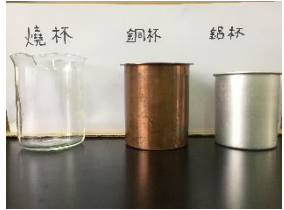







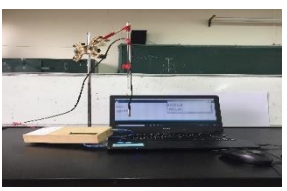



目的一、了解使用酒精燈加熱水時，加熱時間與水溫的實驗數據是否有線性關係？

目的二、了解哪些因素會影響到加熱時間與水溫實驗結果，導致兩者線性關係改變？

目的三、找到最簡易的加熱方法使加熱時間與水溫實驗結果呈現最佳的線性關係

## 參、研究藥品及器材

### 一、實驗器材：

1 燒杯(大、小)、銅杯、鋁杯	2 鐵架、陶瓷纖維網、量筒、滴管
 	 
3 酒精燈、卡式爐、電熱板	4 筆記型電腦、防水型溫度感測器
  	  
5 電子天平	6 沙拉油、衛生紙
	 

## 肆、研究過程與方法

### 一、文獻探討

(一)趨勢線是用圖形的方式顯示資料的趨勢，可以用它來預測分析。這種分析也稱為迴歸分析(Regression Analysis)。利用迴歸分析，可以在圖形中延伸趨勢線，根據現在實際已獲取的資料來預測未來資料。例如，利用趨勢線來預測系統瓶頸或者資源使用量。那麼怎麼樣的趨勢線是有效且真正準確的？這個問題的答案就是趨勢線的「R 平方值」( $R^2$ , R Square)，這個值是介於 0~1 之間的數字，如果趨勢線的 R 平方值等於或者

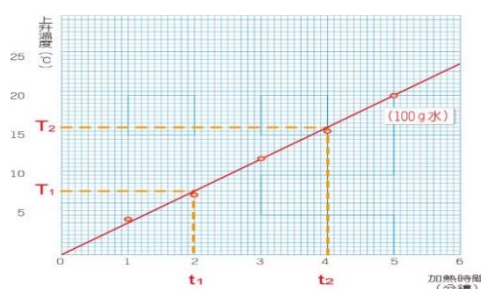
接近 1，這時候的趨勢線是最可靠的。特定類型的趨勢線適用於特定類型的資料，所以如果要得到最正確的預測結果，就必須選擇最適合資料的趨勢線，在選擇類型與調整週期時可以顯示趨勢線的 R 平方值，方便選擇更適合的趨勢線。而趨勢線的種類中以線性最常使用。所謂線性就是適用於簡單線性資料集的擬合直線。如果資料點的散佈形狀近似直線。線性趨勢線通常表示事物以穩定的速度增加或減少。

(二)國中自然與生活科技(翰林版)第三冊 5-2 單元熱量與熱平衡有提到說，當水量固定，加熱的時間愈長，溫度上升愈多。若以酒精燈加熱 100 公克、初溫 ( $T_0$ ) 為  $25^{\circ}\text{C}$  的水，每分鐘記錄水溫 ( $T$ ) 一次，連續記錄五次，可得到表 1 的數據。

■表 1 加熱 100 公克水的溫度變化

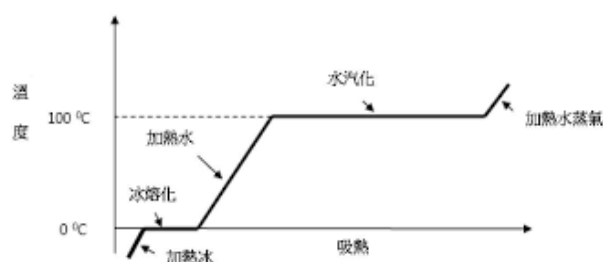
加熱時間	0 分鐘	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
水的溫度	25.0	29.2	32.5	37.0	40.5	45.0
上升溫度 ( $T-T_0$ )	0	4.2	7.5	12.0	15.5	20.0

以時間 ( $t$ ) 為橫座標、上升溫度 ( $T-T_0$ ) 為縱座標繪製關係圖，可得到一通過原點的斜直線，表示加熱時間與上升溫度成正比。



▲圖 1 固定的水量，若加熱時間  $t_2 > t_1$ ，則對應的上升溫度  $T_2 > T_1$

(三)在 2016 年第十三屆國際國中科學奧林匹亞競賽(實驗題試題)，其中第一部分：物理。水吸收能量的效率，固態變為液態和氣態的相變通常必須大量吸熱。若以固定的速率加熱一塊冰，會發生相變。先變為水，再變為水蒸氣，其相變所需的能量稱為潛熱(也就是熔化熱及汽化熱)。



▲圖 2 在 1 標準大氣壓下冰加熱時溫度變化

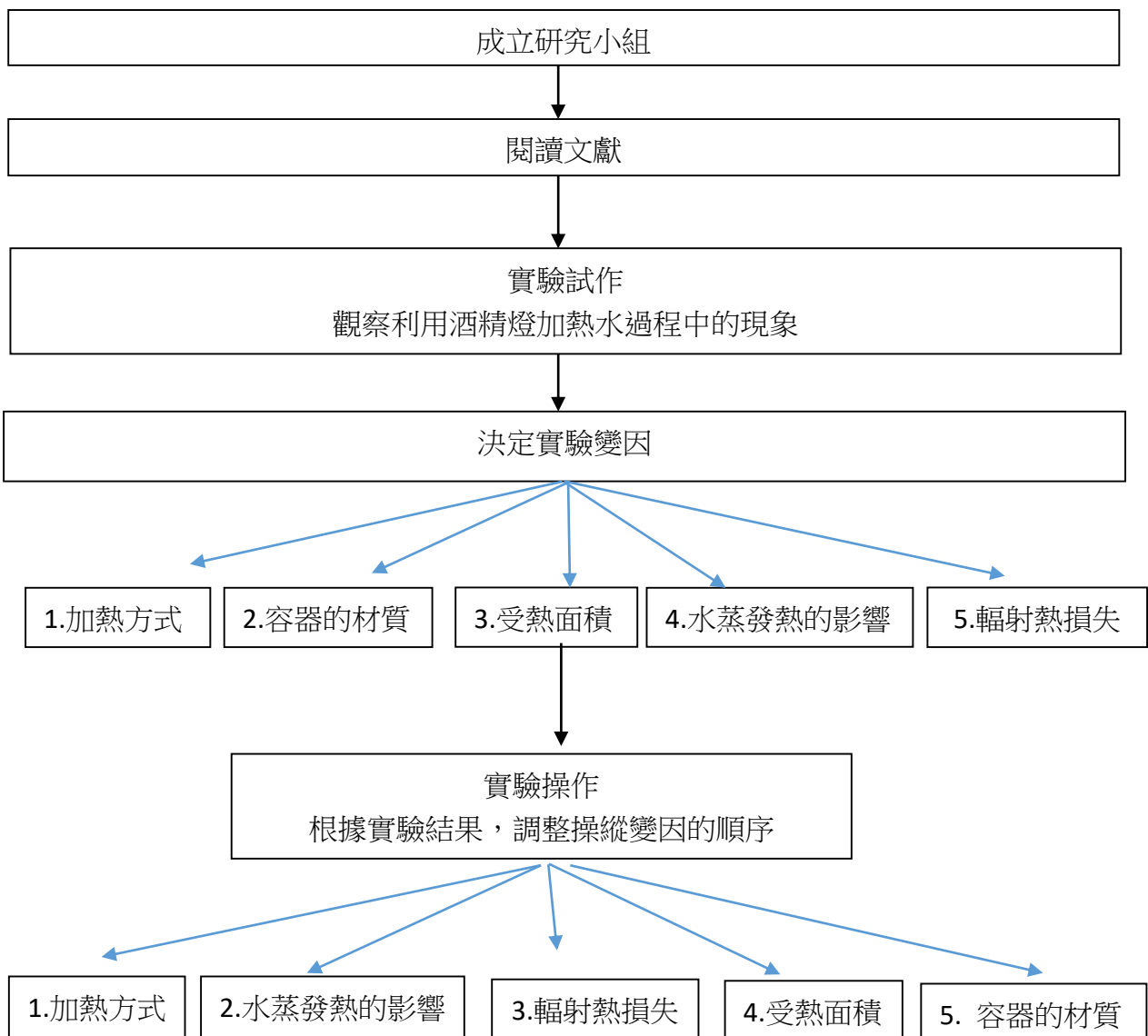
(四)熱散失定義：加熱液體能量平衡式如下:  $E=Q_h+Q_R+Q_{we}$

E:熱源提供之能量  $Q_h$ :加熱水所需能量  $Q_R$ :輻射熱損失  $Q_{we}$ :水蒸發所帶走之熱量

$Q_h$  加熱水所需能量即  $m \cdot S \cdot \Delta T$ ，其中  $m$  為水質量， $S$  為比熱， $\Delta T$  則是溫度差

(五)蒸發熱其定義為在標準大氣壓(101.325 kPa)下，使一莫耳物質在其沸點蒸發(轉化氣體)所需要的熱量。**蒸發熱與水蒸發量有關**，而水溫、蒸發面的空氣流速、相對溼度等都會影響水蒸發量。

## 二、擬定研究流程



▲圖 3 實驗流程

## 伍、研究結果與討論

目的一、了解使用酒精燈加熱水時，加熱時間與水溫的實驗數據是否有線性關係？

一、實驗一：觀察利用酒精燈加熱 300mL 水的過程並記錄加熱時間與溫度之關係

(一)實驗步驟

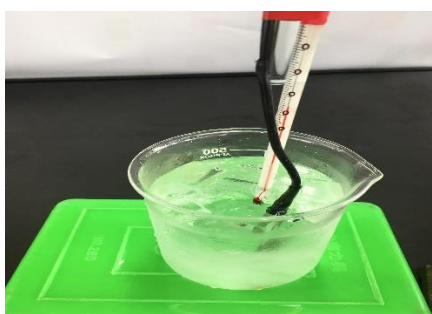
1.溫度計校正：

(1)先將電子溫度計連接至電腦，開啟arduino軟體後電腦便可記錄溫度。

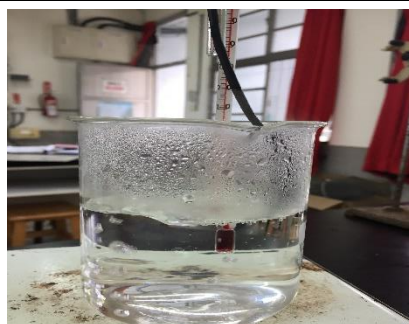
(2)取300mL水並加入冰塊，將電子溫度計及酒精溫度計放入冰水中，酒精溫度計及電子溫度計皆顯示0°C。

(3)取300mL水並將水放置於加熱板上加熱至沸騰，電子溫度計顯示98.9°C，因此爾後電子溫度計數據皆須經過電腦Excel調整。

$$\frac{\text{測量溫度}-0}{98.9-0} = \frac{\text{實際溫度}-0}{100-0} \quad \text{實際溫度}=\text{測量溫度}*(100/98.9)$$



照片 1 測量冰水共存時的溫度

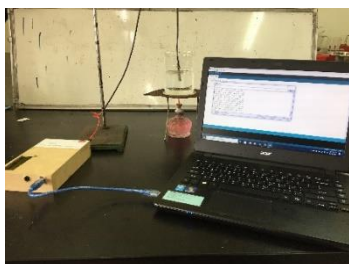


照片 2 測量水沸騰時的溫度

2.利用鐵架固定電子溫度計在水面下方，紀錄水溫隨時間的變化。(此軟體每間隔2秒紀錄溫度乙次)

3.觀察水在加熱過程中伴隨的現象

4.利用電子天平分別秤取加熱前總質量(300mL水+燒杯)及加熱後總質量



照片 3 連續測量溫度的設備

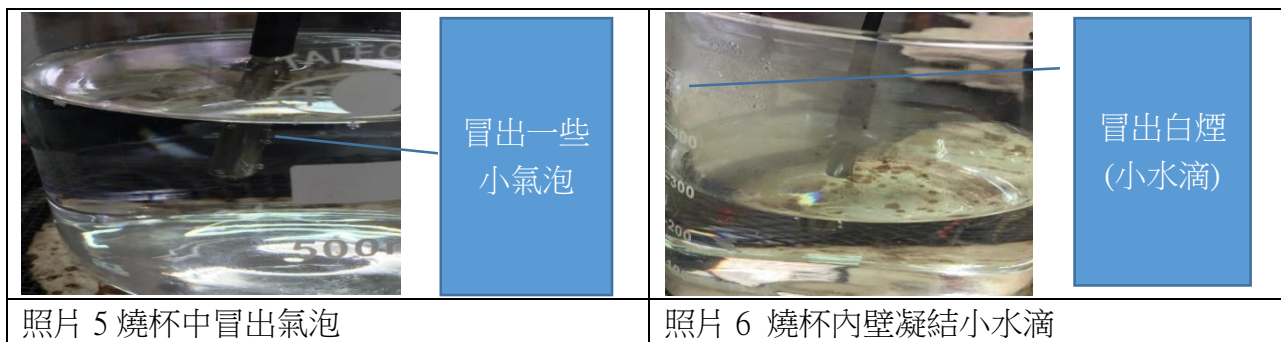


照片 4 利用酒精燈加熱 300mL 水



## (二)實驗結果

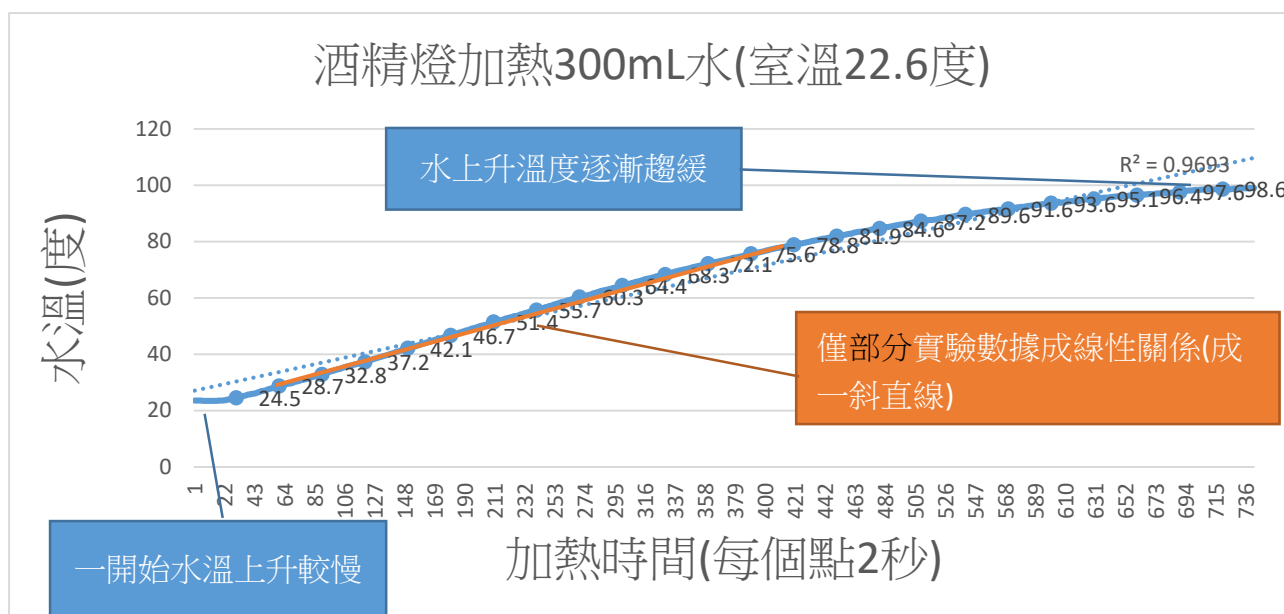
- 1.水開始加熱一段時間後燒杯內的水開始冒出一些小氣泡。
- 2.水加熱至溫度 75°C 左右開始可以看到燒杯開始冒出白煙(小水滴)，而且隨著溫度的增加白煙越來越明顯，燒杯的上緣可以看到有小水滴的凝結。



- 3.此實驗結果為溫度計每隔 2 秒紀錄乙次，但因實驗數據繁多會造成圖形顯示的複雜故僅顯示部分數據點，並且後面的實驗結果圖形不再顯示實驗數據於圖形上。

■表 2 加熱前後溫度及總質量

	加熱前	加熱至沸騰	1.質量減少22.02g 2.花1484秒
溫度(度)	23.5	99	
質量(g)	454.43	432.41	
時間(每個點2秒)	1	742	



▲圖 4 酒精燈加熱 300mL 水 (圖形上的數據點為每隔 1 分鐘的實驗數據)

### (三)討論

- 1.水加熱後會冒出小氣泡是因為溫度越高氣體溶解度越小，所以原本溶在水中的氣體冒出來了。
- 2.冒出的白煙(小水滴)是水的蒸發，水蒸發時會帶走熱量，所以水蒸發量越多可以看成熱量散失越多。
- 3.一開始水溫上升較慢應該是酒精燈與燒杯之間隔著一片陶瓷纖維網，所以開始加熱後是先將陶瓷纖維網加熱後才會開始加熱燒杯，所以一開始水溫上升不明顯。
- 4.水溫上升趨緩代表酒精燈提供的熱量  $\neq$  燒杯與水吸收的熱量，也就是熱量散失了，這應該是隨著水溫的增加水的蒸發也越明顯，所以散失的熱量也越多。
- 5.根據實驗結果發現：一杯300mL的水加熱至沸騰後質量減少22.02g。

$$\text{定義：蒸發率} = \frac{\text{減少水的質量}}{\text{原來全部水質量}} * 100\% = \frac{22.02}{300} * 100\% = 7.34\%$$

目的二、了解哪些因素會影響到加熱時間與水溫實驗結果，導致兩者線性關係改變？

一、實驗一：探討不同加熱方式對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

#### (一)實驗步驟

- 1.利用酒精燈加熱300mL水
- 2.利用電子天平分別秤取加熱前總質量(300mL水+燒杯)及加熱後總質量
- 3.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化
- 4.分別利用卡式爐(大火)、電熱板(最大加熱功率)重複步驟2~3



#### (二)實驗結果

- 1.以酒精燈作為加熱熱源

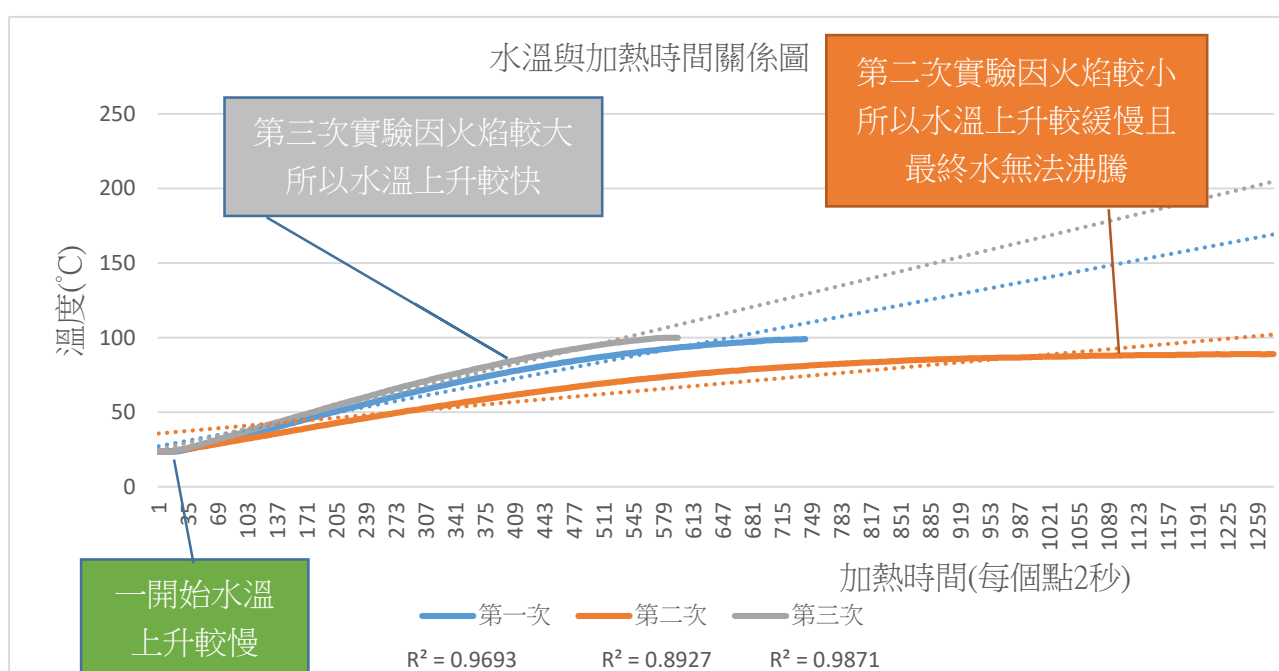


■表 3 加熱前後系統(燒杯+300mL 水)總質量變化及加熱至最高溫所需時間

	質量(g)			時間(每個點2秒)		
	加熱前總質量	加熱至最高溫時總質量	蒸發水的質量	加熱前時間點數	加熱至最高溫時間點數	所需時間
第一次	454.43g	432.41g	22.02g	1	742	1484秒
第二次	454.14g	420.90g	33.24g	1	1279	2558秒
第三次	455.21g	426.45g	28.76g	1	597	1194秒

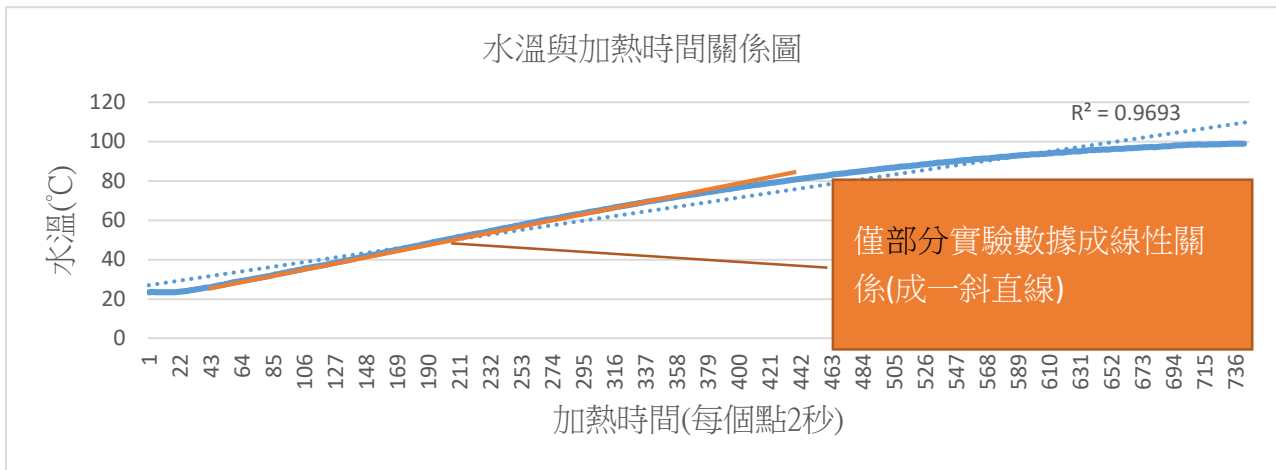
註一:第一次實驗初溫23.5℃,末溫99℃。  
 註二:第二次實驗初溫23.7℃,末溫89℃。酒精燈忘記添加酒精所以到最後火焰變小。  
 註三:第三次實驗初溫23.4℃,末溫100℃。有添加酒精,把燈心的棉線拉長所以火焰變大。

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖

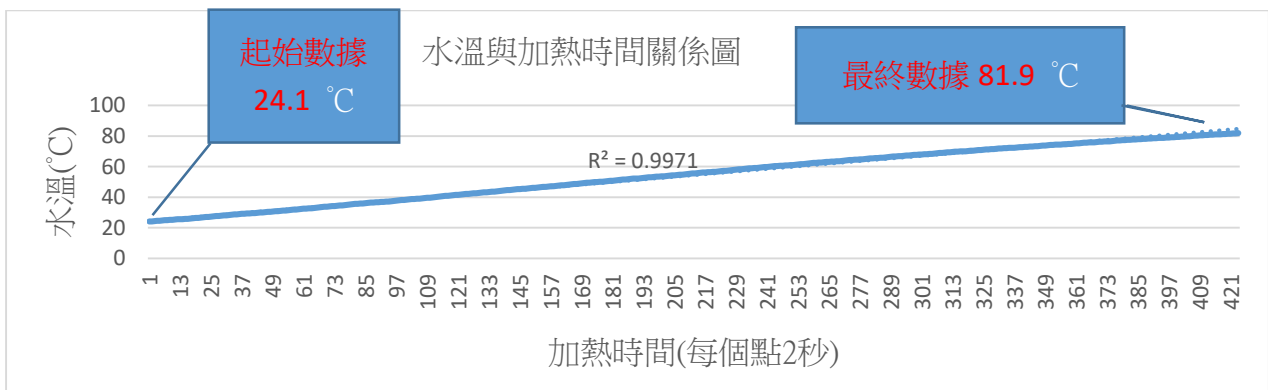


▲圖 5 酒精燈加熱 300mL 水(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在數據處理上加入R<sup>2</sup>值,顯示數據在線性關係的相關性。我們自行定義:數據的R<sup>2</sup>值要在0.997以上才是符合線性關係,因此以第一次實驗數據為例說明:當我們把全部數據去計算R<sup>2</sup>值時,R<sup>2</sup>=0.9693。而當我們只選取數據溫度24.1℃至溫度81.9℃去計算R<sup>2</sup>值時,R<sup>2</sup>=0.9971。



▲圖 6 酒精燈加熱 300mL 水(第 1 次實驗)



▲圖 7 擷取酒精燈加熱 300mL 水(第 1 次實驗) 部分數據

■表 4 酒精燈加熱 300mL 水，擷取實驗數據 (R<sup>2</sup> 值為 0.997) 的溫度範圍

	起始數據	最終數據	R <sup>2</sup>
第一次	24.1 °C	81.9 °C	0.997
第二次	23.9 °C	70.6 °C	0.997
第三次	23.6 °C	91.1 °C	0.997

2. 以卡式爐(轉至最大火)作為加熱的熱源

■表 5 加熱前後系統(燒杯+300mL 水)總質量變化及加熱至最高溫所需時間

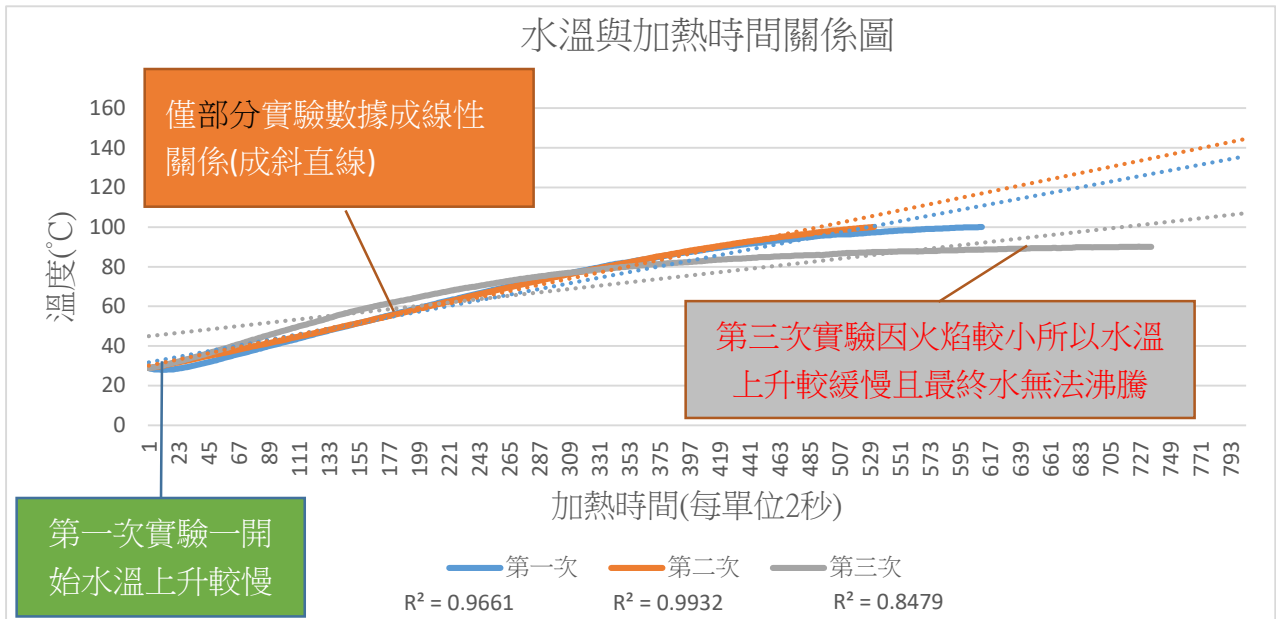
	質量(g)			時間(每個點2秒)		
	加熱前總質量	加熱至最高溫時總質量	蒸發水的質量	加熱前時間點數	加熱至最高溫時間點數	所需時間
第一次	457.62g	434.72g	22.90g	1	612	1224秒
第二次	458.13g	439.84g	18.29g	1	542	1084秒
第三次	457.72g	428.90g	28.82g	1	736	1472秒

註一:第一次實驗初溫28°C，末溫100°C。

註二:第二次實驗初溫29°C，末溫100°C。

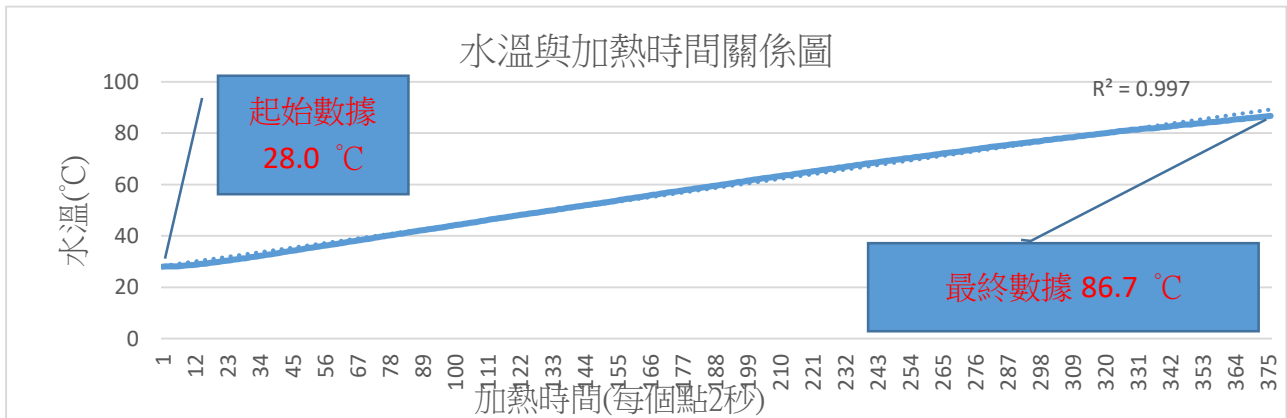
註三:第三次實驗初溫28.4°C，末溫僅90.1°C。卡式爐瓦斯罐因瓦斯變少，最後火焰變小。

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 8 卡式爐加熱 300mL 水(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在數據處理上加入 $R^2$ 值，顯示數據在線性關係的相關性。我們自行定義：數據的 $R^2$ 值要在0.997以上才是符合線性關係，因此以第一次實驗數據為例說明：當我們把全部數據去計算 $R^2$ 值時， $R^2=0.9661$ 。而當我們只選取數據溫度 $28.0^{\circ}\text{C}$ 至溫度 $86.7^{\circ}\text{C}$ 去計算 $R^2$ 值時， $R^2=0.997$ 。



▲圖 9 擷取卡式爐加熱 300mL 水(第 1 次實驗) 部分數據

■表 6 卡式爐加熱 300mL 水，擷取實驗數據 ( $R^2$  值為 0.997)的溫度範圍

	起始數據	最終數據	$R^2$
第一次	28.0 °C	86.7 °C	0.997
第二次	29.4 °C	94.6 °C	0.997
第三次	27.6 °C	67.3 °C	0.997

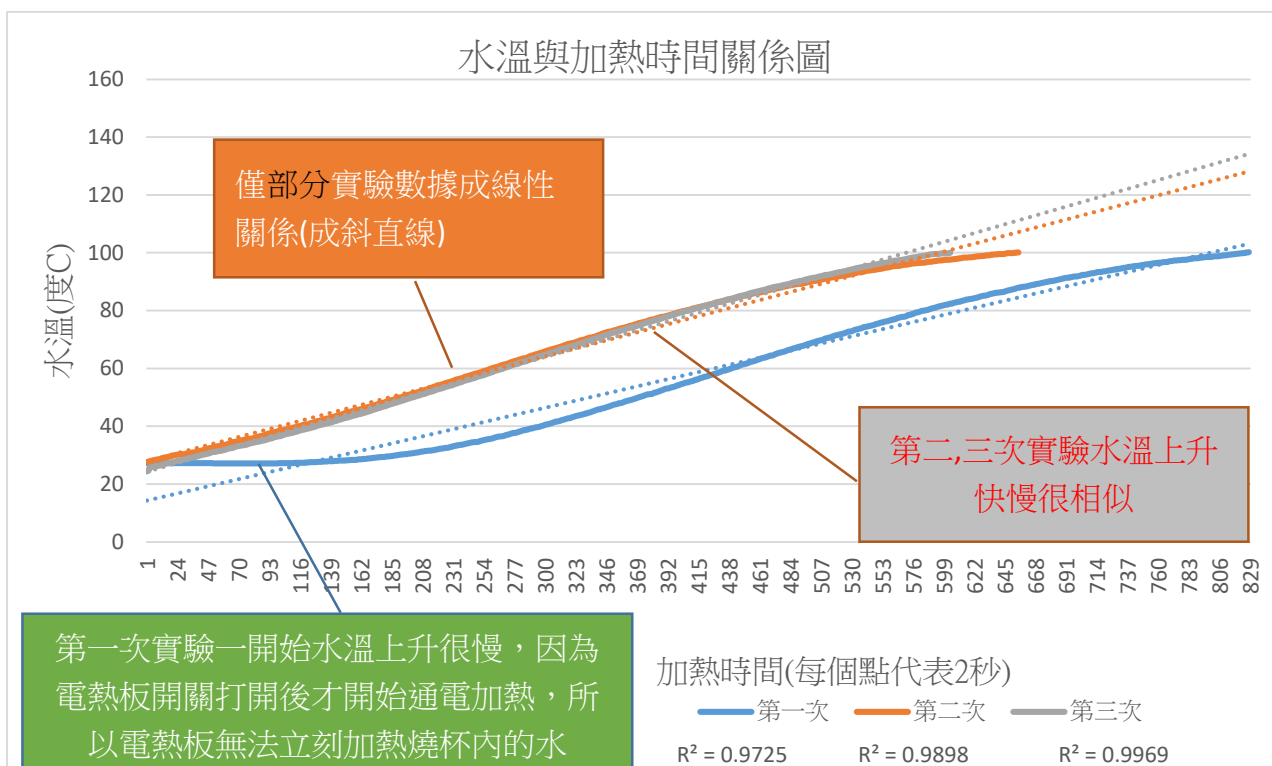
### 3.以電熱板(轉至最大功率)作為加熱熱源

■表 7 加熱前後系統(燒杯+300mL 水)總質量變化及加熱至最高溫所需時間

	質量(g)			時間(每個點2秒)		
	加熱前 總質量	加熱至最高溫 時總質量	蒸發水的 質量	加熱前時間 點數	加熱至最高溫 時間點數	所需時間
第一次	458.24g	440.42g	17.82g	1	829	1658秒
第二次	457.85g	438.68g	19.17g	1	654	1308秒
第三次	458.84g	442.36g	16.48g	1	605	1210秒

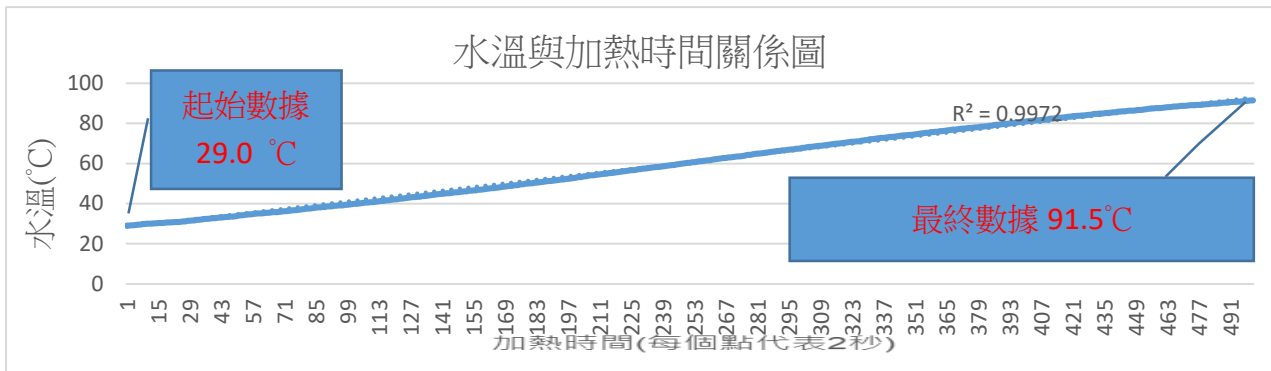
註一:第一次實驗初溫 27.3°C, 末溫 100°C。電熱板打開電源後才開始通電加熱, 所以電熱板需等待一段時間後才會升溫, 因此無法立刻加熱燒杯內的水  
 註二:第二次實驗初溫27.6°C, 末溫100°C。  
 註三:第三次實驗初溫24.4°C, 末溫100°C。

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 10 電熱板加熱 300mL 水(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在數據處理上加入 $R^2$ 值, 顯示數據在線性關係的相關性。我們自行定義: 數據的 $R^2$ 值要在0.997以上才是符合線性關係, 因此以第二次實驗數據為例說明: 當我們把全部數據去計算 $R^2$ 值時,  $R^2=0.9898$ 。而當我們只選取數據溫度29.0°C至溫度91.5°C去計算 $R^2$ 值時,  $R^2=0.9972$ 。



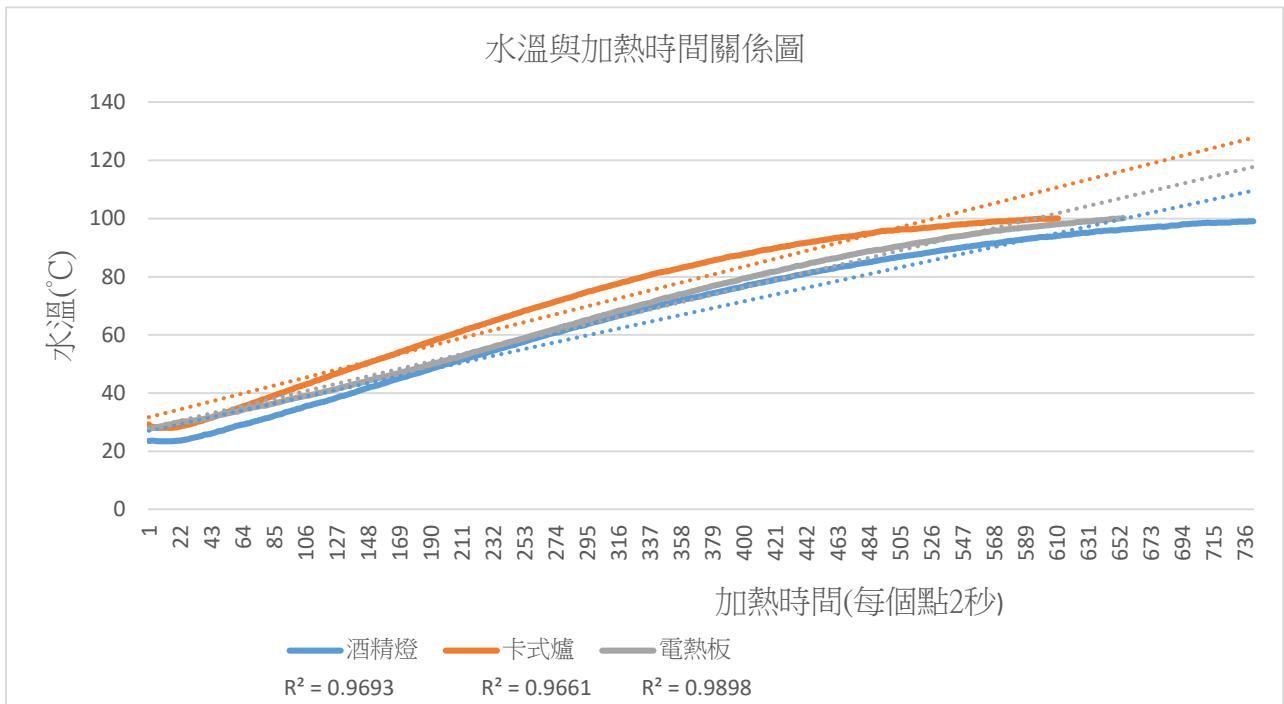
▲圖 11 擷取電熱板加熱 300mL 水(第 2 次)部分數據

■表 8 電熱板加熱 300mL 水，擷取實驗數據 ( $R^2$  值為 0.997)的溫度範圍

	起始數據	最終數據	$R^2$
第一次	34.4 °C	91.8 °C	0.997
第二次	29.0 °C	91.5 °C	0.997
第三次	24.6 °C	98.6 °C	0.997

### (三)討論

- 1.我們發現水溫與加熱時間關係圖，一開始的時候會呈現較明顯非線性關係的情況，尤其是更換熱源後的第一次實驗，我們研判是陶瓷纖維網及電熱板一開始還沒受熱所以無法傳熱給燒杯，所以加熱前需先將陶瓷纖維網及電熱板先預熱。
- 2.利用電熱板加熱時的實驗數據穩定性較高，且數據成線性關係的範圍較大(可以從 24.6 °C ~98.6 °C)，推測原因應該是電熱板可直接加熱燒杯，而酒精燈與卡式爐則需先加熱陶瓷纖維網後才會加熱燒杯，所以熱量的散失會更明顯，導致實驗數據線性關係變差。
- 3.根據實驗結果發現利用酒精燈為熱源時的第一次實驗，當水溫上升至81.9°C後，水溫與加熱時間關係圖開始不成線性關係，應該是此時大量的水開始蒸發並把熱量帶走，所以導致關係圖開始呈現趨緩上升。而當第三次實驗時把酒精燈的燈芯拉長使火焰變大後線性關係圖的範圍可以提高至91.1°C，所以熱源供熱的大小及水的蒸發會影響線性關係的範圍。
- 4.由圖11可以看出使用卡式爐加熱時單位時間內溫度上升比使用酒精燈及電熱板來的快，推測應該是當卡式爐(轉至最大火源)提供的熱大於酒精燈及電熱爐。而以電熱板作為熱源時水溫上升最穩定。

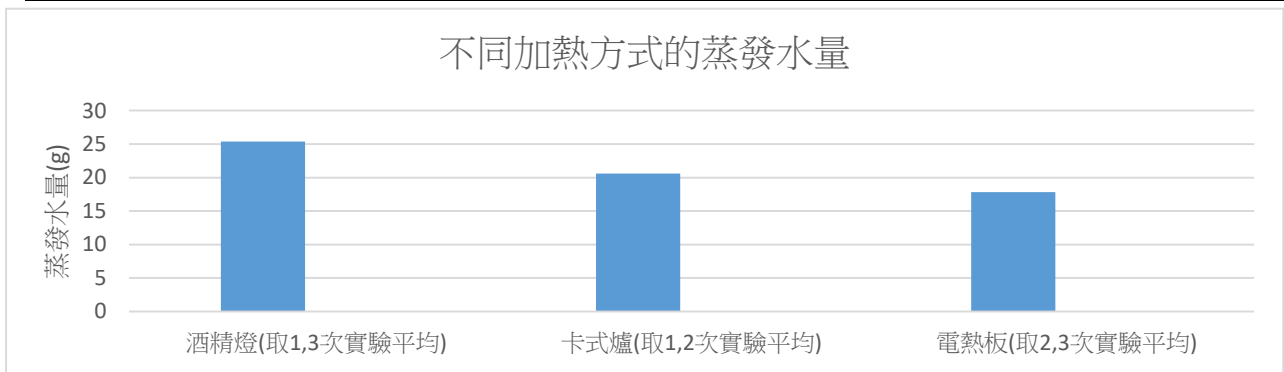


▲圖 12 不同加熱方式加熱 300mL 水

5.由圖12與圖13可以看出蒸發的水量越多時加熱時間與水溫關係圖的線性關係越差

■表 9 不同加熱方式的蒸發水量

	酒精燈(取1,3次實驗平均)	卡式爐(取1,2次實驗平均)	電熱板(取2,3次實驗平均)
蒸發水量	25.39(g)	20.595(g)	17.825(g)



▲圖 13 不同加熱方式的蒸發水量

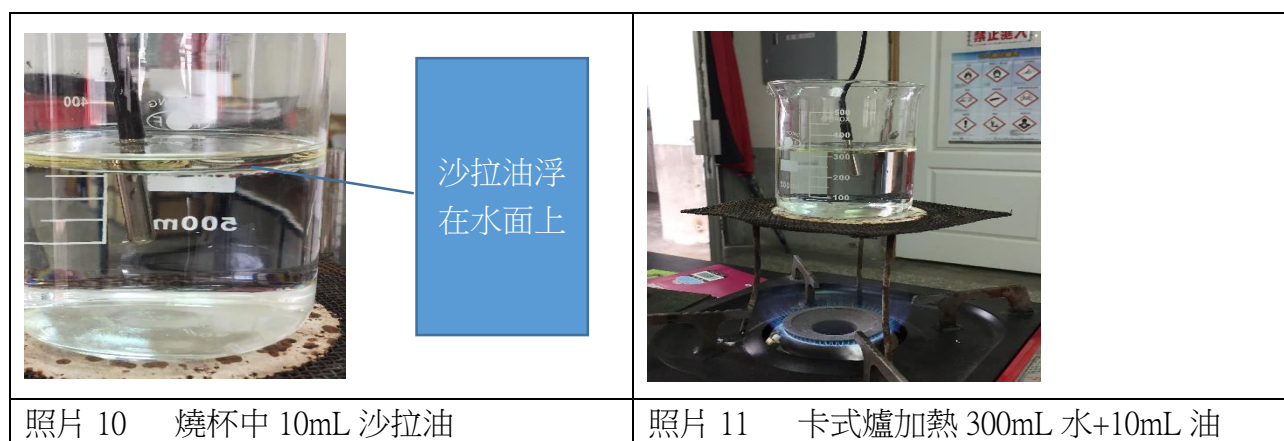
6.利用酒精燈及卡式爐加熱時須注意燃料的補充及更換，要不然很容易影響熱源的大小穩定度，而使用電熱板做實驗時熱源提供是最穩定的，不需要注意燃料的補充與更換，且沒有火焰的產生，相對比較安全。



## 二、實驗二：探討水蒸發對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

### (一)實驗步驟

- 1.我們想到平常在喝熱湯時，常常表面會有白煙，但是如果表面有浮一層油的時候，通常看不到白煙，所以我們判斷表面浮油可以減少水的蒸發，因此我們決定在300mL的水中加入10mL的沙拉油，再測量系統(燒杯+300mL+10mL油)總質量加熱前後的變化，就可得到蒸發水的質量。
- 2.分別利用酒精燈、卡式爐(大火)、電熱板(最大加熱功率)加熱300mL水。加熱前先將陶瓷纖維網及電熱板預熱5分鐘。
- 3.利用電子天平分別秤取加熱前後總質量(300mL水+燒杯)
- 4.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化



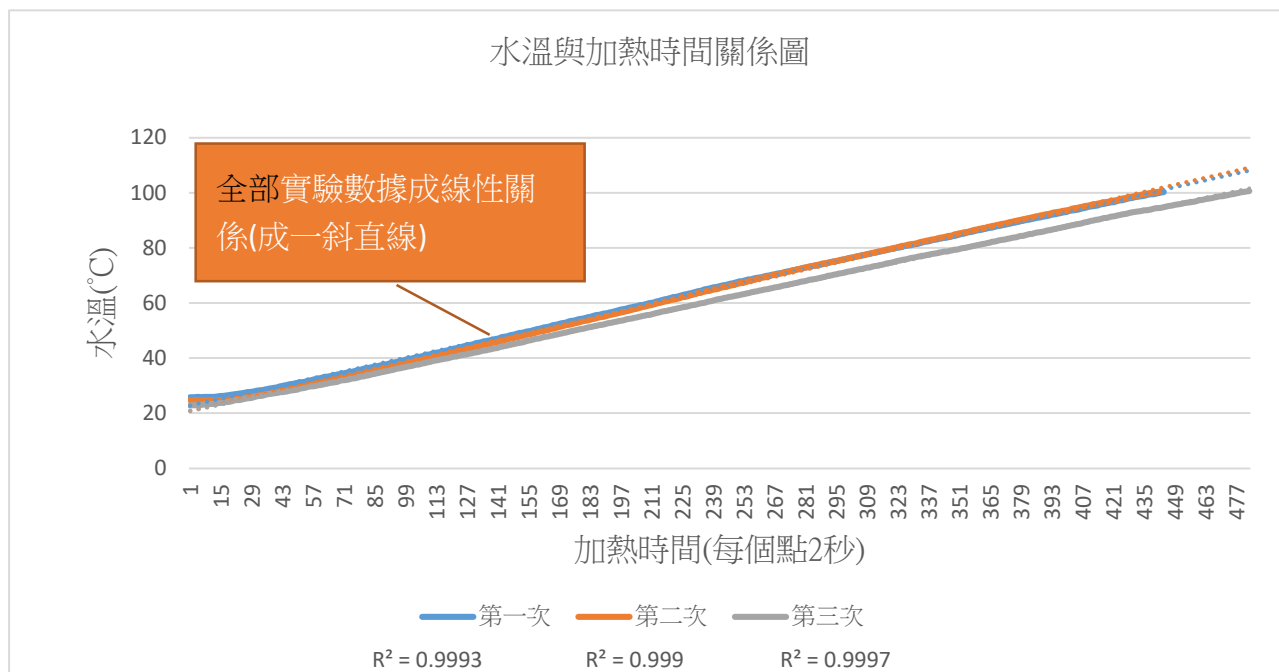
### (二)實驗結果

- 1.以酒精燈作為加熱熱源

■表 10 酒精燈加熱前後系統(燒杯+300mL 水+10mL 沙拉油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	465.64g	464.38g	1.26g
第二次	466.26g	465.68g	0.58g
第三次	466.51g	464.26g	2.25g
註一:第一次實驗初溫25.8°C，沸騰溫度100.3°C。 註二:第二次實驗初溫24.7°C，沸騰溫度100.4°C。 註三:第三次實驗初溫22.8°C，沸騰溫度100.6°C。			

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 14 酒精燈加熱 300mL 水+10mL 油(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在實驗數據處理上加入R<sup>2</sup>值，顯示實驗數據在線性關係的相關性。加入沙拉油後整個加熱過程的實驗數據其R<sup>2</sup>值皆大於0.997。

■表 11 酒精燈加熱 300mL 水+10mL 油，實驗數據 (R<sup>2</sup> 值為 0.999)的溫度範圍

	起始數據	最終數據	R <sup>2</sup>
第一次	25.8 °C	100.3 °C	0.999
第二次	24.7 °C	100.4 °C	0.999
第三次	22.8 °C	100.6 °C	0.999

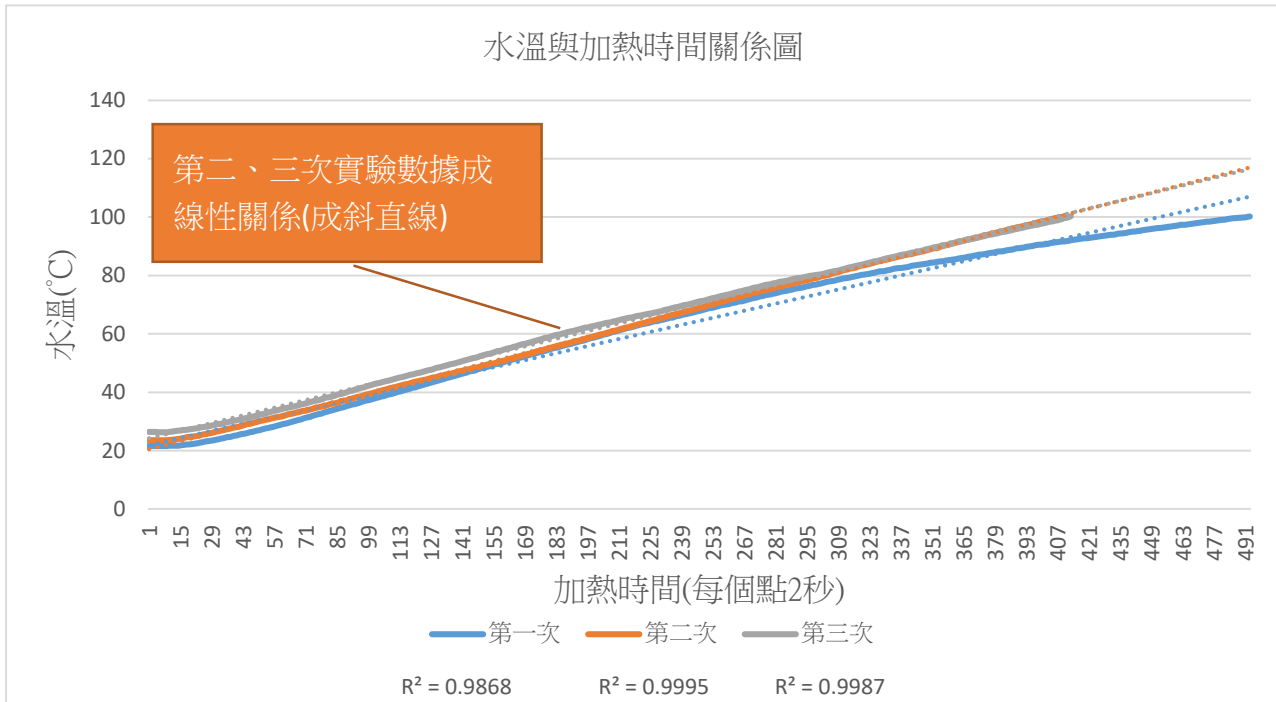
2.以卡式爐作為加熱熱源

■表 12 卡式爐加熱前後系統(燒杯+300mL 水+10mL 沙拉油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	467.14g	466.07g	1.07g
第二次	466.48g	465.89g	0.59g
第三次	466.04g	465.82g	0.22g

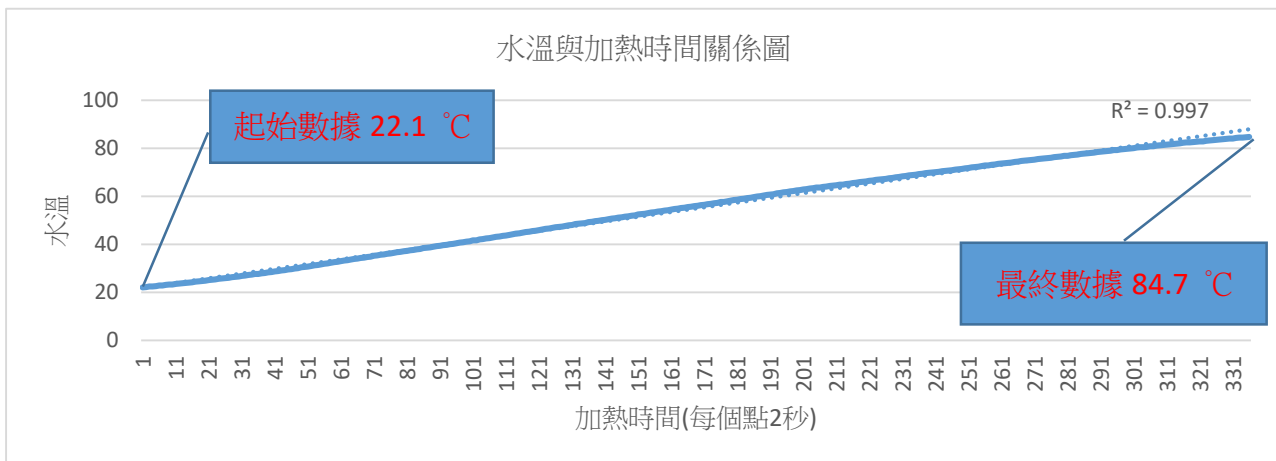
註一:第一次實驗初溫21.6°C，沸騰溫度100.2°C。  
 註二:第二次實驗初溫23.6°C，沸騰溫度100.1°C。  
 註三:第三次實驗初溫26.4°C，沸騰溫度100.3°C。

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 15 卡式爐加熱 300mL 水+10mL 油(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在數據處理上加入 $R^2$ 值，顯示數據在線性關係的相關性。第二、三次的實驗數據其 $R^2$ 值皆大於0.997



▲圖 16 擷取卡式爐加熱 300mL 水+10mL 油(第 1 次實驗)部分數據

■表 13 卡式爐加熱 300mL 水+10mL 油，實驗數據 ( $R^2$  值  $\geq 0.997$ ) 的溫度範圍

	起始數據	最終數據	$R^2$
第一次	22.1°C	84.7°C	0.997
第二次	23.6°C	100.1°C	0.999
第三次	26.4°C	100.3°C	0.998

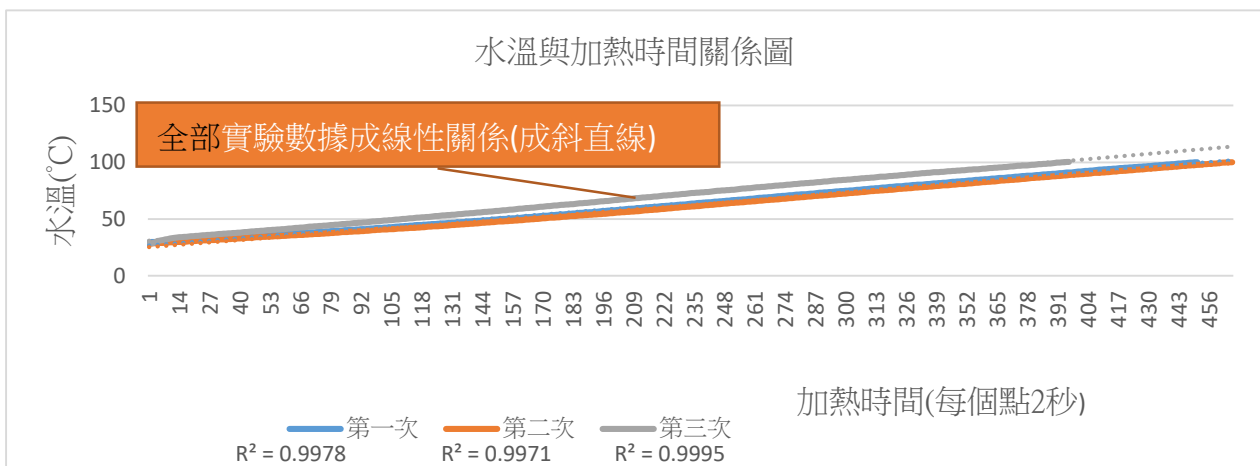
### 3.以電熱板作為加熱熱源

■表 14 電熱板加熱前後系統(燒杯+300mL 水+10mL 沙拉油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	466.42g	465.83g	0.59g
第二次	466.95g	466.39g	0.56g
第三次	466.33g	466.12g	0.21g

註一:第一次實驗初溫29.6°C，沸騰溫度100.1°C。  
 註二:第二次實驗初溫28.3°C，沸騰溫度100.1°C。  
 註三:第三次實驗初溫28.5°C，沸騰溫度100.3°C。

(1)以三次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 17 電熱板加熱 300mL 水+10mL 油(1~3 次實驗)

(2)利用Excel在數據處理上加入R<sup>2</sup>值，顯示數據在線性關係的相關性。加入沙拉油後整個加熱過程的實驗數據其R<sup>2</sup>值皆大於0.997。

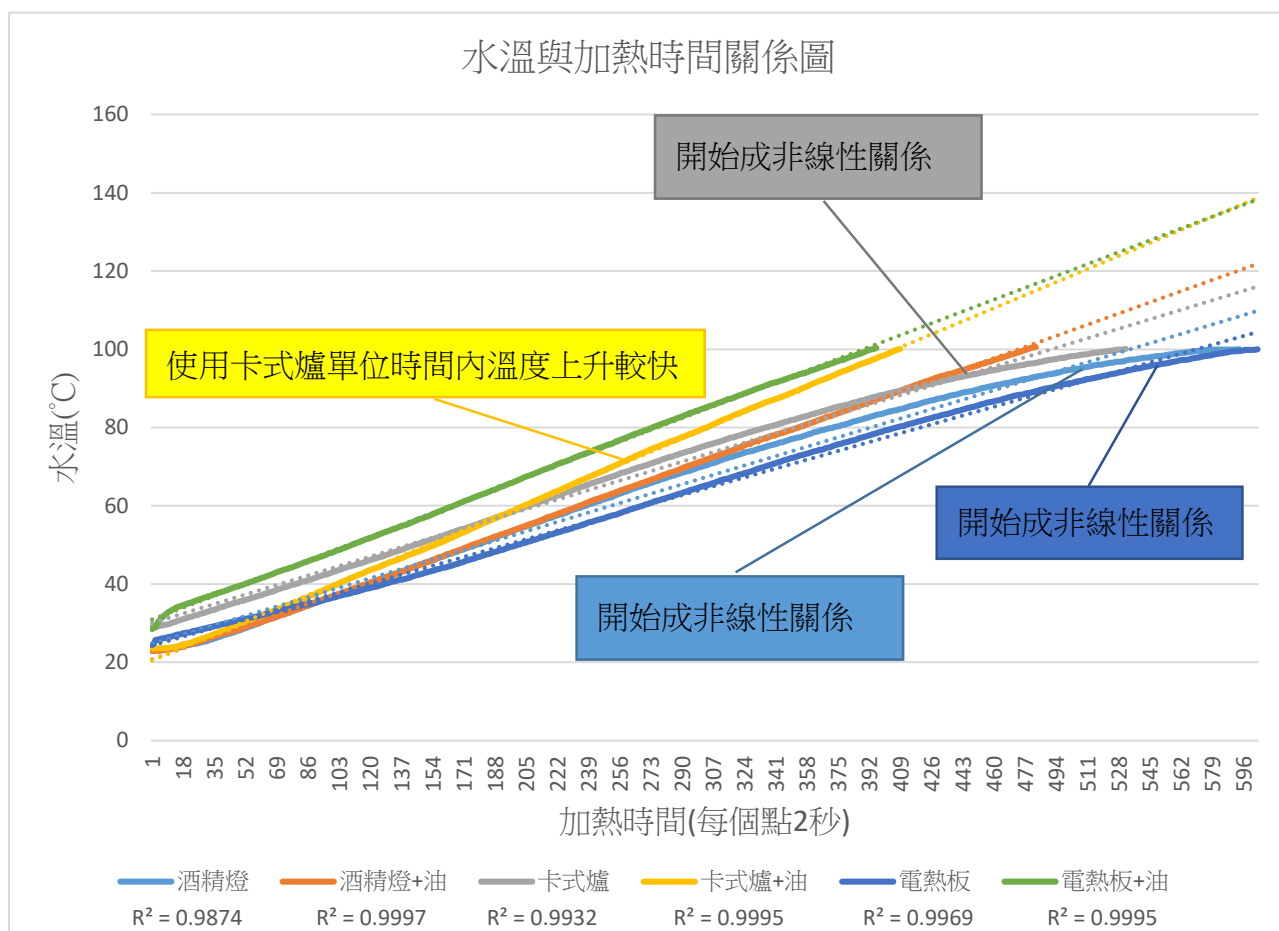
■表 15 電熱板加熱 300mL 水+10mL 油，實驗數據 (R<sup>2</sup> 值≥0.997)的溫度

	起始數據	最終數據	R <sup>2</sup>
第一次	29.6°C	100.1°C	0.997
第二次	28.3°C	100.1°C	0.997
第三次	28.5°C	100.3°C	0.999

(三)討論

1.由前面的實驗結果可以看出加入10mL沙拉油後，水的沸騰溫度皆提升至100°C以上，應該是表面的油讓水蒸發時須提高蒸氣壓，所以加油後沸點皆提高了。

- 加入沙拉油後以酒精燈(三次)、電熱板加熱(三次)卡式爐加熱(二次)的實驗數據關係圖的  $R^2$  值全部大於 0.997。
- 由圖 17 可以明顯看出不論哪一種加熱方式，有加沙拉油比沒加沙拉油的線性關係更好。當水溫達 80 幾  $^{\circ}\text{C}$  後有加入沙拉油的實驗數據仍呈線性關係，而未加入沙拉油的水溫開始緩慢上升，可以判斷出此時水開始大量蒸發，因此水的蒸發量是造成影響水溫與加熱時間是否成線性關係最大的因素之一。
- 加入 10mL 沙拉油後，不論哪一種加熱方式皆可縮短加熱至沸騰的時間，推測應該是加入沙拉油後減少水的蒸發，所以散失的熱量減少許多。
- 使用卡式爐加熱時單位時間內溫度上升比使用酒精燈及電熱板來的快，推測應該是當卡式爐(轉至最大火源)提供的熱大於酒精燈及電熱爐。

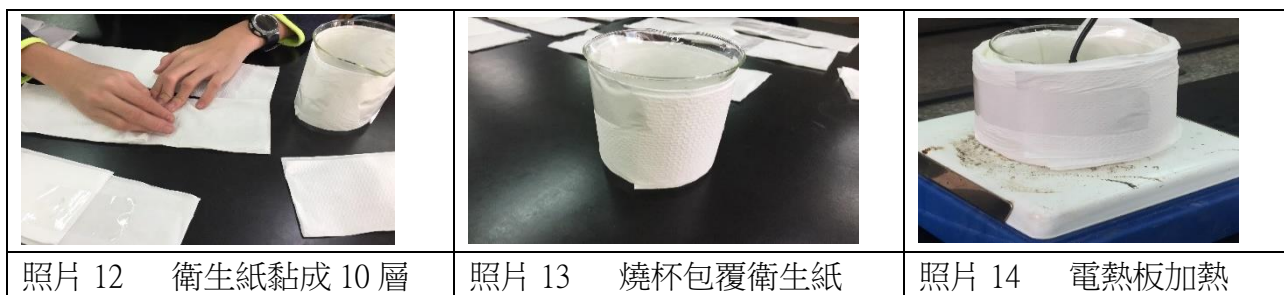


▲圖 18 不同加熱方式與沙拉油的有無

### 三、實驗三：探討輻射散失對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

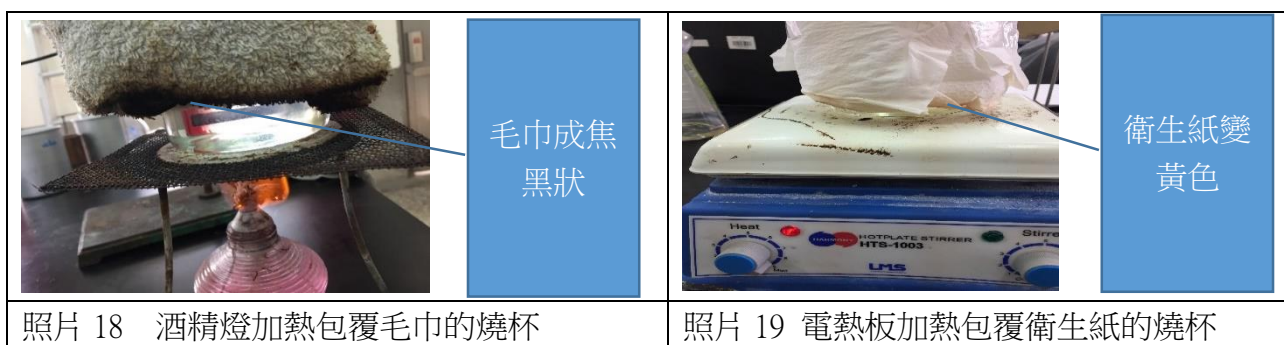
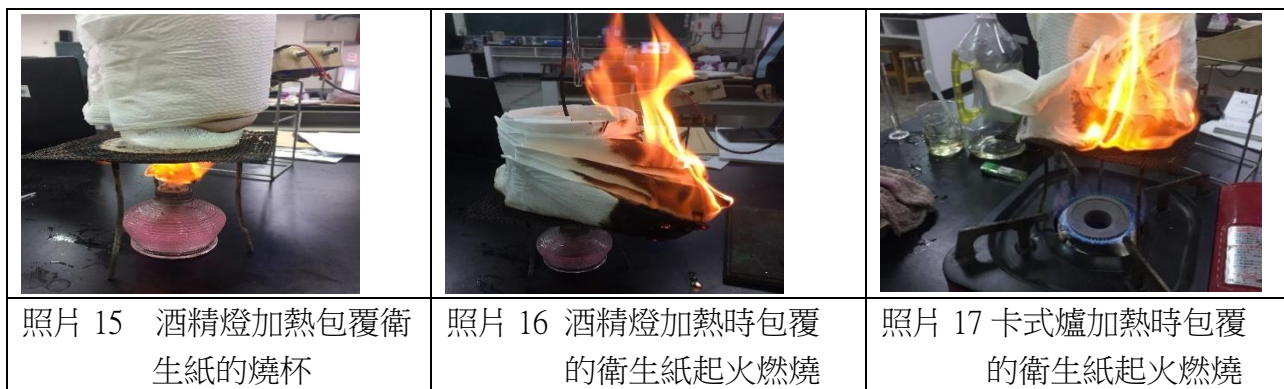
#### (一)實驗步驟

- 1.為減少輻射散失所以我們將燒杯圍上10層的衛生紙
- 2.分別利用酒精燈、卡式爐(大火)、電熱板(最大加熱功率)加熱300mL水及300L水+10mL沙拉油。加熱前先將陶瓷纖維網及電熱板預熱5分鐘。
- 3.利用電子天平分別秤取加熱前後總質量(300mL水+燒杯、300mL水+10mL沙拉油)。
- 4.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化。



#### (二)實驗結果

- 1.利用電熱板加熱時，可以完成實驗結果，但是當熱源改成酒精燈及卡式爐時，卻發生了衛生紙起火燃燒的情況，研判是火焰的溫度太高造成燃燒，後來我們將衛生紙改換成毛巾後依舊發生毛巾成焦黑狀，為避免為危險，故本實驗後續僅完成電熱板加熱實驗。





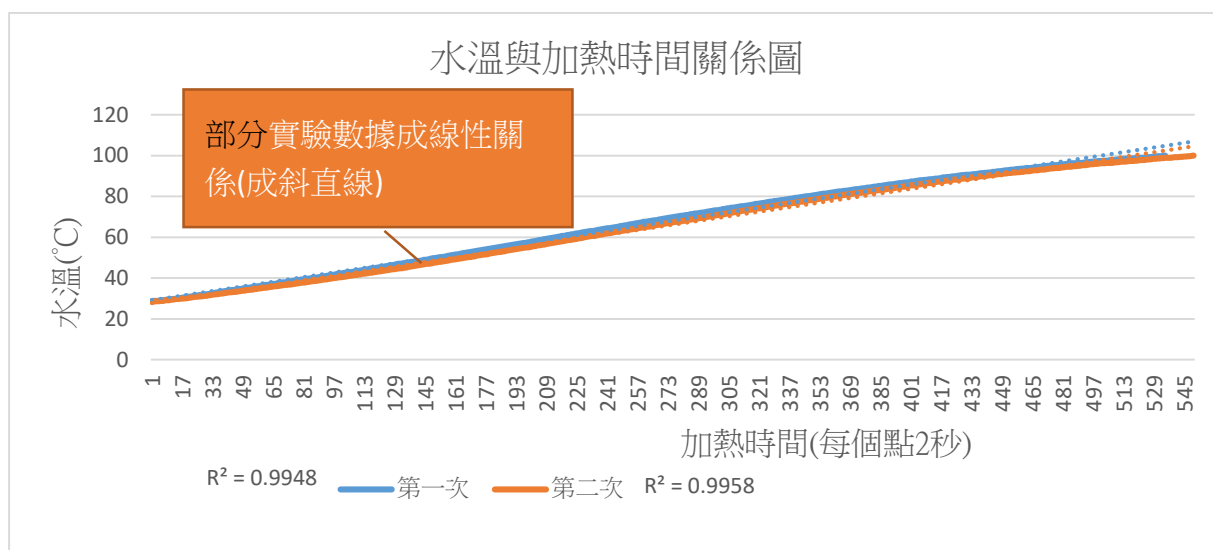
## 2.以電熱板作為加熱熱源

■表 16 電熱板加熱前後系統(燒杯+300mL 水)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	466.36g	453.14g	13.22g
第二次	466.37g	452.85g	13.52g

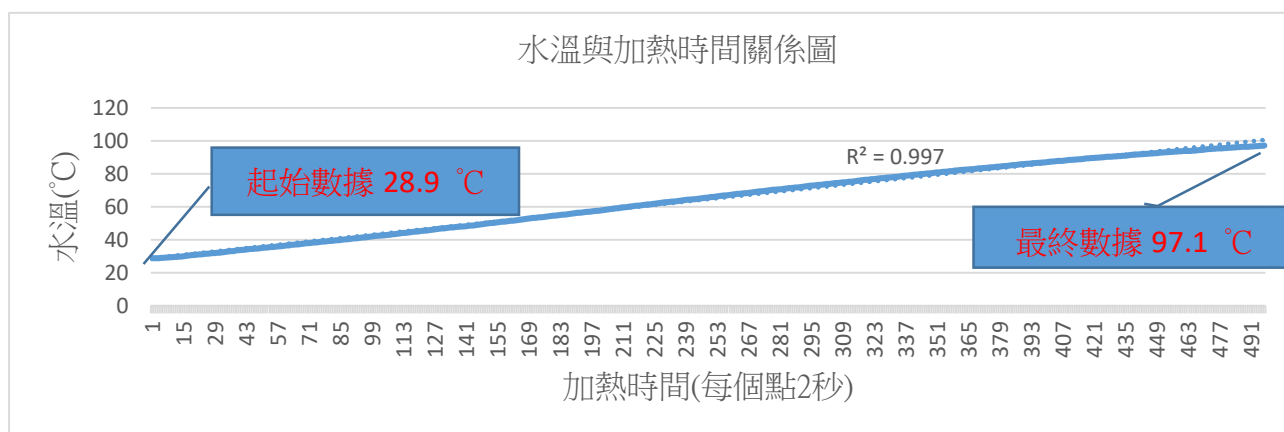
註一:第一次實驗初溫28.9°C, 沸騰溫度100°C。  
 註二:第二次實驗初溫28.5°C, 沸騰溫度100°C。

(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 19 電熱板加熱 300mL 水+包覆衛生紙

(2)利用Excel在數據處理上加入R<sup>2</sup>值, 顯示數據在線性關係的相關性。



▲圖 20 擷取電熱板加熱 300mL 水+包覆衛生紙(第 1 次實驗)部分數據

### 3.以電熱板作為加熱熱源

■表 17 電熱板加熱 300mL 水+10mL 油，實驗數據 ( $R^2$  值 $\geq 0.997$ )的溫度範圍

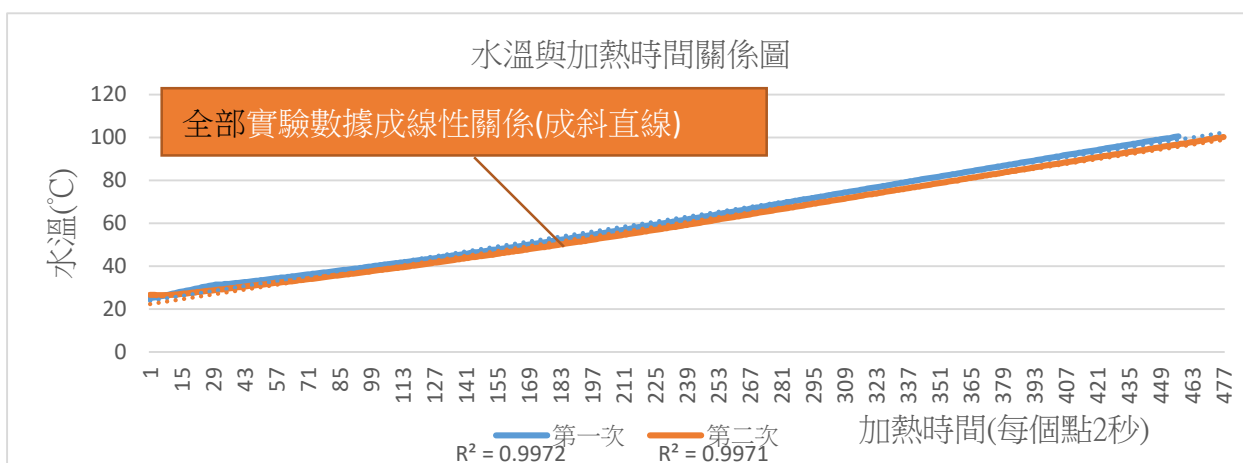
	起始數據	最終數據	$R^2$
第一次	28.9°C	97.1°C	0.997
第二次	28.5°C	97.9°C	0.997

■表 18 電熱板加熱前後系統(燒杯+300mL 水+10mL 油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	466.18g	465.92g	0.26g
第二次	466.25g	465.65g	0.6g

註一:第一次實驗初溫25°C，沸騰溫度100.4°C。  
 註二:第二次實驗初溫26.6°C，沸騰溫度100.1°C。

(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖

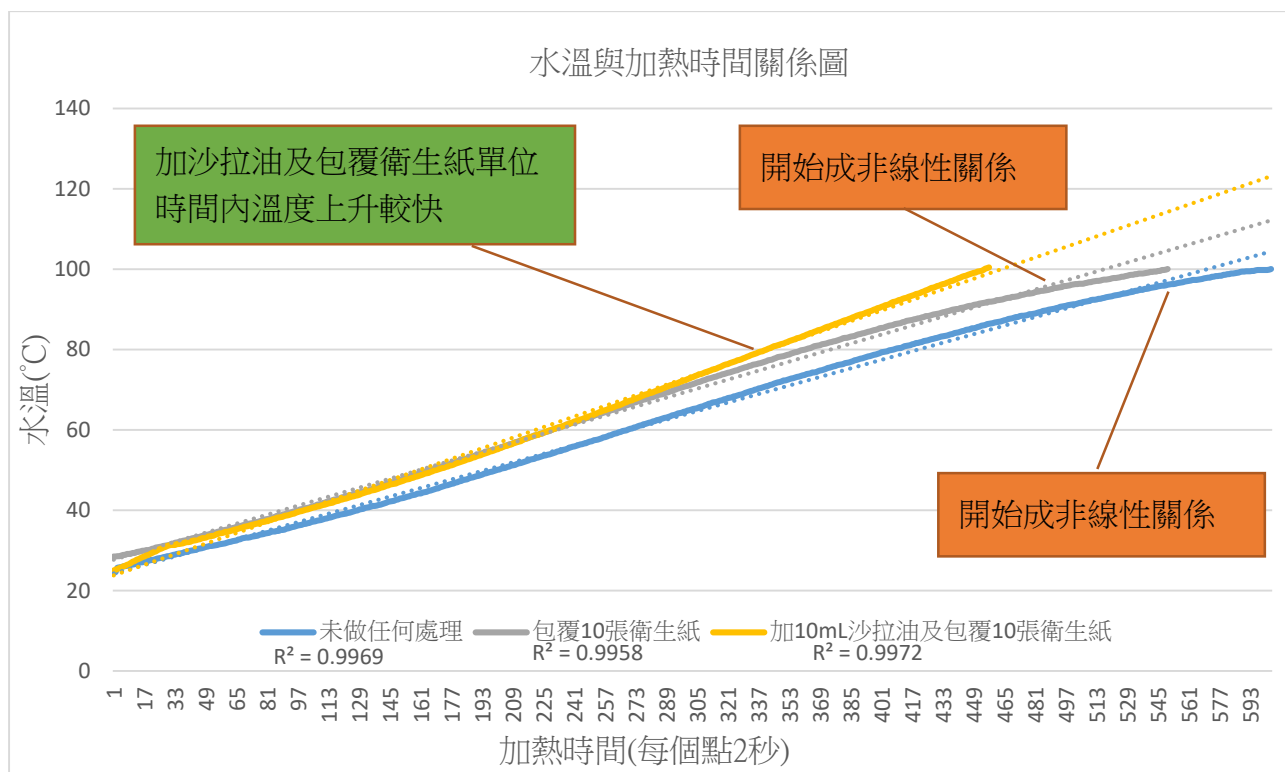


▲圖 21 電熱板加熱 300mL 水+10mL 油+包覆衛生紙(1~2 次實驗)

### (三)討論

- 1.由圖21可以看出有包覆衛生紙的水溫比未做任何處理的水溫上升較快，所以包覆衛生紙可以減少熱量的散失。
- 2.當燒杯有加入沙拉油時皆比沒加沙拉油時的數據更成線性關係，而且有加入沙拉油的水溫上升皆明顯較快，因此加入沙拉油會影響水溫上升快慢及實驗數據是否成線性關係非常明顯。

3.當溫度達80幾°C後有加入沙拉油的實驗數據仍呈線性關係，而未加入沙拉油的水溫開始緩慢上升，可以判斷出此時水開始大量蒸發，因此水的蒸發量是造成影響水溫與加熱時間是否呈線性關係最大的因素之一。

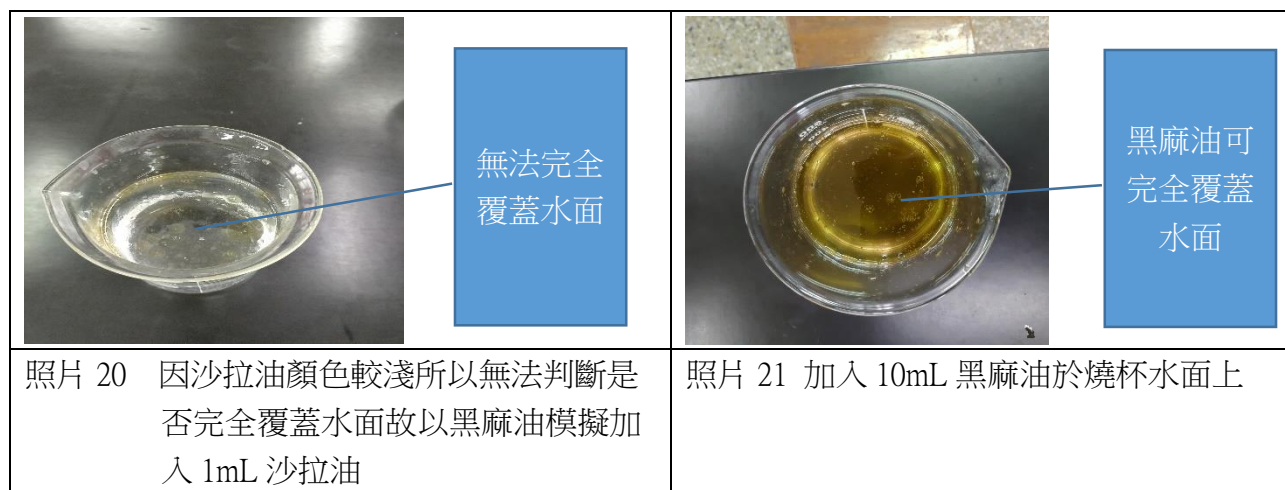


▲圖 22 電熱板加熱不同處理方式的燒杯(300mL 水)

#### 四、實驗四：探討不同的油量對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

##### (一)實驗步驟

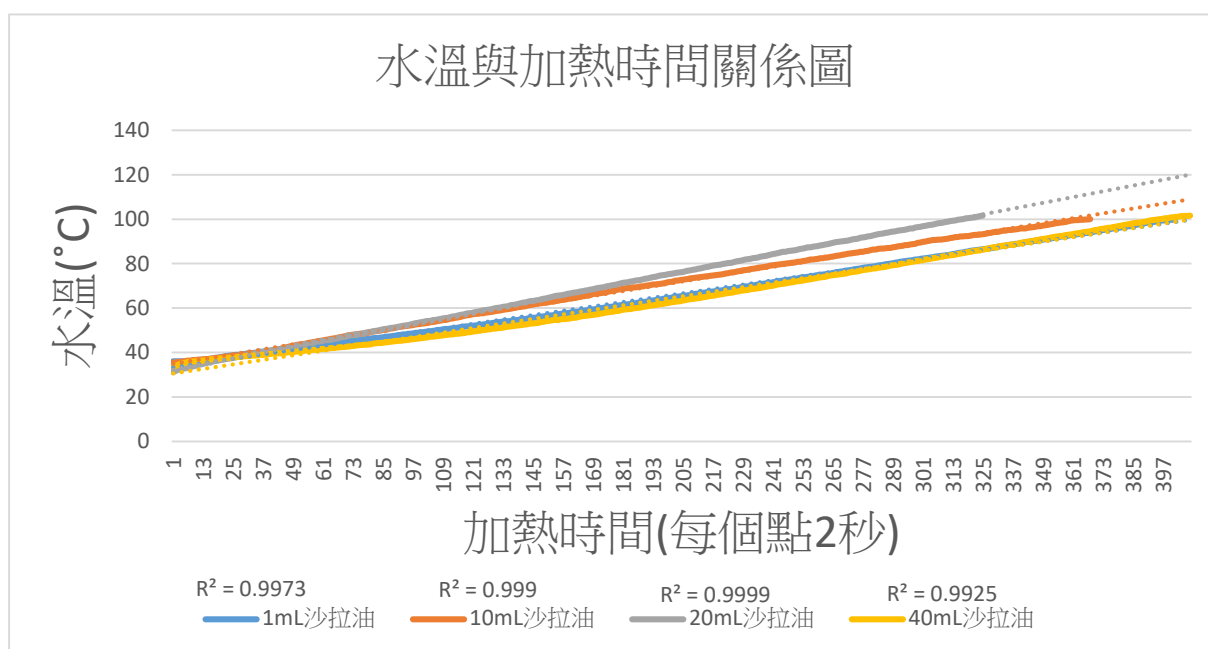
1.利用燒杯盛裝 300mL 水並分別滴入滴 1mL、10mL、20mL、40mL 沙拉油，燒杯外包覆 10 層衛生紙。



- 2.利用電熱板(最大加熱功率)分別加熱，加熱前先將電熱板預熱 5 分鐘。
- 3.利用電子天平分別秤取加熱前後總質量(300mL 水+不同油量+燒杯)
- 4.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化

(二)實驗結果 ■表 19 電熱板加熱前後系統(燒杯+300mL 水+不同油量)總質量變化

加入的沙拉油量	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
加入1mL沙拉油	460.78	455.68	5.1
加入10mL沙拉油	466.22	465.81	0.41
加入20mL沙拉油	412.56	412.25	0.31
加入40mL沙拉油	484.82	484.53	0.29



▲圖 23 電熱板加熱加入不同油量的燒杯(300mL 水)

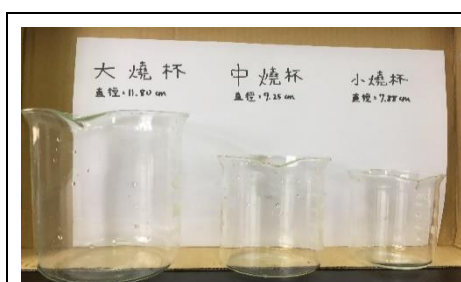
### (三)討論

- 1.由圖 23 可以看出當加入 1mL 的油量時因無法完全覆蓋水面，水溫與加熱時間的線性關係比較差。
- 2.加入 10mL 與 20mL 的油量時皆可完全覆蓋水面，水溫與加熱時間的呈良好的線性關係，爾後實驗皆加入 10mL 沙拉油。
- 3.加入 40mL 油量時也可完全覆蓋水面，但是實驗圖形顯示水溫與加熱時間的線性關係比變差，此次實驗並未去探討其詳細原因。

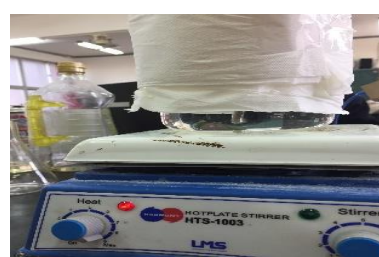
## 五、實驗五：探討受熱面積對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

### (一)實驗步驟

- 1.分別利用小燒杯、中燒杯、大燒杯盛裝 300mL 水並滴入 10mL 沙拉油，燒杯外覆蓋 10 層衛生紙。
- 2.利用電熱板(最大加熱功率)分別加熱，加熱前先將電熱板預熱 5 分鐘。
- 3.利用電子天平分別秤取加熱前後總質量(300mL 水+燒杯)
- 4.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化



照片 22 不同受熱面積的燒杯



照片 23 電熱板加熱燒杯

### (二)實驗結果

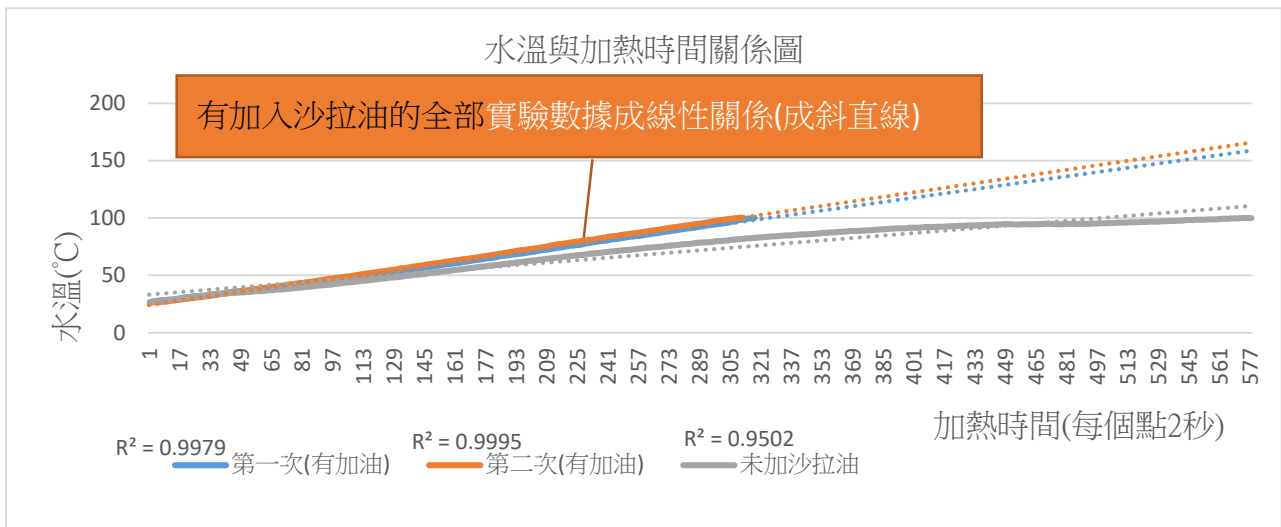
#### 1.大燒杯

■表 20 電熱板加熱前後系統(大燒杯+300mL 水+10mL 油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	638.26g	636.15g	2.11g
第二次	638.28g	636.71g	1.57g
未加沙拉油	630.45g	607.21g	23.24g

註一:第一次實驗初溫26.3°C，沸騰溫度100.2°C。  
 註二:第二次實驗初溫25.8°C，沸騰溫度100.3°C。  
 註三:未加入沙拉油實驗初溫26.3°C，沸騰溫度100°C。

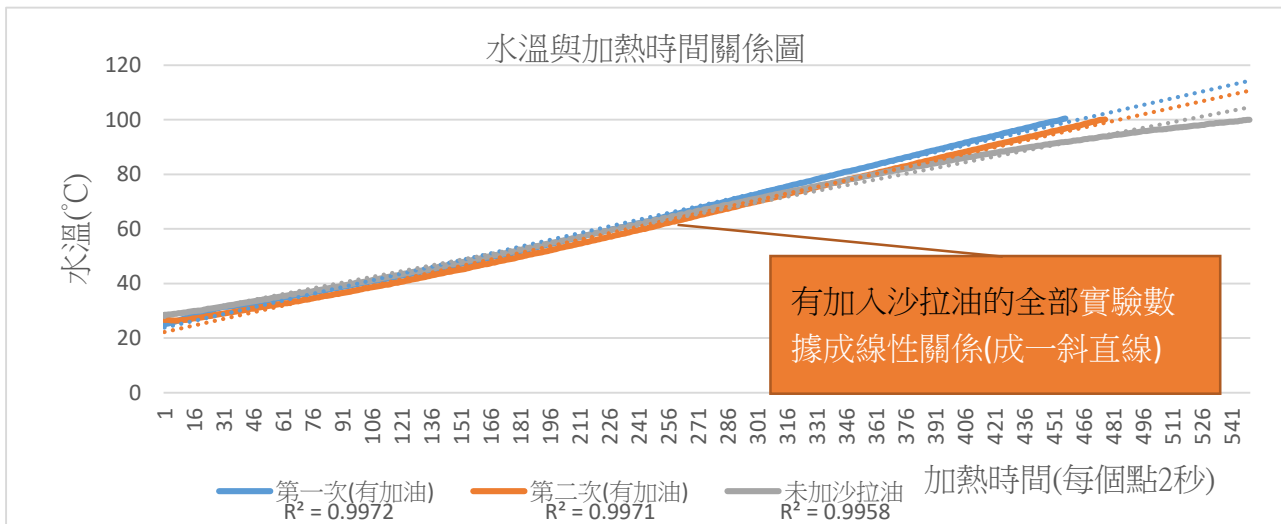
(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 24 電熱板加熱大受熱面積的燒杯(300mL 水+包覆衛生紙)

## 2.中燒杯

(1)以實驗三電熱板加熱300mL水+10mL沙拉油+包覆衛生紙的實驗數據做為此次數據



▲圖 25 電熱板加熱中受熱面積的燒杯(300mL 水+包覆衛生紙)

## 3.小燒杯

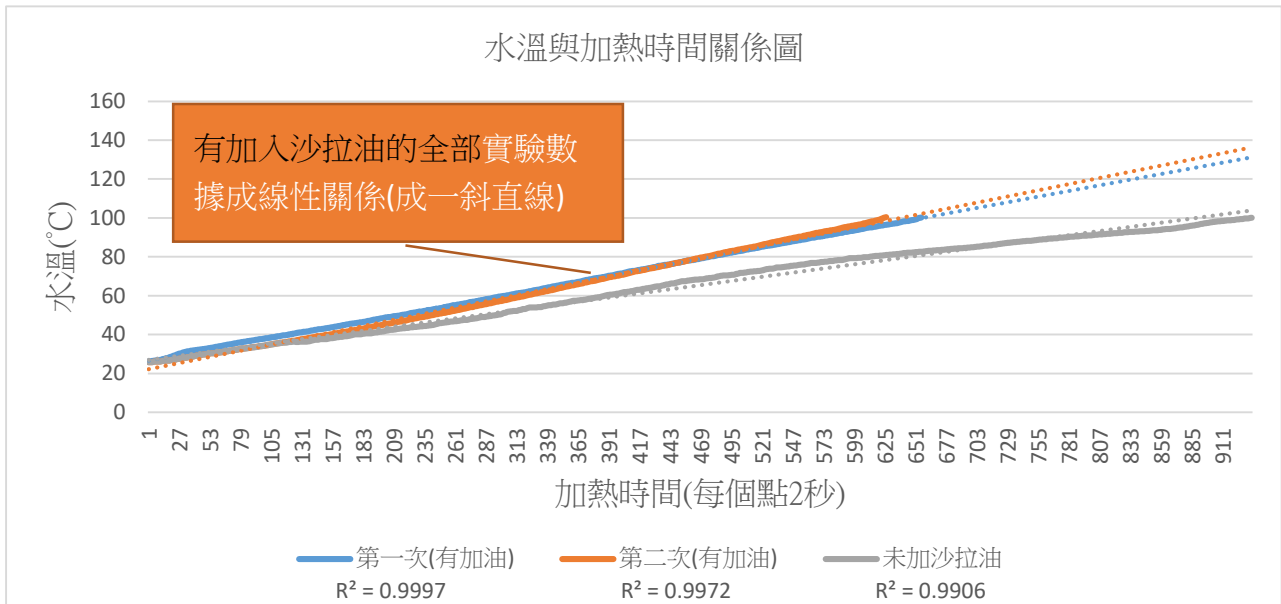
■表 21 電熱板加熱前後系統(小燒杯+300mL 水+10mL 油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	429.36g	429.21g	0.15g
第二次	429.38g	429.18g	0.2g
未加沙拉油	421.58g	410.98	10.6g

註一:第一次實驗初溫26.2°C, 沸騰溫度100.3°C。  
 註二:第二次實驗初溫25.8°C, 沸騰溫度100.4°C。  
 註三:未加入沙拉油實驗初溫25.8°C, 沸騰溫度100°C。



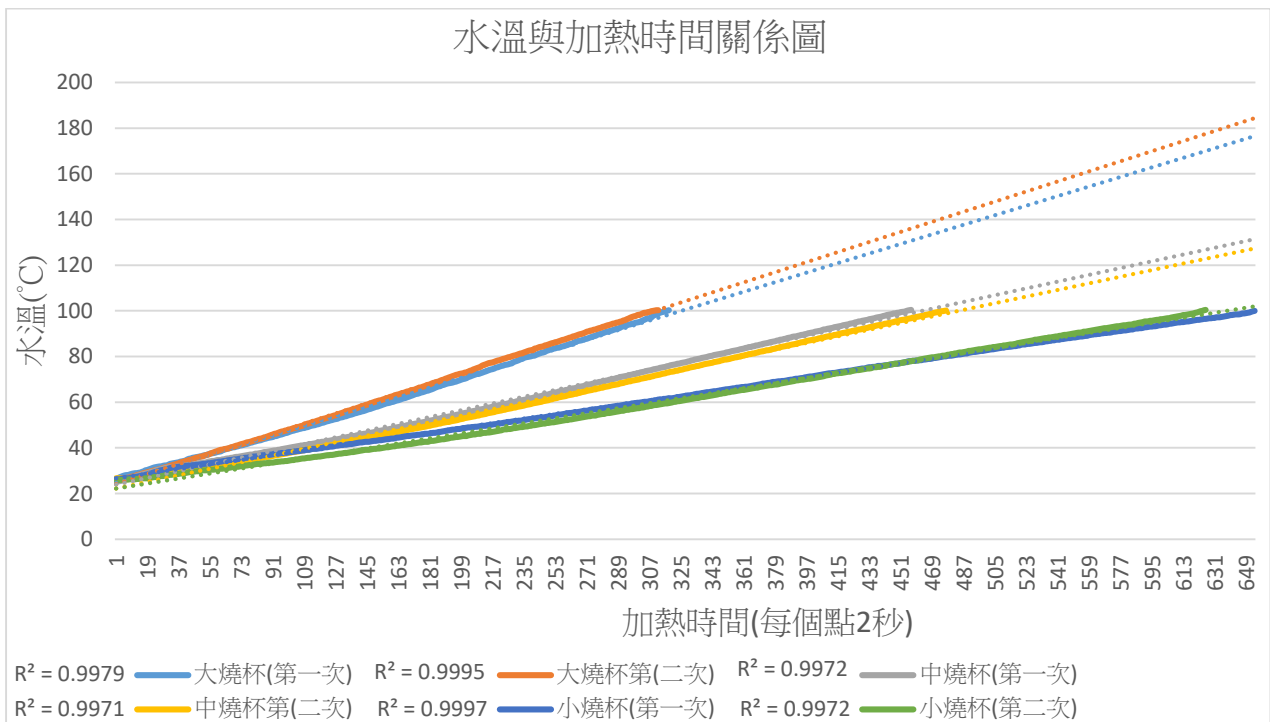
(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 26 電熱板加熱小受熱面積的燒杯(300mL 水+包覆衛生紙)

(三)討論

- 1.由圖27可以看出受熱面積越大時，單位時間內水溫上升越快，代表受熱面積越大吸收熱量越多。
- 2.由圖27可以看出全部實驗數據的 $R^2$ 值都大於0.997，代表實驗數據的線性關係很明顯，也就是當水中有加入沙拉油及燒杯包覆衛生紙時的實驗非常的穩定。



▲圖 27 電熱板加熱不同受熱面積的燒杯(300mL 水+10mL 水+包覆衛生紙)

## 六、實驗六：探討容器材質對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)

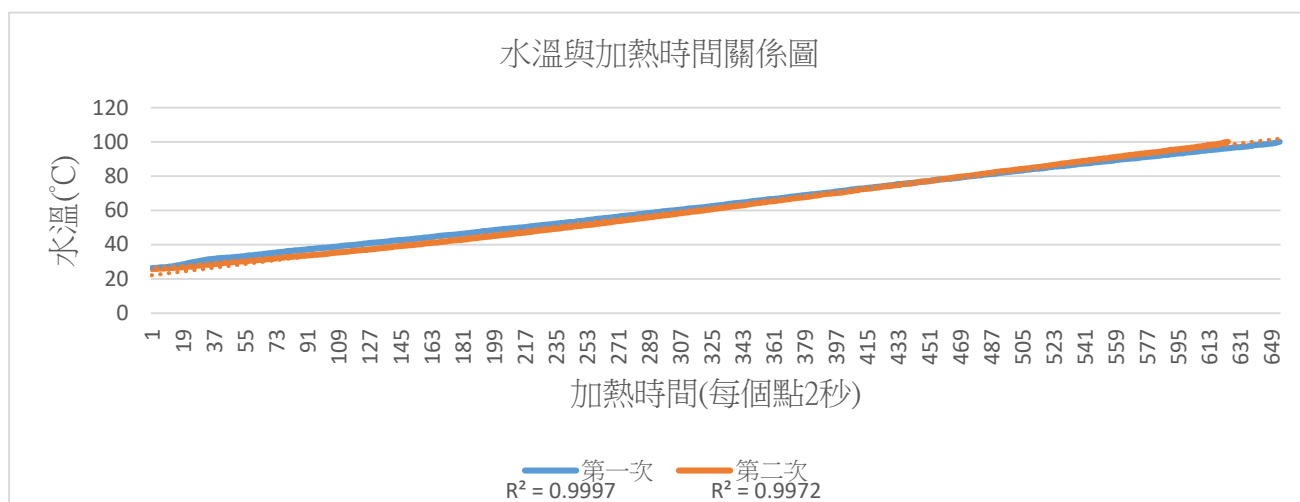
### (一)實驗步驟

- 1.分別利用燒杯、銅杯及鋁杯盛裝 300mL 水滴入 10mL 沙拉油，燒杯外包覆 10 層衛生紙
- 2.利用電熱板(最大加熱功率)分別加熱。加熱前先將電熱板預熱 5 分鐘
- 3.利用電子天平分別秤取加熱前總質量(300mL 水+燒杯)及加熱後總質量
- 4.利用電子溫度計紀錄水溫隨時間的變化



### (二)實驗結果

- 1.燒杯：以實驗四的小燒杯的實驗數據做為此次實驗數據



▲圖 28 電熱板加熱燒杯(300mL 水+10mL 沙拉油+包覆衛生紙)

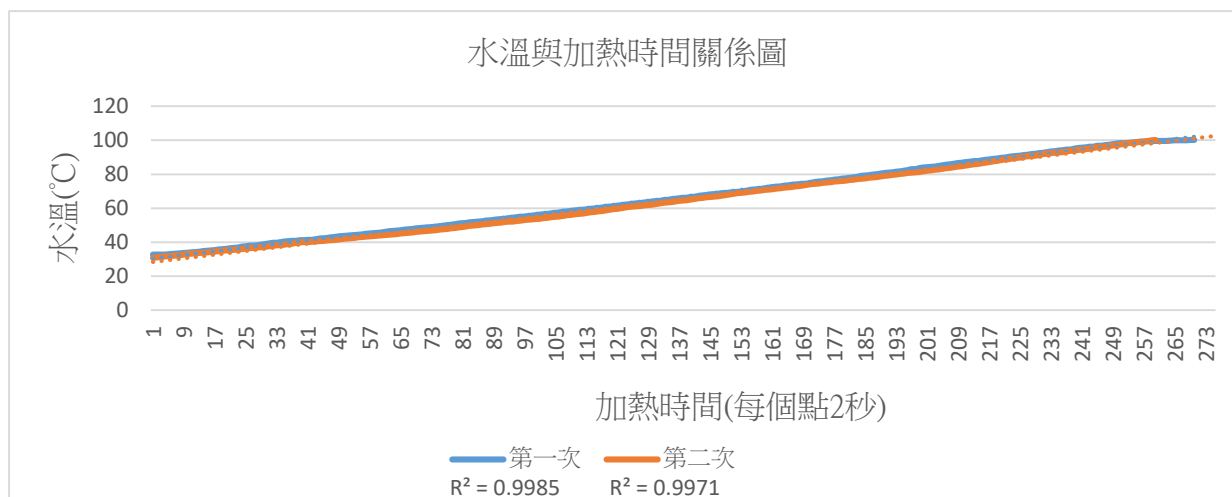
### 2.銅杯

■表 22 電熱板加熱前後系統(銅杯+300mL 水+10mL 油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	399.74g	398.52g	1.22g
第二次	399.54g	398.87g	0.67g

註一:第一次實驗初溫32.7°C，沸騰溫度100.2°C。  
 註二:第二次實驗初溫30.8°C，沸騰溫度100.1°C。

(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 29 電熱板加熱銅杯(300mL 水+10mL 沙拉油+包覆衛生紙)

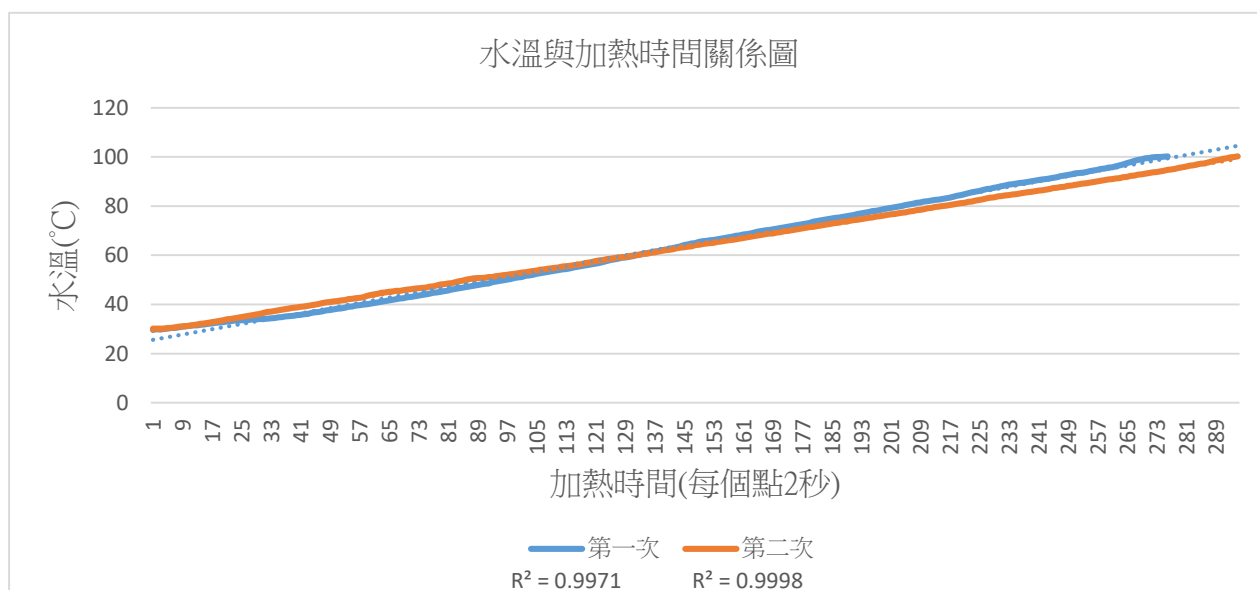
3.鋁杯

■表 23 電熱板加熱前後系統(鋁杯+300mL 水+10mL 油)總質量變化

	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰溫時總質量	蒸發水的質量
第一次	347.85g	347.48g	0.37g
第二次	347.54g	347.13g	0.41

註一:第一次實驗初溫29.7°C，沸騰溫度100.2°C。  
 註二:第二次實驗初溫30.2°C，沸騰溫度100.2°C。

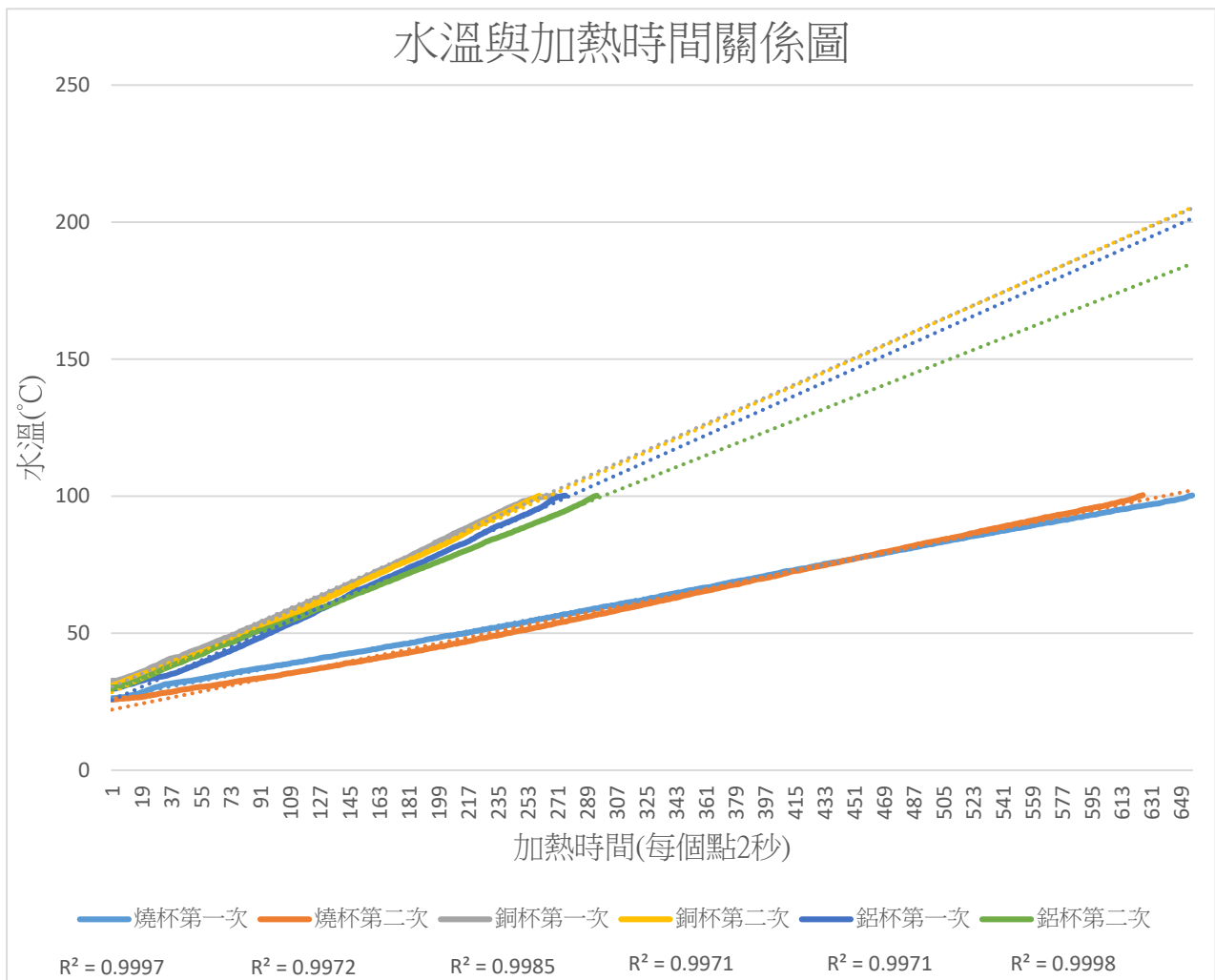
(1)以二次實驗結果做成溫度與加熱時間關係圖



▲圖 30 電熱板加熱銅杯(300mL 水+10mL 沙拉油+包覆衛生紙)

### (三)討論

- 1.由圖31可以看出銅及鋁兩種材質單位時間內水溫上升比玻璃材質上升快，代表銅及鋁兩種材質吸收熱量比玻璃好，但是銅及鋁兩材質的差異不大。
- 2.由圖31可以看出全部實驗數據的 $R^2$ 值都大於0.997，代表散失的熱量很少，也就是當水中加入沙拉油及燒杯包覆衛生紙時可以減少熱量的散失



▲圖 31 電熱板加熱不同材質容器(300mL 水+10mL 沙拉油+包覆衛生紙)

## 陸、結論

- 一.水加熱過程中在初始溫度至 80°C 前都沒有白煙(小水滴)的出現，當溫度到達 80°C 後開始有大量白煙(小水滴)產生，由此得知當溫度到達 80°C 後因水蒸發而帶走的熱量劇增，所以溫度與加熱時間關係圖的線性關係開始變差。
- 二.影響溫度與加熱時間關係圖(以水為例)的因素有：1.加熱方式 2.蒸發散失的多寡 3.輻射散失的多寡 4.受熱面積的大小 5.盛裝的材質
- 三.以下為我們的研究結果：
  - (一)以電熱板為加熱方式時水溫上升最穩定(線性關係  $R^2$  值最大)，以卡式爐為加熱方式時水溫上升最快。
  - (二)加入沙拉油使水蒸發量變小時水溫上升越穩定(線性關係  $R^2$  值最大)，且水溫上升越快。
  - (三)包覆衛生紙使輻射散失變少時水溫上升越穩定(線性關係  $R^2$  值最大)，且水溫上升越快。
  - (四)加入沙拉油的量不可太少也不可太多，僅需可將水面覆蓋即可。
  - (五)當水面有加入沙拉油時，受熱面積越大僅水溫上升越快，而水溫上升穩定(線性關係  $R^2$  值最大)與受熱面積無關。
  - (六)當水面有加入沙拉油時，銅及鋁材質水溫上升越快，而水溫上升穩定(線性關係  $R^2$  值最大)與材質無關。
- 四.建議國中教材要進行溫度(變化)與加熱時間關係實驗時，可以在操作步驟中加入少許沙拉油(能覆蓋水面即可)，可以讓實驗結果更符合實驗公式。

## 柒、參考資料

- 一、張博欽、李慧菁主編(2014)。自然與生活科技國中 2 上。台南市：翰林出版事業股份有限公司。
- 二、鍾明修、蔡宇倫、王聖仁(2015) •能源的使用效率及熱散失之研究(能源與材料科技系實務專題論文) •台北：修平科技大學。
- 三、己心亦凡(2010 年 10 月 26 日) •利用 Excel 趨勢線做簡單的資料分析•取自 <https://dotblogs.com.tw/eason/2010/10/26/18589>

## 【評語】 030102

1. 能觀察到常見實驗中不為人注意的細節。
2. 能設計實驗方法並良好的分析其問題。
3. 以平均值計算蒸發率，仍有可能包含了非線性的蒸發效應，可以再多考慮這部分的影響。



# 壹、研究動機

記得在國二上學期自然與生活科技課本裡有一個單元是溫度與熱，曾提到將水加熱時水的溫度變化與加熱時間成正比，但是當我們實際去實驗室操作實驗時只有在某一段加熱時間才有線性關係，這引起了我們的好奇，到底是我們實驗操作發生了問題？還是另有其他原因呢？

# 貳、研究目的

本研究旨在了解有那些因素會影響加熱時間與溫度關係圖成非現性關係。研究目的與研究問題條列如下：

目的一、了解使用酒精燈加熱水時，加熱時間與水溫的實驗數據是否有線性關係？

目的二、了解哪些因素會影響到加熱時間與水溫實驗結果，導致兩者線性關係改變？

目的三、找到最簡易的加熱方法使加熱時間與水溫實驗結果呈現最佳的線性關係

# 參、研究設備及器材

1 燒杯(大、中、小)、銅杯、鋁杯	2 鐵架、陶瓷纖維網、量筒、滴管
3 酒精燈、卡式爐、電熱板	4 筆記型電腦、防水型溫度感測器
5 電子天平	6 沙拉油、衛生紙

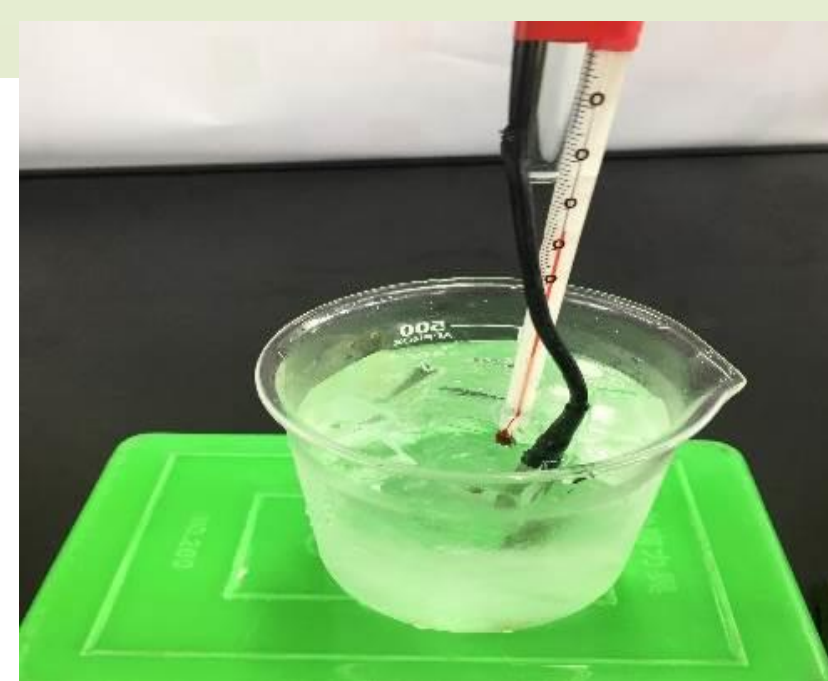
# 肆、研究流程



# 伍、研究結果

目的一、了解使用酒精燈加熱水時，加熱時間與水溫的實驗數據是否有線性關係？

## 1. 溫度計校正



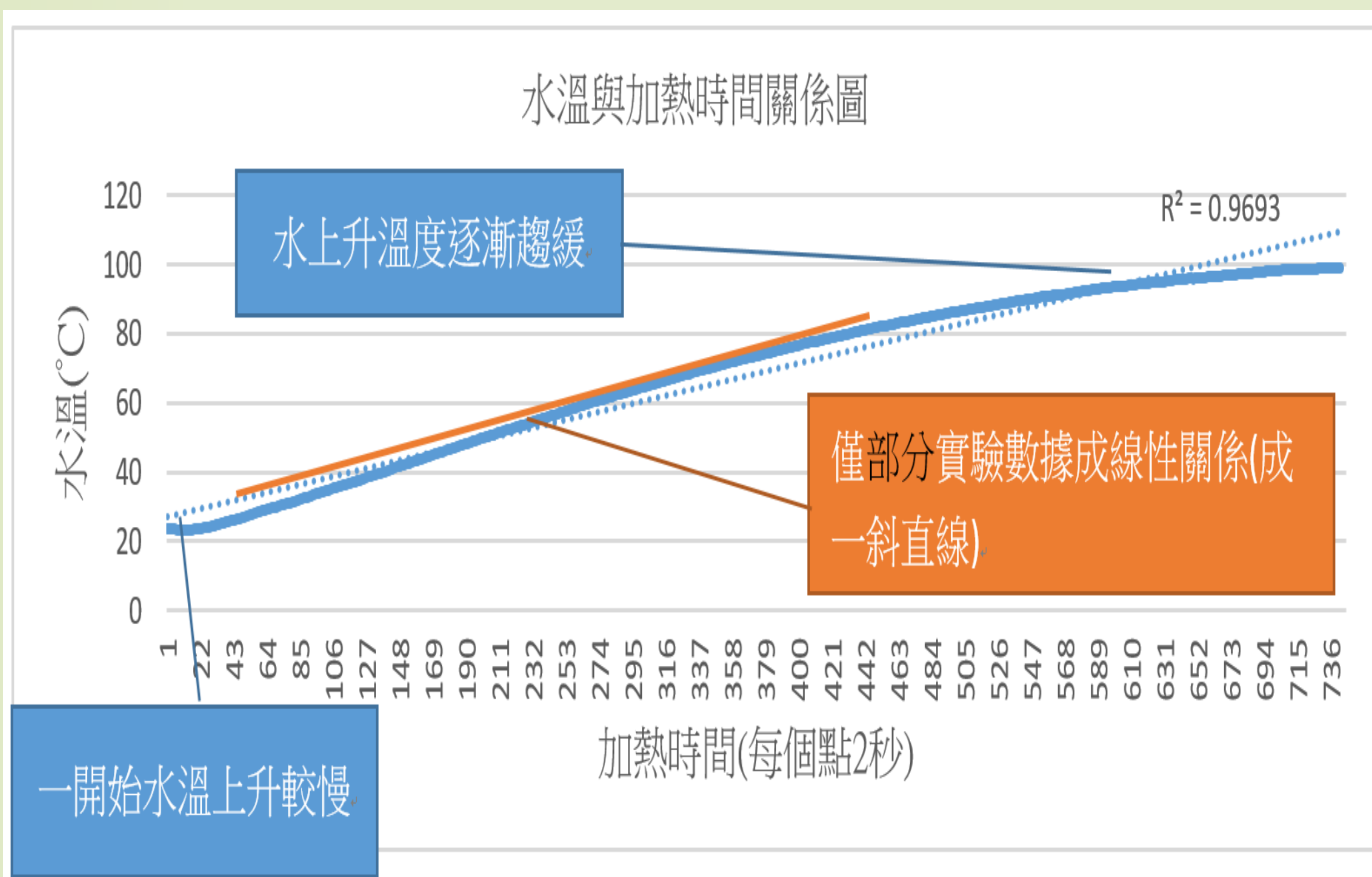
測量冰水共存時的溫度



測量水沸騰時的溫度



# 一、實驗一：觀察利用酒精燈加熱300mL水的過程並記錄加熱時間與溫度之關係



	加熱前	加熱至沸騰	1. 質量減少 22.02g 2. 花1484秒
溫度(度)	23.5	99	
質量(g)	454.43	432.41	
時間(每個點2秒)	1	742	

定義：蒸發率

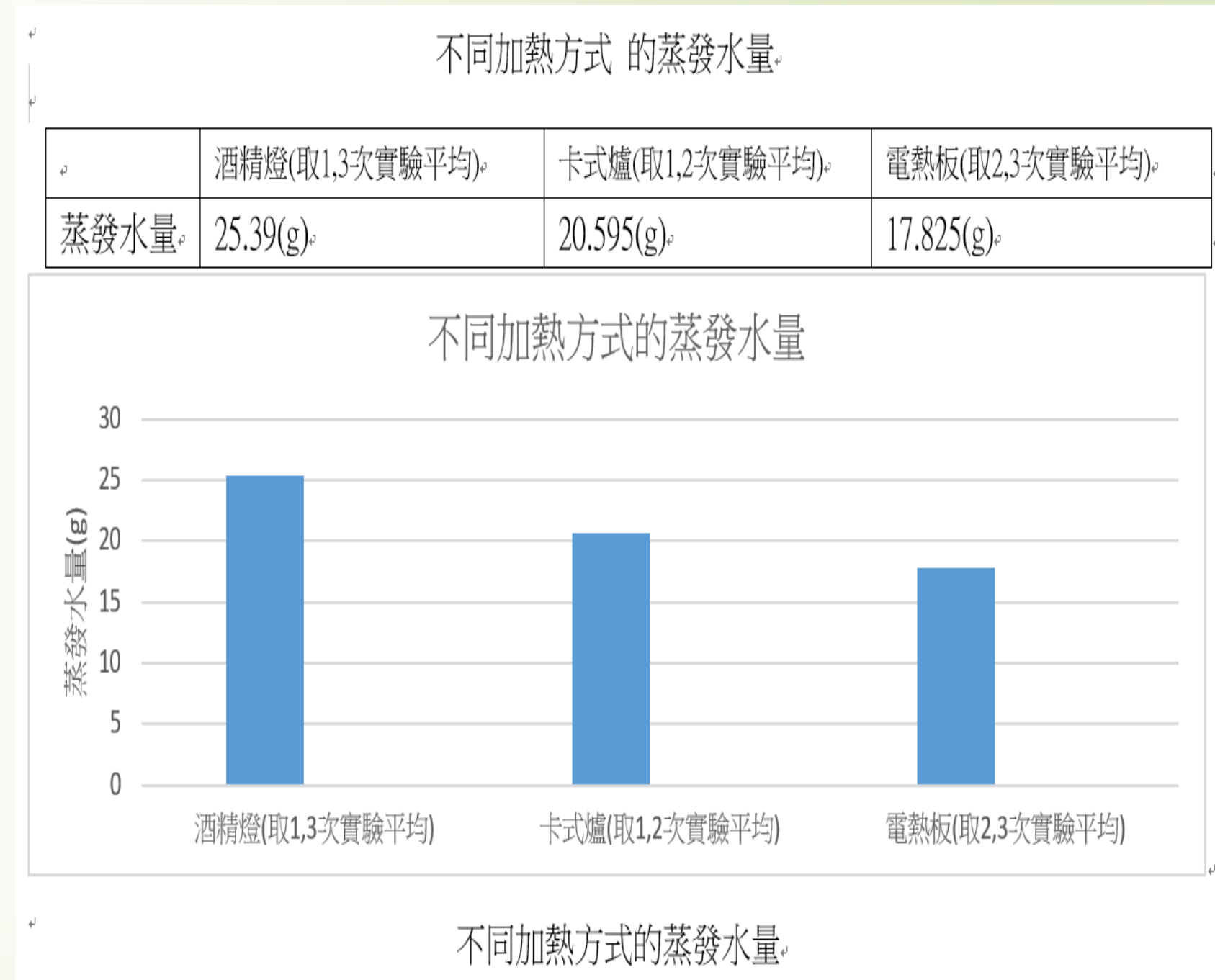
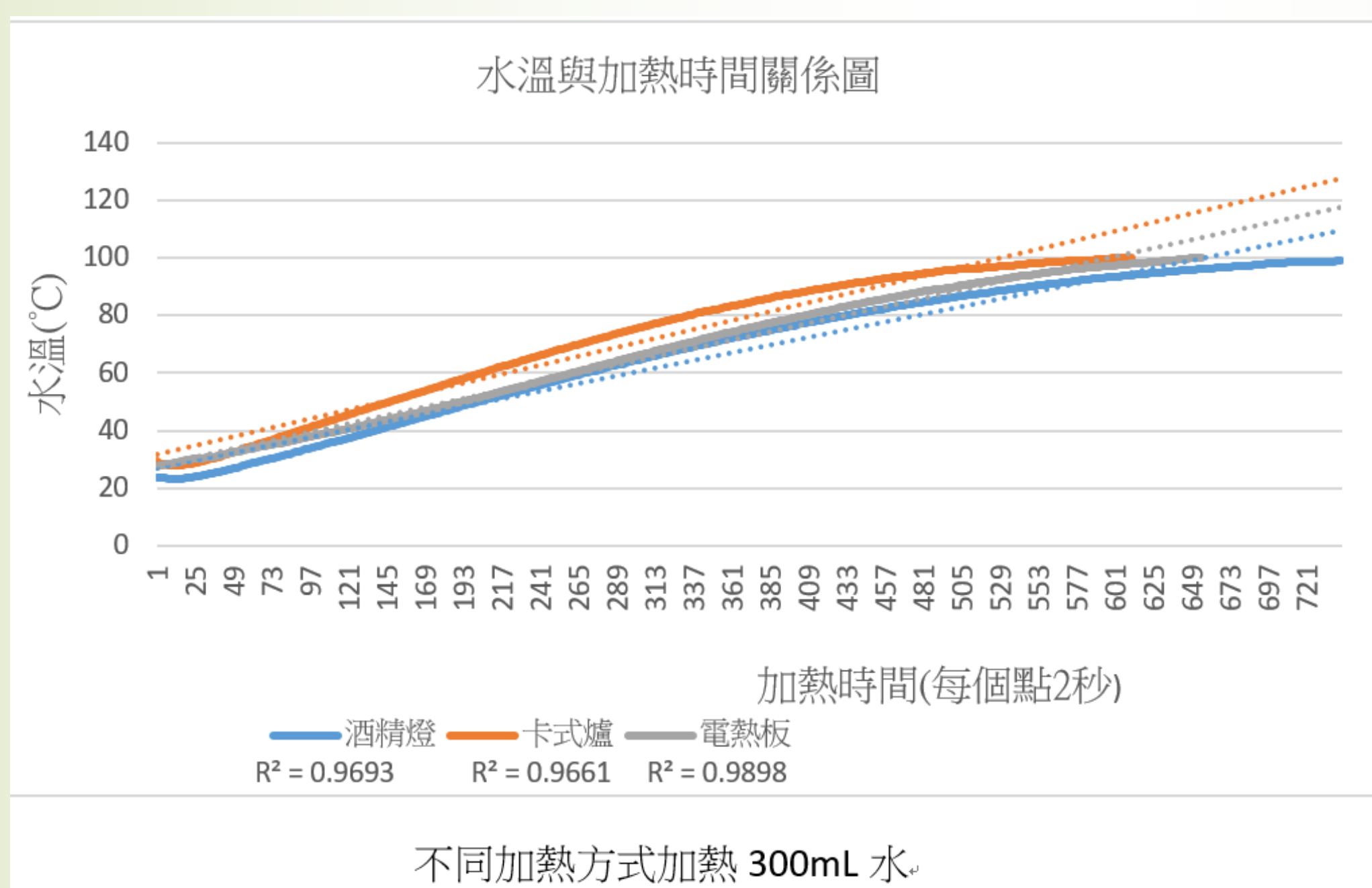
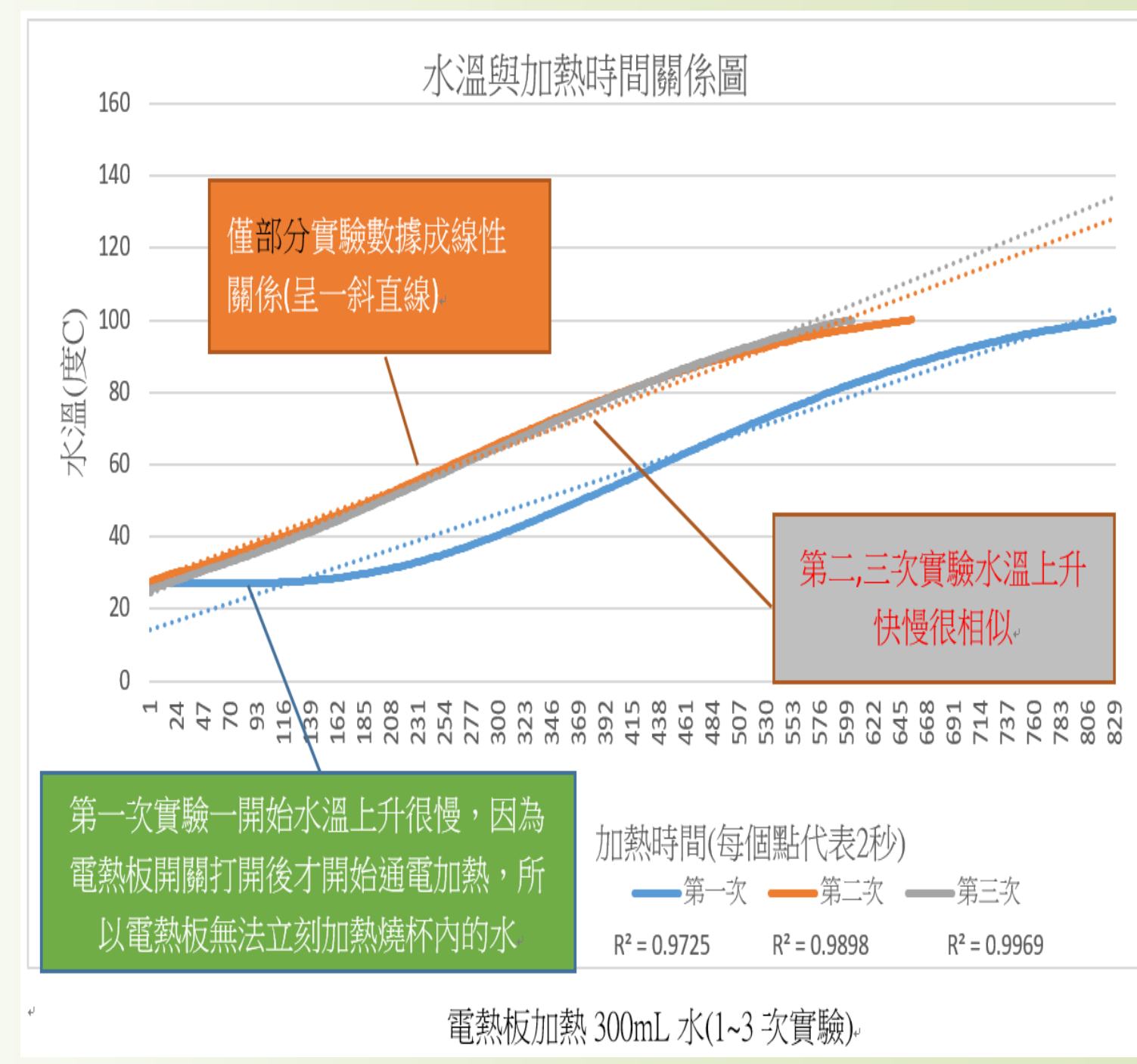
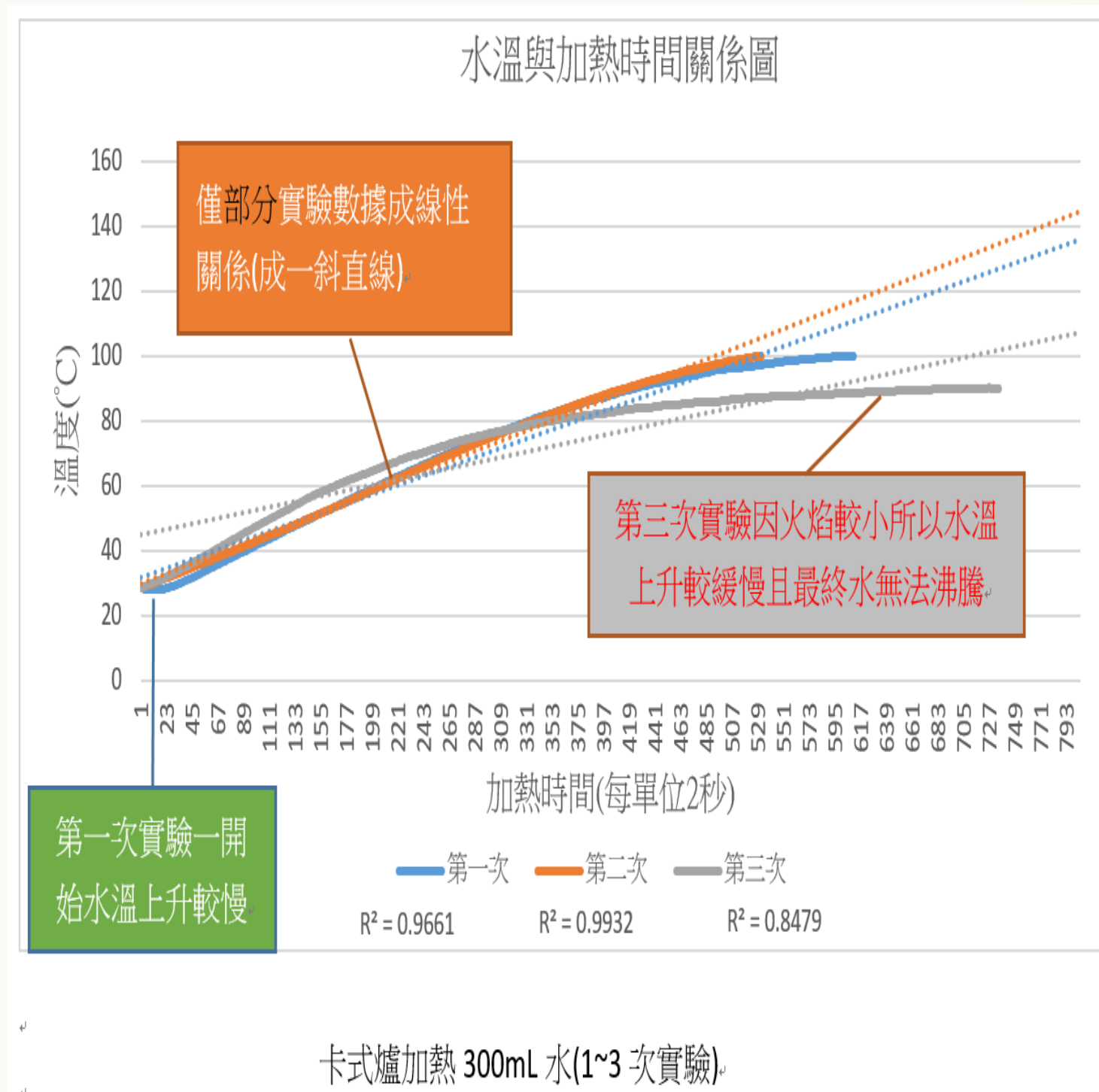
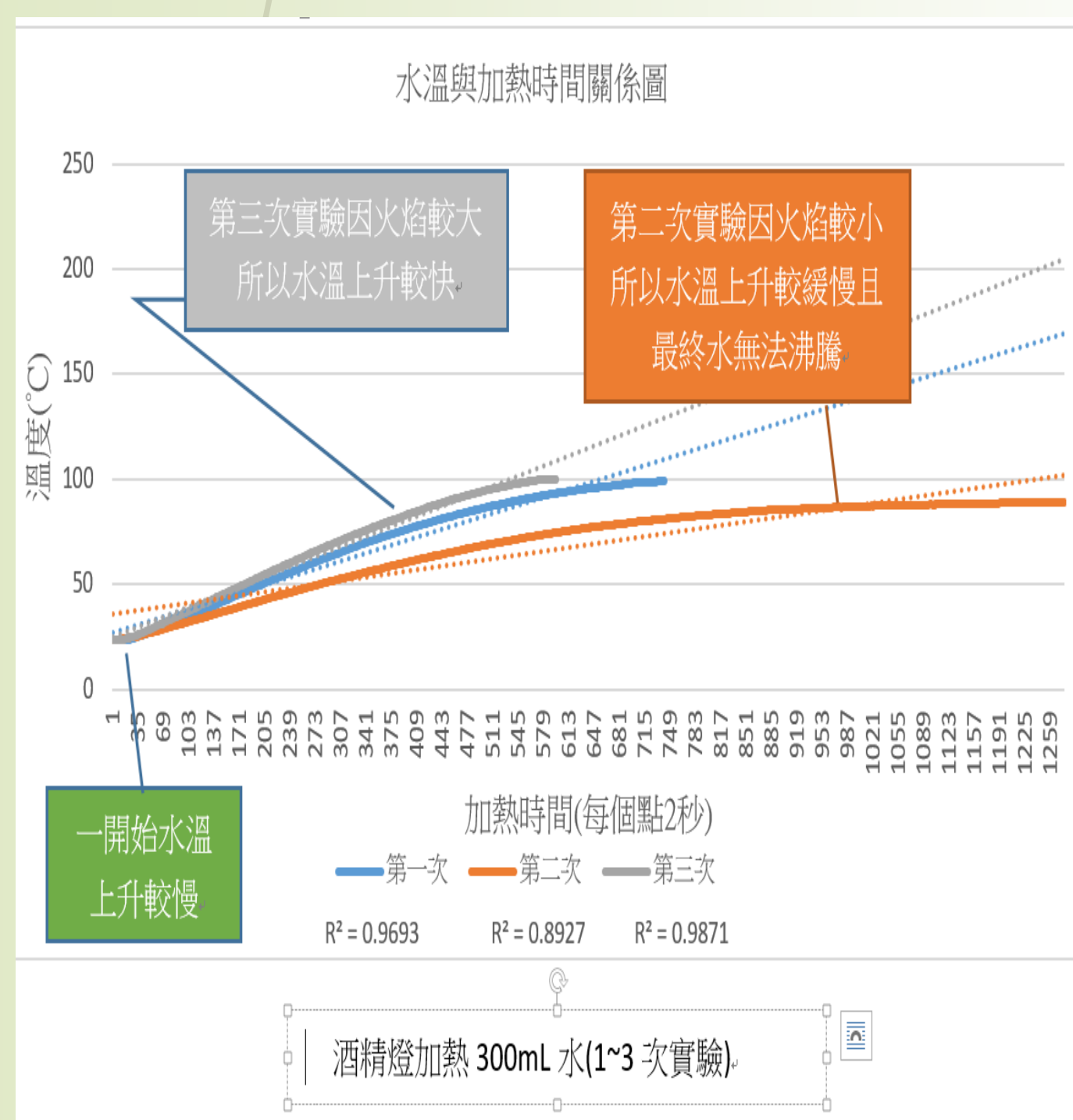
$$= \frac{\text{減少水的質量}}{\text{原來全部水質量}} * 100$$

$$= \frac{22.02}{300} * 100\%$$

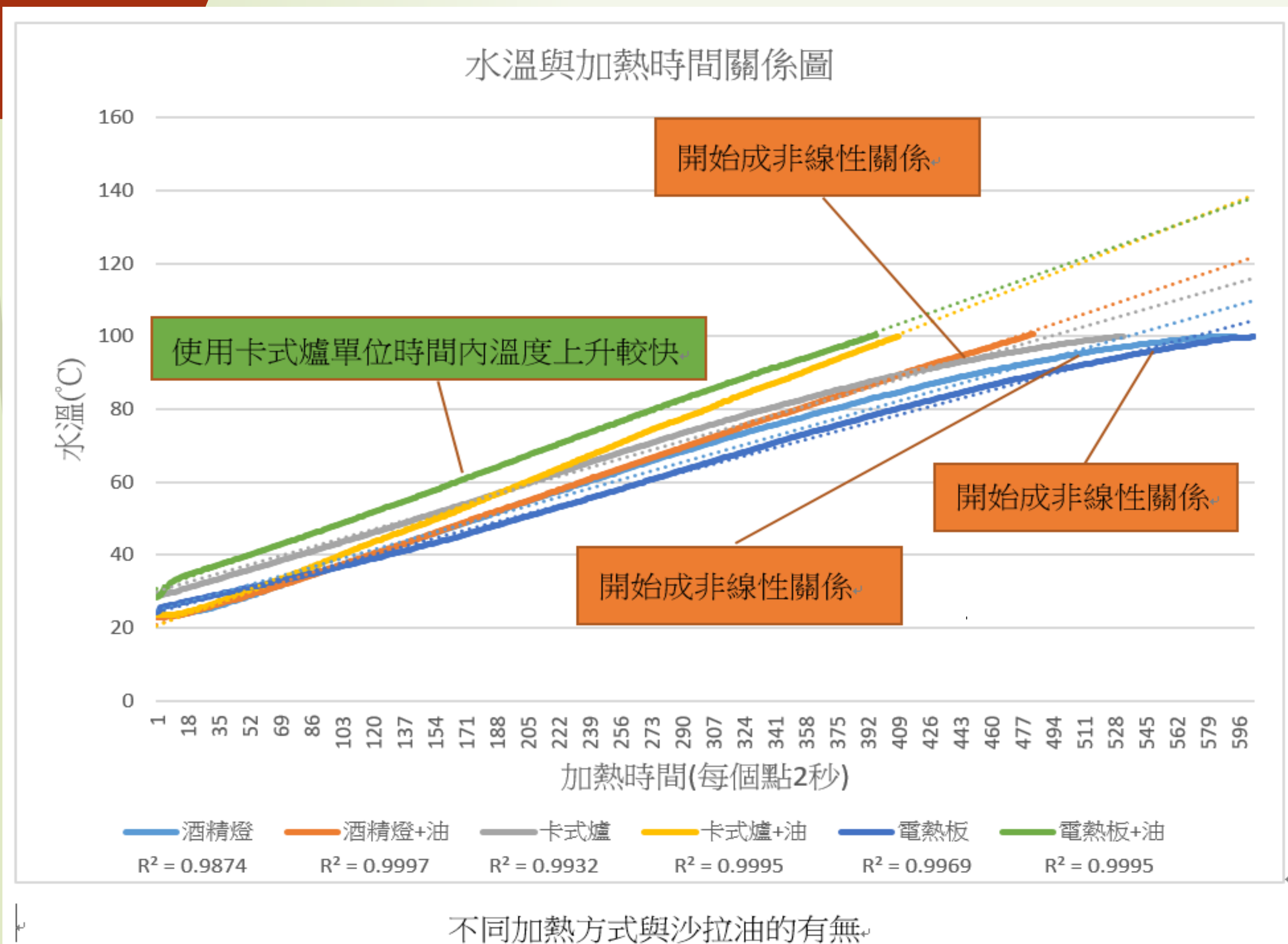
$$= 7.34\%$$

## 目的二、了解哪些因素會影響到加熱時間與水溫實驗結果，導致兩者線性關係改變？

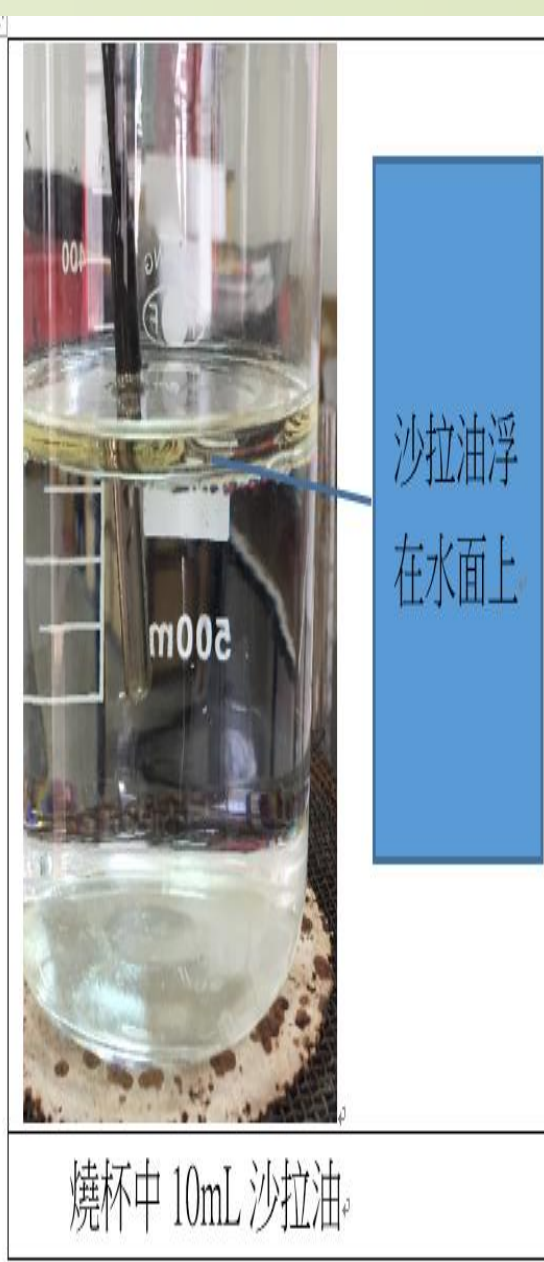
### 一、實驗一：探討不同加熱方式對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)



### 二、實驗二：探討水蒸發對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)



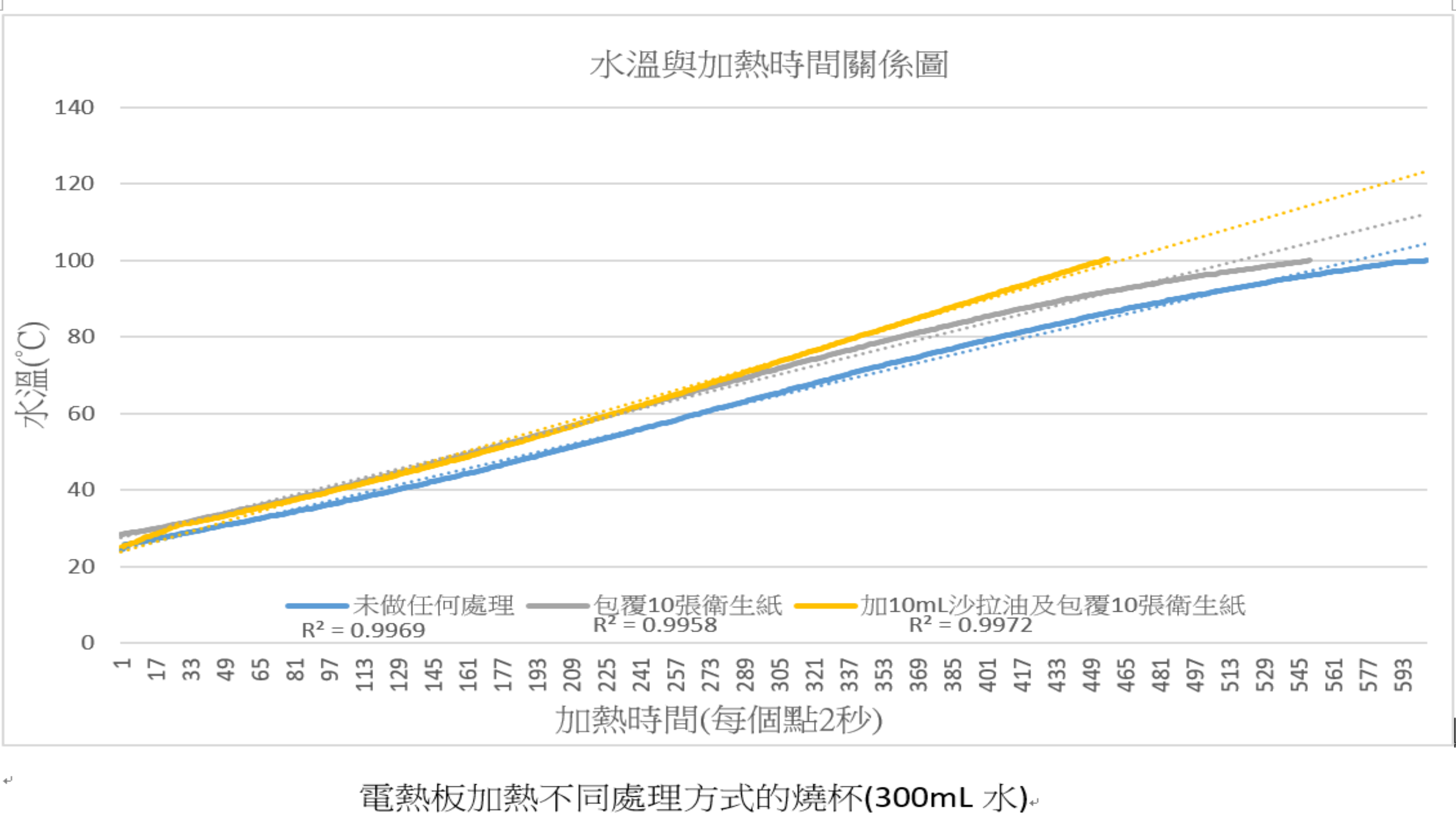
- 實驗結果可以看出加入10mL沙拉油，沸點皆提高了。須注意突沸
- 由左圖可以看出不論哪一種加熱方式，有加入沙拉油比沒加沙拉油的線性關係更好。當水溫達80幾°C後有加入沙拉油的實驗數據仍呈線性關係，而未加入沙拉油的水溫開始緩慢上升



加入的沙拉油量	質量(g)		
	加熱前總質量	加熱至沸騰時總質量	蒸發水的質量
加入1mL沙拉油	460.78	455.68	5.1
加入10mL沙拉油	466.22	465.81	0.41
加入20mL沙拉油	412.56	412.25	0.31
加入40mL沙拉油	484.82	484.53	0.29

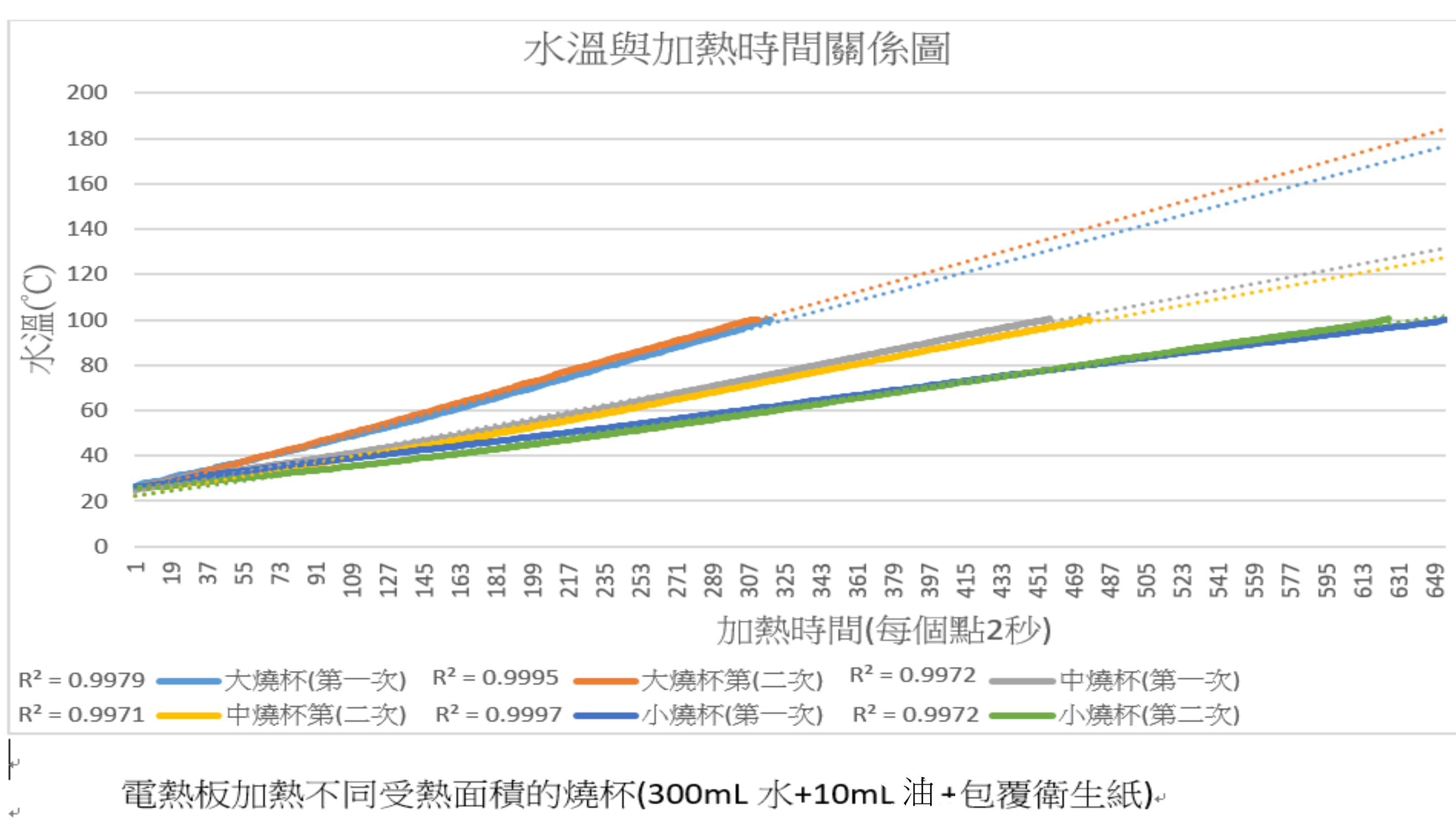


### 三、實驗三：探討輻射散失對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)



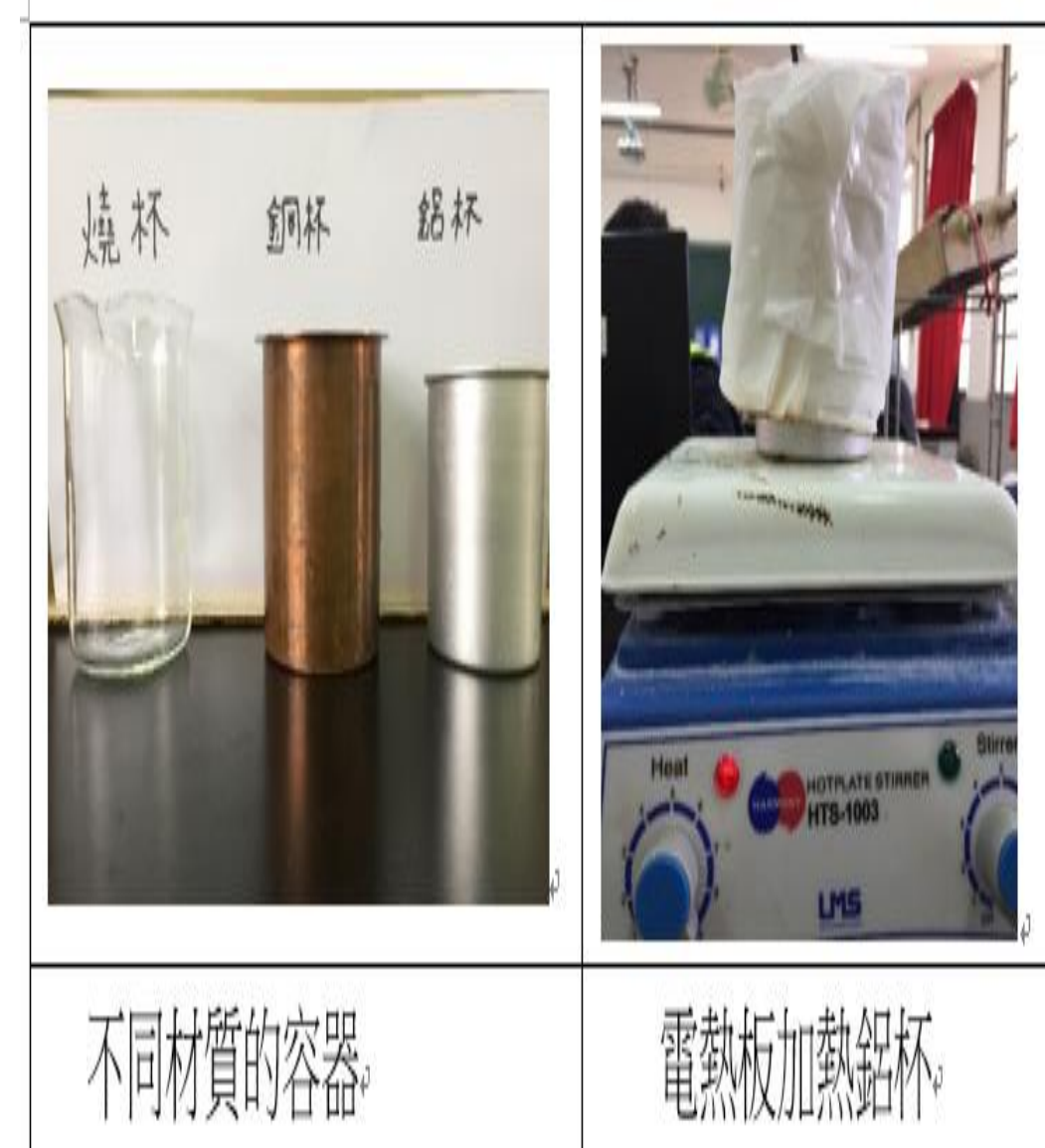
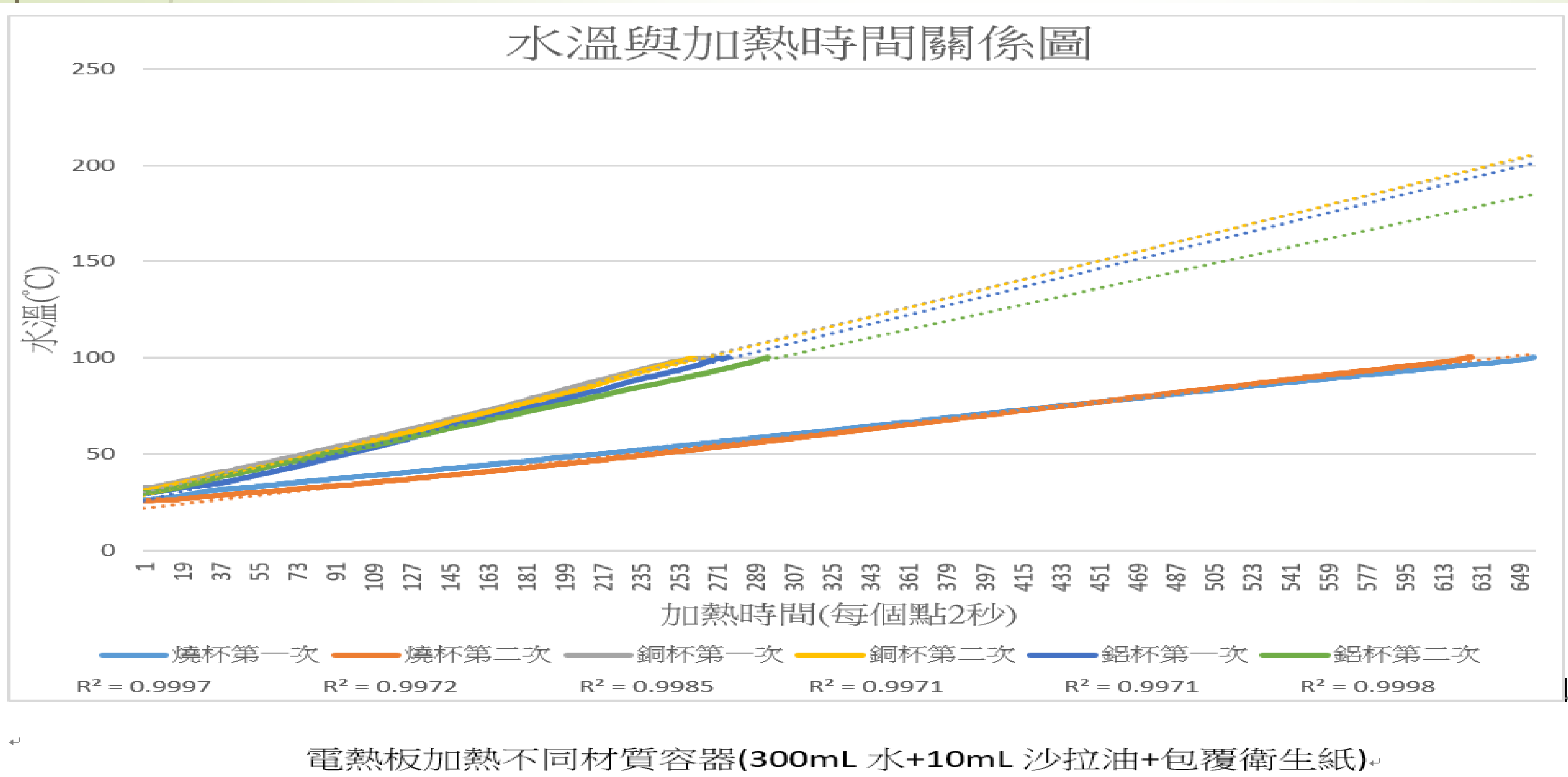
1. 包覆衛生紙的水溫比未做任何處理的水溫上升較快，所以包覆衛生紙可以減少熱量的散失

### 四、實驗四：探討受熱面積對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)



1. 受熱面積越大時，單位時間內水溫上升越快，代表受熱面積越大吸收熱量越多。  
2. 由左圖可以看出全部實驗數據的線性關係都很明顯，也就是當水中加入沙拉油及燒杯包覆衛生紙時的實驗非常的穩定。

### 五、實驗五：探討容器材質對加熱時間與溫度之關係影響(以水為例)



1. 由上圖看出銅及鋁兩種材質單位時間內水溫上升比玻璃材質快，代表銅及鋁兩種材質吸收熱量比玻璃好，但是兩材質的差異不大。

## 陸、結論

- 水加熱過程中在初始溫度至80°C前都沒有白煙(小水滴)的出現，當溫度到達80°C後開始有大量白煙(小水滴)產生，由此得知當溫度到達80°C後因水蒸發而帶走的熱量劇增，導致溫度與加熱時間關係圖的線性關係開始變差。
- 影響溫度與加熱時間關係圖(以水為例)的因素有：1. 加熱方式 2. 蒸發散失的多寡 3. 輻射散失的多寡 4. 受熱面積的大小 5. 盛裝的材質
- 以下為我們的研究結果：
  - 以電熱板加熱時水溫上升最穩定(線性關係R<sup>2</sup>值最大)，以卡式爐加熱時水溫上升最快。
  - 加入沙拉油使水蒸發量變小時水溫上升越穩定(線性關係R<sup>2</sup>值最大)，且水溫上升越快。
  - 包覆衛生紙使輻射散失變少時水溫上升越穩定(線性關係R<sup>2</sup>值最大)，且水溫上升越快。
  - 當水面有加入沙拉油時受熱面積越大僅水溫上升越快，而水溫上升穩定(線性關係R<sup>2</sup>值最大)與其無關。
  - 當水面有加入沙拉油時銅及鋁材質水溫上升越快，而水溫上升穩定(線性關係R<sup>2</sup>值最大)與其無關。
- 建議國中教材要進行溫度(變化)與加熱時間關係實驗時，可以在操作步驟中加入少許沙拉油，可以讓實驗結果更符合實驗公式。

## 柒、參考資料

- 張博欽、李慧菁主編(2014)。自然與生活科技國中2上。台南市：翰林出版事業股份有限公司。
- 鍾明修、蔡宇倫、王聖仁(2015)。能源的使用效率及熱散失之研究(能源與材料科技系實務專題論文)。台北：修平科技大學。
- 己心亦凡(2010年10月26日)。利用Excel趨勢線做簡單的資料分析。取自<https://dotblogs.com.tw/eason/2010/10/26/18589>