



# 嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：62

科 別：化學

組 別：國中組

作品名稱：「脫」胎換骨，缺「氧」不可，「劑」不可失

關 鍵 詞：脫氧劑 暖暖包 反應速率

編 號：B206

# 嘉義縣第 62 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書(封面)

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：「脫」胎換骨，缺「氧」不可，「劑」不可失

關鍵詞：脫氧劑、暖暖包、反應速率

編號：(系統自動產生)

## 摘要(300 字以內)

日常生活中許多食品內都附有脫氧劑，這讓我們思考脫氧劑除了吸收包裝內的氧氣，以延長食品的有效期限，是否還有其他的用途？本研究以脫氧劑為自製暖暖包的反應物，透過雙氧水加速反應速率，再以「脫氧劑用量」、「催化劑用量」、「雙氧水濃度」三大變因，分析在不同情況下，自製暖暖包溫度變化、反應速率。

研究發現：脫氧劑能夠取代暖暖包中的鐵粉，一包脫氧劑並搭配雙氧水濃度 1：1 的效果、催化劑只有碳粉時，溫度上升效果最佳且最為穩定。因此根據我們的研究結果，脫氧劑能夠再回收利用，希望能藉由本研究推廣脫氧劑的第二用途。

## 壹、研究動機

日常生活中，購買包裝食品時，經常看到包裝中有一包不起眼的小包裝，它幫食物防止氧化，但最後的去處都是垃圾桶，於是我們腦中浮現出一個疑問「脫氧劑還有什麼其他的用途呢？」但是絞盡腦汁還是想不出來，直到有天看到一個科學節目，他們正在實驗自製暖暖包，並解說一般市售暖暖包的成分，含有鐵粉、碳粉、食鹽，再加入雙氧水，使其反應變快。讓我們不禁想到前一陣子很冷的時候，使用暖暖包來取暖，總是很希望可以更快達到需要的溫度、而且更持久的維持在這個溫度，卻不知道該怎麼做。

隔天學校的點心剛好是銅鑼燒，包裝內附了一包脫氧劑，好奇心發作之下，看了看上面註明成分為鐵粉，便突發其想，既然脫氧劑跟暖暖包的成分都有鐵粉，那我們是不是也可以利用都是直接丟掉的脫氧劑來作為自製暖暖包，一方面可以廢物利用，另一方面也滿足了好奇心，更能培養手做能力，最重要的是可以親自動手做實驗，而不是僅僅在上課時看著課本的內容以及老師的解說，將被動轉變成主動，有助於更了解科學的奧妙，深入探討實驗的精神。

於是我們和老師提出將市售暖暖包中的鐵粉成分替換成脫氧劑。將脫氧劑中的鐵粉作為反應物，同時觀察脫氧劑加入催化劑(碳粉、食鹽)之後與雙氧水反應時，溫度提升的效果、保溫的持久度以及反應的速率的快慢。

## 貳、研究目的

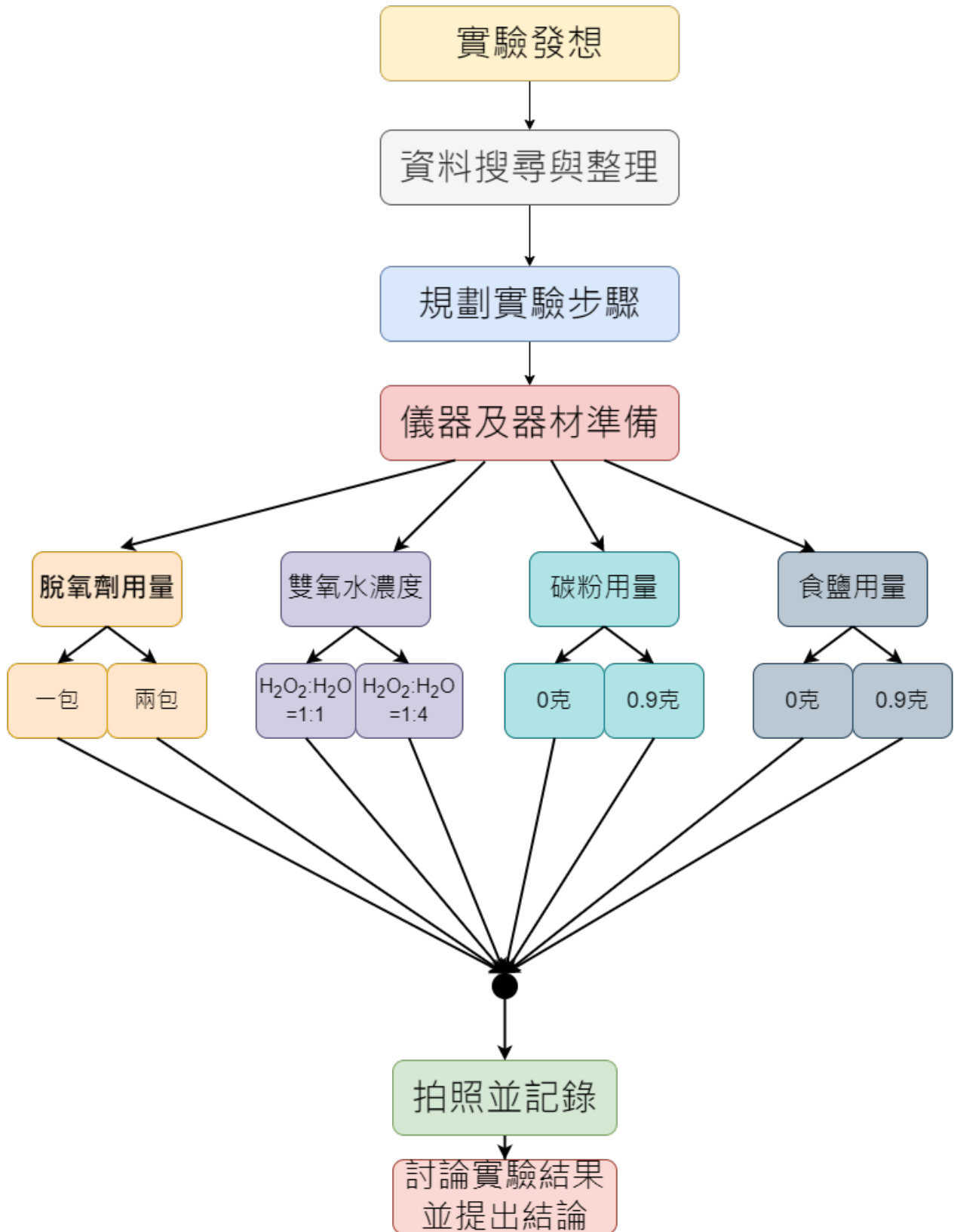
- 一、探討脫氧劑回收再利用於自製暖暖包中的效果。
- 二、探討脫氧劑的用量改變時，暖暖包反應速率的變化與溫度上升效果與穩定性。
- 三、探討催化劑（碳粉、食鹽）的用量改變時，對暖暖包反應速率的影響程度。
- 四、探討雙氧水濃度改變時，暖暖包提升溫度的效果。
- 五、比較自製暖暖包與市售暖暖包的差異。

## 參、研究設備及器材

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|    |    |    |   |   |
| 電子天秤  | 電子溫度計   | 脫氧劑   | 雙氧水   | 食鹽   |
|   |   |   |  |  |
| 碳粉  | 玻棒  | 培養皿   | 燒杯  | 量筒   |
|  |  |  |   |  |
| 滴管  | 刮勺  | 市售暖暖包   |   |  |

## 肆、研究過程或方法

### 一、流程圖：



## 二、實驗發想：

根據研究動機，我們首先往脫氧劑成分、暖暖包的成分及反應過程進行文獻探討，並發想本次的研究實驗方法：

### (一) 脫氧劑 (烘焙找材料\_令人霧煞煞的脫氧劑與乾燥劑)

脫氧劑的特色：

1. 能有效去除能有效地吸除密閉包裝內 99.9%的氧氣，使微生物無法生長，因此可防止食物氧化、變質、變色，是食品保鮮的最佳選擇。
2. 可抑制大多數微生物的生長，並阻止發霉、腐化、及蟲卵生長。
3. 可大幅延長食物保存時間。

### (二) 暖暖包 (生活裡的科學\_冬季裡的暖流暖暖包)

1. 暖暖包放熱的原因是鐵粉氧化， $4\text{Fe}_3+3\text{O}_2\rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，因為雙氧水內含有大量的氧氣，因此跟鐵粉混合後，可以加速鐵粉的反應，使其快速氧化產生熱量。
2. 使用比例為鐵粉：食鹽：碳粉=2：1：1

### (三) 勒沙特列原理 (科學 Online\_平衡移動的原理-勒沙特列原理)

一些化學反應經過一段反應時間後，反應容器中反應物和生成物同時存在，且濃度不隨時間增加或減少，我們稱此反應達到一個平衡狀態。能夠達到化學平衡狀態的反應，產物同時也是反應物，為一可逆反應；這時正反應速率等於逆反應速率且不為零。法國科學家勒沙特列 1888 年提出了這些因素對化學平衡移動的普遍性規律，即是著名的勒沙特列原理。其內容為當一個處在平衡的系統受到外力干擾時，例如：濃度、溫度、壓力等，則平衡會朝向抵消此破壞因素的方向移動，而達成新的平衡，我們可以藉此預測出平衡的移動情形。整合各因素對平衡的影響和移動方向如下：

## 1. 溫度的影響(對吸熱反應)

| 變因 | 破壞平衡的可能情況                 | 平衡移動       |
|----|---------------------------|------------|
| 溫度 | 溫度升高，正逆反應速率均增加，吸熱反應速率增加較多 | 向吸熱反應的方向移動 |
|    | 溫度降低，正逆反應速率均減少，吸熱反應速率降低較多 | 向放熱反應的方向移動 |

## 2. 濃度的影響

| 變因 | 破壞平衡的可能情況       | 平衡移動     |
|----|-----------------|----------|
| 濃度 | 增加反應物濃度或減少生成物濃度 | 向生成物方向移動 |
|    | 減少反應物濃度或增加生成物濃度 | 向反應物方向移動 |
|    | 溶液中加入原有固體物種     | 平衡不移動    |

## 三、實驗步驟：

### (一) 探討脫氧劑回收再利用於自製暖暖包中的效果。

1. 將一包脫氧劑（1.8 克）放於培養皿中。
2. 秤取 0.9 克的碳粉、0.9 克的食鹽於培養皿中與鐵粉混合均勻。
3. 配製雙氧水：  
取 2.5 毫升（35%）雙氧水與 2.5 毫升蒸餾水混合，使其比例為雙氧水 1：1。
4. 記錄脫氧劑的初使溫度。
5. 加入雙氧水，並同時開始計時。
6. 每 20 秒記錄一次溫度。
7. 每 60 秒加入一次同比例的雙氧水。
8. 300 秒後停止記錄。
9. 重複以上步驟兩次，並取平均值。
10. 觀察實驗中記錄的數據，將其繪製成圖表，並進行分析。



(二) 探討脫氧劑的用量改變時，暖暖包反應速率的變化與溫度上升效果與穩定性。

| 操縱變因                                | 控制變因   | 應變變因 |
|-------------------------------------|--|------|
| 脫氧劑的用量：<br>一包 (1.8 克)<br>兩包 (3.6 克) | 碳粉：0.9 克<br>食鹽：0.9 克<br>雙氧水：5 毫升<br>(雙氧水與蒸餾水比例為 1：1) | 溫度   |

1. 分別將一包與兩包脫氧劑 (1.8 克與 3.6 克) 放於培養皿中。
2. 秤取 0.9 克的碳粉、0.9 克的食鹽於培養皿中與鐵粉混合均勻。
3. 配製雙氧水：  
取 2.5 毫升 (35%) 雙氧水與 2.5 毫升蒸餾水混合，使其比例為雙氧水 1：1。
4. 記錄脫氧劑的初使溫度。
5. 加入雙氧水，並同時開始計時。
6. 每 20 秒記錄一次溫度。
7. 每 60 秒加入一次同比例的雙氧水。
8. 300 秒後停止記錄。
9. 重複以上步驟兩次，並取平均值。
10. 觀察實驗中記錄的數據，將其繪製成圖表，並進行分析。

(三) 探討催化劑 (碳粉、食鹽) 的用量改變時，對暖暖包反應速率的影響程度。

| 組別                | 操縱變因<br>(催化劑用量)      | 控制變因                         | 應變變因 |
|-------------------|----------------------|------------------------------|------|
| 一包<br>脫<br>氧<br>劑 | 食鹽 0.9 克<br>碳粉 0.9 克 | 雙氧水：5 毫升<br>(雙氧水與蒸餾水比例為 1：1) | 溫度   |
|                   | 只有食鹽 0.9 克           |                              |      |
|                   | 只有碳粉 0.9 克           |                              |      |
|                   | 無                    |                              |      |

| 組別    | 操縱變因<br>(催化劑用量)      | 控制變因                         | 應變變因 |
|-------|----------------------|------------------------------|------|
| 兩包脫氧劑 | 食鹽 0.9 克<br>碳粉 0.9 克 | 雙氧水：5 毫升<br>(雙氧水與蒸餾水比例為 1：1) | 溫度   |
|       | 只有食鹽 0.9 克           |                              |      |
|       | 只有碳粉 0.9 克           |                              |      |
|       | 無                    |                              |      |

1. 分別將一包與兩包脫氧劑（1.8 克與 3.6 克）放於培養皿中。
2. 秤取碳粉、食鹽於培養皿中與鐵粉混合均勻。
3. 配製雙氧水：  
取 2.5 毫升（35%）雙氧水與 2.5 毫升蒸餾水混合，使其比例為雙氧水 1：1。
4. 記錄脫氧劑的初使溫度。
5. 加入雙氧水，並同時開始計時。
6. 每 20 秒記錄一次溫度。
7. 每 60 秒加入一次同比例的雙氧水。
8. 300 秒後停止記錄。
9. 重複以上步驟兩次，並取平均值。
10. 觀察實驗中記錄的數據，將其繪製成圖表，並進行分析。

（四）探討雙氧水濃度改變時，暖暖包提升溫度的效果。

| 組別    | 操縱變因<br>(雙氧水濃度) | 控制變因                          | 應變變因 |
|-------|-----------------|-------------------------------|------|
| 一包脫氧劑 | 雙氧水與蒸餾水 1：1     | 催化劑用量<br>食鹽 0.9 克<br>碳粉 0.9 克 | 溫度   |
|       | 雙氧水與蒸餾水 1：4     |                               |      |
| 兩包脫氧劑 | 雙氧水與蒸餾水 1：1     |                               |      |
|       | 雙氧水與蒸餾水 1：4     |                               |      |

1. 分別將一包與兩包脫氧劑（1.8 克與 3.6 克）放於培養皿中。
2. 秤取 0.9 克碳粉、0.9 克食鹽於培養皿中與鐵粉混合均勻。
3. 配製兩種比例雙氧水：  
取 2.5 毫升（35%）雙氧水與 2.5 毫升蒸餾水混合，使其比例為雙氧水 1：1；  
取 1.0 毫升（35%）雙氧水與 4.0 毫升蒸餾水混合，使其比例為雙氧水 1：1。
4. 記錄脫氧劑的初使溫度。
5. 加入雙氧水，並同時開始計時。
6. 每 20 秒記錄一次溫度。
7. 每 60 秒加入一次同比例的雙氧水。
8. 300 秒後停止記錄。
9. 重複以上步驟兩次，並取平均值。
10. 觀察實驗中記錄的數據，將其繪製成圖表，並進行分析。

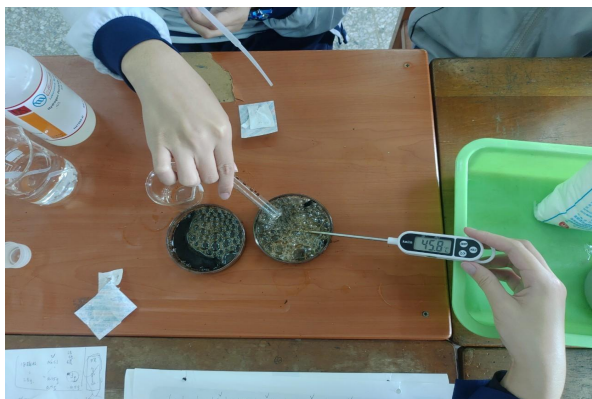
（五）比較自製暖暖包與市售暖暖包的差異。

1. 將市售暖暖包剪開，並使用電子溫度計測量。
2. 每 20 秒記錄一次溫度，過程中不斷攪拌使其正常反應。
3. 觀察實驗中記錄的數據，將其繪製成表格與自製暖暖包之數據比較，並進行分析。

## 伍、研究結果與討論

一、探討脫氧劑回收再利用於自製暖暖包中的效果。

實驗過程圖



注意事項

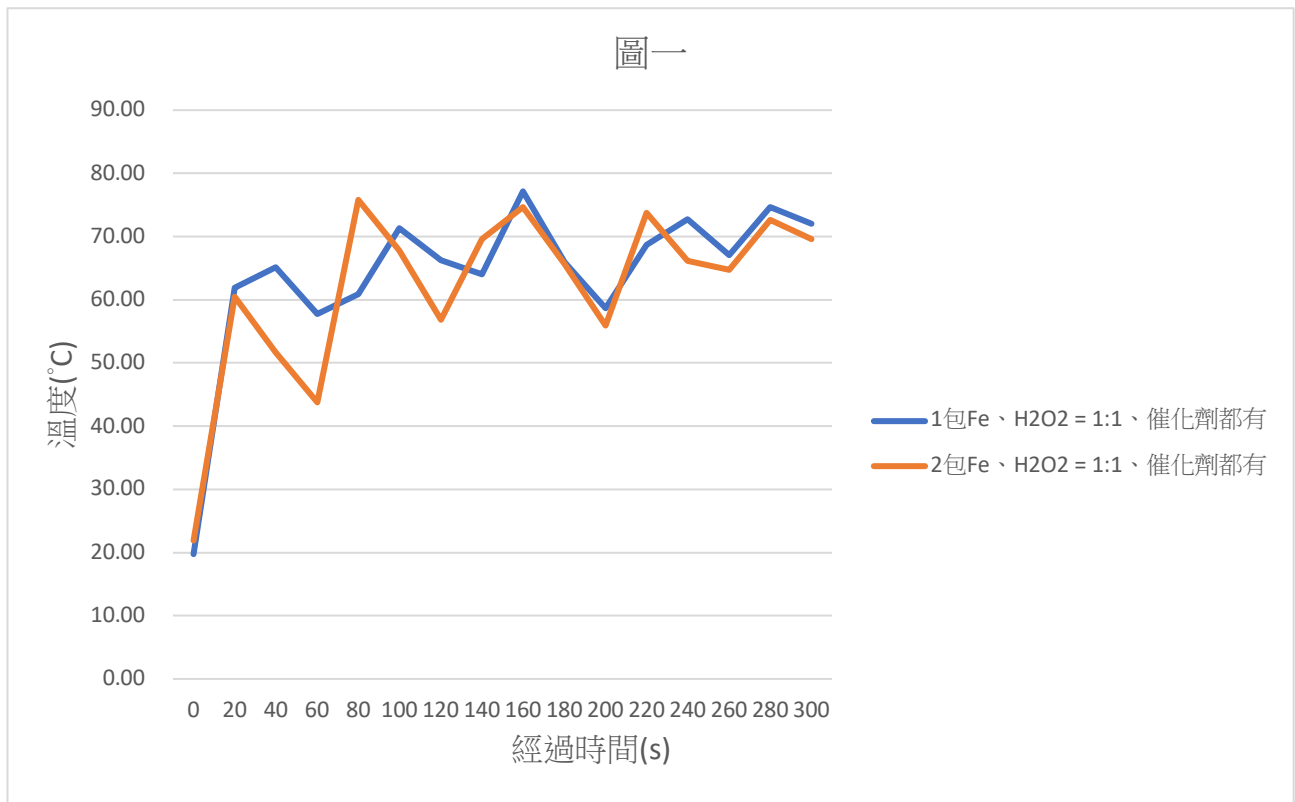
1. 溫度計平放效果較好，因接觸面較廣。
2. 一開始實驗都沒有再加入雙氧水，導致反應已將雙氧水消耗完，而使溫度無法再上升，因此修正為每一分鐘加入一次雙氧水直到五分鐘止。
3. 需先注意脫氧劑的氧化狀況，以免實驗產生誤差。
4. 需精準測量雙氧水比例。
5. 須戴口罩進行實驗。
6. 要小心實驗劇烈反應，導致其噴濺出。

二、探討脫氧劑的用量改變時，暖暖包反應速率的變化與溫度上升效果與穩定性。

表一：鐵粉一包與兩包、雙氧水 1：1

| 項目  | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       |
|-----|--|-------|-------|--|-------|-------|
|     | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   |
| 0   | 21.90  | 17.60 | 19.75 | 20.80  | 23.00 | 21.90 |
| 20  | 66.90  | 56.80 | 61.85 | 57.50  | 63.50 | 60.50 |
| 40  | 64.60  | 65.70 | 65.15 | 46.30  | 57.10 | 51.70 |
| 60  | 57.40  | 58.00 | 57.70 | 40.00  | 47.50 | 43.75 |
| 80  | 57.30  | 64.40 | 60.85 | 76.00  | 75.60 | 75.80 |
| 100 | 72.50  | 70.10 | 71.30 | 72.30  | 63.30 | 67.80 |
| 120 | 70.10  | 62.50 | 66.30 | 55.40  | 58.30 | 56.85 |
| 140 | 69.30  | 58.80 | 64.05 | 71.10  | 68.00 | 69.55 |
| 160 | 76.80  | 77.50 | 77.15 | 75.80  | 73.50 | 74.65 |
| 180 | 71.90  | 60.00 | 65.95 | 69.10  | 62.10 | 65.60 |
| 200 | 52.40  | 64.90 | 58.65 | 57.30  | 54.60 | 55.95 |
| 220 | 69.10  | 68.30 | 68.70 | 77.30  | 70.10 | 73.70 |
| 240 | 73.60  | 71.80 | 72.70 | 66.10  | 66.30 | 66.20 |
| 260 | 65.50  | 68.60 | 67.05 | 73.50  | 55.90 | 64.70 |
| 280 | 70.50  | 78.80 | 74.65 | 77.90  | 67.40 | 72.65 |
| 300 | 70.70  | 73.30 | 72.00 | 71.90  | 67.30 | 69.60 |

圖一：鐵粉一包與兩包、雙氧水 1：1



討論：

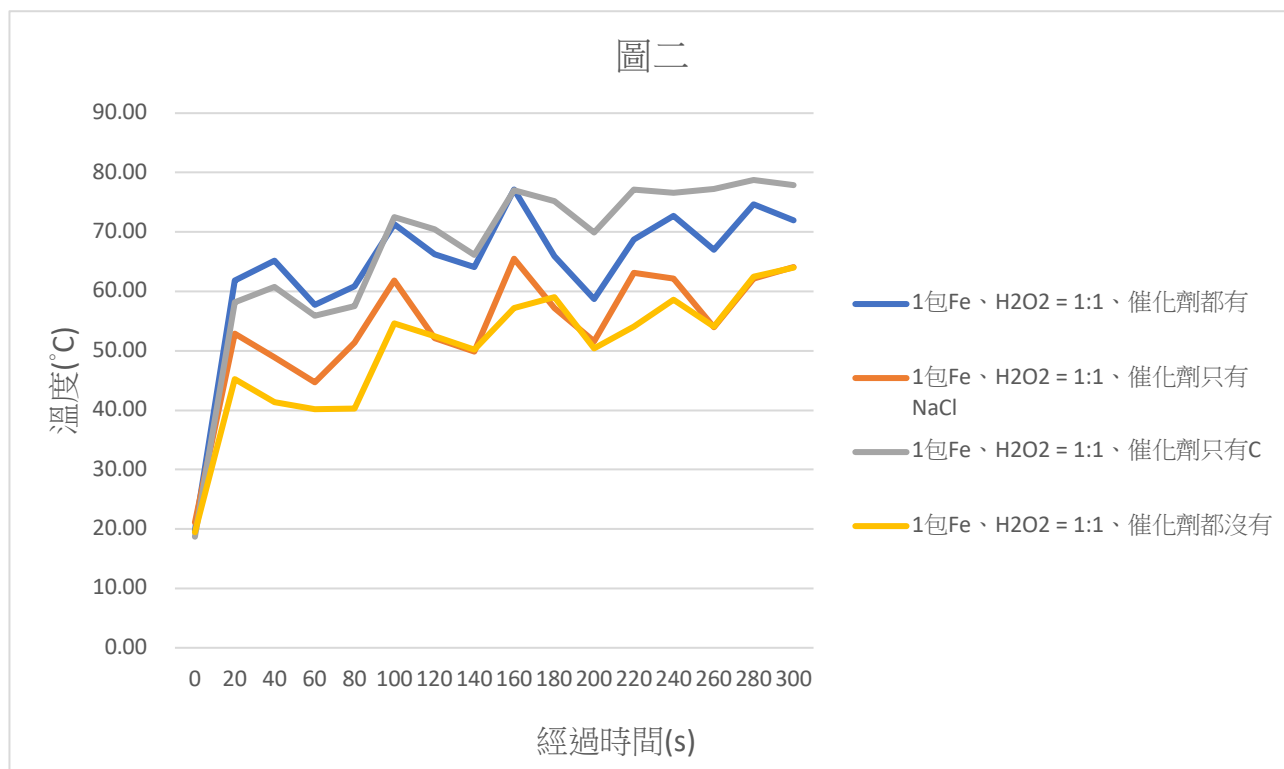
1. 大部分一包的溫度都比兩包高。
2. 相對於一包，兩包的溫度較大起大落，升得快降得快。
3. 一包的溫度幾乎都在 60~70 度之間。
4. 兩者都超過 70 度，因此皆不適合當暖暖包。
5. 因一包脫氧劑的反應物較少，所以雙氧水可以維持較久，因此溫度比兩包脫氧劑穩定。

三、探討催化劑（碳粉、食鹽）的用量改變時，對暖暖包反應速率的影響程度。

表二：鐵粉一包、雙氧水 1：1、催化劑（有碳粉、有食鹽、都有、都沒有）

| 項目  | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、<br>催化劑都有 |          |         | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、<br>催化劑只有 NaCl |          |         | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、<br>催化劑只有 C |          |         | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、<br>催化劑都沒有 |          |         |
|-----|--|----------|---------|---|----------|---------|--|----------|---------|---|----------|---------|
|     | 第 1<br>次   | 第 2<br>次 | 平均<br>值 | 第 1<br>次  | 第 2<br>次 | 平均<br>值 | 第 1<br>次   | 第 2<br>次 | 平均<br>值 | 第 1<br>次  | 第 2<br>次 | 平均<br>值 |
| 0   | 21.90  | 17.60    | 19.75   | 22.10   | 20.10    | 21.10   | 17.30  | 20.10    | 18.70   | 17.10   | 21.80    | 19.45   |
| 20  | 66.90  | 56.80    | 61.85   | 43.20   | 62.50    | 52.85   | 55.80  | 60.60    | 58.20   | 33.60   | 56.90    | 45.25   |
| 40  | 64.60  | 65.70    | 65.15   | 44.90   | 52.90    | 48.90   | 61.30  | 60.30    | 60.80   | 35.90   | 46.90    | 41.40   |
| 60  | 57.40  | 58.00    | 57.70   | 42.80   | 46.50    | 44.65   | 55.00  | 56.90    | 55.95   | 39.60   | 40.80    | 40.20   |
| 80  | 57.30  | 64.40    | 60.85   | 50.80   | 52.00    | 51.40   | 55.90  | 59.10    | 57.50   | 38.30   | 42.30    | 40.30   |
| 100 | 72.50  | 70.10    | 71.30   | 56.00   | 67.70    | 61.85   | 72.00  | 72.90    | 72.45   | 54.20   | 55.10    | 54.65   |
| 120 | 70.10  | 62.50    | 66.30   | 49.40   | 54.80    | 52.10   | 68.30  | 72.60    | 70.45   | 51.40   | 53.60    | 52.50   |
| 140 | 69.30  | 58.80    | 64.05   | 52.90   | 46.80    | 49.85   | 68.20  | 64.10    | 66.15   | 48.70   | 51.60    | 50.15   |
| 160 | 76.80  | 77.50    | 77.15   | 66.30   | 64.70    | 65.50   | 77.60  | 76.40    | 77.00   | 54.30   | 60.10    | 57.20   |
| 180 | 71.90  | 60.00    | 65.95   | 53.50   | 60.90    | 57.20   | 73.80  | 76.60    | 75.20   | 58.80   | 59.30    | 59.05   |
| 200 | 52.40  | 64.90    | 58.65   | 47.30   | 55.90    | 51.60   | 69.40  | 70.50    | 69.95   | 55.50   | 45.30    | 50.40   |
| 220 | 69.10  | 68.30    | 68.70   | 62.40   | 63.90    | 63.15   | 74.90  | 79.30    | 77.10   | 58.30   | 49.90    | 54.10   |
| 240 | 73.60  | 71.80    | 72.70   | 59.30   | 64.90    | 62.10   | 74.60  | 78.50    | 76.55   | 62.50   | 54.70    | 58.60   |
| 260 | 65.50  | 68.60    | 67.05   | 50.10   | 57.90    | 54.00   | 78.80  | 75.60    | 77.20   | 60.50   | 47.70    | 54.10   |
| 280 | 70.50  | 78.80    | 74.65   | 57.10   | 67.10    | 62.10   | 76.90  | 80.60    | 78.75   | 66.30   | 58.60    | 62.45   |
| 300 | 70.70  | 73.30    | 72.00   | 62.30   | 65.80    | 64.05   | 75.10  | 80.70    | 77.90   | 67.90   | 60.10    | 64.00   |

圖二：鐵粉一包、雙氧水 1：1、催化劑（有碳粉、有食鹽、都有、都沒有）



討論：

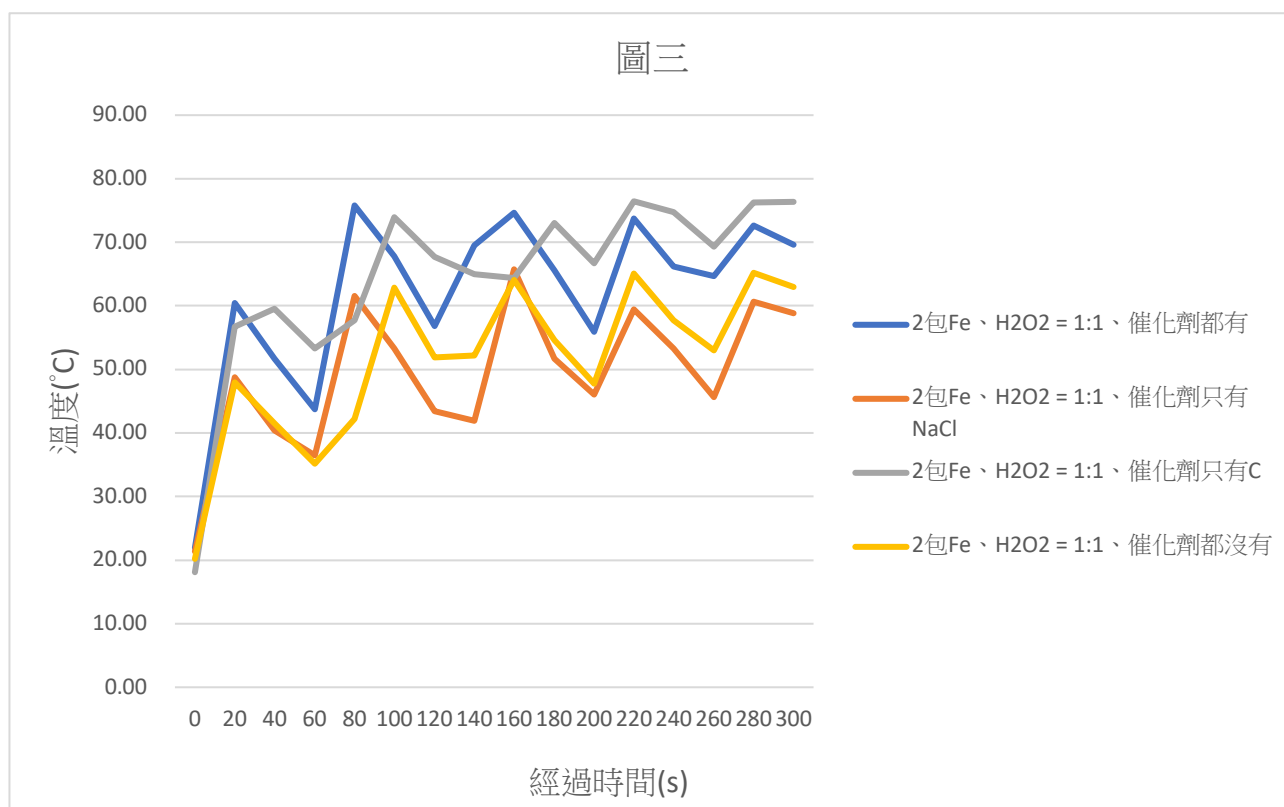
1. 加入雙氧水後，有食鹽跟碳粉兩種催化劑的起始溫度上升最快，效果最顯著。
2. 加入雙氧水後，僅有碳粉一種催化劑的最終溫度最高可能是碳粉達到了保溫效果。
3. 加入雙氧水後，有食鹽跟碳粉兩種催化劑的最終溫度並非最快，推測是食鹽降低了碳粉的蓄熱效果，導致反應速率降低。
4. 催化劑只有碳粉時，加入雙氧水後，實驗中觀察到會產生較多泡泡。
5. 都沒有催化劑，加入雙氧水後，只有鐵粉的溫度上升速度最慢。
6. 催化劑只有食鹽比都沒有催化劑升溫速度較快，但末溫雷同。
7. 碳粉的加速反應效果較食鹽好。

表三：鐵粉兩包、雙氧水 1：1、催化劑（有碳粉、有食鹽、都有、都沒有）

| 項目  | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑只有 NaCl |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑只有 C |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都沒有 |       |       |
|-----|--|-------|-------|---|-------|-------|--|-------|-------|---|-------|-------|
|     | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次   | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次   | 第 2 次 | 平均值   |
| 0   | 20.90  | 23.00 | 21.95 | 18.20   | 24.50 | 21.35 | 18.70  | 17.50 | 18.10 | 21.30   | 19.10 | 20.20 |
| 20  | 57.50  | 63.50 | 60.50 | 44.30   | 53.20 | 48.75 | 54.80  | 58.60 | 56.70 | 43.60   | 52.30 | 47.95 |
| 40  | 46.30  | 57.10 | 51.70 | 35.60   | 45.20 | 40.40 | 67.70  | 51.40 | 59.55 | 39.80   | 43.30 | 41.55 |
| 60  | 40.00  | 47.50 | 43.75 | 32.00   | 40.90 | 36.45 | 63.30  | 43.30 | 53.30 | 35.80   | 34.50 | 35.15 |
| 80  | 76.00  | 75.60 | 75.80 | 58.20   | 65.00 | 61.60 | 66.30  | 49.10 | 57.70 | 38.20   | 46.30 | 42.25 |
| 100 | 72.30  | 63.30 | 67.80 | 53.10   | 53.50 | 53.30 | 77.50  | 70.30 | 73.90 | 57.50   | 68.30 | 62.90 |
| 120 | 55.40  | 58.30 | 56.85 | 44.60   | 42.30 | 43.45 | 73.70  | 61.70 | 67.70 | 50.20   | 53.50 | 51.85 |
| 140 | 71.10  | 68.00 | 69.55 | 44.60   | 39.20 | 41.90 | 67.80  | 62.20 | 65.00 | 43.60   | 60.80 | 52.20 |
| 160 | 75.80  | 73.50 | 74.65 | 66.90   | 64.60 | 65.75 | 78.80  | 49.90 | 64.35 | 59.80   | 68.30 | 64.05 |
| 180 | 69.10  | 62.10 | 65.60 | 53.50   | 49.90 | 51.70 | 79.30  | 66.80 | 73.05 | 56.60   | 52.60 | 54.60 |
| 200 | 57.30  | 54.60 | 55.95 | 53.40   | 38.70 | 46.05 | 72.60  | 60.80 | 66.70 | 47.40   | 48.10 | 47.75 |
| 220 | 77.30  | 70.10 | 73.70 | 64.40   | 54.50 | 59.45 | 78.30  | 74.60 | 76.45 | 63.30   | 66.80 | 65.05 |
| 240 | 66.10  | 66.30 | 66.20 | 56.30   | 50.30 | 53.30 | 78.60  | 71.00 | 74.80 | 61.10   | 54.30 | 57.70 |
| 260 | 73.50  | 55.90 | 64.70 | 50.80   | 40.50 | 45.65 | 73.70  | 64.90 | 69.30 | 50.90   | 55.10 | 53.00 |
| 280 | 77.90  | 67.40 | 72.65 | 67.00   | 54.30 | 60.65 | 80.50  | 72.00 | 76.25 | 63.30   | 67.10 | 65.20 |
| 300 | 71.90  | 67.30 | 69.60 | 61.30   | 56.30 | 58.80 | 81.20  | 71.50 | 76.35 | 64.50   | 61.40 | 62.95 |



圖三：鐵粉兩包、雙氧水 1：1、催化劑（有碳粉、有食鹽、都有、都沒有）



討論：

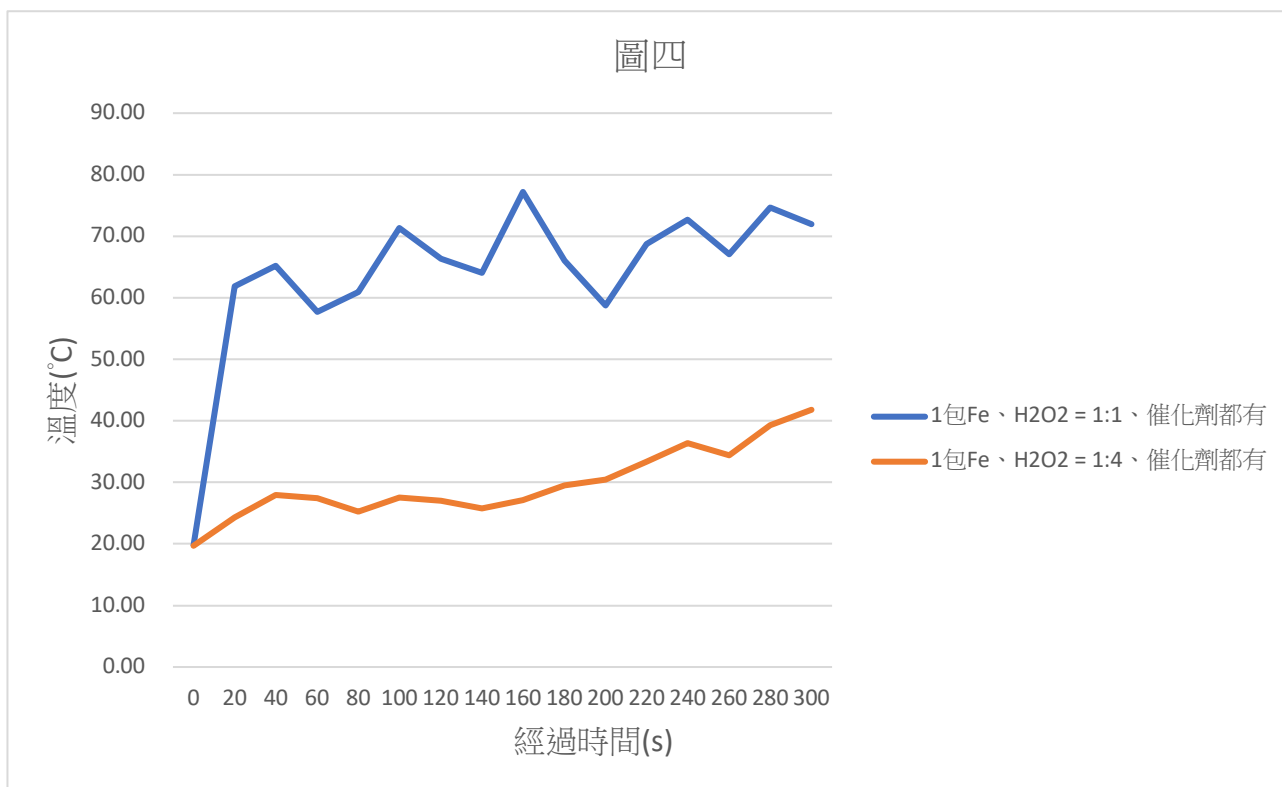
1. 加入雙氧水後，有食鹽跟碳粉兩種催化劑的起始溫度上升最快，效果最顯著，而後只有碳粉的溫度上升最高。
2. 催化劑只有碳粉時，會產生較多泡泡。
3. 沒有催化劑，只有鐵粉的溫度上升速度比有催化劑食鹽升溫速度還快，由此可知，沒有催化劑的效果比食鹽催化劑好。
4. 跟圖二的一包脫氧劑相比，溫度起伏較大。

四、探討雙氧水濃度改變時，暖暖包提升溫度的效果。

表四：鐵粉一包，雙氧水 1：1、1：4

| 項目  | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:4、催化劑都有 |       |       |
|-----|--|-------|-------|--|-------|-------|
|     | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   |
| 0   | 21.90  | 17.60 | 19.80 | 19.30  | 20.10 | 19.70 |
| 20  | 66.90  | 56.80 | 61.90 | 25.10  | 23.50 | 24.30 |
| 40  | 64.60  | 65.70 | 65.20 | 29.90  | 26.00 | 27.95 |
| 60  | 57.40  | 58.00 | 57.70 | 26.40  | 28.50 | 27.45 |
| 80  | 57.30  | 64.40 | 60.90 | 23.90  | 26.60 | 25.25 |
| 100 | 72.50  | 70.10 | 71.30 | 26.50  | 28.60 | 27.55 |
| 120 | 70.10  | 62.50 | 66.30 | 26.60  | 27.50 | 27.05 |
| 140 | 69.30  | 58.80 | 64.10 | 24.80  | 26.80 | 25.80 |
| 160 | 76.80  | 77.50 | 77.20 | 25.10  | 29.20 | 27.15 |
| 180 | 71.90  | 60.00 | 66.00 | 25.50  | 33.50 | 29.50 |
| 200 | 52.40  | 64.90 | 58.70 | 24.60  | 36.30 | 30.45 |
| 220 | 69.10  | 68.30 | 68.70 | 27.70  | 39.00 | 33.35 |
| 240 | 73.60  | 71.80 | 72.70 | 33.50  | 39.30 | 36.40 |
| 260 | 65.50  | 68.60 | 67.10 | 35.40  | 33.40 | 34.40 |
| 280 | 70.50  | 78.80 | 74.70 | 42.00  | 36.60 | 39.30 |
| 300 | 70.70  | 73.30 | 72.00 | 43.10  | 40.50 | 41.80 |

圖四：鐵粉一包，雙氧水 1：1、1：4



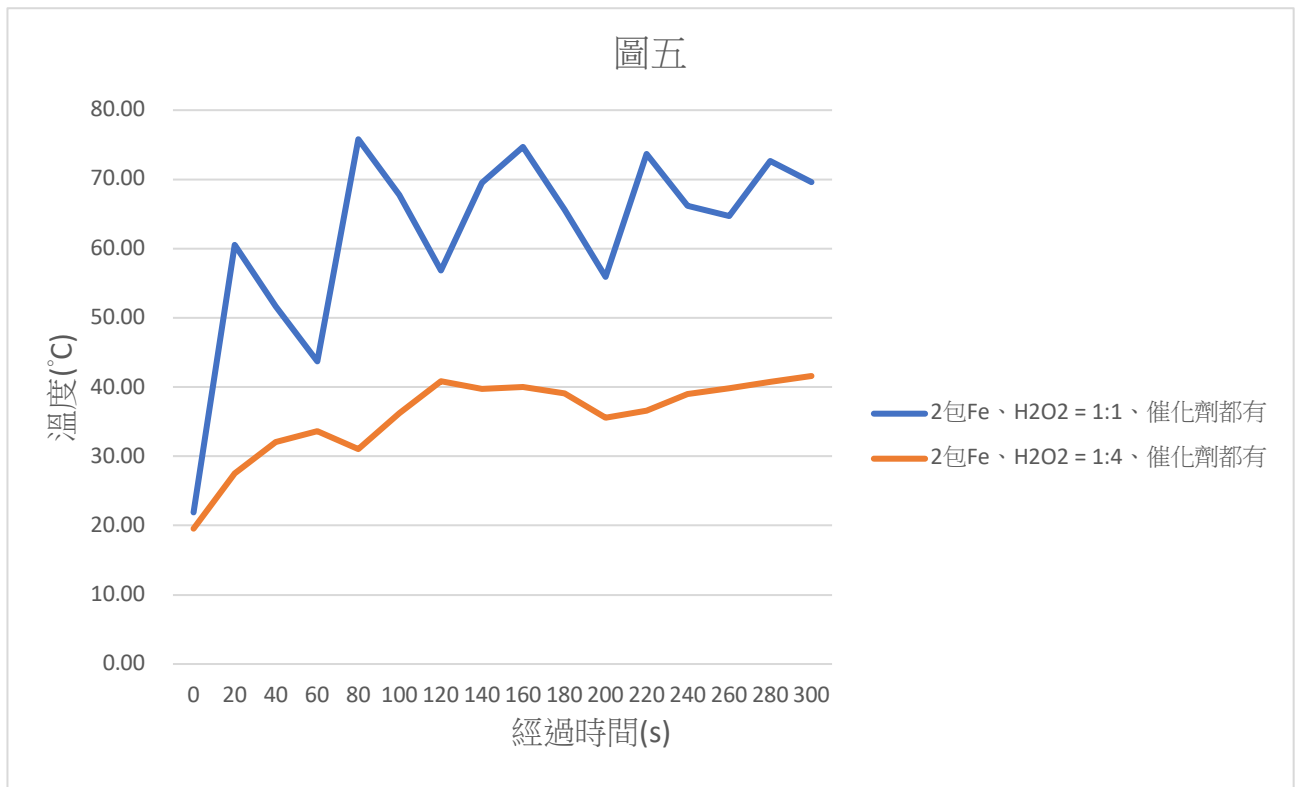
討論：

1. 兩者分別加入雙氧水 20 秒後，雙氧水濃度 1：1 的溫度平均上升至 61.9，而濃度 1：4 則溫度平均只上升至 24.3，可知對於暖暖包的溫度表現，濃度 1：1 雙氧水是最合適的。
2. 兩者分別反應時，雙氧水濃度 1：1 的溫度最高可達 77.2，而濃度 1：4 僅能達到 41.8。
3. 從圖四中可以看出雙氧水濃度 1：1 比濃度 1：4 反應速率更快，因此符合勒沙特列原理，當脫氧劑質量（一包）固定時，雙氧水的濃度較高，溫度也上升較高，且反應速率也較快。

表五：鐵粉兩包、雙氧水 1：1：1：4

| 項目  | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:4、催化劑都有 |       |       |
|-----|--|-------|-------|--|-------|-------|
|     | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   |
| 0   | 20.80  | 23.00 | 21.90 | 19.50  | 19.60 | 19.55 |
| 20  | 57.50  | 63.50 | 60.50 | 30.40  | 24.60 | 27.50 |
| 40  | 46.30  | 57.10 | 51.70 | 33.90  | 30.30 | 32.10 |
| 60  | 40.00  | 47.50 | 43.75 | 34.80  | 32.50 | 33.65 |
| 80  | 76.00  | 75.60 | 75.80 | 32.90  | 29.20 | 31.05 |
| 100 | 72.30  | 63.30 | 67.80 | 35.50  | 37.00 | 36.25 |
| 120 | 55.40  | 58.30 | 56.85 | 38.80  | 42.80 | 40.80 |
| 140 | 71.10  | 68.00 | 69.55 | 36.30  | 43.10 | 39.70 |
| 160 | 75.80  | 73.50 | 74.65 | 39.20  | 40.80 | 40.00 |
| 180 | 69.10  | 62.10 | 65.60 | 39.60  | 38.60 | 39.10 |
| 200 | 57.30  | 54.60 | 55.95 | 36.80  | 34.30 | 35.55 |
| 220 | 77.30  | 70.10 | 73.70 | 37.50  | 35.60 | 36.55 |
| 240 | 66.10  | 66.30 | 66.20 | 38.90  | 39.10 | 39.00 |
| 260 | 73.50  | 55.90 | 64.70 | 39.10  | 40.50 | 39.80 |
| 280 | 77.90  | 67.40 | 72.65 | 40.50  | 41.00 | 40.75 |
| 300 | 71.90  | 67.30 | 69.60 | 41.90  | 41.30 | 41.60 |

圖五：鐵粉兩包、雙氧水 1：1：1：4



討論：

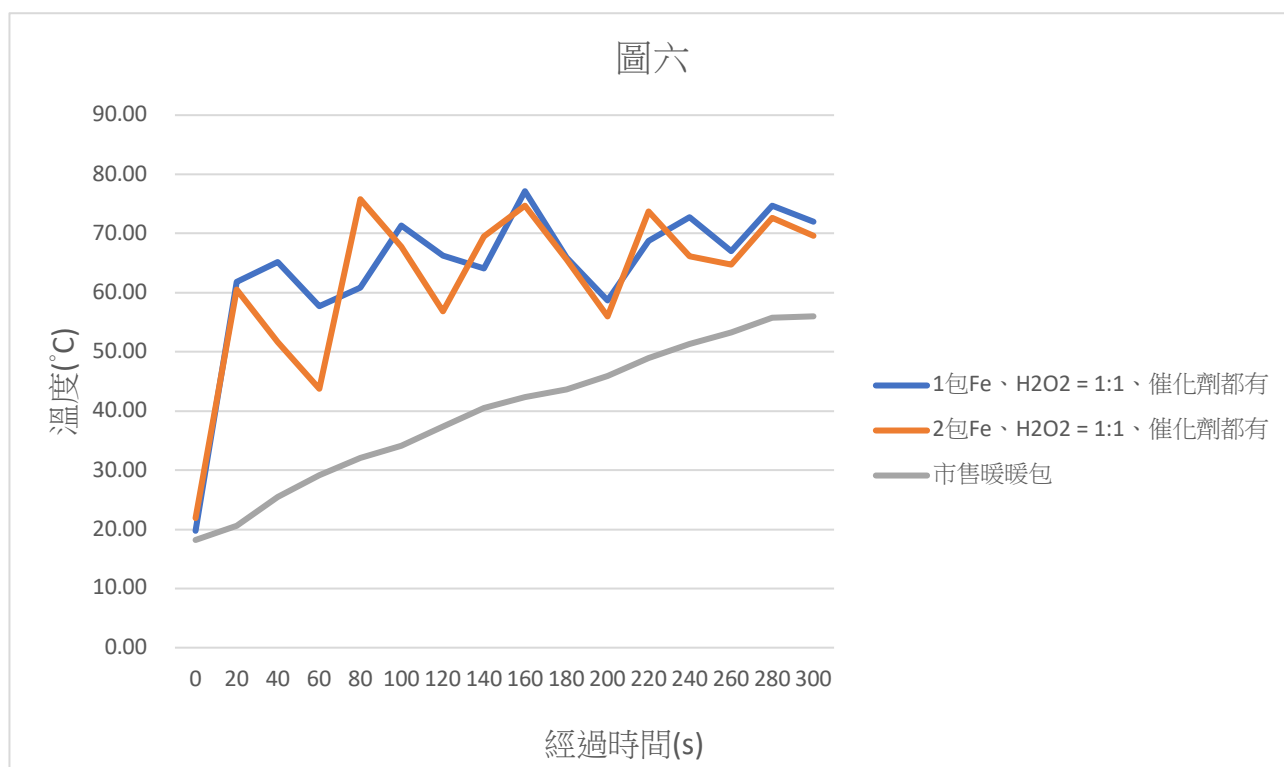
1. 兩者分別加入雙氧水 20 秒後，雙氧水濃度 1：1 的溫度平均上升至 60.5，而濃度 1：4 則溫度平均只上升至 27.5，可知對於暖暖包的溫度表現，濃度 1：1 雙氧水是最合適的。
2. 兩者分別反應時，雙氧水濃度 1：1 的溫度最高可達 75.8，而濃度 1：4 僅能達到 41.6。
3. 從圖五中可以看出雙氧水濃度 1：1 比濃度 1：4 反應速率更快，因此符合勒沙特列原理，當脫氧劑質量（兩包）固定時，雙氧水的濃度較高，溫度也上升較高，且反應速率也較快。

五、比較自製暖暖包與市售暖暖包的差異。

表六：自製暖暖包與市售暖暖包比較

| 項目  | 1 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 2 包 Fe、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1:1、催化劑都有 |       |       | 市售暖暖包 |
|-----|--|-------|-------|--|-------|-------|-------|
|     | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 第 1 次  | 第 2 次 | 平均值   | 測量值   |
| 0   | 21.90  | 17.60 | 19.75 | 20.80  | 23.00 | 21.90 | 18.20 |
| 20  | 66.90  | 56.80 | 61.85 | 57.50  | 63.50 | 60.50 | 20.60 |
| 40  | 64.60  | 65.70 | 65.15 | 46.30  | 57.10 | 51.70 | 25.50 |
| 60  | 57.40  | 58.00 | 57.70 | 40.00  | 47.50 | 43.75 | 29.10 |
| 80  | 57.30  | 64.40 | 60.85 | 76.00  | 75.60 | 75.80 | 32.10 |
| 100 | 72.50  | 70.10 | 71.30 | 72.30  | 63.30 | 67.80 | 34.10 |
| 120 | 70.10  | 62.50 | 66.30 | 55.40  | 58.30 | 56.85 | 37.40 |
| 140 | 69.30  | 58.80 | 64.05 | 71.10  | 68.00 | 69.55 | 40.50 |
| 160 | 76.80  | 77.50 | 77.15 | 75.80  | 73.50 | 74.65 | 42.30 |
| 180 | 71.90  | 60.00 | 65.95 | 69.10  | 62.10 | 65.60 | 43.60 |
| 200 | 52.40  | 64.90 | 58.65 | 57.30  | 54.60 | 55.95 | 45.90 |
| 220 | 69.10  | 68.30 | 68.70 | 77.30  | 70.10 | 73.70 | 48.90 |
| 240 | 73.60  | 71.80 | 72.70 | 66.10  | 66.30 | 66.20 | 51.30 |
| 260 | 65.50  | 68.60 | 67.05 | 73.50  | 55.90 | 64.70 | 53.30 |
| 280 | 70.50  | 78.80 | 74.65 | 77.90  | 67.40 | 72.65 | 55.80 |
| 300 | 70.70  | 73.30 | 72.00 | 71.90  | 67.30 | 69.60 | 56.00 |

圖六：自製暖暖包與市售暖暖包比較



討論：

1. 自製暖暖包在催化劑都存在的情況下，不論是 1 包或 2 包 Fe，最後的溫度都落在 70 度 C 附近。
2. 自製暖暖包生溫較快，且溫度會有高低起伏的變化而市售暖暖包溫度呈現穩定上升。  
自製暖暖包溫度起伏的時間點與加入雙氧水的時間點相符，應該是加入雙氧水所帶來的變化；加入 2 包鐵 Fe 的溫度起伏又比 1 包 Fe 的起伏變化更大，推測是雙氧水的水量不足，劇烈反應後，被鐵粉、碳粉吸乾，反應變慢，待加入的雙氧水量增多後，反應溫度的起伏程度則恢復到與 1 包 Fe 相似。  
從圖六可知，相較起自製暖暖包，市售暖暖包的最高溫度介於 50-60 之間，比較適合穩定使用。

## 陸、結論

- 一、一包脫氧劑的溫度保持效果比兩包穩定，但上升速率比兩包略慢。
- 二、碳粉的催化效果比食鹽好，食鹽催化劑反應到最後效果比沒加催化劑更差。
- 三、跟圖二比較時，兩包脫氧劑的升溫效果較差。
- 四、當脫氧劑質量固定時，雙氧水的濃度較高，溫度也上升較高，且反應速率也較快。
- 五、比例 1：1 的效果較 1：4 好許多，比例 1：1 較適合暖暖包。
- 六、跟市售暖暖包的數據比較，兩包脫氧劑的數值較接近。
- 七、本研究發現：

脫氧劑搭配雙氧水濃度 1：1，催化劑只有碳粉，溫度上升最高，一包脫氧劑較為溫度起伏較兩包脫氧劑穩定。
- 八、未來展望：

若還有機會進一步研究，希望能將自製暖暖包中的雙氧水部份省略，以符合市售暖暖包。



## 柒、參考文獻資料及其他

- 一、生活裡的科學取自· <https://www.youtube.com/watch?v=SDJDe5hdKMQ>
- 二、熱不離手~「暖暖包」· 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 三、不可能的暖咖效應，中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 四、熱化學之極致—暖暖包，中華民國第四十五屆中小學科學展覽會作品說明書
- 五、平衡的移動原理-勒沙特列原理·  
科學-Online 取自· <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=13108>
- 六、[超詳解]令人霧煞煞的脫氧劑與乾燥劑取自  
· <https://www.heybaker.com/blog/posts/deoxidizeranddesiccant>