

作品名稱：二氧化錳催化角色的探討

國中組 化學科 第三名

縣市：台北市

作者： 劉榕芝、劉千榕

徐靈兒

校名：台北市立興雅國民中學

指導教師： 李美惠、呂佩珍



# 二氧化錳催化角色的探討

興雅國中 張榕芝 劉千榕 徐靈兒

## 一、研究動機：

**前言：**二氧化錳既是催化劑，能否回收再利用，如此省錢、環保又能讓同學更加了解催化劑的概念。二氧化錳是否適合做為催化劑的例子？

**動機：**在做雙氧水分解氧氣的實驗，當反應不再冒氣泡，但又需再收集氧氣，我很自然地再加入一些雙氧水到原先的反應瓶裡，反應瓶雖然立刻又冒出氣泡，但我發現速率比原先慢了許多。根據國中課程所學有關催化劑的作用原理，二氧化錳是不消耗的，只要反應的雙氧水濃度相同，反應速率應該相同，對於這種不正常的變慢現象，引發我對催化劑在化學反應中的行為及二氧化錳在反應中是否有變化的研究興趣。

## 二、研究目的：

1. 實驗觀察催化過雙氧水的二氧化錳是否變質？它仍然具有相同的催化能力嗎？
2. 探討反應中二氧化錳變質的原因及影響其催化能力的因素。
3. 研究恢復二氧化錳催化能力的方法。

## 三、實驗器材及實驗藥品：

**器材：**排水集氣法集氣設備、溫度計、碼錶、100cc 量筒、500cc 集氣量筒、酒精燈、燒杯、三角錐形瓶、三腳架、石綿心網、打火機、滴管、稱量紙、玻璃棒、抹布、照相機。

**藥品：**實驗級雙氧水（35%）、二氧化錳、食鹽、亞硫酸鈉、廣用試紙、硫酸。

## 四、研究過程及實驗結果：

### (一)催化過雙氧水的二氧化錳，其催化能力是否衰減的研究 ——引發動機的實驗

#### 【實驗組】

取 75 cc 雙氧水溶液(實驗級雙氧水和水以 1：1 配成)，加入 0.2 克二氧化錳，用排水集氣法收集氧氣，並記錄所花的時間。

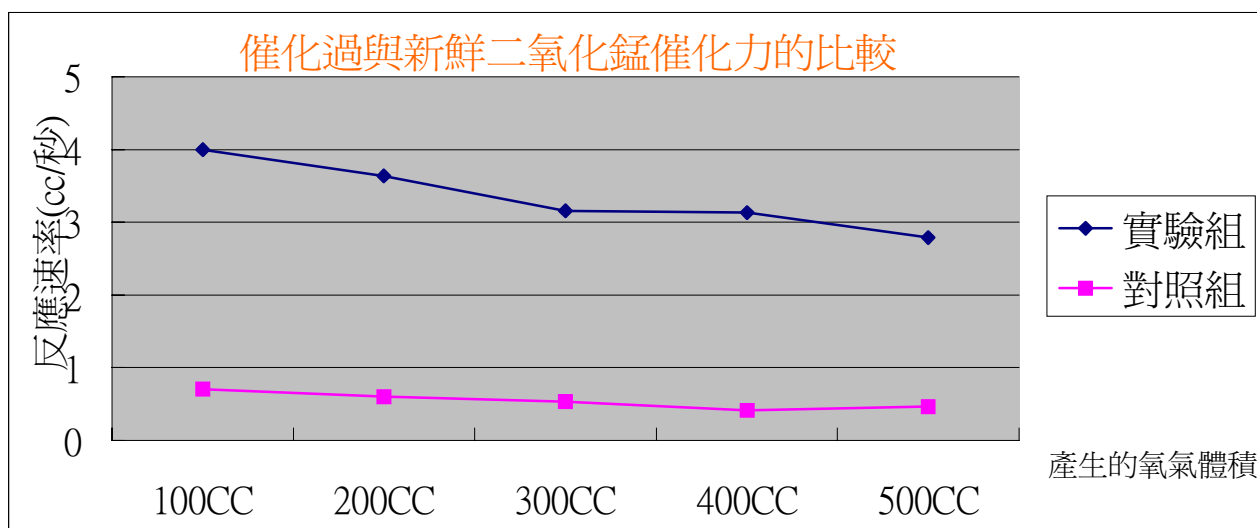
#### 【對照組】

取上面實驗過的雙氧水，靜置到不冒泡(理論上可視為全部變成水)，再加入 75 cc 雙氧水(不稀釋)，用排水集氣法收集氧氣，並記錄所花的時間。

### 【實驗結果】

※ 實驗組(0.2 克二氧化錳+75 cc 1 : 1 雙氧水)

※ 對照組(0.2 克二氧化錳+150 cc 1 : 1 雙氧水)



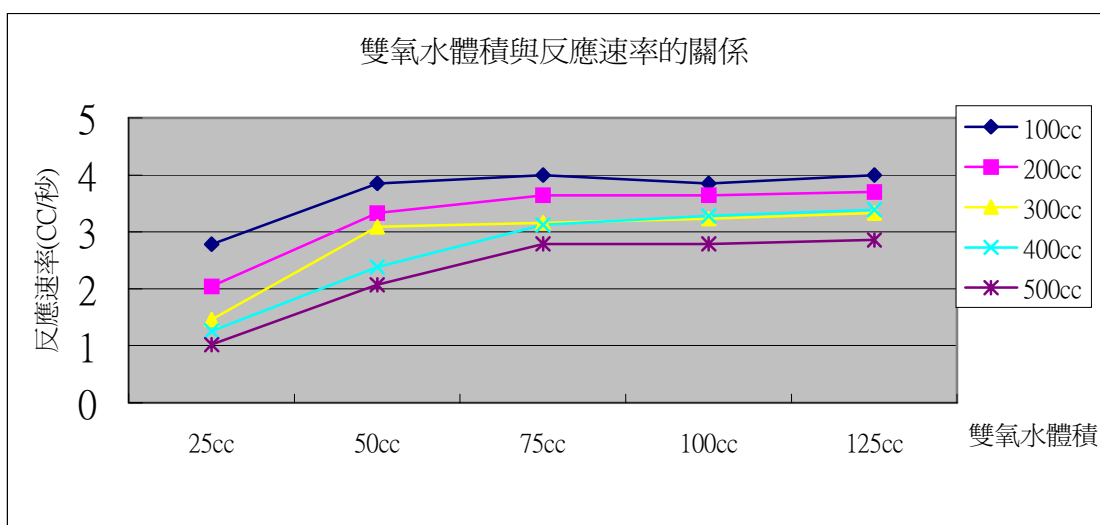
圖一：催化過雙氧水的二氧化錳，其反應速率變慢，表示催化能力大減

由結果看出反應過的二氧化錳，它的催化能力明顯變差，就是這無意中的發現，引發我們進行本實驗研究的動機。上面實驗兩者雙氧水的濃度相同，但對照組雙氧水的量是實驗組的兩倍，所以二氧化錳與雙氧水的比例就變成實驗組的一半。於是我們設計了下列的實驗，研究雙氧水的體積對反應速率的影響。

#### (1).雙氧水體積對產生氧氣速率影響的研究

取雙氧水溶液（實驗級雙氧水和水以 1 : 1 的比例配成）125 cc、100 cc、75 cc、50 cc、25 cc，分別加入 0.2 克二氧化錳，記錄產生氧氣所需的時間。

### 【實驗結果】



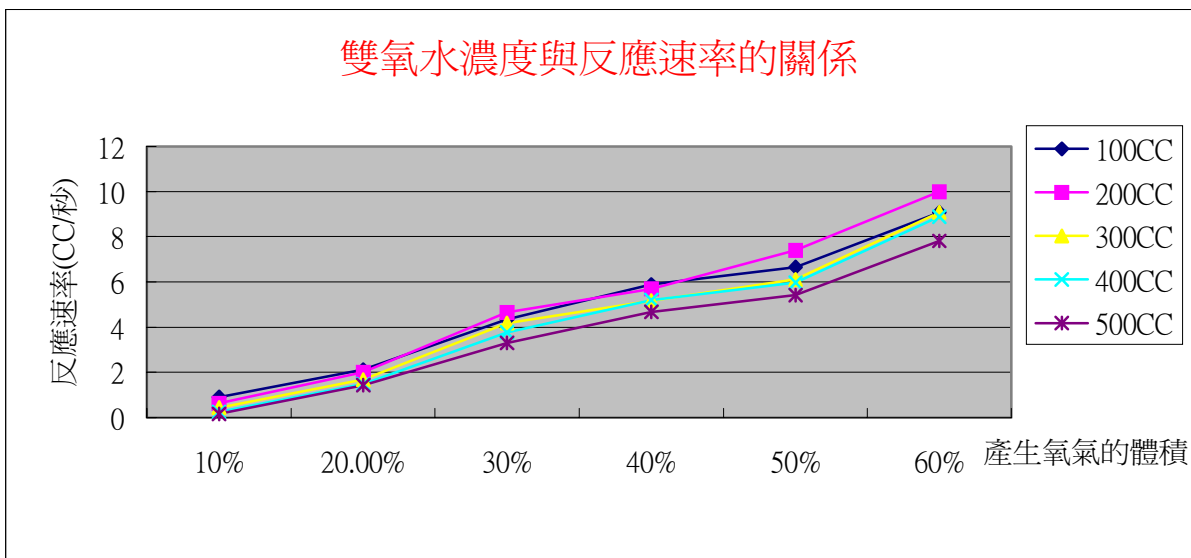
圖二：雙氧水的體積和反應速率的關係。由上圖可發現反應的初始速率和雙氧水的體積無關

由上面的結果可以發現，反應的初始速率和雙氧水的體積無關，至於體積較少時，由於反應時，雙氧水的濃度下降的比例較大，導至反應比其它組慢，但只要體積控制在 75 cc(經過進一步追蹤發現只要 60 cc即可)左右，就不會影響本實驗的結果。

### (2).雙氧水濃度對產生氧氣速率的研究

將實驗級的雙氧水（實驗級雙氧水濃度為 35%，以 P 代表），配製成濃度 10%P、20%P、30%P、40%P、50%P、60%P 的水溶液，各取 75 cc，分別加入 0.4 克的二氧化錳，記錄產生氧的速率。

#### 【實驗結果】



圖三：由圖可以明顯看出雙氧水濃度越大，反應速率越快

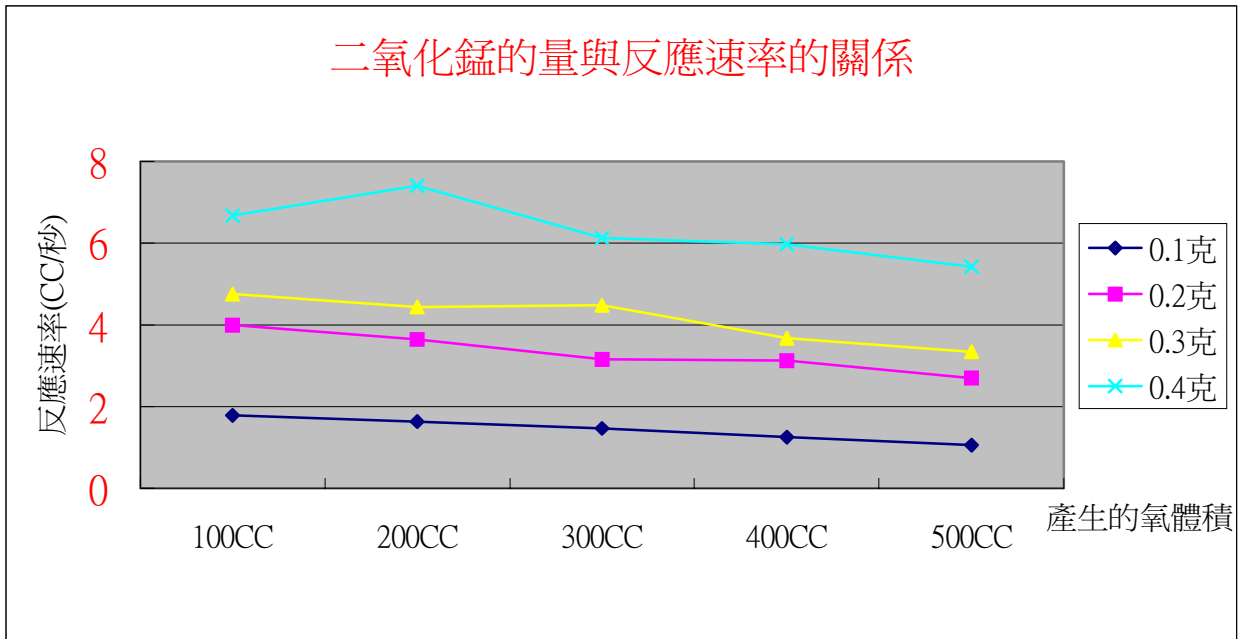
實驗的結果，可以發現反應的初始速率約和雙氧水的濃度成正比，至於最後的速率，濃度低的越變越慢，是因反應進行時，不斷消耗掉雙氧水，要產生相同的氧氣，對濃度低的雙氧水，消耗的雙氧水比例比較高。如原先 30%和 60%的濃度是 1：2，反應速率也約為 1：2，但進行到實驗後半段，濃度比已小於 1：2，所以收集 100 cc時的速率比 11：23(比值 0.48)；收集 500 cc時的速率比變為 64：151(比值 0.423)

### (3).二氧化錳的量對分解氧氣速率影響的研究

取雙氧水溶液（實驗級雙氧水和水以 1：1 的比例配成）75 cc四瓶，分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4 克二氧化錳，記錄產生氧氣所需的時間。

#### 【實驗結果】

## 二氧化錳的量與反應速率的關係



圖四：由圖發現二氧化錳越多，反應速率就越快

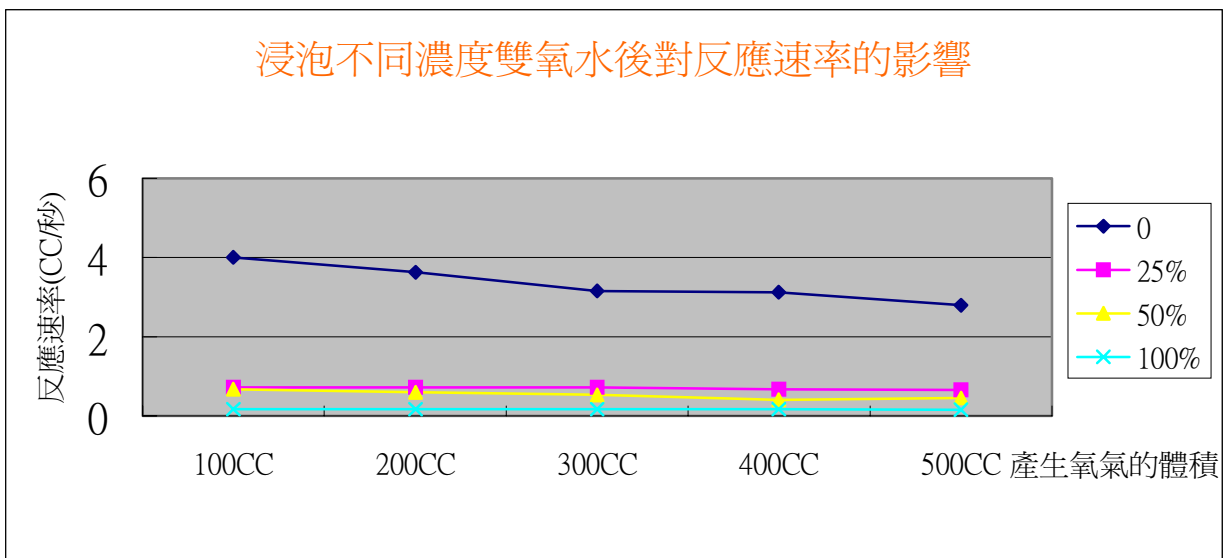
由實驗結果可以發現，氧的分解速率和二氧化錳的質量成正比。

### (4). 雙氧水對二氧化錳催化能力影響的研究

各取 0.2 克二氧化錳三份，分別放入 75 cc 純雙氧水(100%P)、50%P、25%P 雙氧水溶液（實驗級雙氧水濃度為 35%，以 P 代表），靜置到不再冒泡，再將其曬乾，再分別加入 75 cc 1:1(50%P) 的雙氧水做實驗，記錄產生氧氣所需的時間。

#### 【實驗結果】

## 浸泡不同濃度雙氧水後對反應速率的影響



圖五：二氧化錳浸泡過雙氧水，其催化能力即大幅降低

浸泡過雙氧水的二氧化錳帶有棕灰色，尤其浸泡過純雙氧水的二氧化錳，與其說它是黑色，不如說它是棕灰色。從實驗結果也明顯看出，雙氧水會改變二氧化錳的催化能力，而且隨著雙氧

水濃度的增加，這種作用越顯著。我們推論二氧化錳的組成成份已改變，當然催化能力下降就不足為奇，為了探討造成這種改變的原因，我們又設計了下列實驗。

## (二) 探討反應中二氧化錳變質的原因及影響其催化能力的因素

### (1). 反應酸鹼值對催化反應中二氧化錳變質的影響

由於錳酸根離子、過錳酸根離子、二價錳離子、二氧化錳等物質在不同酸鹼性下可以互相轉換，所以我們假設反應會造成溶液酸鹼性的改變。

取 0.2 克二氧化錳加入 75 cc 的 50% 雙氧水裡，用廣用試紙測反應中酸鹼性的變化。

#### 【實驗結果】

反應物（反應前）：二氧化錳、雙氧水溶液都是中性(雙氧水溶液是接近中性的弱酸性，以廣用試紙試成中性顏色)

反應過程中溶液：pH 值約變為 4~5。

反應結束溶液：又變回中性。

這實驗讓我們吃足苦頭，因為反應前、反應後都是中性，開始都沒發現酸鹼性在反應過程中竟悄悄改變，是在一股契而不捨的精神下，重做數次才找到這微妙變化，這也更堅定我們猜測酸鹼性變化是改變二氧化錳催化力的的想法。

為了驗證這想法，我們將新鮮二氧化錳用稀硫酸浸泡過，發現二氧化錳的催化力也大幅下降。

### (3). 催化雙氧水後，二氧化錳變質與否的探討

分別取 2 cc 二氧化錳水溶液、催化反應中溶液、催化反應後溶液滴入 200 cc 清水中，觀察水溶液顏色。

#### 【實驗結果】

實驗項目	未反應二氧化錳溶液	反應中二氧化錳溶液	反應後二氧化錳溶液
溶液顏色	黑色	紅棕色	紅棕色

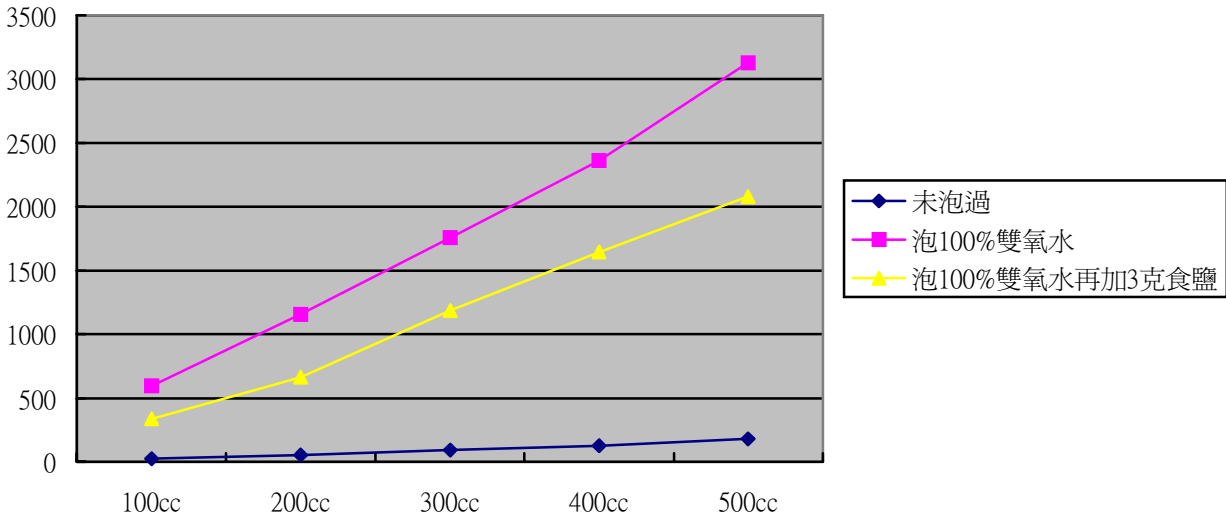
根據錳化物的顏色，二氧化錳是黑色，變紅棕色表示有部分二氧化錳已變成其它化合物，但由於錳的化合物很多，有些顏色又相近，且尚有些二氧化錳可能未變化(溶液仍帶有灰黑色)更加深判斷的困難，我們只能確定二氧化錳有變質，至於變成何種化合物，仍需更進一步研究。

## (三) 恢復二氧化錳催化能力的研究

### (1) 加鹽能否恢復二氧化錳催化力的研究

各取 0.2 克二氧化錳，分別放入 75 cc 純雙氧水(100%)(實驗級雙氧水視為 100%)，靜置到不再冒泡，再將其曬乾，再加入 3 克的鹽攪拌溶解後，再加入 75 cc 1:1 的雙氧水，記錄產生氧氣所需的時間。

## 【實驗結果】



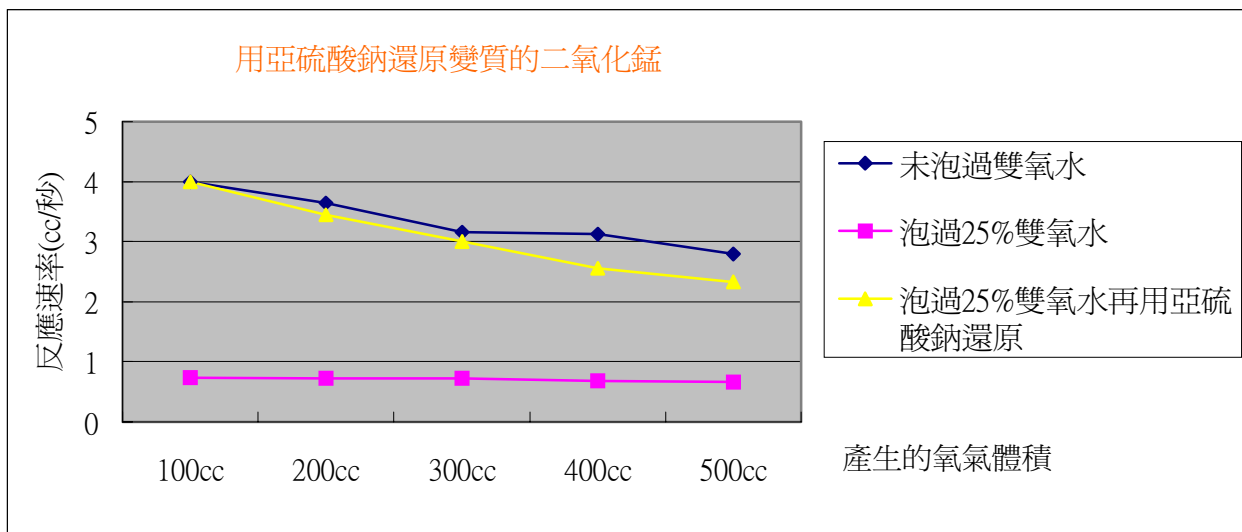
由上面實驗發現加入食鹽，雖無法讓二氧化錳完全恢復原來的催化能力，但已加快約一倍的速率，不過這已足以證明，二氧化錳的組成成分或表面已遭破壞。

### (2) 亞硫酸鈉能否恢復二氧化錳催化力的研究

嘗試了各種方法，都無法有效的恢復二氧化錳的催化力，就在要放棄時，忽然想到，二氧化錳會不會在反應時被氧化了呢？於是我們就用了亞硫酸鈉還原看看！

將實驗級的雙氧水，配製成濃度 12.5% P、25% P、50% P、100% P 的水溶液，各取 200 cc，分別加入 0.5 克的二氧化錳，靜置到不再冒泡，將其曬乾，再用亞硫酸鈉還原（反應時控制 pH 在 7 左右）後，再以 0.2g 分別和 75 cc 1:1 的雙氧水反應，記錄產生氧氣所需的時間。

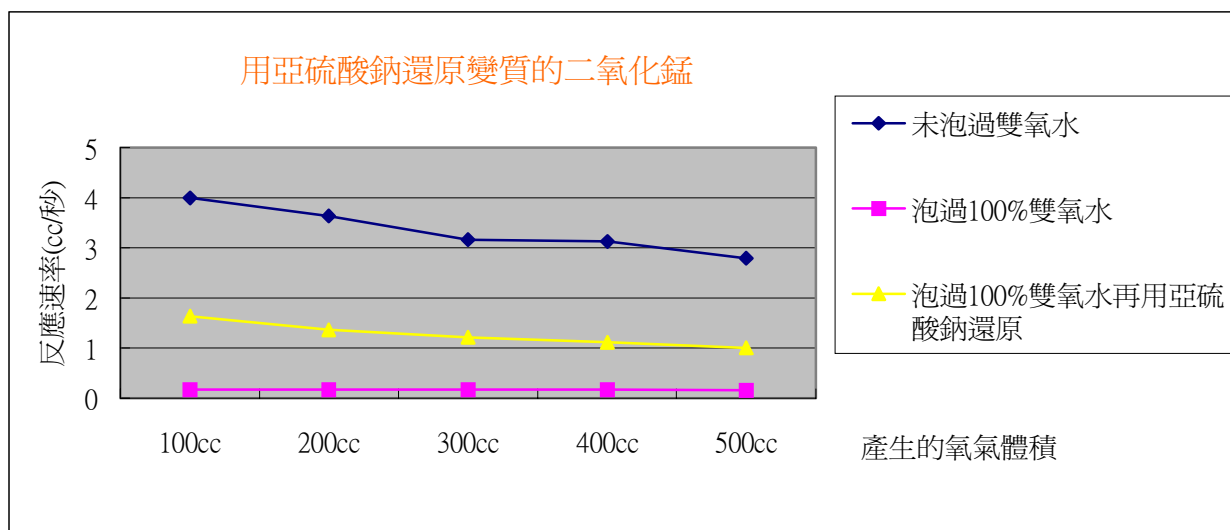
## 【實驗結果】



圖七：亞硫酸鈉能回復變質的二氧化錳



以浸泡 100%實驗做比較，結果如下：



圖八：亞硫酸鈉能回復遭 100%雙氧水浸泡變質的二氧化錳的催化力，不過效果比圖十四(浸泡 25%)稍差。

催化能力竟然幾乎完全恢復！催化能力都和未浸泡過的新鮮二氧化錳相當，其間的些許差異也和浸泡雙氧水的濃度無關，猜想可能和還原反應時 pH 值有關，為了驗證這想法，我們將還原時的 pH 控制在 9 以上，發現就無法恢復二氧化錳的催化力。

## 五、實驗討論：

### 1. 解開國中生對催化劑的迷思：

催化劑是參與化學反應的！只是反應完成後會變回原來的物質，反應過程中因為催化劑的參與而改變反應機制，致使反應速率受到影響，故催化劑本身有機會產生變化。二氧化錳催化雙氧水分解反應時，本身也會因劇烈的作用而改變性質，雙氧水的濃度越高，影響越大，所以實驗完的二氧化錳無法直接回收利用。實驗進行過後，若要再次收集氧氣，應清洗後重做，如直接加雙氧水，反應速率會慢得讓人受不了。

2. 雙氧水濃度才是影響反應速率的重要原因；雙氧水的體積不會影響反應速率！雙氧水的量(體積)和反應速率關係不大，實驗時考慮要收集的氧氣量，使用適量雙氧水即可，以免浪費。

4. 反應的速率和二氧化錳的質量及雙氧水的濃度成正比，使用適量不但避免浪費，還可適當控制反應速率，避免發生意外。

5. 單獨高溫應不是造成二氧化錳變質的主因，因為整個反應是在水溶液中進行，溫度應在 100℃ 之下，根據實驗驗證，縱然在 100℃ 時下，也只會造成二氧化錳輕微變化，80℃ 以下，二氧化錳催化力則幾乎不受影響，但在催化雙氧水的反應時，縱使反應溫度控制在 0℃，二氧化錳的催化力照樣下降，說明它仍會變質。

6. 反應時的高溫（約 80–90℃）加上雙氧水的氧化力、反應過程酸鹼值的改變，可能是造成



二氧化錳變質的原因，但確確的原因尚有待更進一層的研究。

7. 催化過雙氧水的二氧化錳，加入鹽，能恢復部分催化力，推想它是以另一種型態進行雙氧水的催化，由此我們可以進一步推論錳除了二氧化錳外，其它氧化態存在的錳也具有催化雙氧水分解的能力，只是效果差些，這可能是造成大家誤以為：二氧化錳催化雙氧水後它不改變的原因。
8. 催化反應後，二氧化錳產生變化，其催化能力因而降低，我們可以利用亞硫酸鈉將其還原，推論二氧化錳的錳被更進一層氧化。

## 六、實驗結論：

實驗雖驗證了實驗課時無意中的發現：二氧化錳催化過雙氧水的分解反應，它的催化能力會衰減。這與課本上所提的有關催化劑的概念有些出入，或許二氧化錳不是一個典型的催化劑，應找其它更適合的物質來介紹，以免造成學生錯誤的觀念。更幸運的是，在無數次失敗後，終於找出二氧化錳變質的原因及回復其催化力的方法。水溶液的酸鹼性、反應物雙氧水的濃度、反應溫度都會影響二氧化錳的催化能力，而因為參與化學反應的過程，部分二氧化錳變質，造成直接回收的二氧化錳對新雙氧水的反應催化效果降低，倘若每一屆的同學在做完雙氧水的實驗後，可由學校師長將所有用過的二氧化錳回收以亞硫酸鈉加以還原，將可以達到校園環保的目的！一方面節約二氧化錳的消耗，一方面培養同學回收化學藥品的觀念，一舉數得，豈不美哉！不過我不禁納悶，如此是否會造成學生對催化劑概念的誤導？其他的催化劑催化別人時，是否常伴隨自身性質的改變？為何和教科書上催化劑的定義有如此大的差異？（當然在稀溶液，如藥品級再稀釋成 20%雙氧水溶液下，二氧化錳幾乎不變）

## 七、實驗展望：

這次實驗雖驗證二氧化錳催化時的性質改變，但對二氧化錳是如何催化雙氧水的反應？反應中 pH 值為什麼會變？催化後二氧化錳變成什麼？其他反應的催化劑有類似的現象嗎？希望有機會能針對上述問題再做探討。

## 八、參考資料：

1. 國中理化(國立編譯館)
2. 細說高中化學
3. 觸媒原理與應用(胡中興著 高立圖書有限公司)
4. 工業化學概論(閻路編著 東華書局)
5. 化學大詞典(林敬二、楊美惠、楊寶旺、廖德章、薛敬和等主編 高立圖書有限公司)

評語：

- 一、探討主題係由教材、前人研究延伸而來，所得結果及敘述蠻生動有趣。
- 二、思考細膩，實驗程序尚可，惟推論仍有瑕疵，須更深入了解，以免產生另外之迷思。
- 三、對二氧化錳催化作用之機轉，宜作進一步探討。

## 科展得獎感言

得到科展化學組的第三名,雀躍的心情是很難以筆墨來形容,但是確確實實的握住獎杯,我們知道一切的辛苦沒有白費,其實在國三這一年才參加全國性的科展比賽,對我們而言是非常吃力的,因為在雙重課業及實驗的壓力下,可用的時間越來越少,別的同學只要一心地準備學力測驗,而我們卻要把心一分為二,別的同學可以早早地夢周公,我們卻要懸樑刺骨地開夜車,但是對於科展的熱愛,讓我們從不以為苦,對於科學的執著,讓我們可以超脫一切組礙,並且我們也藉由此次參賽的經驗,結交到許多志同道合的朋友,我們相信在研究科學的這條路上,我們不會是孤單的,而是與更多優秀的同學一起發現宇宙的奧祕,雖然我們不是李遠哲,更不是愛因斯坦,但是我們確信  $x+y$  一定大於  $z$ ,也希望能在這一次得獎的經驗中能讓我們更加成長,以締造創起宇宙之生命的佳績.

興雅國中

304 張榕芝

305 劉千榕

313 徐靈兒