

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱:氧出大泡泡---催化劑與雙氧水的關係
一、摘要：
雙氧水廣泛運用於中學各種實驗中，從簡單的製備氧氣、華麗的大象牙膏到氧化還原滴定等，本研究係以自製裝置彙整雙氧水在各種情況下受催化分解的速率、產率等數據。H ₂ O ₂ 接近中性，市售雙氧水為 35%水溶液經酸鹼儀檢測 pH=2，實驗發現，H ₂ O ₂ 在不同 pH 下與 MnO ₂ 反應時出現幾種結果，根據反應速率大致分成 pH<2，2<pH<7，7<pH<8，pH>8 等區間，分解速率在 pH8.5 以上暴增，並發生自解反應；pH2 以下分解速率急降，這是由於 MnO ₂ 轉擔任反應物。本研究也探討不同的催化劑在不同環境催化 H ₂ O ₂ 分解的現象，結果發現 Fe ²⁺ 的效果最佳，且其催化效果幾乎不受 pH 影響。
二、探究題目與動機
在二氧化錳催化雙氧水之實驗中，我們發現到當二氧化錳在酸性環境下與雙氧水反應時，反應結束後，二氧化錳會呈現橘色，課本中也提到在雙氧水製氧實驗中，二氧化錳應是催化劑的作用。因此讓我們好奇的是，為什麼會產生此橘色之二氧化錳？且此橘色之二氧化錳有什麼特性？二氧化錳在酸性環境中與雙氧水反應時，是否並非為催化劑，而是反應物？不同 pH 值之雙氧水是否會影響催化劑與其反應之反應速率與氧氣產生量？是不是每種催化劑皆有一組最適合之 pH 值的雙氧水？
三、探究目的與假設
1.建立本探究之各 pH 值所影響反應速率與氧氣生成量之折線圖並進行比較 2.探討不同催化劑對雙氧水反應速率與氧氣生成量之影響 3.探討各催化劑最適合之 pH 值雙氧水 4.探討二氧化錳於酸性環境中與雙氧水反應時兩者間之關係 5.探討是否在特定環境下，特定 pH 值會使催化劑轉變為反應物
四、探究方法與驗證步驟
1、實驗一、調配最佳比例之雙氧水
(一)步驟
步驟 1-1 使用 35%之市售雙氧水進行調配，固定水的重量調配不同濃度之雙氧水
步驟 1-2 分別使用 1、1.5、2、2.5 mL 的雙氧水進行實驗
步驟 1-3 經實驗後發現最佳比例為 1.5 mL 和 1 mL 水進行後續實驗

2、實驗二、配置 35% 特定 pH 值之雙氧水

(一) 步驟

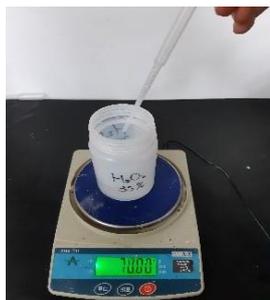
步驟 2-1 調 70 克雙氧水

步驟 2-2 加入硫酸水溶液並調至所需之 pH 值和溶液濃度

步驟 2-3 或加入氫氧化鉀水溶液並調至所需之 pH 值和溶液濃度

步驟 2-4 得到 pH0 ~ pH8 之雙氧水 35%

(二) 圖例說明



步驟 2-1



步驟 2-2



步驟 2-3



步驟 2-4

3、實驗三、探討 MnO_2 在不同 pH 值的雙氧水中之反應情況

(一) 步驟

步驟 3-1 分出 pH0 ~ pH8 之雙氧水各 5 g

步驟 3-2 秤出 0.3 g 二氧化錳

步驟 3-3 在各個已分出之雙氧水中各加入 3 g 二氧化錳

步驟 3-4 得出結果

(二) 圖例說明



步驟 3-1



步驟 3-2



步驟 3-3



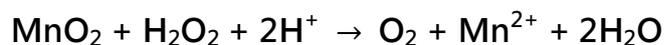
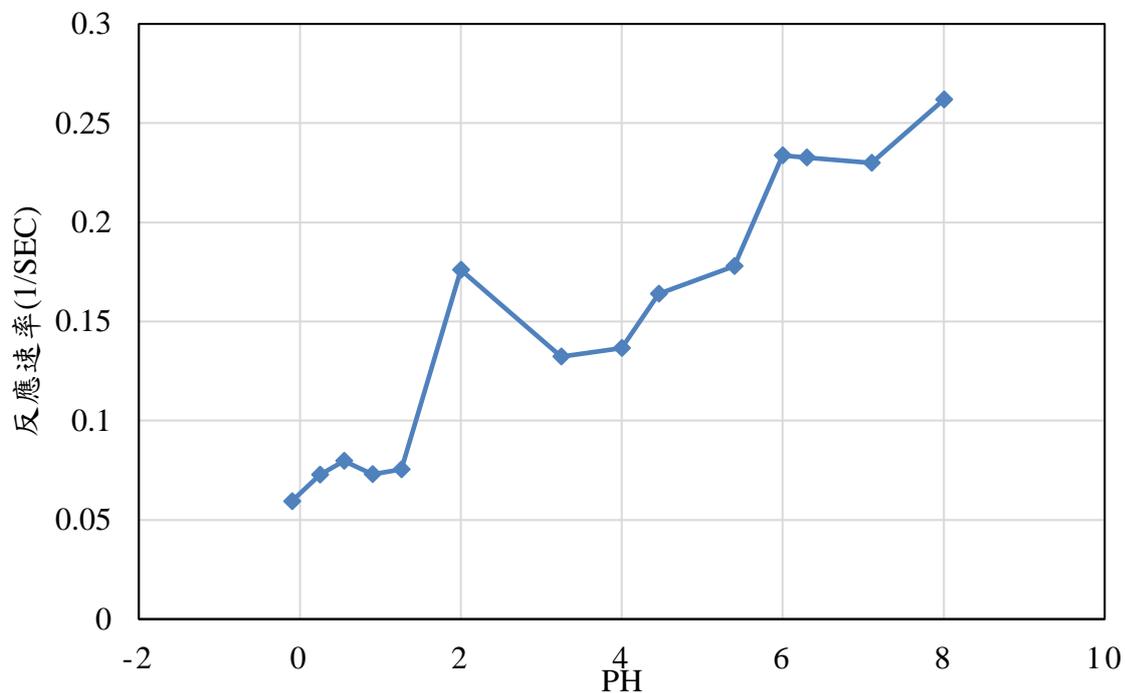
步驟 3-4

五、結論與生活應用

綜合上述實驗數據，我們得出以下綜合性能圖表，並歸納出以下幾點結論：

一、探討 MnO_2 在不同 pH 值的雙氧水中之反應情況

實驗發現 pH=0~2，氧氣產生速率降到最低，並且黑色 MnO_2 消失，反而出現橘色產物，而 pH2~8，氧氣產生速率加快，pH7 附近達到最大值，實驗無法繼續討論 pH8.5(含)以上， MnO_2 對雙氧水的催化效果，這是因為 pH8.5 以上時雙氧水的分解已經無法確定是自我分解或是催化劑的貢獻，因此之後討論催化劑對 H_2O_2 影響的實驗只考慮 pH0~8 區間。透過這個實驗結果，了解國中教材只簡單描述了 MnO_2 的催化性質，為了忠實呈現催化劑參與反應，並且反應前後催化劑不減少也不產生新物質的這個觀念，因此雙氧水的保存 pH 不能低於 pH2，否則會出現副反應而干擾學習，根據資料，二氧化錳與雙氧水的反應若在特定酸度下，則會出現部分二氧化錳不再擔任催化劑，而是氧化劑的結果：



實際實驗上，橘色固體生成推測應該是 Mn^{2+} 的沉澱物，目前只能確定，不是氫氧化錳(棕色)、不是一氧化錳(綠色)，而比較像是硫化錳(粉橘色)。

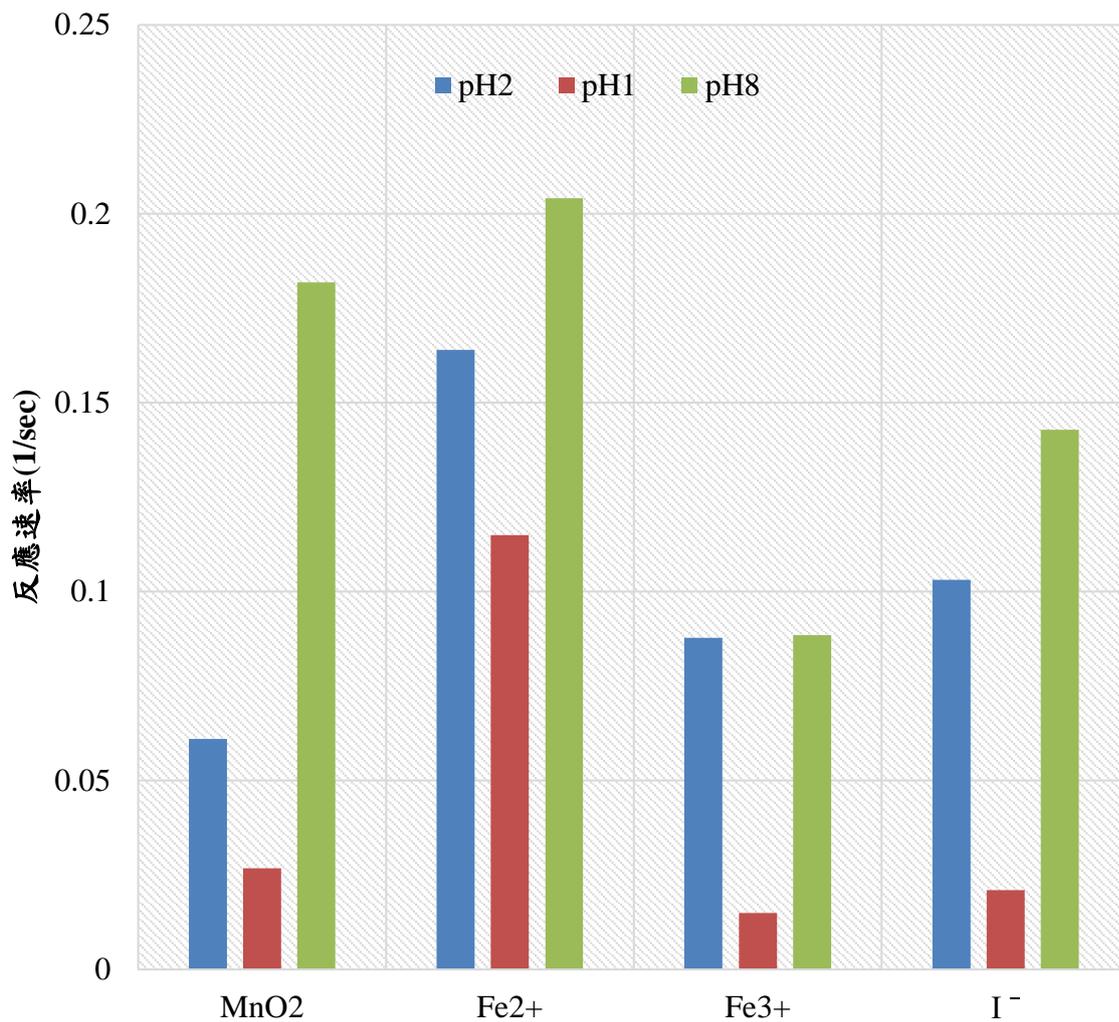
pH	sec	1/sec	3.25	7.56	0.132275
-0.10	16.84	0.059382	4.00	7.32	0.136612
0.25	13.76	0.072674	4.46	6.1	0.163934
0.55	12.54	0.079744	5.40	5.62	0.177935
0.90	13.69	0.073046	6.00	4.28	0.233644
1.26	13.25	0.075471	6.30	4.3	0.232558
2.00	5.68	0.176056	7.10	4.35	0.229885
			8.00	3.82	0.261780

二、比較不同陰、陽離子在不同 pH 值中之催化結果

產量(mL)	MnO ₂		Fe ²⁺		Fe ³⁺		I ⁻	
H ₂ O ₂	228	218.3	190	188.7	256	223.6	208	189.6
pH=2	209		182		208		221	
	218		194		207		140	
H ₂ O ₂	230	234.7	200	207.3	200	187.6	214	219.3
pH=1	221		206		200		206	
	253		216		163		211	
H ₂ O ₂	240	235.0	217	209.0	188	180.0	183	180.3
pH=8	223		220		174		185	
	242		190		178		173	

在陽離子的實驗我們使用了 7 種不同離子當催化劑，實驗後得知只有 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、這兩種離子可以當催化劑，雖然文獻說 Mn^{2+} 或是 Cu^{2+} 也可以，但由於在實驗上沒有觀察到，所以之後的實驗只會討論這兩個。在陰離子的實驗我們使用了 3 種不同離子當催化劑，實驗後得知只有 I^- 具有催化效果。

實驗發現這些不同的催化劑在不同 pH 下催化雙氧水分解產生的氧氣產量差異不大，在經過多次實驗平均， MnO_2 算是製氧中產量較多的，以產生的氧氣量來看，也算是比較不受 pH 影響的。



從圖可知， Fe^{2+} 在催化雙氧水分解無論在 pH1、2、8 中都是最快的，特別在 $\text{pH} < 2$ 的區間裡， Fe^{2+} 也有極佳的表現，可以說其催化雙氧水分解速率較不受 pH 影響

在鹼性環境中，催化劑普遍對雙氧水的效果都比酸性時好，推論：是由於雙氧水本身在鹼性下穩定度本來就比較差。

而在酸性環境下，在本研究選擇之催化劑中，只有 Fe^{2+} 適合擔任催化劑。

參考資料

- 【1】 佚名。氧化還原反應。2012 年 12 月 2 日。取自
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E8%BF%98%E5%8E%9F%E5%8F%8D%E5%BA%94>
- 【2】 佚名。過氧化氫。2012 年 11 月 25 日。取自
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%99%E6%B0%A7%E6%B0%B4>
- 【3】 林莉雯、翁麗雯。FeSO₄ 催化雙氧水製造氧氣之研究。2002。台灣國際科展。
- 【4】 「氧」眉吐氣。中華民國第 53 屆中小學科學展覽會。
- 【5】 水果奇妙的產氧量。新北市 102 學年度中小學科學展覽會。
- 【6】 「氧」生之道—探討紅蘿蔔與過氧化氫氧化還原反應情形。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。
- 【7】 動物與植物細胞過氧化氫酶活性之比較。嘉義縣第 52 屆國民中小學科學展覽會。
- 【8】 金雙氧、鉛雙氧、氧氧相連。中華民國第四十四屆中小學科學展覽會。
- 【9】 「酵」談「氧」生之道。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。
- 【10】 是皮在氧？還是會葉來葉氧。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。