

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030201

造氧神氣

學校名稱：臺東縣立知本國民中學

作者： 國二 林宜儒 國二 陳敬勇 國二 陳建志	指導老師： 鄭欣悅
---	------------------

關鍵詞：雙氧水分解速率、氯化亞鐵、催化劑

摘要

國二上學期進行雙氧水分解製造氧氣時，有些組別經常發生吸濾瓶內壓過大，反應液體上升至薊頭漏斗頂端，同時會有噴出來的危險景象，而重金屬錳若處理不當則會造成嚴重的環境汙染，因此我們想改良實驗裝置和使用的藥品，使實驗變得更安全又環保。我們改用氯化亞鐵為催化劑，當加入 2.50 毫升的雙氧水後，只需 4.0 秒即可收集 260 毫升的氧氣，其反應速率較二氧化錳的反應速率增加了 7.6 倍。而使用針筒結合三向閥的方式能避免混和液體噴出的情況，因此改良後的實驗確實可以取代現有國中課程中的裝置，讓實驗變得環保與安全。實驗裝置改良後測試不同濃度雙氧水的分解速率，不同濃度雙氧水與其分解速率關係圖中的趨勢線段呈斜直線，即分解速率和濃度成正比關係。

壹、 研究動機

二年級上學期，我們在做雙氧水分解製造氧氣的實驗，實驗中發現二氧化錳是重金屬，使用後是需要回收的，可是有些同學會將實驗後的二氧化錳直接倒入水槽，這樣會汙染環境，沒有做好回收工作，而回收後的二氧化錳也要請專業的廠商處理，這樣會增加做實驗的成本。

在實驗過程中雙氧水滴入薊頭漏斗時，部份雙氧水大多都會在漏斗的長管子處發生劇烈反應，所產生的氣體和混合液體會從薊頭漏斗噴出來，十分危險。還有些同學會忘了將薊頭漏斗沒入吸濾瓶的液體中，因而無法順利收集到氧氣，因此我們想改良教科書上的實驗裝置與使用之藥品，提供一個環保的催化劑替代二氧化錳與安全的實驗裝置，讓氧氣收集的實驗變得既環保又安全。

貳、 研究目的

- 一、改變原本實驗裝置，使實驗過程變得更安全。
- 二、改變催化劑種類，使實驗更環保。
- 三、測試不同濃度雙氧水的分解速率。

參、 研究設備及器材

- 一、設備：計時器
- 二、器材：廣口瓶(3 個)、橡膠導管(1 個)、塑膠水槽(1 個)、研鉢(1 個)、玻棒(1 支)、量筒 50mL、10mL(各 1 個)、刮勺(1 個)、吸濾瓶(1 個)、注射針筒 5mL、10mL(各 1 個)、滴管(1 支)、玻片(3 片)、薊頭漏斗(1 個)、橡皮塞(2 個)、線香。
- 三、藥品：35%雙氧水 (H_2O_2)、二氧化錳(MnO_2)、氯化亞鐵($FeCl_2 \cdot 4H_2O$)、蒸餾水、紅蘿蔔

肆、 研究過程或方法

- 一、 使用原有的實驗裝置，以二氧化錳當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需反應時間（教科書提供之實驗方法）

1. 將廣口瓶裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝滿了半滿的水槽後再移除玻片。
2. 取一匙二氧化錳放入吸濾瓶中，並且接上橡皮導管。
3. 小心地將薊頭漏斗穿過橡皮塞(此步驟，很容易造成玻璃薊頭漏斗長管處斷裂。學生非常容易割傷流血)，並塞緊吸濾瓶口，使漏斗末端接近瓶底，再由薊頭漏斗上端加入 50.00mL 的水，使漏斗末端沒於液面下，如圖一所示。



圖一 雙氧水分解原有的實驗裝置圖

4. 將雙氧水滴入薊頭漏斗中，待冒泡 20 秒後將吸濾瓶中的空氣排掉後，再將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，再次滴入雙氧水，並開始計時與收集產生的氣體。當氣體充滿廣口瓶後，在水中以玻片蓋緊瓶口，取出水面，瓶口朝上放置，重複實驗 7 次。
5. 將點燃的線香放入裝有氧氣的廣口瓶中，觀察燃燒的情形。

二、 使用原有的實驗裝置，改以紅蘿蔔當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需反應時間(紅蘿蔔為易取得的抗氧化劑)

1. 將廣口瓶裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝滿了半滿的水槽後再移除玻片。
2. 將約 30 公克紅蘿蔔切碎與磨成泥放入吸濾瓶中，並且接上橡皮導管。
3. 小心地將薊頭漏斗穿過橡皮塞(此步驟，很容易造成玻璃薊頭漏斗長管處斷裂。學生非常容易割傷流血)，並塞緊吸濾瓶口，使漏斗末端接近瓶底，再由薊頭漏斗上端加入 50.00m L 的水，使漏斗末端沒於液面下。
4. 將雙氧水滴入薊頭漏斗中，再將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，收集產生的氣體。當氣體充滿廣口瓶後，在水中以玻片蓋緊瓶口，取出水面，瓶口朝上放置。
5. 將點燃的線香放入裝有氧氣的廣口瓶中，觀察燃燒的情形。

三、 使用改良裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35%及 14%雙氧水，測試雙氧水分解所需使用量

1. 將廣口瓶裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝了半滿的水槽後移除玻片。
2. 取一匙氯化亞鐵，放入研鉢磨碎後，再放入 250mL 吸濾瓶中，並且接上橡皮導管。
3. 再將 50.00mL 的水，加入吸濾瓶中，橡皮塞穿孔後接上三向閥，再接上 5.00mL 的注射筒，加入 5.00mL 的雙氧水。
4. 各別滴入 0.5mL、1.0mL、1.5mL、2.0mL、2.5mL 的 35%雙氧水於吸濾瓶中，將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，開始收集產生的氣體，待反應結束後，再各別測量氧氣的生成量。重複實驗 3 次。
5. 重覆以上實驗步驟，各別滴入 4.0mL、5.0mL、6.0mL、7.0mL 的 14%雙氧水於吸濾瓶中，將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，開始收集產生的氣體，待反應結束後，再各別測量氧氣的生成量。重複實驗 3 次。

四、 使用改良後裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣

1. 將廣口瓶裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝了半滿的水槽後移除玻片。
2. 取一小匙氯化亞鐵，放入研鉢磨碎後，再放入 250mL 吸濾瓶中，並且接上橡皮導管。
3. 再將 50.00mL 的水，加入吸濾瓶中，橡皮塞穿孔後接上三向閥，再接上 5.00mL 的注射筒，加入 5.00mL 的雙氧水，如圖二所示。



圖二 改良後的雙氧水分解實驗裝置圖

4. 將雙氧水滴入錐形瓶中，待冒泡 5.0 秒後將吸濾瓶中的空氣排掉後，再將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，再次滴入雙氧水，並開始計時與收集產生的氣體。當氣體充滿廣口瓶後，在水中以玻片蓋緊瓶口，取出水面，瓶口朝上放置，重

複實驗 7 次。

5. 將點燃的線香放入裝有氧氣的廣口瓶中，觀察燃燒的情形。

五、 使用改良後裝置，測試不同濃度雙氧水的分解速率

1. 配製不同濃度的雙氧水各分別 35%、28%、21%、14%。
2. 重複研究過程與方法(四)步驟，測試不同濃度雙氧水分解的速率，重複實驗 7 次。

伍、 研究結果

一、 使用原有的實驗裝置，以二氧化錳當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣

編號 項目	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	31.8	32.6	27.4	28.3	31.9	29.2	29.3	30.1	2.04
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	



圖三 二氧化錳當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

二、 使用原有的實驗裝置，以紅蘿蔔當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣

項目	紅蘿蔔	
	小塊狀	泥狀
反應時間 (s)	約 4.0 分鐘	約 3.0 分鐘
氧氣生成量 (mL)	110	200

三、 (1)使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水，測試雙氧水所需用量

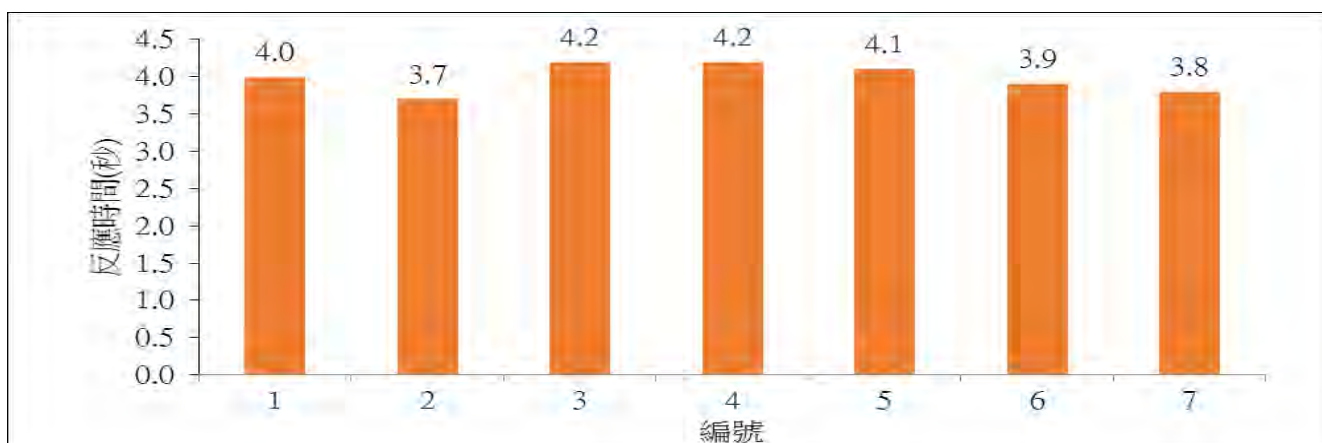
項目	35% H ₂ O ₂ 添加量 (mL)				
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
氧氣生成量 (mL)	55.0	100.0	160.0	247.0	>260
	47.0	116.0	172.0	235.0	>260
	45.0	110.0	163.0	242.0	>260
平均	49.0	108.6	165.0	241.3	>260

三、 (2)使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 14%雙氧水，測試雙氧水所需用量

項目	14% H ₂ O ₂ 添加量 (mL)			
	4.00	5.00	6.00	7.00
氧氣生成量 (mL)	172	195	>260	>260
	180	215	>260	>260
	157	225	>260	>260
平均	169.6	211.6	>260	>260

四、 (1)使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣

編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	4.0	3.7	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	4.0	0.21
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	



圖四 氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

五、 (2)以氯化亞鐵當催化劑分解 28%雙氧水產生氧氣

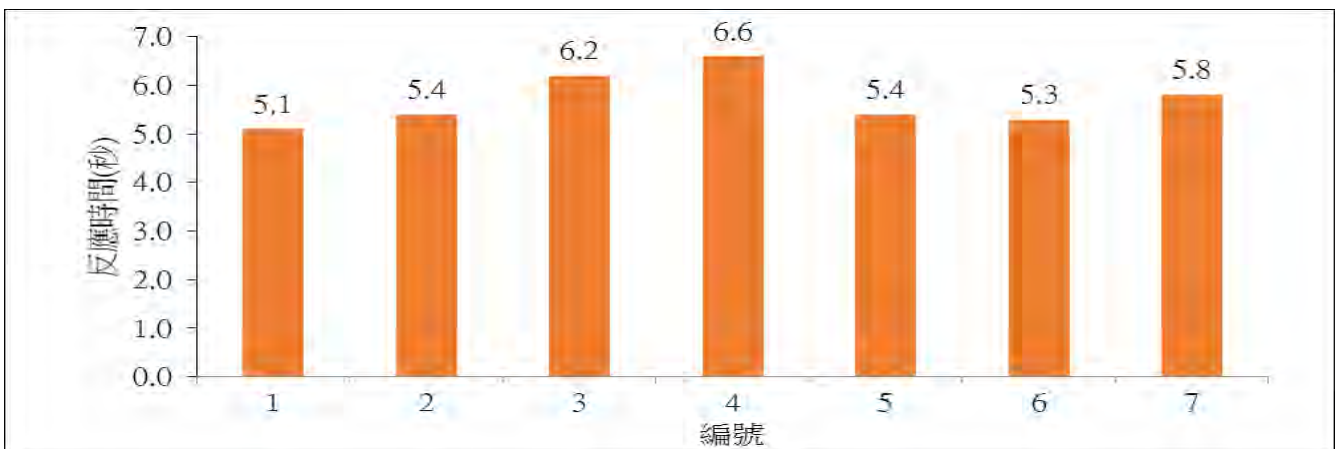
編號 項目	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	4.7	5.3	4.1	5.5	4.5	4.5	4.4	4.7	0.52
H ₂ O ₂ 用 量 (mL)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	



圖五 氯化亞鐵當催化劑分解 28%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

五、 (3)氯化亞鐵當催化劑分解 21%雙氧水產生氧氣

編號 項目	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間(秒)	5.1	5.4	6.2	6.6	5.4	5.3	5.8	5.7	0.58
H ₂ O ₂ 用 量 (mL)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	



圖六 氯化亞鐵當催化劑分解 21%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

五、 (4)使用改良後裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 14%雙氧水產生氧氣

編號 項目	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間(秒)	7.8	7.3	6.9	6.2	7.1	7.2	7.2	7.1	0.51
H ₂ O ₂ 用 量 (mL)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	



圖七 氯化亞鐵當催化劑分解 14%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

陸、 討論

一、 催化劑種類測試

(一) 二氧化錳測試

我們按照教科書上的雙氧水分解製造氧氣的實驗進行操作時，經常發生吸濾瓶內壓過大的現象，而造成混和液體從薊頭漏斗噴出的危險景象，因此一定要非常小心的將雙氧水滴入薊頭漏斗中，避免發生危險。

(二) 紅蘿蔔測試

國小五年級下學期的自然課，曾使用紅蘿蔔分解雙氧水反應製造氧氣，因為紅蘿蔔內富含酵素可催化雙氧水分解，因此使用紅蘿蔔代替二氧化錳當催化劑，實驗裝置如圖八顯示，一開始測試時將紅蘿蔔切碎，加入 35%的雙氧水，可以見到有氣泡產生，收集後再用線香測試，可使線香燃燒旺盛，確定是氧氣，但反應時間太長，數分鐘仍未收集到所需的量，需要的紅蘿蔔也較多，經過討論後，決定再將紅蘿蔔磨成泥再加入 35%的雙氧水中，可以發現產生氣泡的量變多了，雖然速率加快，但反應時間仍需數分鐘，因此我們決定找其他的物質替代二氧化錳。



圖八 紅蘿蔔當催化劑分解 35%雙氧水

(三) 氯化亞鐵測試

濃度約為 3% 雙氧水可以當外傷的消炎藥水，當它滴到傷口時會冒出許多氣泡，查尋資料可知由於血液中有亞鐵離子，會促進雙氧水分解，因此我們認為氯化亞鐵可當催化劑進行測試，由圖九顯示，在混合反應液中有大量氣泡產生，由圖四顯示僅須數秒就可以充滿 260mL 的廣口瓶，將點燃線香放入廣口瓶中，火焰會變旺盛，經由數次的實驗均得到 35%的雙氧水會快速分解，因此氯化亞鐵可以取代二氧化錳當成雙氧水分解反應的催化劑。



圖九 氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水

二、 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水，測試雙氧水所需用量由實驗結果三(1)顯示，使用氯化亞鐵當催化劑分解 35%雙氧水，僅需加入 2.5mL 雙氧水即可生成超過 260mL 的氧氣，因此在進行實驗改良前後 35%雙氧水分解速率的比較時，選擇添加 2.5mL 35% 雙氧水來進行後續的實驗。

三、 使用改良後裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 14%雙氧水，測試雙氧水所需用量由實驗結果三(2)顯示，使用氯化亞鐵當催化劑分解 14%雙氧水，需要加入 6.0mL 雙氧水即可生成超過 260mL 的氧氣，因此在進行使用改良後的實驗裝置，測試不同濃度雙氧水的分解速率比較時，所需不同濃度雙氧水的添加量如表一所示。

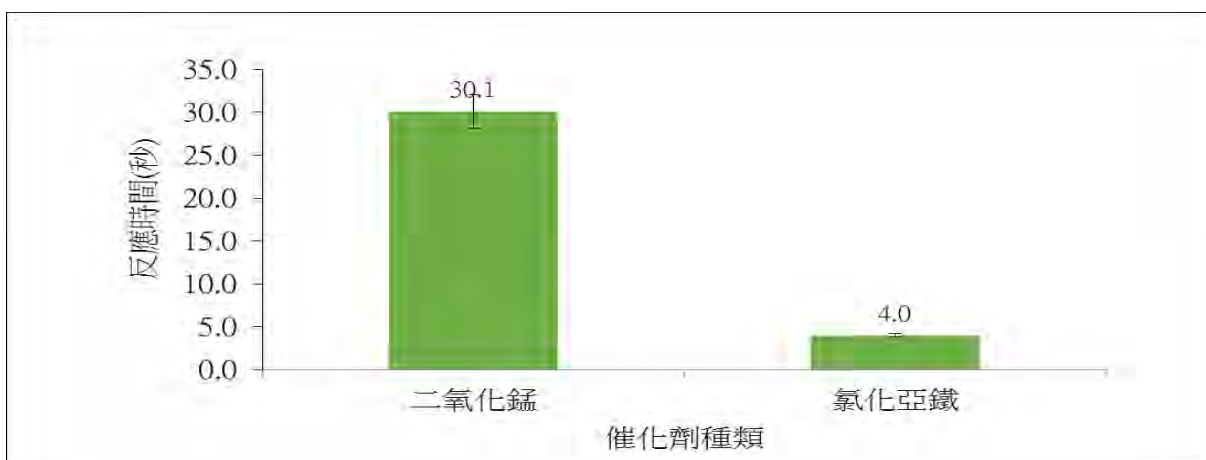
表一 氯化亞鐵催化分解不同濃度雙氧水所需 H₂O₂ 的添加量

體積 濃度	雙氧水濃度 (%)			
	14	21	28	35
H ₂ O ₂ 添加量 (mL)	6.00	5.00	4.00	2.50

四、 實驗裝置改良前後以 35%的雙氧水分解速率之比較

項目	催化劑	
	二氧化錳	氯化亞鐵
平均時間 (秒, n=7)	30.1±2.0	4.0±0.2
平均 H ₂ O ₂ 用量 (mL, n=7)	2.50	2.50
平均 H ₂ O ₂ 分解速率(mL/s, n=7)	8.6	65.0

(一) 使用原有實驗裝置，以二氧化錳當催化劑分解雙氧水，當添加 2.50mL 雙氧水至反應瓶中，即可收集 260mL 氧氣，需要的反應時間平均為 30.1 秒，反應當中不時會有氣體與反應液體上升到薊頭漏斗頂部如圖一所示，因此一定要非常小心的將雙氧水滴入薊頭漏斗中，避免發生危險。

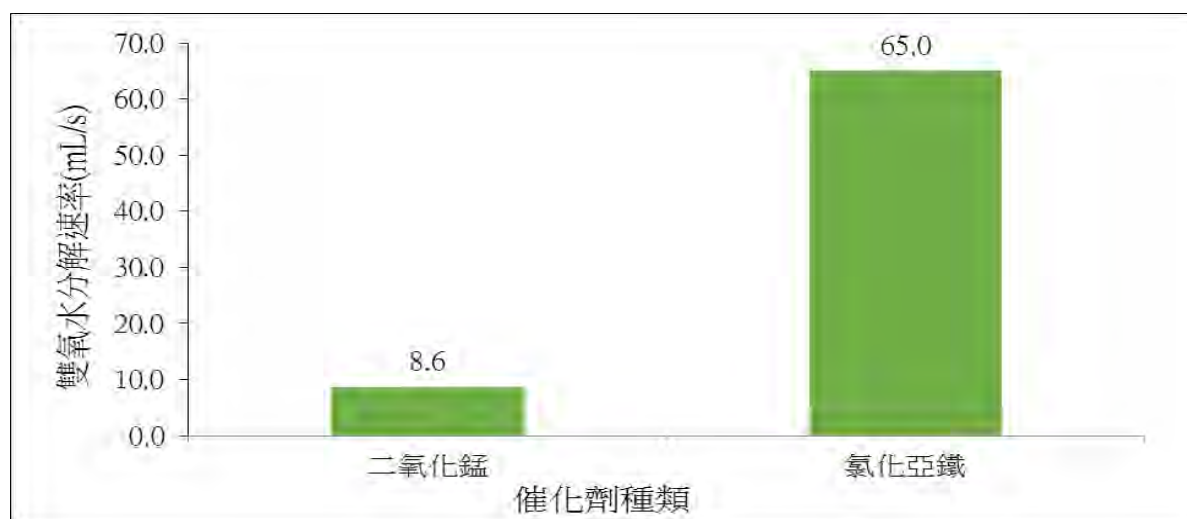


圖十 不同催化劑分解 35%雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶所需的時間

(二) 使用改良後的實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解雙氧水，當添加 2.50mL 雙氧水至反應瓶中，即可收集 260mL 氧氣，需要的反應時間平均為 4.0 秒，較原有實驗反應時間減少 7.6 倍，比起改良前實驗變得更快速了，實驗過程中反應混和液並不會由注射筒或橡皮導管噴濺出來，因此實驗變得更安全及快速。

(三) 實驗裝置改良前後 35% 的雙氧水的分解速率之比較

化學反應速率為定溫下，單位時間內反應物的消耗量或單位時間內生成物的生成量，本實驗雙氧水分解反應速率的計算方式為 260 毫升氧氣除以反應時間。由實驗計算結果如圖十一顯示，使用原有裝置分解速率為 8.6mL/s，而改良後雙氧水分解速率增加至 65.0mL/s，反應速率較改良前的實驗快了 7.6 倍，由此可知催化劑可加快雙氧水分解的速率，但對反應物之量並無影響，實驗改變前後雙氧水使用量均為 2.50 mL 雙氧水。



圖十一 不同催化劑分解雙氧水的分解速率

五、 實驗裝置改良後，測試不同濃度雙氧水的分解速率。

(一) 不同濃度雙氧水分解所需時間之比較

由實驗結果圖十二與表二顯示，當雙氧水濃度依序遞減 7% 時，反應所需時間會依序增加，但增加的幅度約為 0.7~1.4 秒之間，濃度 14% 雙氧水分解反應平均所需時間為 7.1 秒，因此在氯化亞鐵催化下低濃度的雙氧水分解所需時間仍舊很短。

(二) 不同濃度雙氧水分解所需反應物使用量之比較

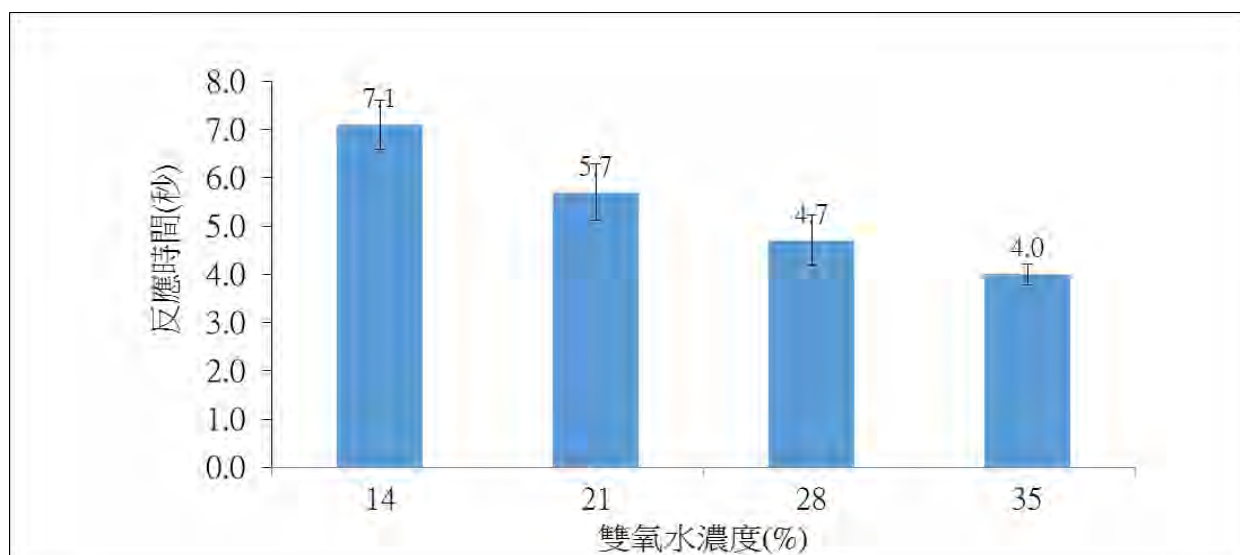
由實驗結果圖十三與表二顯示，當雙氧水濃度依序遞減 7% 時，反應中不同濃度雙氧水所需添加量會依序增加，35% 雙氧水僅需添加 2.50mL 即可產生 260mL 的氧氣，而濃度 14%、21% 與 28% 雙氧水需各別添加 4.00mL、5.00mL、6.00mL，依序增加的體積均為 1.00mL。

(三)不同濃度 H₂O₂ 之分解速率的比較

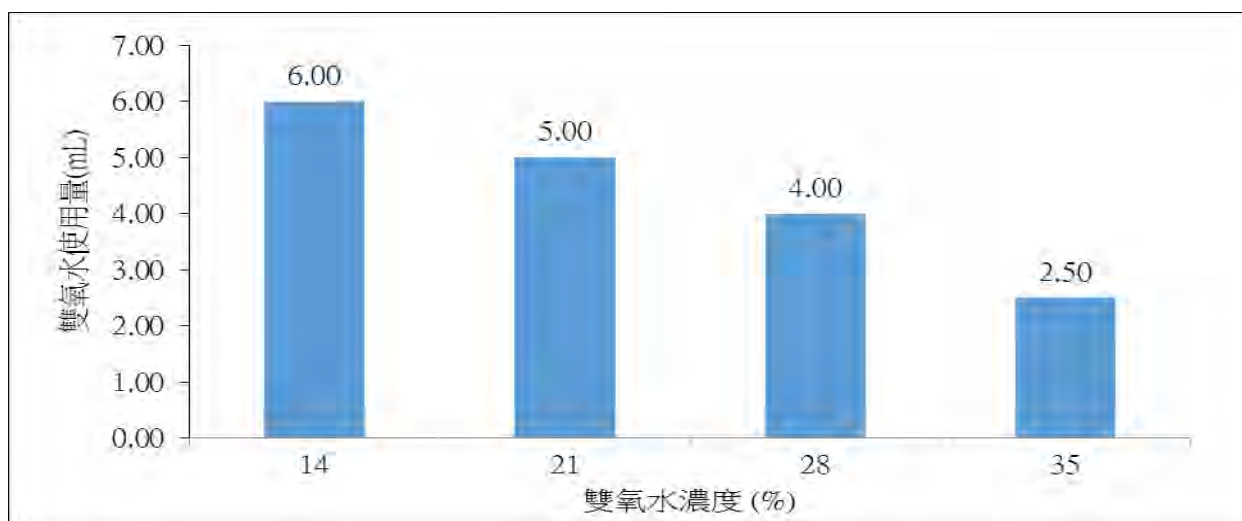
圖十四、圖十五與表二顯示，濃度 35%的雙氧水分解速率最快為 65.0 mL/s，當雙氧水濃度依序遞減 7%時，分解反應速率會依序遞減，而濃度 14%、21%與 28%雙氧水分解速率各別為 36.6mL/s、45.6 mL/s、55.3 mL/s，依序增加的速率均為 9.0~9.7 mL/s 之間。

表二 實驗裝置改良後測試不同濃度雙氧水分解之比較

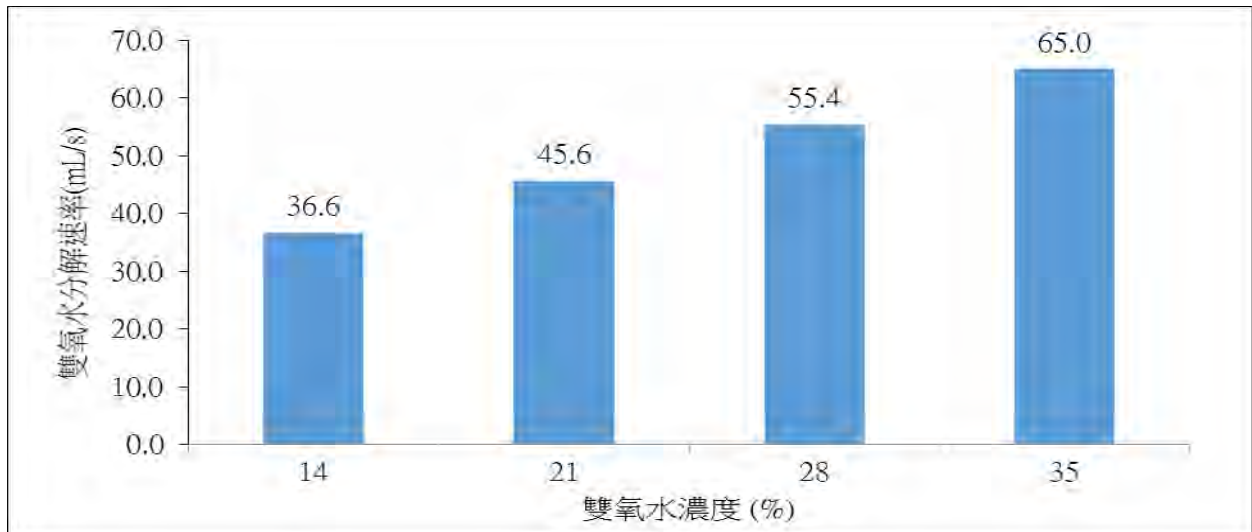
H ₂ O ₂ 濃度	35%	28%	21%	14%
項目				
時間 (秒)	4.0±0.21	4.7±0.52	5.7±0.58	7.1±0.51
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	4.00	5.00	6.00
H ₂ O ₂ 分解速率(mL/s)	65.0	55.3	45.6	36.6



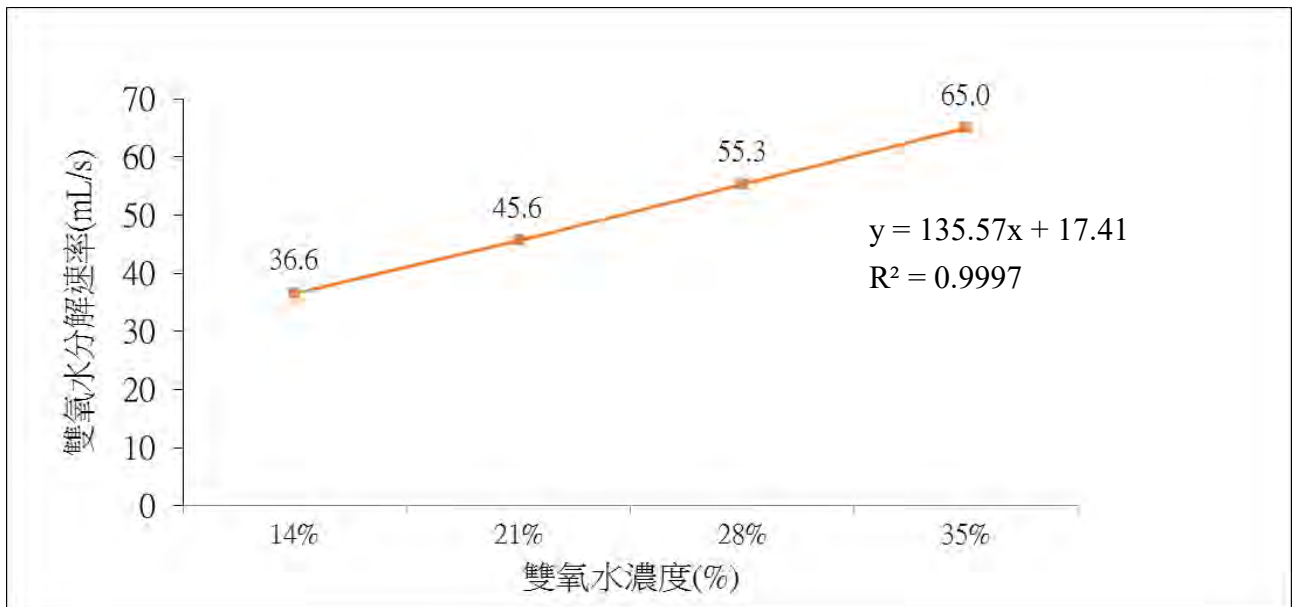
圖十二 不同濃度雙氧水分解產生氧氣充滿廣口瓶所需時間



圖十三 不同濃度雙氧水分解所需雙氧水用量



圖十四 不同濃度雙氧水的分解速率



圖十五 不同濃度雙氧水分解速率的趨勢圖

柒、 結論

一、 濃度 35%雙氧水分解產生氧氣之實驗

(一) 實驗改良前後之優缺點比較

項目	改良前	改良後
安全性	1. 反應過程中混合液會由薊頭漏斗噴出。 2. 玻璃薊頭漏斗穿過橡皮塞時，漏斗長管處容易斷裂，造成學生割傷流血。	安全無慮。

環保性	二氧化錳會汙染環境需回收，成本增加。	氯化亞鐵不須回收，不會造成環境汙染。
催化劑	二氧化錳 (MnO ₂)	氯化亞鐵 (FeCl ₂ ·4H ₂ O) 催化效果佳，使 H ₂ O ₂ 分解加快。
平均反應時間 (秒，n=7)	30.1	4.0 反應較快速，可節省許多時間。
平均分解反應速率 (mL/s，n=7)	8.6	65.0 反應速率是改良前的 7.6 倍。
H ₂ O ₂ 使用量 (mL，n=7)	2.50	2.50 對反應物用量沒有影響。
實驗可能失敗的情況	產生氧氣會從薊頭漏斗逸出。	可完全收集到氧氣，顯著提高實驗準確度。 (氧氣不易逸漏)
裝置成本簡易度	薊頭漏斗易破碎且單價較高。	塑膠製三向閥不易損壞，單價 20 元，裝置輕便又便宜，同時易攜帶。
反應後的溫度 (°C)	60°C	49°C，混合液較低溫比較不會因高溫而噴射出來，相對較安全。

(二)由實驗結果顯示，氯化亞鐵確實會參與雙氧水分解反應，提供一個所需能量較低的反應途徑，進而能增加雙氧水分解的反應速率，因此氯化亞鐵確實可以取代二氧化錳作為雙氧水分解反應的催化劑。

(三)綜合以上各點，實驗改良後的實驗裝置確實能讓雙氧水分解反應實驗變得環保、安全、快速及輕便，因此可以取代現有國中自然與生活科技課程中原有雙氧水分解反應製造氧氣的實驗。

二、 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解不同濃度 H₂O₂ 分解速率

圖十五為不同濃度 H₂O₂ 分解速率的趨勢圖，圖中所示當雙氧水濃度愈高時，雙氧水分解反應速率愈大，圖中四個不同濃度的連線為斜直線，說明了濃度是影響反應速率的其中的一種因素。當反應物的濃度提高時，單位體積內粒子的數量增加，則粒子碰撞的機率增加，反應速率則增快，即雙氧水分解速率與濃度呈正比關係。

捌、 參考資料

- 康軒文教集團(2017)。自然與生活科技(第六冊)。康軒文教。
- 康軒文教集團(2017)。自然與生活科技(第三冊)。翰林文教。
- 康軒文教集團(2017)。自然與生活科技(第四冊)。翰林文教。
- 雙氧化能殺菌嗎?微笑藥師網。
<http://b303094004.pixnet.net/blog/post/38342755>
- 維基百科，自由的百科全書 過氧化氫介紹。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/過氧化氫>
- 洪嘉駿 許丁才。實驗八過氧化氫的分解速率。
www.chem.ndhu.edu.tw/ezfiles/27/1027/img/828/100-2A8.ppt

玖、 製作花絮



➤ 紅蘿蔔顆粒分解雙氧水



◎ 改良後的實驗裝置圖



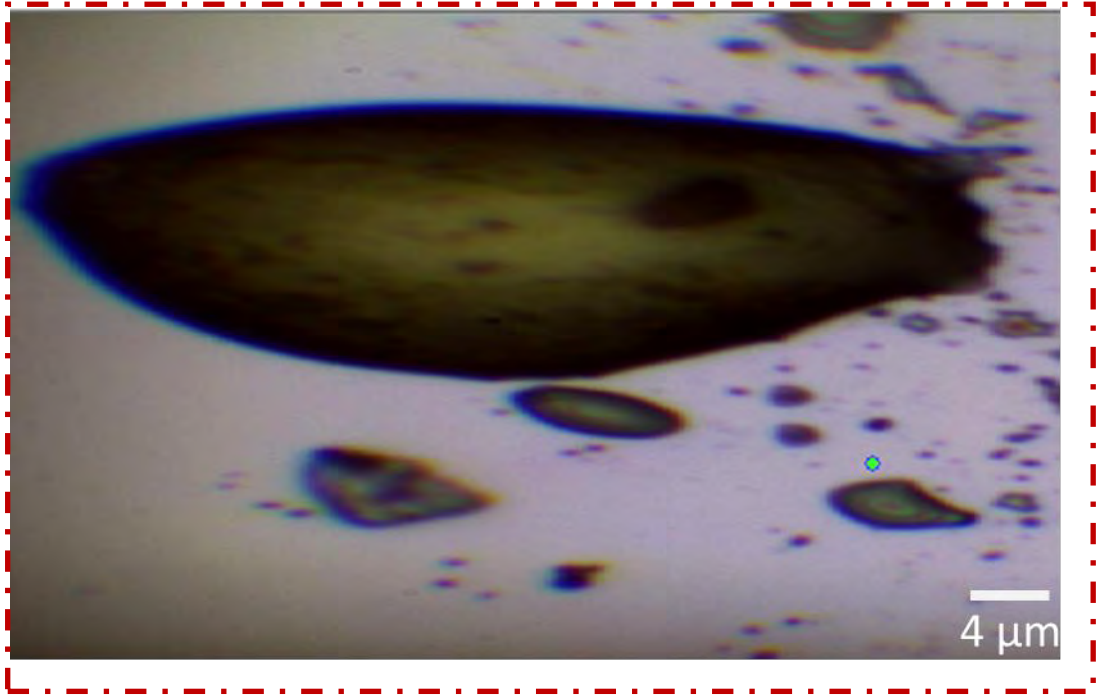
➤ 重力使雙氧水滴入吸濾瓶



◎氯化亞鐵分解雙氧水，薊頭漏斗會冒出白煙。



➤ 二氧化錳顆粒顯微鏡圖



➤ 氯化亞鐵顆粒顯微鏡圖

【評語】 030201

1. 本研究以不同試劑及器材來改良舊有教學實驗裝置，有效提升實驗之安全性，唯構思上創意不足。建議未來可將裝置朝微型化發展，同時探討使用不同催化劑對反應級數之影響，藉此提升實驗之創意及安全性。
2. 催化劑加入量未精準定量(只用 1 匙表示)。
3. 亞鐵離子與雙氧水反應後會產生大量的氧氣，其實與 Fenton 化學反應相關，建議可以代入討論內容當中。
4. 鐵離子過多對生物環境還是會有影響，可以思考如何回收亞鐵離子。

壹、研究動機

二年級上學期，我們在做雙氧水分解製造氧氣的實驗，實驗中發現二氧化錳是重金屬，使用後是需要回收的，可是有些同學會將實驗後的二氧化錳直接倒入水槽，這樣會汙染環境，沒有做好回收工作，而回收後的二氧化錳也要請專業的廠商處理，這樣會增加做實驗的成本。

在實驗過程中雙氧水滴入薊頭漏斗時，部份雙氧水大多都會在漏斗的長管子處發生劇烈反應，所產生的氣體和混合液體會從薊頭漏斗噴出來，十分危險。還有些同學會忘了將薊頭漏斗沒入吸濾瓶的液體中，因而無法順利收集到氧氣，因此我們想改良教科書上的實驗裝置與使用之藥品，提供一個環保的催化劑替代二氧化錳與安全的實驗裝置，讓氧氣收集的實驗變得既環保又安全。

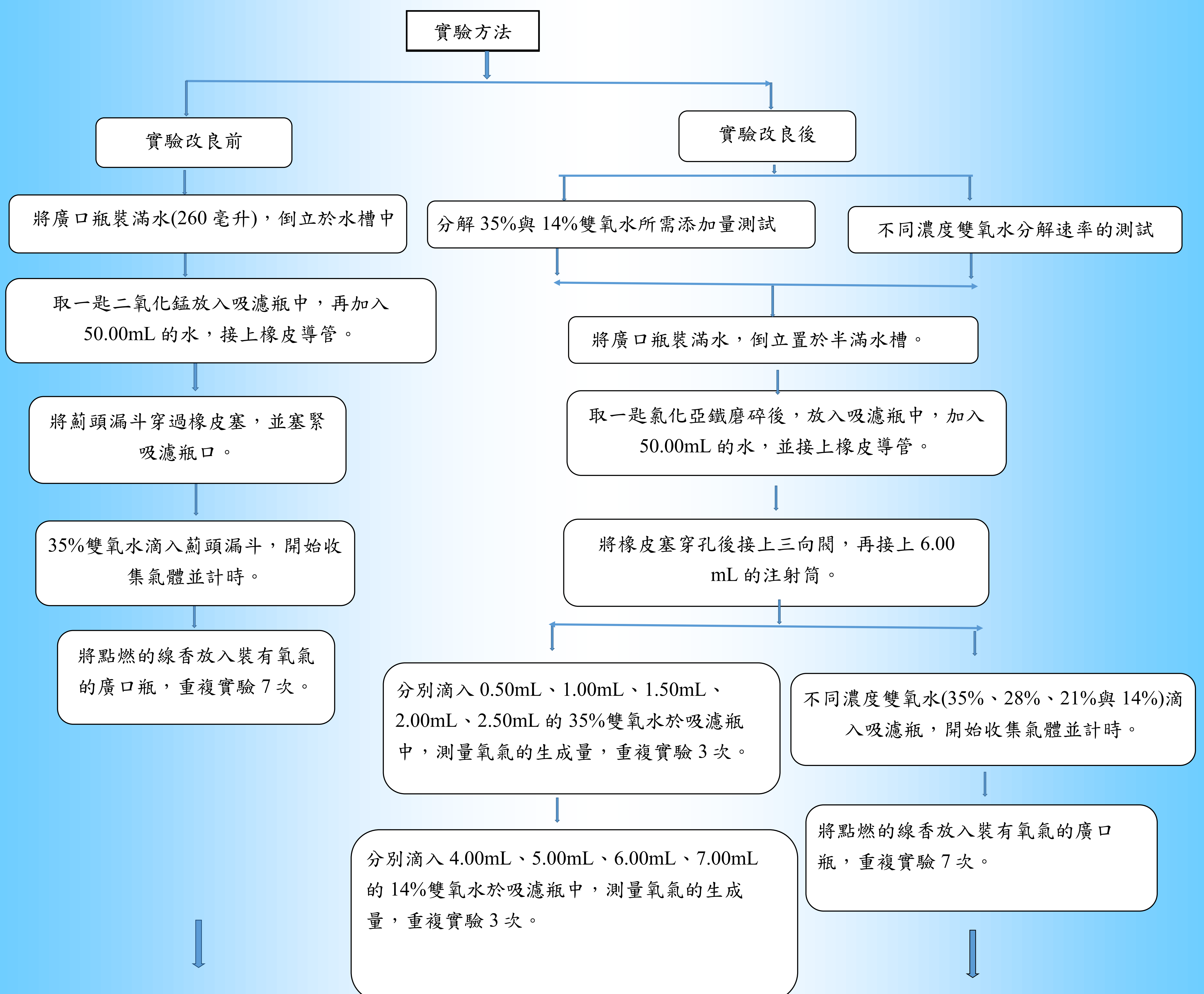
貳、研究目的

- 一、改變原本實驗裝置，使實驗過程變得更安全。
- 二、改變催化劑種類，使實驗更環保。
- 三、測試不同濃度雙氧水的分解速率。

參、研究器材及設備

- 一、設備：計時器
- 二、器材：廣口瓶(3個)、橡膠導管(1個)、塑膠水槽(1個)、研鉢(1個)、玻棒(1支)、量筒50mL、10mL(各1個)、刮勺(1個)、吸濾瓶(1個)、注射針筒5mL、10mL(各1個)、滴管(1支)、玻片(3片)、薊頭漏斗(1個)、橡皮塞(2個)、線香。
- 三、藥品:35%雙氧水(H_2O_2)、二氧化錳(MnO_2)、氯化亞鐵($FeCl_2 \cdot 4H_2O$)、蒸餾水、紅蘿蔔

肆、研究過程與方法



【圖一 雙氧水分解原有的實驗裝置圖】



【圖二 改良後的雙氧水分解實驗裝置圖】

伍、研究結果與討論

【一、原有的實驗裝置，以二氧化錳當催化劑分解 35% 雙氧水產生氧氣 260 毫升】

項目 \ 編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	31.8	32.6	27.4	28.3	31.9	29.2	29.3	30.1	2.04
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	



圖二、二氧化錳分解 35% 雙氧水所需時間

【二、使用原有的實驗裝置，以紅蘿蔔當催化劑分解 35% 雙氧水產生氧氣】

項目	紅蘿蔔	
	小塊狀	泥狀
反應時間 (s)	約 4.0 分鐘	約 3.0 分鐘
氧氣生成量 (mL)	110	200

【三、(1) 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35% 雙氧水，測試雙氧水所需用量】

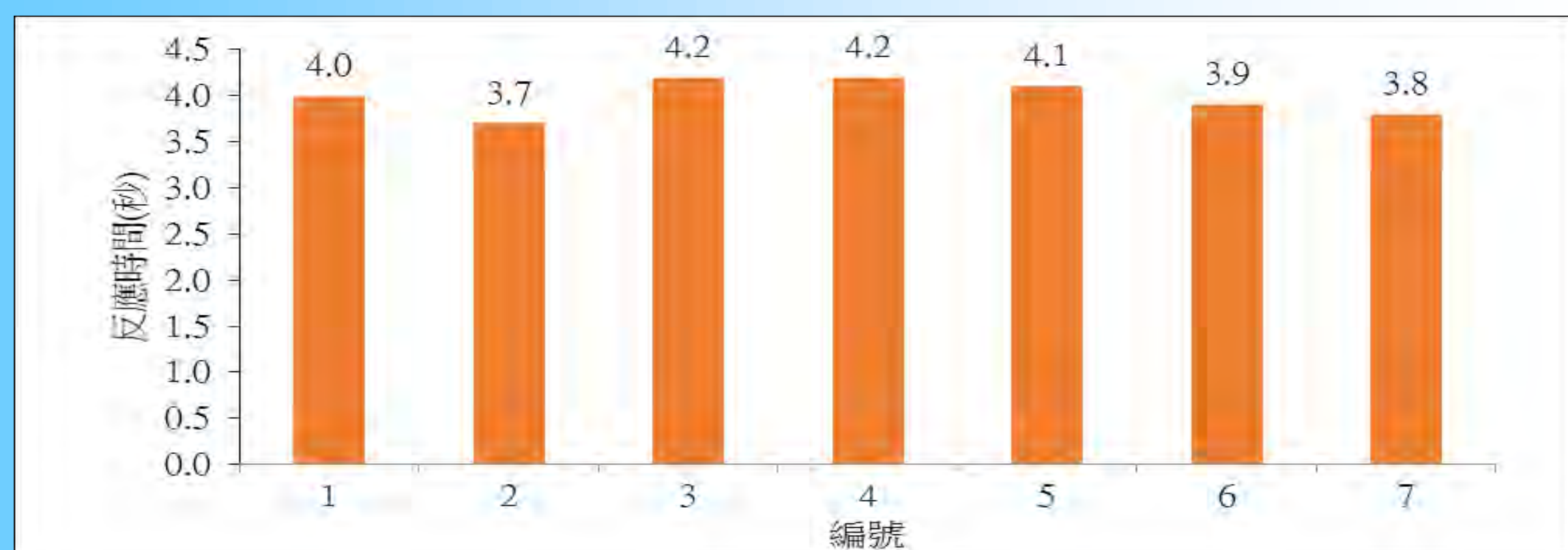
項目	35% H ₂ O ₂ 添加量 (mL)				
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
氧氣生成量 (mL)	55.0	100.0	160.0	247.0	>260
	47.0	116.0	172.0	235.0	>260
	45.0	110.0	163.0	242.0	>260
平均	49.0	108.6	165.0	241.3	>260

【三、(2) 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 14% 雙氧水，測試雙氧水所需用量】

項目	14% H ₂ O ₂ 添加量 (mL)			
	4.00	5.00	6.00	7.00
氧氣生成量 (mL)	172	195	>260	>260
	180	215	>260	>260
	157	225	>260	>260
平均	169.6	211.6	>260	>260

【四、氯化亞鐵分解 35% 雙氧水產生氧氣 260 毫升】

項目 \ 編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	4.0	3.7	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	4.0	0.21
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	



圖三、氯化亞鐵分解 35% 雙氧水所需時間

【五、(1) 氯化亞鐵當催化劑分解 28% 雙氧水產生氧氣 260 毫升】

項目 \ 編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	4.7	5.3	4.1	5.5	4.5	4.5	4.4	4.7	0.52
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	

【五、(2) 以氯化亞鐵當催化劑分解 21% 雙氧水產生氧氣 260 毫升】

項目 \ 編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	5.1	5.4	6.2	6.6	5.4	5.3	5.8	5.7	0.58
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	

【五、(3) 氯化亞鐵當催化劑分解 14% 雙氧水產生氧氣 260 毫升】

項目 \ 編號	1	2	3	4	5	6	7	平均	標準偏差
時間 (秒)	7.8	7.3	6.9	6.2	7.1	7.2	7.2	7.1	0.51
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	

【催化劑種類測試】

(一) 二氧化錳測試

我們按照教科書上的雙氧水分解製造氧氣的實驗進行操作時，經常發生吸濾瓶內壓過大的現象，而造成混和液體從薊頭漏斗噴出的危險景象，因此一定要非常小心的將雙氧水滴入薊頭漏斗中，避免發生危險。

(二) 紅蘿蔔測試

國小五年級下學期的自然課，曾使用紅蘿蔔分解雙氧水反應製造氧氣，因紅蘿蔔內含酵素可催化雙氧水分解，因此使用紅蘿蔔代替二氧化錳當催化劑，一開始測試時將紅蘿蔔切碎，加入 35% 的雙氧水，可見到有氣泡產生，收集後用線香測試，可使線香燃燒旺盛，確定是氧氣，但反應時間太長，數分鐘仍未收集到所需的量，需要的紅蘿蔔也較多，經過討論，決定將紅蘿蔔磨成泥再加入 35% 的雙氧水中，可發現產生氣泡的量變多，雖然速率加快，但反應時間仍需數分鐘，因此我們決定找其他物質替代二氧化錳。

(三) 氯化亞鐵測試

濃度約為 3% 雙氧水可以當外傷的消炎藥水，當它滴到傷口時會冒許多氣泡，查尋資料可知由於血液中有亞鐵離子，會促進雙氧水分解，因此我們以氯化亞鐵當催化劑進行測試，僅數秒就可充滿 260mL 的廣口瓶，35% 的雙氧水會快速分解，因此氯化亞鐵可取代二氧化錳當成雙氧水分解反應的催化劑。

【一. 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 35% 雙氧水，測試雙氧水所需用量】

由實驗結果三(1)顯示，使用氯化亞鐵當催化劑分解 35% 雙氧水，僅需加入 2.5mL 雙氧水即可生成超過 260mL 的氧氣，選擇添加 2.5mL 35% 雙氧水來進行後續的實驗。

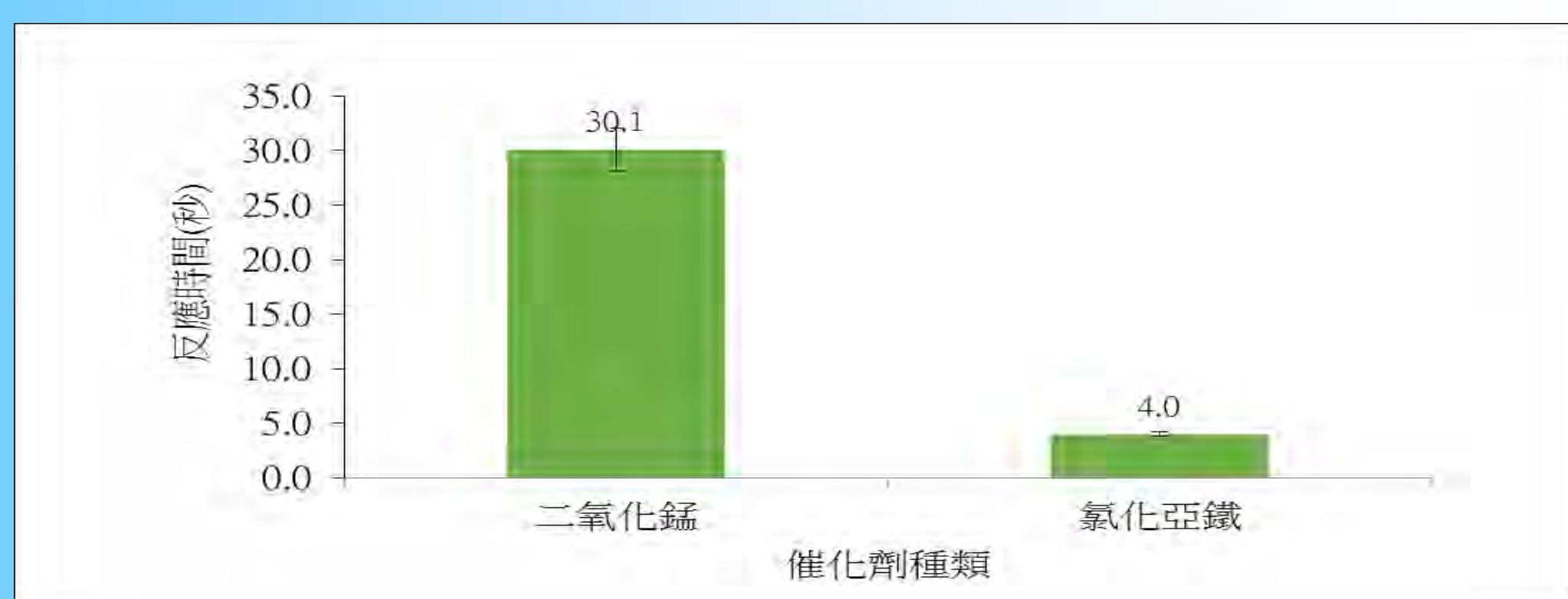
【二. 使用改良後裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解 14% 雙氧水，測試雙氧水所需用量】

由實驗結果三(2)顯示，使用氯化亞鐵當催化劑分解 14% 雙氧水，需要加入 6.0mL 雙氧水即可生成超過 260mL 的氧氣，因此測試不同濃度雙氧水的分解速率比較時，所需不同濃度雙氧水的添加量如下表所示。

濃度	雙氧水濃度 (%)			
	14	21	28	35
H ₂ O ₂ 添加量 (mL)	6.00	5.00	4.00	2.50

【實驗裝置改良前後以 35% 的雙氧水分解速率比較】

項目 \ 催化劑	二氧化錳	氯化亞鐵
平均時間 (秒, 次數=7)	30.1±2.0	4.0±0.2
H ₂ O ₂ 用量 (mL, 次數=7)	2.50	2.50
H ₂ O ₂ 分解速率 (mL/s, 次數=7)	8.6	65.0



圖十 不同催化劑分解 35% 雙氧水產生氧氣充滿廣口瓶 260 毫升所需的時間

(一) 使用原有實驗裝置，當添加 2.50mL 雙氧水至反應瓶中，平均 30.1 秒即可收集 260mL 氧氣。使用改良後的實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑平均 4.0 秒即可收集 260 mL 氧氣，較原有實驗反應時間減少 7.6 倍。

(二) 化學反應速率為定溫下，單位時間內反應物的消耗量或單位時間內生成物的生成量，本實驗雙氧水分解反應速率的計算方式為 260 毫升氧氣除以反應時間。由實驗計算結果如上表顯示，使用原有裝置分解速率為 8.6mL/s，而改良後雙氧水分解速率增加至 65.0mL/s，反應速率較改良前的實驗快了 7.6 倍。

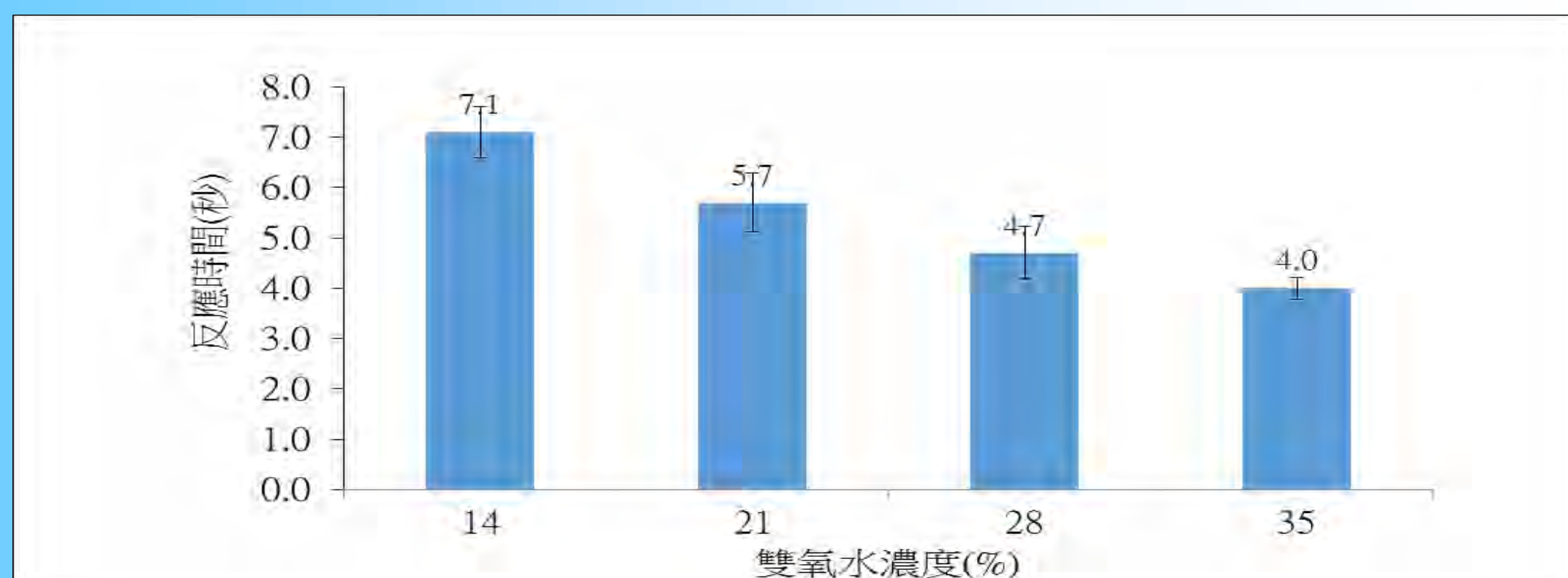
【五、實驗裝置改良後，測試不同濃度雙氧水的分解速率】

(一) 不同濃度雙氧水分解產生 260 毫升氧氣所需時間比較

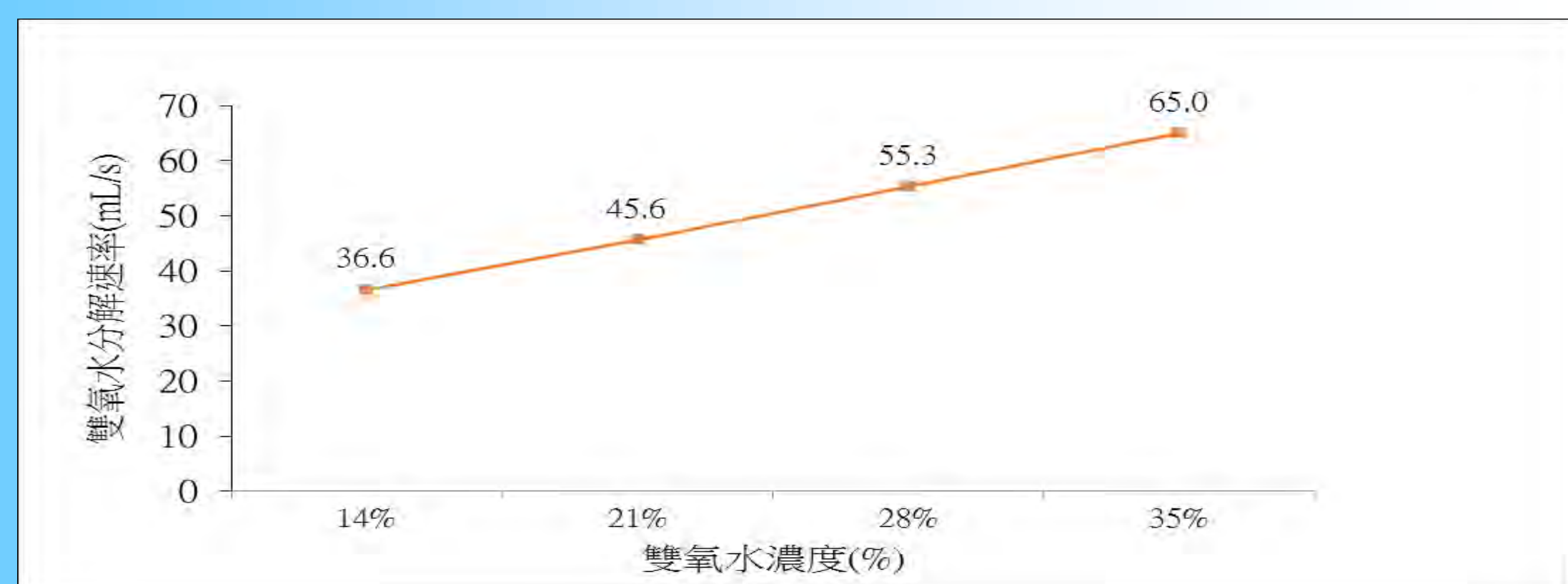
表二 實驗裝置改良後測試不同濃度雙氧水分解之比較

圖十二 不同濃度雙氧水分解產生氧氣充滿廣口瓶所需時間

項目 \ H ₂ O ₂ 濃度	35%	28%	21%	14%
時間 (秒)	4.0±0.21	4.7±0.52	5.7±0.58	7.1±0.51
H ₂ O ₂ 用量 (mL)	2.50	4.00	5.00	6.00
H ₂ O ₂ 分解速率 (mL/s)	65.0	55.3	45.6	36.6



圖十五不同濃度雙氧水分解速率的趨勢圖



由表二與圖十五顯示，濃度 35% 的雙氧水分解速率最快為 65.0 mL/s，當雙氧水濃度依序遞減 7% 時，分解反應速率會依序遞減，而濃度 14%、21% 與 28% 雙氧水分解速率各別為 36.6mL/s、45.6 mL/s、55.3 mL/s，依序增加的速率均為 9.0~9.7 mL/s 之間。

陸、結論

(一) 實驗改良前後之優缺點比較

項目	改良前	改良後
安全性	1. 反應過程中混合液會由薊頭漏斗噴出。 2. 玻璃薊頭漏斗穿過橡皮塞時，漏斗長管處容易斷裂，造成學生割傷流血。	安全無慮。

項目	改良前	改良後
環保性	二氧化錳會污染環境需回收，成本增加。	氯化亞鐵不須回收，不會造成環境污染。
催化劑	二氧化錳 (MnO ₂)	氯化亞鐵 (FeCl ₂ ·4H ₂ O) 催化效果佳，使 H ₂ O ₂ 分解加快。
平均反應時間 (秒, 次數=7)	30.1	4.0 反應較快速，可節省許多時間。
平均分解反應速率 (mL/s, 次數=7)	8.6	65.0 反應速率是改良前的 7.6 倍。
H ₂ O ₂ 使用量 (mL, 次數=7)	2.50	2.50 對反應物用量沒有影響。
實驗可能失敗的情況	產生氧氣會從薊頭漏斗溢出。	可完全收集到氧氣，顯著提高實驗準確度。(氧氣不易溢漏)
裝置成本與簡易度	薊頭漏斗易破碎且單價較高。	塑膠製三向閥不易損壞，單價 20 元，裝置輕便又便宜，同時易攜帶。
反應後的溫度 (°C)	60°C	49°C，混合液較低溫比較不會因高溫而噴射出來，相對較安全；溫度低反應速率還是很快。

綜合以上各點顯示，氯化亞鐵確實會參與雙氧水分解反應，提供一個所需能量較低的反應途徑，進而能增加雙氧水分解的反應速率，實驗改良後的實驗裝置確實能讓雙氧水分解反應實驗變得環保、安全、快速及輕便，可以取代現有國中自然與生活科技課程中雙氧水分解反應製造氧氣的實驗。

(二) 使用改良後實驗裝置，以氯化亞鐵當催化劑分解不同濃度雙氧水分解速率

由圖十五所示當雙氧水濃度愈高時，雙氧水分解反應速率愈大，圖中四個不同濃度的連線為斜直線，說明了濃度是影響反應速率的其中一種因素，雙氧水分解速率與濃度呈線性關係。

柒、參考資料

1. 康軒文教集團(2017)。自然與生活科技(第六冊)。
2. 康軒文教集團(2017)。自然與生活科技(第三冊)。
3. 雙氧化能殺菌嗎? 微笑藥師網。
<http://b303094004.pixnet.net/blog/post/38342755>
4. 維基百科，自由的百科全書，過氧化氫介紹
<https://zh.wikipedia.org/wiki/過氧化氫>
5. 洪嘉駿、許丁才。實驗八過氧化氫的分解速率。
<http://chem.ndhu.edu.tw/ezfiles/27/1027/img/828/1002A8.ppt>