

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040215

臭味何處來？過氧化氫製氧實驗之研究與探討

國立花蓮高級中學

作者姓名：

高二 胡邵翔 高二 楊聖睿 高二 吳典霖

高二 許家齊

指導老師：

邱文顯

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別： 化學科

組別： 高中組

作品名稱： 臭味何處來？過氧化氫製氧實驗之研究與探討

關鍵詞：過氧化氫、臭氧

編號：

壹、 摘要

高中二年級下學期化學課本中的第七章：反應速率；其中有一項實驗是過氧化氫反應後變成氧氣，以二氧化錳當作催化劑，來加速反應的進行而產生氧氣。

照理說反應完成後所蒐集到的氣體應該為純氧，而「純氧」應是無色無味的氣體，但是我們卻意外的發現反應後所生成的氣體有一種刺鼻的臭味，而我們試著推論其臭味是否為「臭氧」。而我們也設計了的實驗和自創的裝置來證實其臭味是否為臭氧，並且試著使用生物酵素來催化過氧化氫，也發現了一些意想不到的結果。

這些以「臭味」作為出發點而推展的一連串實驗和推論，以下報告的內容將為您做最完整的呈現！

貳、 研究動機

以前我們曾經做過雙氧水以二氧化錳做催化劑來製備氧氣的實驗，理論上產生出來的氣體應為無色、無味、無臭的氧氣，但是經過實驗製得的氧氣卻有一股刺鼻的臭味。因此我們想探究其中原因，並提出改進的方法，使實驗結果產生的氣體不再含有臭味。

參、 研究目的

- (一)雙氧水加入二氧化錳產生的氣體含有刺鼻臭味，推論並檢驗臭味為何物。
- (二)測量等量二氧化錳當催化劑加入不同濃度的雙氧水反應產生氣體的速率及體積。
- (三)測量等量二氧化錳當催化劑加入不同濃度的雙氧水反應產生氣體中含臭氧之百分率。
- (四)測量不同催化劑加入等濃度雙氧水反應產生氣體之速率及體積。
- (五)測量不同催化劑加入等濃度雙氧水反應產生氣體中含臭氧之百分率。
- (六)設計實驗使雙氧水加入催化劑後，產生的氣體為單純的氧氣，不再含有其他氣體。

肆、 研究設備及器材

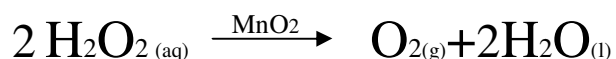
- (一)器材：分液漏斗、有側枝錐形瓶、1000ml 量筒、燒杯、有枝試管、玻璃球管、滴定管、水盆、碼表、鑷子、橡皮管、KI-澱粉紙、果汁機
- (二)藥品：過氧化氫、二氧化錳、二氯亞錳、活性碳粉、硫化鉛、氧化銅、澱粉、碘化鉀、硫代硫酸鈉、鹽酸、氫氧化鈉、芭樂、檸檬、蓮霧、馬鈴薯、番茄、柳丁、雞心、雞肝、雞胗、雞睪丸、雞肉、豬肉、豬皮、豬肝、豬心、豬腎、木瓜、地瓜、蘿蔔

伍、 研究過程及結果

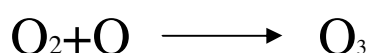
【實驗一】雙氧水加入二氧化錳產生的氣體含有刺鼻臭味，推論並檢驗臭味為何物

(一) 推論產生的刺鼻臭味為何物：

雙氧水以二氧化錳當催化劑可得到水和氧



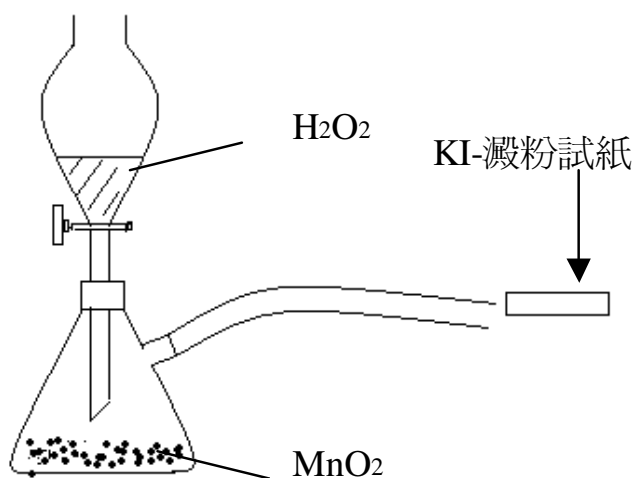
由上式我們推論，反應過程中可能產生初生態氧原子(O)，氧原子(O)再與氧氣(O₂)結合成臭氧(O₃)。



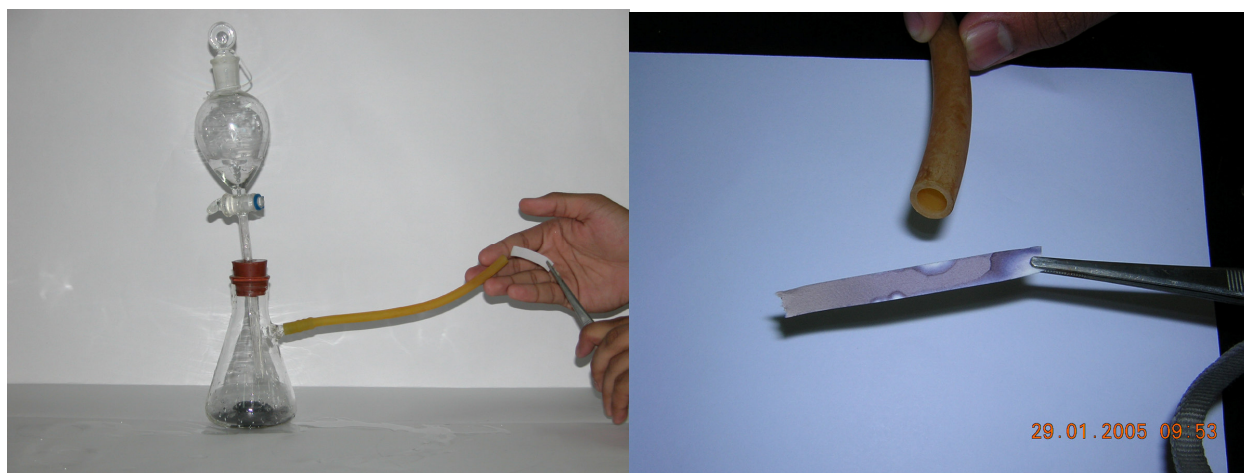
(二) 設計實驗檢驗產生之氣體是否含有臭氧

實驗設計：

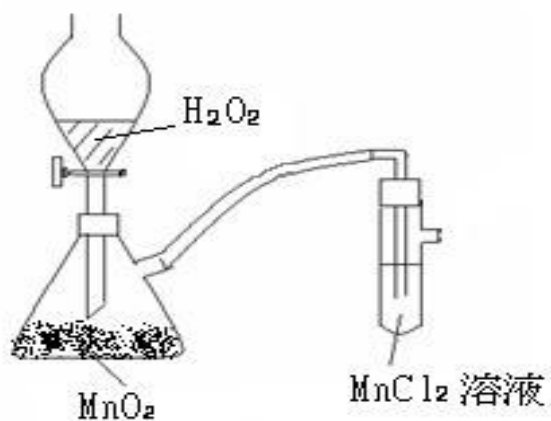
1. 依照裝置圖(一)，取 25%雙氧水 10ml 加入 3g 的二氧化錳中，以碘化鉀-澱粉試紙檢驗產生出來的氣體，若含有臭氧，碘化鉀-澱粉試紙會呈藍黑色。



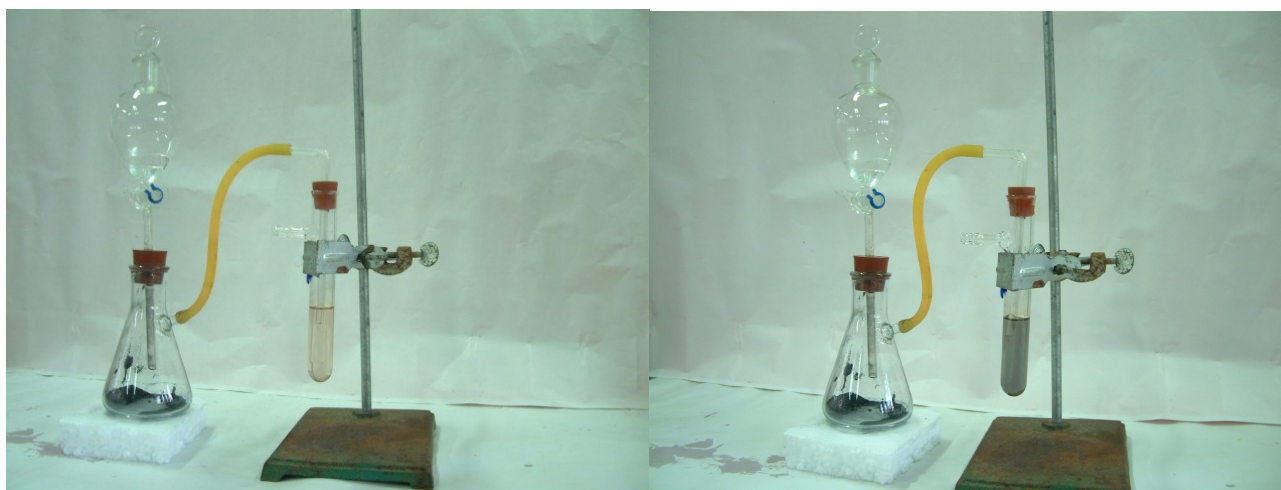
裝置圖(一)



2.依照裝置圖(二)，取 25%雙氧水 10ml 加入 3 g 的二氧化錳中，以 $MnCl_2$ 溶液檢驗產生出來的氣體，若含有臭氧， $MnCl_2$ 溶液會由淡桃紅色漸變成淡褐色，最後變成黑褐色。



裝置圖(二)



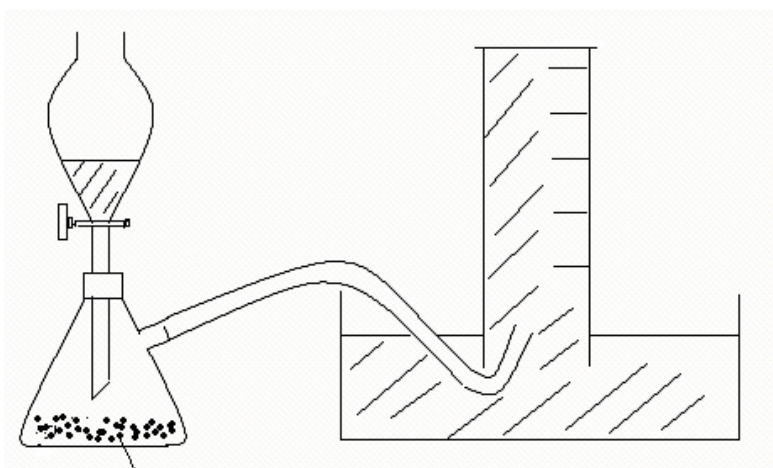
(三)實驗結果：

- (1) KI-澱粉試紙呈藍黑色，證實刺鼻臭味為臭氧。
- (2) $MnCl_2$ 溶液由淡桃紅色漸變成淡褐色，最後變成黑褐色的 MnO_2 ，更進一步證實氣體中含有臭氧。

【實驗二】測量等量二氧化錳加入不同濃度雙氧水反應產生氣體的速率及體積

(一)實驗步驟：

1. 依裝置圖(二)，分別取濃度為 5%、15%、25%、35% 的 H_2O_2 溶液 10ml 加入裝有 3g 二氧化錳的有側枝錐形瓶中，以排水集氣法收集產生出來的氣體。記錄產生 100ml 氣體所需時間、完成反應所需時間及產生氣體總體積。



各種催化劑

裝置圖(三)

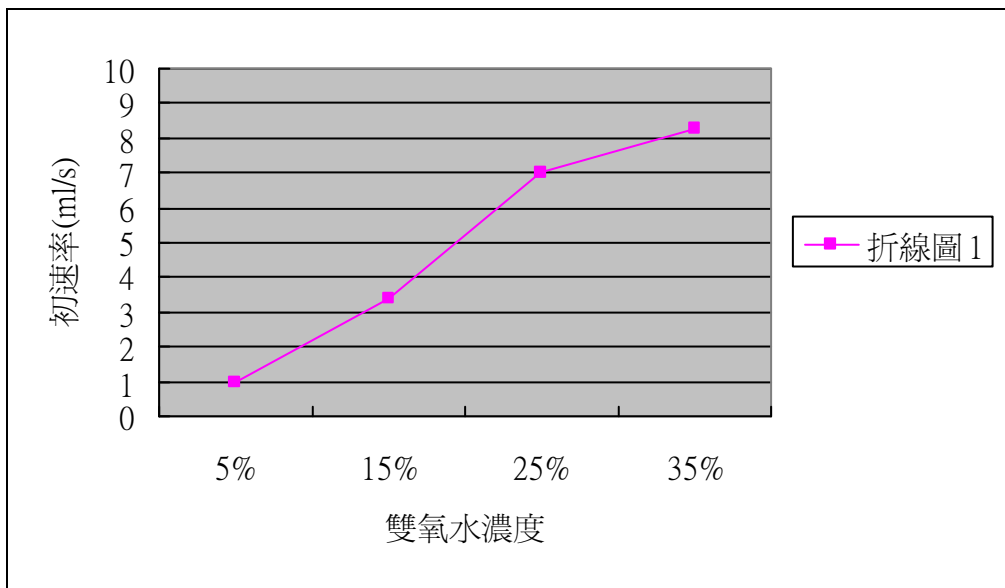


(二)實驗結果：

濃度	產生 100ml 氣體 所需時間(s)	初速率 (ml/s)	完成反應所需 時間	產生氣體總 體積(ml)	產生氣體總毫 莫耳數(mmol)
5%	105.4	0.95	3 分 50 秒	126	5.2
15%	29.18	3.4	3 分 17 秒	292	12.0
25%	14.3	7	4 分 20 秒	752	31.1
35%	12	8.3	4 分 39 秒	899	37.2

(溫度：19 度 C， $P_{H_2O}=16.5\text{mmHg}$ ， $P_{\text{大氣}}=764\text{mmHg}$)

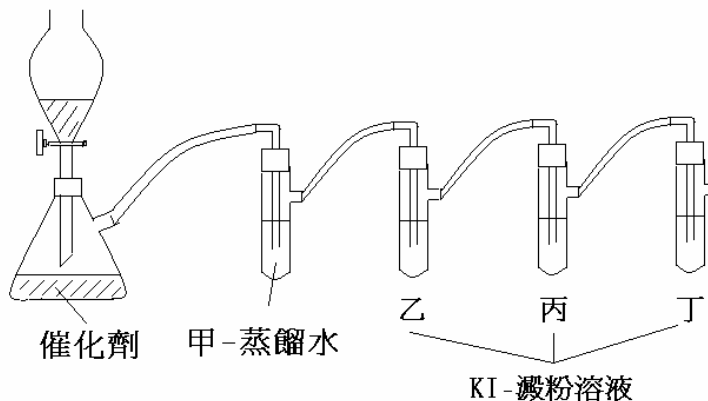
(三) 初速率與濃度關係圖



【實驗三】測量等量二氧化錳加入不同濃度的雙氧水反應產生氣體中含 臭氧之百分率

(一)實驗步驟：

1. 依照裝置圖(三)，甲有枝試管置入 15ml 蒸餾水，乙、丙、丁有枝試管各置入 0.2M 的 KI-澱粉溶液 15ml，有側枝錐形瓶中放入 3g 二氧化錳，分液漏斗中置入 10ml 雙氧水。



裝置圖(四)

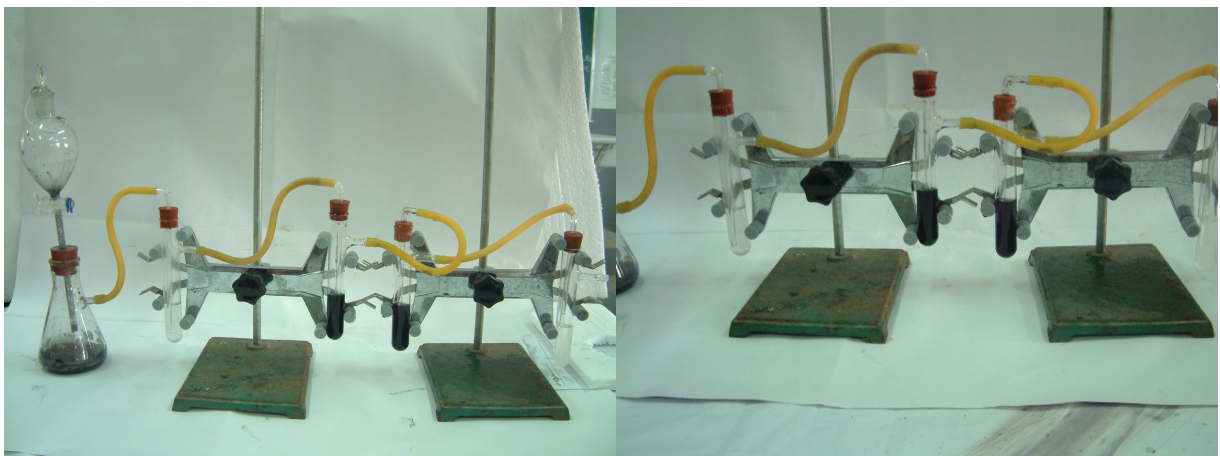


2.完成反應後將有枝試管乙、丙、丁裡之溶液集中到一個燒杯中，以 0.005M 的硫代硫酸鈉溶液滴定至藍黑色褪色，記錄用去硫代硫酸鈉溶液之體積，再求出產生臭氧之莫耳數。

(一)實驗結果

1. 變色情況：

	乙試管	丙試管	丁試管
5%	無變色	無變色	無變色
15%	藍黑色	淺紫色	無變色
25%	藍黑色	藍黑色	淺紫色
35%	藍黑色	藍黑色	藍黑色

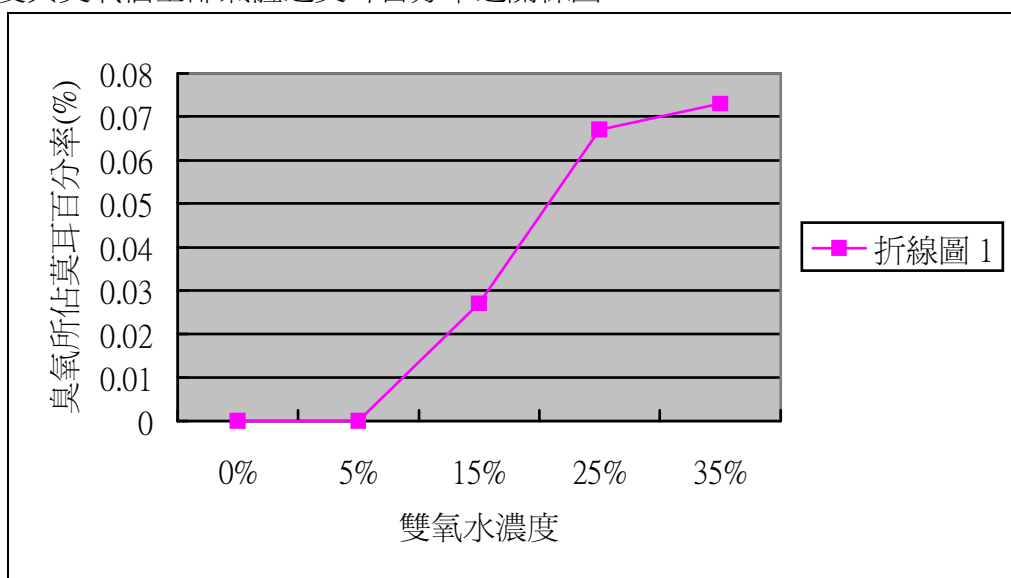




2. 數據：

雙氧水 濃度	滴定用去硫代硫 酸鈉溶液之體積	用去硫代硫酸鈉 之毫莫耳數	產生臭氧之毫莫 耳數	臭氧佔全部氣體之 莫耳百分率
5%	0 ml	0 mmol	0 mmol	0%
15%	1.3 ml	0.0065 mmol	0.0033 mmol	0.027%
25%	8.06 ml	0.0403 mmol	0.0200 mmol	0.067%
35%	10.8 ml	0.0540 mmol	0.0270 mmol	0.073%

3. 濃度與臭氧佔全部氣體之莫耳百分率之關係圖



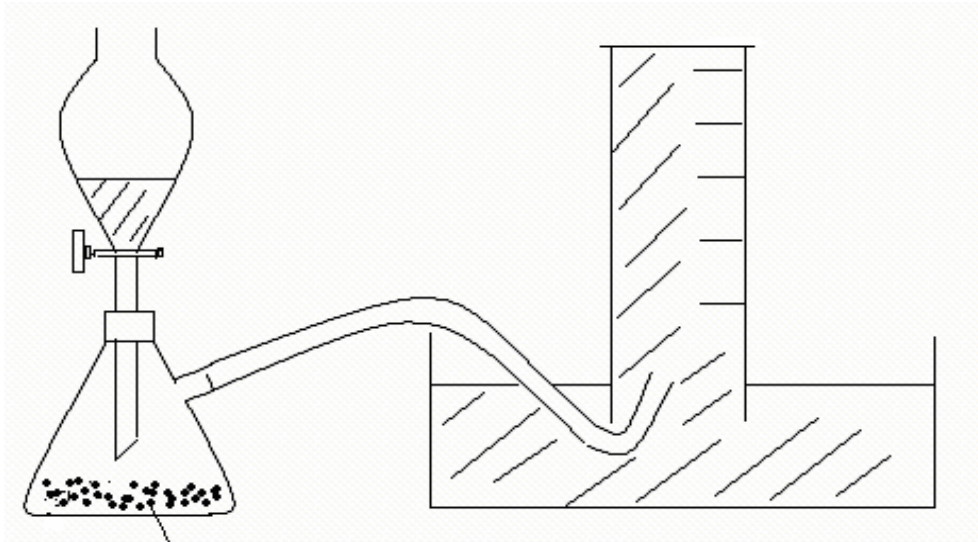
【實驗四】測量不同催化劑加入等濃度雙氧水反應產生氣體之速率及體積

(一)實驗步驟

1. 催化劑準備：

- (1)無機物催化劑：二氧化錳、硫化鉛、氧化銅、硫酸銅、各取 3g
- (2)動物性酵素：雞心、雞肝、雞胗、雞睪丸、瘦豬肉、肥豬肉、豬皮等用果汁機搗碎後各取 3g
- (3)植物性酵素：芭樂(果肉)、芭樂(仔)、檸檬、蓮霧、馬鈴薯、柳丁(皮)、柳丁(果肉)等用果汁機絞碎後各取 3g

2. 依裝置圖(四)，取 25% 之雙氧水 10ml，分別加入各種催化劑，以排水集氣法收集氣體，記錄產生 100ml 氣體所需時間、完成反應所需時間及產生氣體總體積。



各種催化劑

裝置圖(五)



(二)實驗結果：

1. 無機物催化劑

催化劑	產生 100ml 氣體所需時間(s)	初速率 (ml/s)	完成反應所需時間(s)	產生氣體總體積(ml)	產生氣體總毫莫耳數(mmol)
二氧化錳	14.3	7.0	260	752.5	30.9
硫化鉛	3.74	26.7	210	758	31.1
氧化銅	0	0	0	0	0
硫酸銅	0	0	0	0	0

2. 植物性酵素

催化劑	產生 100ml 氣體所需時間(s)	初速率 (ml/s)	完成反應所需時間(s)	產生氣體總體積(ml)	產生氣體總毫莫耳數(mmol)
芭樂(果肉)	156	0.64	1312	330	13.5
芭樂(仔)	×	×	×	×	×
檸檬	×	×	×	×	×
蓮霧	231	0.43	1931	341	14.0
馬鈴薯	93	1.08	833	515	21.1
柳丁(皮)	×	×	×	×	×
柳丁(果肉)	×	×	×	×	×
木瓜	53.5	1.68	965	405	16.6
地瓜	125	0.8	496	208	8.5
蘿蔔	×	×	×	×	×

3. 動物性酵素

催化劑	產生 100ml 氣體所需時間(s)	初速率 (ml/s)	完成反應所需時間(s)	產生氣體總體積(ml)	產生氣體總毫莫耳數(mmol)
雞心	229	0.44	1665	378	15.5
雞肝	3	33.33	157	765	31.4
雞胗	121	0.83	1368	358	14.7
雞睪丸	223	0.45	1560	480	19.7
雞肉	312	0.32	1974	410	16.8
雞血	×	×	×	×	×
肥豬肉	263	0.38	2490	400	16.4
瘦豬肉	118	0.85	932	377	15.5
豬皮	515	0.15	2261	145	6.1
豬肝	5	20	473	892	36.6

豬心	70.8	1.41	816	305	12.5
豬腎	24	4.17	789	870	35.7

(三)由實驗得到：

產生氣體之初速率比較

1.無機催化物：硫化鉛>二氧化錳

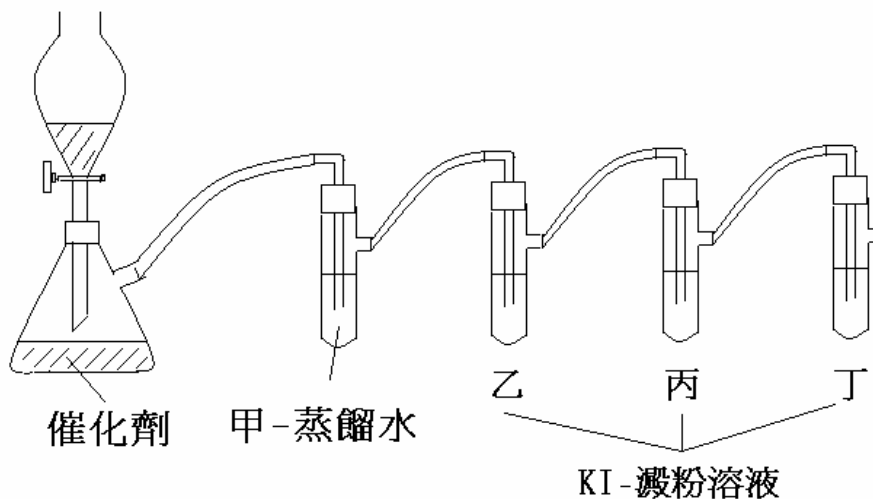
2.植物性酵素：木瓜>馬鈴薯>地瓜>芭樂(果肉)>蕃茄(果肉)>蓮霧

3.動物性酵素：雞肝>豬肝>豬腎>豬心>瘦豬肉>雞胗>雞睪丸>雞心>肥豬肉>雞肉>豬皮

【實驗五】測量不同催化劑加入等濃度雙氧水反應產生氣體之百分率

(一)實驗步驟：

- 1.依照裝置圖(五)，甲有枝試管置入 15ml 蒸餾水，乙、丙、丁有枝試管各置入 0.2M 的 KI-澱粉溶液 15ml，側管錐形瓶中放入各種催化劑，分液漏斗中置 10ml 雙氧水。
- 2.完成反應後將有枝試管乙、丙、丁裡之溶液集中到一個燒杯中，以 0.005M 的硫代硫酸鈉溶液滴定至藍黑色褪色，記錄用去硫代硫酸鈉溶液之體積，再求出產生臭氣之莫耳數。



裝置圖(六)

(二)實驗結果

- 1.以二氧化錳、硫化鉛為催化劑者，KI-澱粉溶液呈藍黑色，表示有臭氣產生，其餘種類催化劑並未有變化，表示沒有臭氣產生。

2.

雙氧水濃度	滴定用去硫代硫酸鈉溶液之體積	用去硫代硫酸鈉之毫莫耳數	產生臭氣之毫莫耳數	臭氣佔全部氣體之莫耳百分率
二氧化錳	13.6 ml	0.0136 mmol	0.0068 mmol	0.022%
硫化鉛	9.3 ml	0.0093 mmol	0.0047 mmol	0.015%
芭樂(果肉)	0	0	0	0

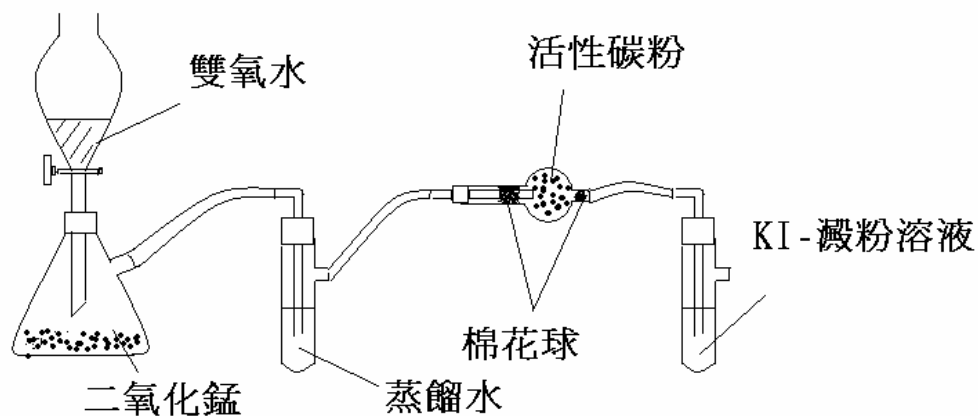
蓮霧	0	0	0	0
馬鈴薯	0	0	0	0
雞心	0	0	0	0
雞肝	0	0	0	0
雞胗	0	0	0	0
雞睪丸	0	0	0	0
雞心	0	0	0	0
肥豬肉	0	0	0	0
瘦豬肉	0	0	0	0
豬皮	0	0	0	0
豬肝	0	0	0	0
豬心	0	0	0	0
豬腎	0	0	0	0

3.含臭氧百分率：二氧化錳 > 硫化鉛。以生物酵素做催化劑者皆測不出含臭氧。

【實驗七】設計實驗使雙氧水加入催化劑後，產生的氣體為純氧，不再含有其他氣體

一、實驗設計 A

(一)實驗設計：設計裝置圖(七)

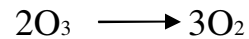


裝置圖(七)



(二)設計原理：

- 1.利用有枝試管甲，內裝蒸餾水，用來吸收揮發出來的 H_2O_2 。
- 2.利用玻璃球 B，內裝活性碳粉，用來吸附產生的臭氧並將臭氧分解成氧氣。



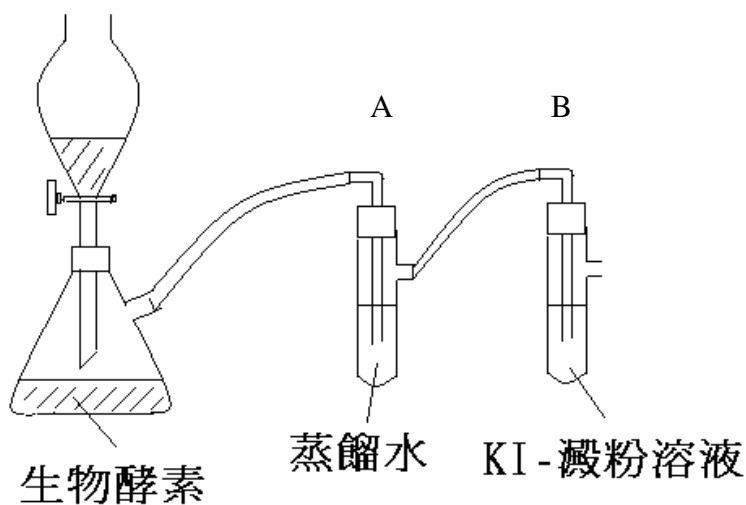
(三)實驗證明：

將產生的氣體導入內裝有 KI-澱粉溶液的乙試管中，結果並未產生藍黑色，證明產生的氣體中不再含有臭氧。

二、實驗設計 B

(一)設計原理：

- 1.利用試管 A，內裝蒸餾水，用來吸收揮發出來的 H_2O_2 。
- 2.以生物酵素(如實驗四中所用的雞肝、馬鈴薯、雞心等)來取代 MnO_2 等無機物催化物。



裝置圖(八)

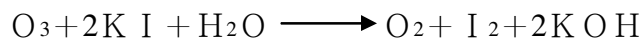


(三)實驗證明：將產生的氣體導入內裝有 KI-澱粉溶液的試管 B 中，結果並未產生藍黑色，證明產生的氣體中不含有臭氧。

陸、 討論

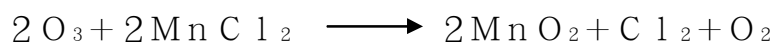
一：由實驗一中，雙氧水加二氧化錳，產生的氣體含有刺鼻臭味。

1.KI-澱粉試紙檢驗呈藍黑色，證明此氣體中應該含有臭氧，臭氧與碘化鉀反應生成碘：



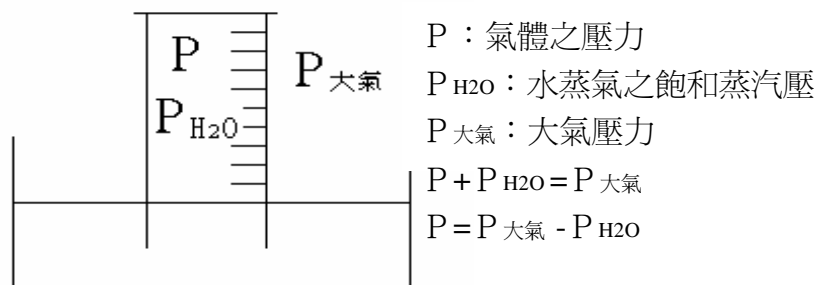
(碘遇澱粉成藍黑色)

2.MnCl₂ 最後變成黑褐色的 MnO₂，更進一步證明氣體中含有臭氧



若有 H₂O₂ 氣體揮發出來，H₂O₂ 和 O₂ 之氧化力不能使 MnCl₂ 氧化成 MnO₂。

二：實驗二中，產生氣體總莫耳求法為：在計算氣體體積前，先調整大量筒，使內外水面一

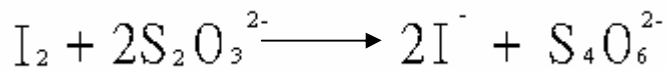


樣高，再做壓力校正。

利用 $PV=nRT$ ，即可求得氣體之莫耳數($n=P_{\text{V}}/RT$)

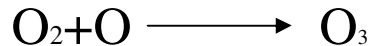
三：實驗三中，臭氧的莫耳數求法為：

臭氧將碘化鉀氧化成碘，碘遇澱粉成藍黑色 $\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + \text{I}_2 + 2\text{KOH}$ 產生的碘，用已知濃度的硫代硫酸鈉溶液滴定至無色



記錄用去硫代硫酸鈉溶液之體積，即可知用去硫代硫酸鈉之莫耳數，由方程式可知產生臭氧之莫耳數，恰等於用去硫代硫酸鈉莫耳數的一半。

四：由實驗三得知：雙氧水濃度越高，加入二氧化錳時產生的氣體中含臭氧之百分率就越大，可能因為濃度高反應激烈，產生很多初生態氧原子，氧原子與氧分子結合成生成臭氧：



五：由實驗四發現：生物酵素亦可做分解雙氧水的催化劑，由生物學得知，生物細胞內含有過氧化氫酶，存在於微粒體，他在生物體內的作用一般認為能防止細胞進行生理作用時產生過氧化氫堆積，以達到解毒功用。

六：由實驗五得知：以二氧化錳、硫化鉛等無機物當作催化劑會產生臭氧，而以生物酵素作為催化劑則不會產生臭氧，其原因可能是因為反應機構不同。

柒、 結論

- 一、雙氧水以二氧化錳當催化劑時會產生刺鼻的臭味，此臭味是由於雙氧水在激烈反應時產生了少量的臭氧。
- 二、雙氧水的濃度越高，加入二氧化錳時，產生的氣體速率就越快，且氣體中含有臭氧的百分率也越大。
- 三、雙氧水中若加入無機物催化劑如二氧化錳、硫化鉛等，產生的氣體中，均會產生臭氧，含臭氧百分率大小：二氧化錳 > 硫化鉛。
- 四、雙氧水中加入動物性催化劑，以肝臟催化的效果最好；植物性催化劑，以木瓜催化的效果最好。
- 五、雙氧水中若加入生物性催化劑(酵素)，如芭樂、馬鈴薯、雞心、雞肝、豬肉等，產生的氣體中，均不含臭氧。
- 六、利用雙氧水加催化劑製備氧，若要得到單純的氧氣而不含臭氧，可依照實驗(七)中的實驗設計 A 和實驗設計 B 來製作。

捌、 參考資料

- 1.曾國輝著 藝軒圖書出版社 化學(上冊)
- 2.楊寶旺、林敬二主編 高立圖書有限公司 定量分析及實驗
- 3.趙世彬編譯 藝軒圖書出版社 生物學
- 4.歐靜枝譯 復漢出版社 酵素
- 5.陳國城編 台灣開明出版社 化學原理與計算法 p.733

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 化學科

第三名

040215

臭味何處來？過氧化氫製氧實驗之研究與探討

國立花蓮高級中學

評語：

從實驗的觀察，提出質疑，然後運用所學的知識，確認了臭氧的存在，研究求知的態度很值得鼓勵。