

# 過碳酸鈉取代雙氧水產生氧氣於國小製造氧氣實驗之可行性探討

周佳誼、周欣誼、何家齊\*

國立中科實驗高級中學

Email: justsayhi@nehs.tc.edu.tw

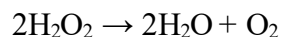
**摘要：**本研究旨在為國中小學設計一種更安全、快速的製氧實驗，以取代具腐蝕性的雙氧水。文章探討使用俗稱「固體雙氧水」的過碳酸鈉。實驗結果顯示，過碳酸鈉在水中會釋放過氧化氫並呈鹼性，促進氧氣生成。製氧效率受水量影響，1 克過碳酸鈉搭配 15 毫升水反應速率最快。提高水溫能顯著加速產氧量。雖然金針菇催化效果最佳，但其保存不易且在高溫下效用降低。綜合考量，建議學校實驗採用溫熱水(約 60°C)搭配易取得且可重複使用的銅片(如壹圓硬幣)加速氧氣生成。此組合能在 15 分鐘內產生超過 500 毫升氧氣，足夠學校實驗教學使用，且比傳統雙氧水實驗更安全便捷，具推廣潛力。

## ■ 前言

在小學自然課程中，製造氧氣是利用雙氧水加胡蘿蔔或金針菇，在國中則是利用雙氧水加二氧化錳。雙氧水是中小學化學實驗製造氧氣所使用的主要藥品之一，但高濃度的雙氧水具腐蝕性，若不慎直接接觸，會引致皮膚出現化學灼傷；低濃度雙氧水產生氧氣的速率很慢，不利氧氣的收集。我們在實驗器材藥品室中找到一瓶尚未過期的 15% 雙氧水，瓶身已經明顯膨脹變形，應該是在實驗室保存過程中持續分解出氧氣造成瓶子的壓力變大所導致。我們當時僅只是打開雙氧水瓶蓋動作，就發現手指頭皮膚有被腐蝕的痕跡，推測應該長期存放在實驗室，瓶蓋處有雙氧水揮發滲漏的情形。這讓我們思考是否能使用簡單安全藥品取代雙氧水，且實驗藥品容易保存，以此為出發點，試著重新設計出適合在國中小製造氧氣的實驗。基於安全性考量，我們的研究想要找出一個方便、快速、安全的方法來製造氧氣方法，以取代原本課本使用液態雙氧水製造氧氣的實驗設計，我們查詢文獻後發現在日常生活中常被用作清潔劑的過碳酸鈉，具有去污、漂白與抗菌等功能，因其可釋放出氧氣，有人稱其為「固體雙氧水」。本研究將進一步探討過碳酸鈉分解產生氧氣的速率，以評估其應用潛力與最佳反應條件。

## ■ 過碳酸鈉性質介紹

過碳酸鈉( Sodium percarbonate )又稱過氧碳酸鈉或過氧化碳酸鈉水合物( sodium carbonate peroxyhydrate )，俗稱「固體雙氧水」，是碳酸鈉與過氧化氫形成的加成物(adduct)。其實驗式為： $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$  (式量為 314 g/mol)，外觀為白色無味的顆粒狀粉末，屬無機鹽，溶於水後會釋放出碳酸鈉與過氧化氫，呈鹼性，具有氧化性。反應式如下：



Dideriksen (2007) 指出，過碳酸鈉在室溫下雖具有一定穩定性，但仍須注意保存條件，以避免分解或降低活性。首先，應置於乾燥環境中，因為受潮會加速其分解，釋放出過氧化氫與氧氣；其次，需避免光照，特別是強光與紫外線，因其可能促進過氧化氫的分解；此外，應使用密封容器保存，以防吸濕並避免與空氣中的水氣或二氧化碳接觸；最後，也應避免高溫環境，因為溫度升高會顯著加快其分解速率。總而言之，妥善的保存條件有助於維持過碳酸鈉的穩定性與功效。

我們測試室溫下過碳酸鈉加水後，其水溫與 pH 值之變化。於室溫下，將 0 克( 對照組 )、10 克與 20 克過碳酸鈉分別加入 100mL 去離子水中，並於 30 分鐘內每 10 分鐘測量溫度與 pH 值。實驗後發現溫度變化不大與室溫(25°C) 相近，pH 值方面，對照組在 30 分鐘後的 pH 為 8.25；加入 10 克過碳酸鈉的溶液 pH 為 10.45；加入 20 克者則為 10.42。由此可見，過碳酸鈉加水後會使水溶液明顯鹼化，顯示其分解產生的碳酸鈉具有鹼性特性。

## ■ 相同重量過碳酸鈉加不同水量產生氧氣量的比較

本研究探討在 25°C 下，相同質量 ( 1 公克 ) 的過碳酸鈉，在不同水量條件下反應 24 小時後的氧氣產生差異(如圖 1)。根據化學計算，1 公克過碳酸鈉理論上可完全分解產生約 0.00560 莫耳的氧氣，換算為標準狀況下約 137.13 毫升。但實驗結果顯示，實際產生的氧氣量明顯低於理論值。在此實驗設計中，我們將 1 公克過碳酸鈉分別加入 10 mL、100 mL 與 250 mL 的水中，並以排水集氣法觀察其氧氣產生狀況。實驗中使用充滿水的量筒倒置於水槽中，可清楚觀察並測量產生的氧氣量。此外，三組條件同時進行，有助於提升對控制變因的掌握與比較的準確性。結果發現，水量越少氧氣的反應速率與產量皆越高，其中加水 10 mL 的實驗產氧最明顯(表 1 與圖 2)。這是因為水量少時，1 克碳酸鈉加入 10 mL 水之溶液 pH 值較加入 100 mL 與 250 mL 之水量更大，形成鹼性更強的溶液。此趨勢與過碳酸鈉溶於水後所形成的鹼性環境有關，因其釋放的碳酸鈉 (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ) 使溶液 pH 升高，而過氧化氫 (  $\text{H}_2\text{O}_2$  ) 在鹼性環境中分解速率加快，進而促進氧氣釋放。儘管理論上相同質量的過碳酸鈉應產生相同體積的氧氣，實驗卻顯示水量會影響產生氧氣反應速率與 24 小時後產生氧氣量，說明水量亦為影響的變因。綜合上述實驗結果可知，水量愈少，產氧效率愈高，可能與鹼性強度提升有關，

未來可進一步探討在更少水量條件下 ( 如 5 mL 或更少 ) 是否能進一步提升氧氣產生效果。

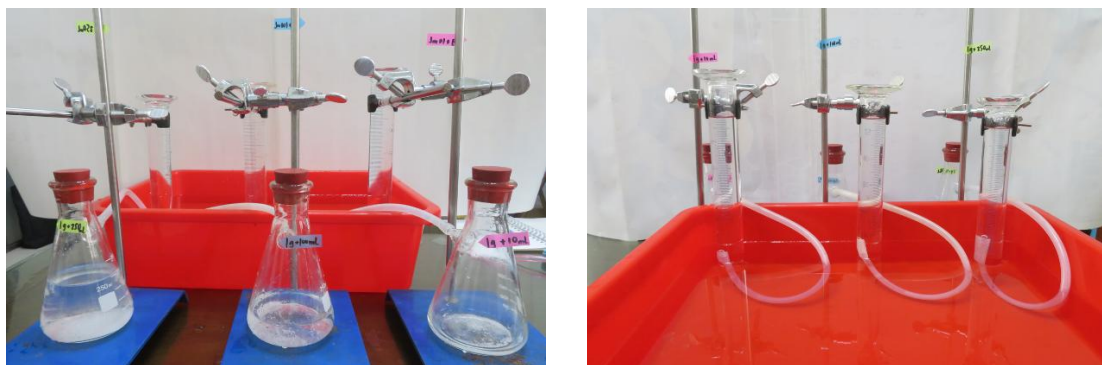


圖 1 過碳酸鈉 1 公克的與 10mL、100mL、250mL 水量產生氧氣實驗裝置正面與背面照片

表 1 1 公克的過碳酸鈉加入不同水量條件下產生氧氣的理論與實際數據比較

水量	理論量產生氧氣量	24 小時後 實驗測量氧氣量	氧氣產生率%
10mL	137.13	112	81.68%
100mL	137.13	99.5	72.56%
250mL	137.13	71	51.78%

室溫 25°C 下，1 克過碳酸鈉加不同水量於 3 小時所產生的氧氣量

• 1 公克+10ml 水    • 1 公克+100ml 水    • 1 公克+250ml 水

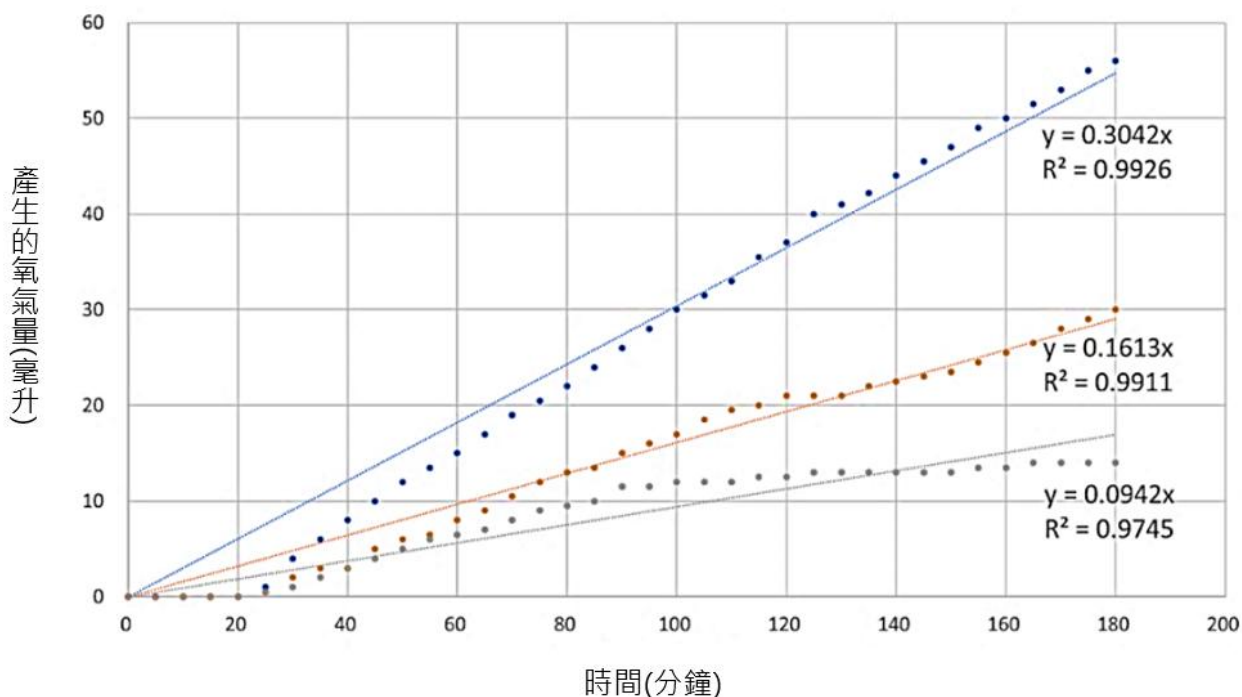


圖 2 室溫下不同水量與 1 公克過碳酸鈉反應之氧氣產量變化 3 小時內連續紀錄

### ■ 過碳酸鈉 1 公克與 1mL、2mL、3mL 水量於 3 小時後產生氧氣量的比較

延續先前實驗結果顯示 1 公克過碳酸鈉與 10 mL 水反應可獲得較高氧氣產率，本研究進一步探討在更低水量條件下的產氧效果。實驗設計將 1 公克過碳酸鈉分別加入 1 mL、2 mL 與 3 mL 水中進行反應，並於 3 小時內以排水集氣法持續記錄氧氣產生量(表 2)。本實驗結果顯示，當水量過少時，過碳酸鈉無法充分溶解，進而限制其釋放過氧化氫並影響產氧反應的進行。根據文獻 PubChem (n.d.-a)，在 25°C 時過碳酸鈉的溶解度約為 15g/100mL 水，換算可知，在 1 至 3 毫升水中 1 公克過碳酸鈉均無法完全溶解，造成反應效率降低。因此，氧氣產生效率呈現 3 mL > 2 mL > 1 mL 的趨勢，符合反應物溶解度與分解效率之理論推論。目前可推論，1 公克過碳酸鈉對應約 10 mL 水為較適合的反應比例，但是否為最佳條件仍需進一步實驗驗證。

表 2 過碳酸鈉 1 公克的與 1mL、2mL、3mL 水量產生的總氧氣量比較

1 公克過碳酸鈉加入水量 (mL)	3 小後測得氧氣量 (mL)
1	4
2	18
3	22

### ■ 過碳酸鈉 1 公克與 5mL、10mL、15mL 水量於 3 小時後產生氧氣量的比較

由前述實驗的結果可知，過碳酸鈉與水的比例對氧氣產生速率有顯著影響。水量過少會限制過碳酸鈉的溶解度，導致分解反應受限、氧氣產生速率降低；而水量過多則可能稀釋反應物濃度，同樣降低反應速率。本研究進一步設計實驗，將 1 公克過碳酸鈉分別加入 5 mL、10 mL 與 15 mL 水中，透過排水集氣法於 3 小時內每 5 分鐘記錄氧氣產生量。結果顯示，加入 15 mL 水時的氧氣產生速率略優於 10 mL 水組，但差異不大，兩者皆明顯優於 5 mL 水組。依據文獻，25°C 時過碳酸鈉在水中的溶解度為 15 g/100 mL，故 10 mL 水可溶解約 1.5 克過碳酸鈉，尚未達飽和。綜合分析，目前觀察顯示 1 公克過碳酸鈉配合 10~15 mL 水為較佳比例，可有效促進氧氣產生反應。

表 3 過碳酸鈉 1 公克的與 5mL、10mL、15mL 水量產生的總氧氣量比較

1 公克過碳酸鈉加入水量 (mL)	3 小後測得氧氣量 (mL)
5	46
10	51

### ■ 水溫高低對過碳酸鈉分解產生氧氣速率的影響

為探討溫度對過碳酸鈉釋放氧氣速率的影響，本研究設計兩組實驗。第一組實驗以恆溫水槽控制水溫，於錐形瓶中加入 100 mL 水，分別設定 30°C、40°C 與 50°C，當水溫達設定值時立即加入 10 公克過碳酸鈉，並透過排水集氣法觀察產生 100 mL 氧氣所需的時間(表 4)。實驗結果顯示，水溫越高，氧氣產生速度越快。

表 4 過碳酸鈉與不同水溫產生 100mL 氧氣的時間記錄

	恆溫水槽溫度 30°C	恆溫水槽溫度 40°C	恆溫水槽溫度 50°C
產生 100mL 氧氣所需的時間	47 分 01 秒	15 分 14 秒	2 分 31 秒

考量恆溫水槽設備在一般國中小不常見，我們設計第二組較具操作彈性的實驗。在三個錐形瓶中先加入熱水 100 mL，當熱水分別冷卻到 60°C、50°C 或 40°C 水溫時，立即加入 10 公克過碳酸鈉，並以排水集氣法記錄 30 分鐘內的氧氣產生情形。我們可以觀察到隨著水溫升高，氧氣產生速率越快(見表 5)。此法雖無法精準控制恆溫，但能有效模擬實際教學場域的操作條件，同樣可觀察水溫對氧氣釋放速率的影響，進一步驗證溫度與反應速率之間的正向關聯。

在錐形瓶中裝 100mL 水，先放在恆溫水槽中並設定 30°C 水溫，當水溫達 30°C 便加入 10g 過碳酸鈉，透過排水集氣法，觀察產生 100mL 氧氣所需的時間，同樣步驟進行 40°C、50°C 水溫的實驗觀察。實驗記錄如表 5。

表 5 過碳酸鈉與不同水溫於 30 分鐘所產生氧氣量

	開始水溫 40°C 自然降溫 30 分鐘後水溫 33°C	開始水溫 50°C 自然降溫 30 分鐘後水溫 34°C	開始水溫 60°C 自然降溫 30 分鐘後水溫 35°C
30 分鐘所產生氧氣量(mL)	29	187	349

### ■ 探討加入哪些物質能讓過碳酸鈉加速氧氣生成

Wikipedia (n.d.)提及雙氧水加入白金可以催化雙氧水的分解，PubChem (n.d.-b)則提到雙

氧水與大多數常見金屬及其化合物接觸可能導致劇烈分解，尤其是在高濃度下。此外根據百度百科(無日期)的資料提到過碳酸鈉與 Cu、Fe、Co、Mn 等固體物混合加水，可以加速氧氣的產生。前面的實驗設計裡，我們發現溫度升高能增加過碳酸鈉產生氧氣的速率，除了提高水溫，加入哪些物質能讓過碳酸鈉加速氧氣生成呢？此外，在小學實驗中，製造氧氣會使用雙氧水加金針菇，過去科展得獎作品中，有找到金針菇可以加速雙氧水的分解的報告，因此我們也很好奇過碳酸鈉加入金針菇是否也可以加速氧氣的產生，故進行本實驗設計。

在室溫下進行實驗，將 10 公克過碳酸鈉與 100 mL 水混合，觀察在不同條件下產生 100 mL 氧氣所需的時間。結果顯示，未添加任何物質時需時 96 分 12 秒；若加入表面積約 2.69 cm<sup>2</sup> 的白金線，反應時間明顯縮短為 67 分 32 秒；加入表面積約 3.17 cm<sup>2</sup> 的鐵線，所需時間為 77 分 40 秒；加入銅片（表面積約 11 cm<sup>2</sup>）時為 79 分 05 秒；而添加 10 公克金針菇則大幅縮短至僅需 21 分 32 秒。實驗結果顯示，不同物質會影響氧氣釋放速率，其中金針菇的催化效果最為顯著(見表 6)。

表 6 在室溫下 10 公克過碳酸鈉與 100mL 水於不同條件下產生 100mL 氧氣所需時間

反應條件	產生 100mL 氧氣時間
無加任何物質	96 分 12 秒
白金線(長度 5.0cm，表面積約 2.69 cm <sup>2</sup> )	67 分 32 秒
鐵線(長度 7.0cm，表面積約 3.17cm <sup>2</sup> )	77 分 40 秒
銅片(長度 9.9cm，表面積約 11cm <sup>2</sup> )	79 分 05 秒
鋅片(長度 9.9cm，表面積約 11cm <sup>2</sup> )	89 分 13 秒
鋁片(長度 9.9cm，表面積約 11cm <sup>2</sup> )	85 分 35 秒
10 公克金針菇剪碎	21 分 32 秒

雖然表 6 的金屬材料來自不同來源，導致其長度與表面積有所差異，但在這些條件下仍可合理比較其加速反應生成氧氣的效果。即使白金線的表面積最小 (2.69 cm<sup>2</sup>)，卻明顯具有最強的催化能力，反應時間最短 (67 分 32 秒)，顯示其單位表面積的活性極高，其金屬排序為白金>鐵>銅>鋁>鋅。10 公克金針菇剪碎，在室溫下催化過碳酸鈉的效果也很好。

我們進一步延伸實驗，將 10 公克過碳酸鈉與 100 mL 水混合後，分別在初始水溫為 26°C (室溫) 與 40°C 的條件下，加入 10 公克金針菇，比較兩種溫度下的氧氣產生量。結果顯示，在 26°C 下產生氧氣 124 mL，而在 40°C 下則為 114 mL，反而略有減少。這與前述實驗中溫度升高會促進反應速率的結果不同，推測可能是因為溫度過高不利於金針菇中過氧化氫酶的活性，導致其催化過氧化氫分解的效果下降，從而減少氧氣的產生。

表 7 在室溫下 10 克過碳酸鈉+100mL 水+10 克金針菇不同水溫下 30 分鐘產生的氧氣量比較

10 克過碳酸鈉+100mL 水 +10 克金針菇	初始水溫 26°C(室溫)	初始水溫 40°C
產生的氧氣量(mL)	124	114

### ■ 探究在學校實驗中，過碳酸鈉產生氧氣的簡易與有效的組合條件

綜合本研究多項實驗結果，可探究出在學校實驗環境中，使用過碳酸鈉產生氧氣的簡易且有效組合條件。實驗顯示，提高水溫可明顯加快過碳酸鈉分解並釋放氧氣的速率，其中水溫達 50°C 時，氧氣產生速率遠高於 30°C 與 40°C。此外，雖然金針菇中含有過氧化氫酶，能大幅提升氧氣產生速率，但因其不易取得與保存，在學校操作上較為不便。相比之下，銅金屬雖催化效果不如金針菇明顯，但其材料取得容易、操作安全且可重複使用，是較適合於學校教學實驗的催化輔助選項。因此，建議在學校中進行此類產氧實驗時，可選擇將過碳酸鈉加入溫熱水（如 50°C）並搭配鐵片或銅片使用，作為兼具簡易性與效果的最佳組合。但因為鐵反應後會嚴重氧化變黑，但是銅片表面變化情況尚可，因此可以有先考慮使用銅片。

生活中最易取的銅製品是硬幣，新臺幣硬幣的材質組成各有不同，其中壹圓硬幣主要由銅 92%、鎳 6% 及鋁 2% 組成；拾圓與伍圓硬幣則成分相同，皆為銅 75% 與鎳 25% 的合金。各取 10 公克的過碳酸鈉與 100 mL 的熱水於兩錐形瓶中，水溫降至 60°C，分別加入 1 元硬幣兩枚或四枚，以及 10 克過碳酸鈉，測量與紀錄 30 分鐘內所產生的氧氣量。

表 8 過碳酸鈉 10 公克與 100 mL 60°C 的水加入不同的一元硬幣產生氧氣之比較

時間(分鐘)	1 元硬幣兩枚	1 元硬幣 4 枚
	氧氣產生體積(mL)	氧氣產生體積(mL)
0	0.0	0.0
1	10.0	13.0
2	28.0	39.0
3	52.0	72.0
4	80.0	107.0
5	108.0	145.0
6	139.0	187.0
7	173.0	225.0
8	205.0	267.0
9	241.0	305.0
10	276.0	340.0
11	309.0	380.0
12	342.0	414.0
13	376.0	453.0
14	407.0	486.0
15	440.0	520.0

16	472.0	552.0
17	503.0	582.0
18	531.0	610.0
19	560.0	636.0
20	585.0	664.0
21	611.0	688.0
22	637.0	709.0
23	662.0	731.0
24	684.0	751.0
25	705.0	770.0
26	724.0	788.0
27	744.0	805.0
28	762.0	822.0
29	779.0	836.0
30	795.0	851.0

根據實驗結果，我們知道 10 公克過碳酸鈉、100mL 60°C水與壹元硬幣 4 枚一起反應，在 30 分鐘內可以產生氧氣 851mL，8 分鐘就可以產生 267 mL 氧氣，可以將一個 250mL 錐型瓶裝滿氧氣。15 分鐘就可以產生 520 mL 氧氣，可以將一個 500 mL 錐型瓶裝滿氧氣。這樣的反應時間，已經能符合在中小學實驗所需的氧氣量。

## ■ 結論

在妥善保存條件下，過碳酸鈉在室溫中若無與水作用，可穩定保存而不分解。固定過碳酸鈉的重量，加水量太多或太少，產生氧氣的反應速率都會變慢。目前測試結果顯示，1 克過碳酸鈉加入 15mL 水為較佳的反應比例，其分解產生氧氣的速率略優於 10mL 水。當水溫越高，產生 100mL 氧氣的時間會大幅縮短，顯示溫度升高本身即有助於氧氣的生成。在室溫中加入金針菇，過碳酸鈉分解產生氧氣會變快，其催化效果顯著。但金針菇在較高溫水中(如 40°C)時，其加速氧氣生成的效用會略為降低(與室溫 26.1°C相比)，推測可能因高溫不利於其過氧化氫酶的活性。60°C水 100mL 加入 10 克過碳酸鈉再加入 4 枚 1 元硬幣，就可以在 15 分鐘內產生 520mL 的氧氣。本研究結果顯示，使用容易在室溫保存的過碳酸鈉粉末，搭配容易取得的壹元硬幣(例如在 60°C水溫下可實現高效產氧)，相較於雙氧水與金針菇或胡蘿蔔的傳統製氧實驗，此方法在安全性與器材準備上更具優勢，深具未來推廣應用潛力，並有望改變教科書中製氧實驗的設計，使其更便捷實用。

## ■ 附註

本文部分資料改寫自周佳誼與周欣誼(2024)之未出版 112 學年度臺中市中小學科學展覽會作品說明書-化學科高中組作品說明書。

## ■ 參考文獻

百度百科(無日期)。過碳酸鈉。 <https://baike.baidu.com/item/过碳酸钠/1238735>

周佳誼、周欣誼(2024)。探究過碳酸鈉分解產生氧氣速率及其應用(未出版之作品說明書)。

112 學年度臺中市中小學科學展覽會作品說明書-化學科高中組佳作。

<https://reurl.cc/knx2Kx>

Dideriksen, K. (2007). Sodium percarbonate. In I. Johansson & P. Somasundaran (Eds.), Handbook for cleaning/decontamination of surfaces (Vol. 2, pp. 721–746). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-044451664-0/50022-X>

PubChem (n.d.-a). Sodium percarbonate (CID 159762). In PubChem Compound Database. National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-percarbonate>

PubChem (n.d.-b). Hydrogen peroxide. National Center for Biotechnology Information.  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/784>

Wikipedia (n.d.). Hydrogen peroxide. Wikipedia. Retrieved June 23, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_peroxide](https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_peroxide)