

裝訂線

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：氣泡衝衝衝之酸的反應速率測試

關 鍵 詞：酸、碳酸鈣、反應速率

裝訂線

編號：B3028

摘要

本實驗主要在探討不同種類的酸與碳酸鈣的反應速率有何差異。從實驗結果可以看出在同樣的酸時，濃度越高反應速率越快。但是如果換成同 pH 值，不同種類的酸時，反應速率就會出現差異，我們推論是跟氫離子是否能持續供應有關係。

壹、研究動機

在國二上學期的課程中，有提到可以利用碳酸鈣加上稀鹽酸來製備二氧化碳。而下學期的課程中，有提到影響反應速率的因素。我們在上課的時候，老師有提到真正與碳酸鈣反應的是酸裡面解離出來的氫離子跟碳酸鈣反應，所以理論上是氫離子濃度越高，二氧化碳的生成速率會越快。

但是我們有在網路上看到關於不同的酸對碳酸鈣產生二氧化碳的反應，裡面的結論中有提到：在同樣的氫離子莫耳濃度的條件下，加入鹽酸的反應速率會比加入硫酸的反應速率還要快(賴鈺婷, 2013)。這點讓我們感到很好奇，所以想趁著這次科展的機會，多試驗幾種不同的酸，自己找出真正的答案。

貳、研究目的

一、探討同一種酸，在不同濃度的條件下，與碳酸鈣的反應速率有何不同。

實驗 1. 不同濃度醋酸與碳酸鈣的反應速率測試。

實驗 2. 不同濃度檸檬酸與碳酸鈣的反應速率測試。

實驗 3. 不同濃度鹽酸與碳酸鈣的反應速率測試。






二、探討同條件下，不同種類的酸加上碳酸鈣的反應速率有何不同。

實驗 4. 探討酸的濃度、溫度固定時，不同的酸與碳酸鈣的反應速率有何差異。

實驗 5. 探討酸的 pH 值、溫度固定時，不同的酸與碳酸鈣的反應速率有何差異。

參、研究設備與器材

一、研究器材

pH 計	玻棒	燒杯	電子天平	滴管
 (pH5011)				

二、藥品

鹽酸	檸檬酸	醋酸	碳酸鈣粉筆
			

三、參考資料

1. 反應速率 (Rate of reaction)

反應速率指的是反應物轉變成生成物的速度。對於大部分的反應，反應速率隨時間而減少。

反應速率可以用這種方式來表達： $\Delta v(A) = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$

反應速率的單位為 mol/(L·s)或 mol/(L·min)。濃度單位一般用莫耳·升⁻¹，時間單位用秒、分或小時。反應速率分為平均速率（一定時間間隔裡平均反應速率）和瞬時速率（給定某時刻的反應速率），可通過實驗測定。

2. 影響反應速率的因素

反應物本身的性質，外界因素：溫度，濃度，壓力，催化劑，反應物顆粒大小，反應物之間的接觸面積和反應物狀態，與反應物的接觸面積，反應物的濃度也會影響化學反應速率。

增加反應物的濃度，即增加了單位體積內活化分子的數目，從而增加了單位時間內反應物分子的有效碰撞的次數，導致反應速率加快。

3. 酸與碳酸鈣反應

碳酸鹽是指含 CO_3^{2-} 的鹽。碳酸鹽遇酸能發生複分解反應產生 CO_2 ，實驗室通常利用這一原理檢驗某固體含碳酸鹽及製取 CO_2 。

肆、研究過程與方法

一、研究方法

實驗 1. 不同濃度醋酸與碳酸鈣的反應速率測試。

- 步驟一、取不同量的純醋酸+水配成不同濃度的醋酸稀釋液。
- 步驟二、將稀釋液加熱至 30°C 。
- 步驟三、測量起始的 pH 值。
- 步驟四、將碳酸鈣粉筆丟入稀釋液中使其開始反應。
- 步驟五、每隔 30 秒用滴管採樣溶液，並測量且紀錄其 pH 值。
- 步驟六、將記錄好的 pH 值轉換成 $[\text{H}^+]$ ，再進行分析。

實驗 2. 不同濃度檸檬酸與碳酸鈣的反應速率測試。

- 步驟一、取不同量的檸檬酸+水配成不同濃度的醋酸稀釋液。
- 步驟二、將稀釋液加熱至 30°C 。
- 步驟三、測量起始的 pH 值。
- 步驟四、將碳酸鈣粉筆丟入稀釋液中使其開始反應。
- 步驟五、每隔 30 秒用滴管採樣溶液，並測量且紀錄其 pH 值。
- 步驟六、將記錄好的 pH 值轉換成 $[\text{H}^+]$ ，再進行分析。

實驗 3. 不同濃度鹽酸與碳酸鈣的反應速率測試。

- 步驟一、取不同量的鹽酸+水配成不同濃度的醋酸稀釋液。
- 步驟二、將稀釋液加熱至 30°C 。
- 步驟三、測量起始的 pH 值。
- 步驟四、將碳酸鈣粉筆丟入稀釋液中使其開始反應。
- 步驟五、每隔 30 秒用滴管採樣溶液，並測量且紀錄其 pH 值。
- 步驟六、將記錄好的 pH 值轉換成 $[\text{H}^+]$ ，再進行分析。

實驗 4. 探討濃度、溫度固定時，不同的酸與碳酸鈣的反應速率有何差異。

- 步驟一、將實驗 1~3 中，同樣濃度的數據整理成表。
- 步驟二、根據整理的數據進行分析、比較。

實驗 5. 探討 pH、溫度固定時，不同的酸與碳酸鈣的反應速率有何差異。

步驟一、將實驗 1~3 中，同樣濃度的數據整理成表。

步驟二、根據整理的數據進行分析、比較。

二、實驗流程示意圖



配置稀釋液



加熱至 30°C



測量起始 pH 值



丟入粉筆



30 秒採樣一次



採樣 20 杯



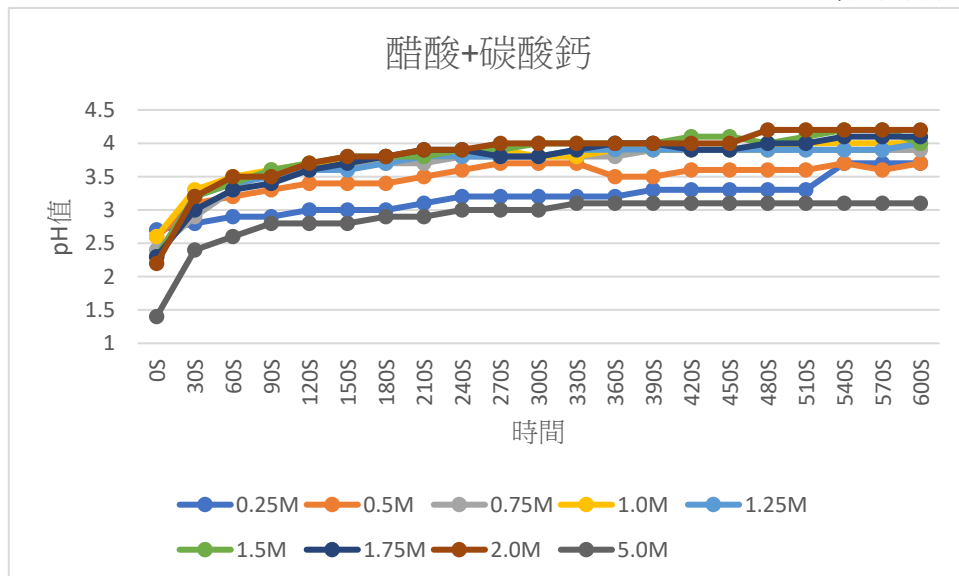
測量 pH 值

伍、研究結果與討論

實驗 1. 不同濃度醋酸與碳酸鈣的反應 pH 結果。

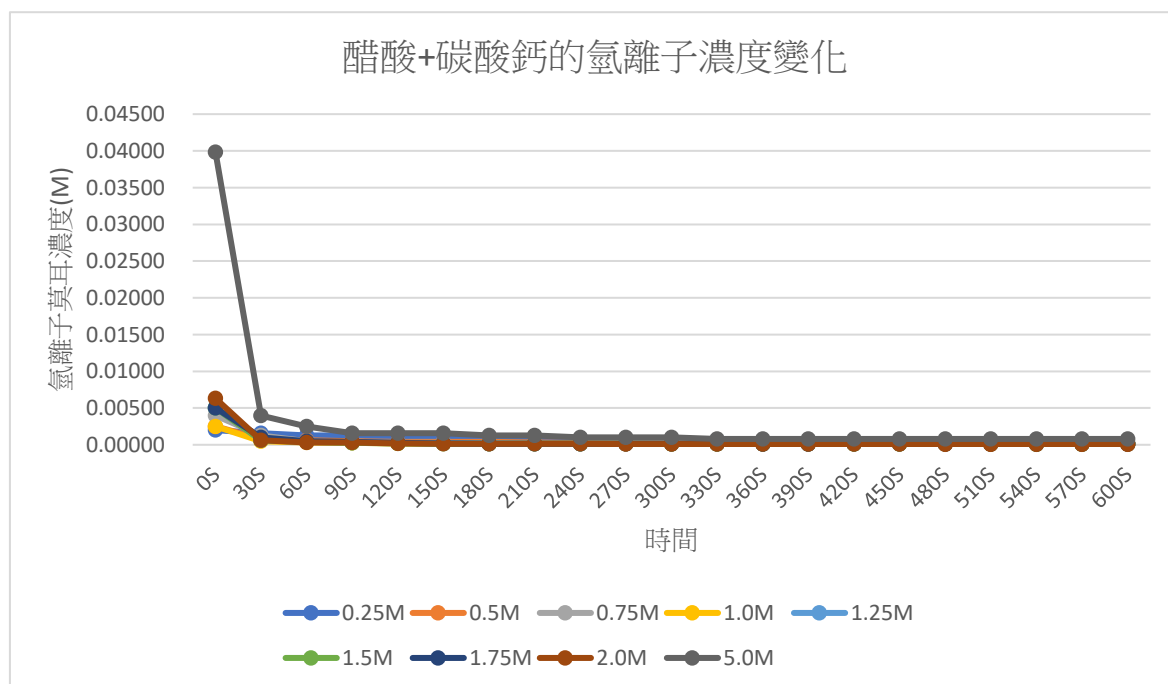
	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M	1.25M	1.5M	1.75M	2.0M	5.0M
0S	2.7	2.6	2.4	2.6	2.3	2.3	2.3	2.2	1.4
30S	2.8	3.1	2.9	3.3	3.2	3.2	3	3.2	2.4
60S	2.9	3.2	3.3	3.5	3.4	3.4	3.3	3.5	2.6
90S	2.9	3.3	3.6	3.6	3.5	3.6	3.4	3.5	2.8
120S	3	3.4	3.6	3.7	3.6	3.7	3.6	3.7	2.8
150S	3	3.4	3.7	3.7	3.6	3.8	3.7	3.8	2.8
180S	3	3.4	3.7	3.8	3.7	3.8	3.8	3.8	2.9
210S	3.1	3.5	3.7	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	2.9
240S	3.2	3.6	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	3
270S	3.2	3.7	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	4	3
300S	3.2	3.7	3.8	3.8	3.8	4	3.8	4	3
330S	3.2	3.7	3.8	3.8	3.9	4	3.9	4	3.1
360S	3.2	3.5	3.8	3.9	3.9	4	4	4	3.1
390S	3.3	3.5	3.9	3.9	3.9	4	4	4	3.1
420S	3.3	3.6	3.9	3.9	3.9	4.1	3.9	4	3.1
450S	3.3	3.6	3.9	3.9	3.9	4.1	3.9	4	3.1
480S	3.3	3.6	3.9	3.9	3.9	4	4	4.2	3.1
510S	3.3	3.6	3.9	4	3.9	4.1	4	4.2	3.1
540S	3.7	3.7	3.9	4	3.9	4.2	4.1	4.2	3.1
570S	3.7	3.6	3.9	4	3.9	4.2	4.1	4.2	3.1
600S	3.7	3.7	3.9	4	4	4	4.1	4.2	3.1

(表中數據為 pH 值)



將 pH 轉換成[H⁺]後，可得到下面表格。

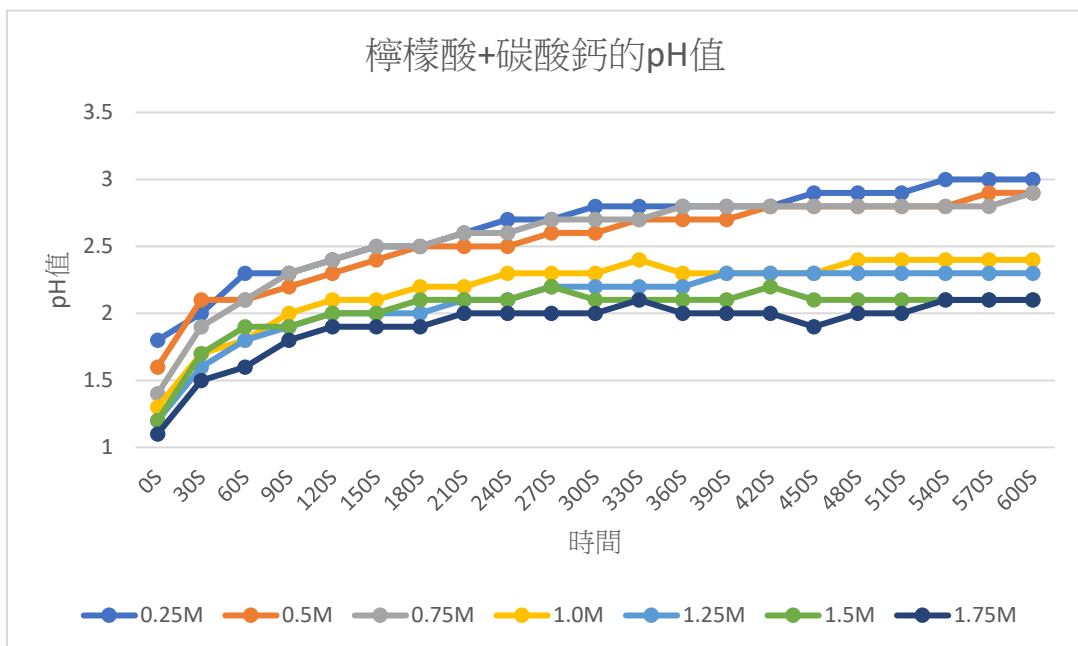
	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M	1.25M	1.5M	1.75M	2.0M	5.0M
0S	0.00200	0.00251	0.00398	0.00251	0.00501	0.00501	0.00501	0.00631	0.03981
30S	0.00158	0.00079	0.00126	0.00050	0.00063	0.00063	0.00100	0.00063	0.00398
60S	0.00126	0.00063	0.00050	0.00032	0.00040	0.00040	0.00050	0.00032	0.00251
90S	0.00126	0.00050	0.00025	0.00025	0.00032	0.00025	0.00040	0.00032	0.00158
120S	0.00100	0.00040	0.00025	0.00020	0.00025	0.00020	0.00025	0.00020	0.00158
150S	0.00100	0.00040	0.00020	0.00020	0.00025	0.00016	0.00020	0.00016	0.00158
180S	0.00100	0.00040	0.00020	0.00016	0.00020	0.00016	0.00016	0.00016	0.00126
210S	0.00079	0.00032	0.00020	0.00016	0.00016	0.00016	0.00013	0.00013	0.00126
240S	0.00063	0.00025	0.00016	0.00016	0.00016	0.00013	0.00013	0.00013	0.00100
270S	0.00063	0.00020	0.00016	0.00013	0.00016	0.00013	0.00016	0.00010	0.00100
300S	0.00063	0.00020	0.00016	0.00016	0.00016	0.00010	0.00016	0.00010	0.00100
330S	0.00063	0.00020	0.00016	0.00016	0.00013	0.00010	0.00013	0.00010	0.00079
360S	0.00063	0.00032	0.00016	0.00013	0.00013	0.00010	0.00010	0.00010	0.00079
390S	0.00050	0.00032	0.00013	0.00013	0.00013	0.00010	0.00010	0.00010	0.00079
420S	0.00050	0.00025	0.00013	0.00013	0.00013	0.00008	0.00013	0.00010	0.00079
450S	0.00050	0.00025	0.00013	0.00013	0.00013	0.00008	0.00013	0.00010	0.00079
480S	0.00050	0.00025	0.00013	0.00013	0.00013	0.00010	0.00010	0.00006	0.00079
510S	0.00050	0.00025	0.00013	0.00010	0.00013	0.00008	0.00010	0.00006	0.00079
540S	0.00020	0.00020	0.00013	0.00010	0.00013	0.00006	0.00008	0.00006	0.00079
570S	0.00020	0.00025	0.00013	0.00010	0.00013	0.00006	0.00008	0.00006	0.00079
600S	0.00020	0.00020	0.00013	0.00010	0.00010	0.00010	0.00008	0.00006	0.00079



實驗 2. 不同濃度檸檬酸與碳酸鈣的反應 pH 結果。

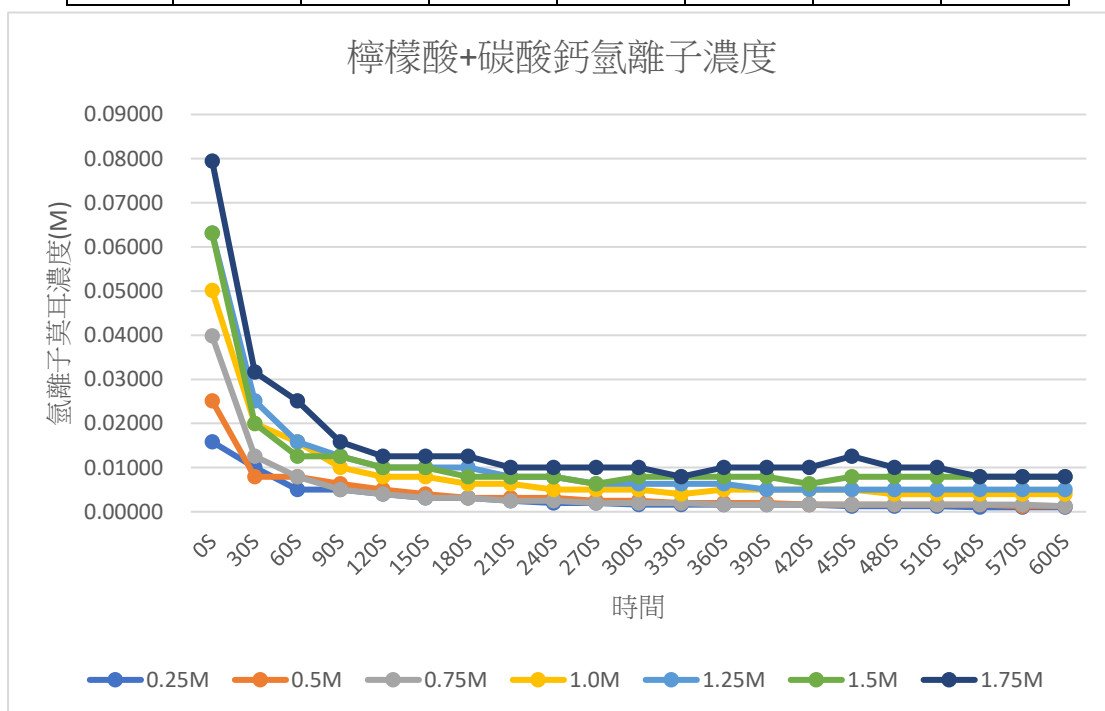
	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M	1.25M	1.5M	1.75M
0S	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1
30S	2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.7	1.5
60S	2.3	2.1	2.1	1.8	1.8	1.9	1.6
90S	2.3	2.2	2.3	2	1.9	1.9	1.8
120S	2.4	2.3	2.4	2.1	2	2	1.9
150S	2.5	2.4	2.5	2.1	2	2	1.9
180S	2.5	2.5	2.5	2.2	2	2.1	1.9
210S	2.6	2.5	2.6	2.2	2.1	2.1	2
240S	2.7	2.5	2.6	2.3	2.1	2.1	2
270S	2.7	2.6	2.7	2.3	2.2	2.2	2
300S	2.8	2.6	2.7	2.3	2.2	2.1	2
330S	2.8	2.7	2.7	2.4	2.2	2.1	2.1
360S	2.8	2.7	2.8	2.3	2.2	2.1	2
390S	2.8	2.7	2.8	2.3	2.3	2.1	2
420S	2.8	2.8	2.8	2.3	2.3	2.2	2
450S	2.9	2.8	2.8	2.3	2.3	2.1	1.9
480S	2.9	2.8	2.8	2.4	2.3	2.1	2
510S	2.9	2.8	2.8	2.4	2.3	2.1	2
540S	3	2.8	2.8	2.4	2.3	2.1	2.1
570S	3	2.9	2.8	2.4	2.3	2.1	2.1
600S	3	2.9	2.9	2.4	2.3	2.1	2.1

(表中數據為 pH 值)



將 pH 轉換成[H⁺]後，可得到下面表格。

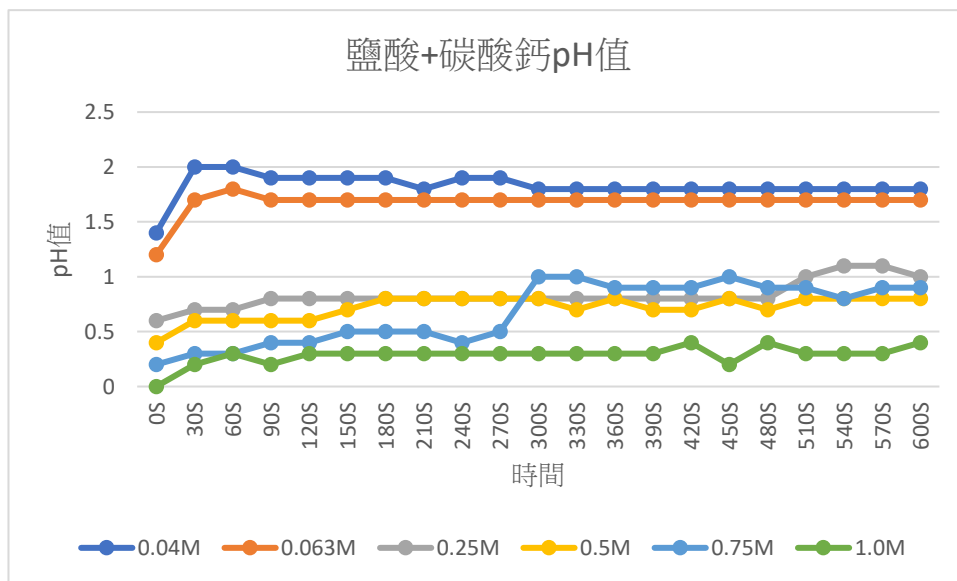
	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M	1.25M	1.5M	1.75M
0S	0.01585	0.02512	0.03981	0.05012	0.06310	0.06310	0.07943
30S	0.01000	0.00794	0.01259	0.01995	0.02512	0.01995	0.03162
60S	0.00501	0.00794	0.00794	0.01585	0.01585	0.01259	0.02512
90S	0.00501	0.00631	0.00501	0.01000	0.01259	0.01259	0.01585
120S	0.00398	0.00501	0.00398	0.00794	0.01000	0.01000	0.01259
150S	0.00316	0.00398	0.00316	0.00794	0.01000	0.01000	0.01259
180S	0.00316	0.00316	0.00316	0.00631	0.01000	0.00794	0.01259
210S	0.00251	0.00316	0.00251	0.00631	0.00794	0.00794	0.01000
240S	0.00200	0.00316	0.00251	0.00501	0.00794	0.00794	0.01000
270S	0.00200	0.00251	0.00200	0.00501	0.00631	0.00631	0.01000
300S	0.00158	0.00251	0.00200	0.00501	0.00631	0.00794	0.01000
330S	0.00158	0.00200	0.00200	0.00398	0.00631	0.00794	0.00794
360S	0.00158	0.00200	0.00158	0.00501	0.00631	0.00794	0.01000
390S	0.00158	0.00200	0.00158	0.00501	0.00501	0.00794	0.01000
420S	0.00158	0.00158	0.00158	0.00501	0.00501	0.00631	0.01000
450S	0.00126	0.00159	0.00158	0.00501	0.00501	0.00794	0.01259
480S	0.00126	0.00159	0.00158	0.00398	0.00501	0.00794	0.01000
510S	0.00126	0.00159	0.00158	0.00398	0.00501	0.00794	0.01000
540S	0.00100	0.00158	0.00158	0.00398	0.00501	0.00794	0.00794
570S	0.00100	0.00126	0.00158	0.00398	0.00501	0.00794	0.00794
600S	0.00100	0.00126	0.00126	0.00398	0.00501	0.00794	0.00794



實驗 3. 不同濃度鹽酸與碳酸鈣的反應 pH 結果。

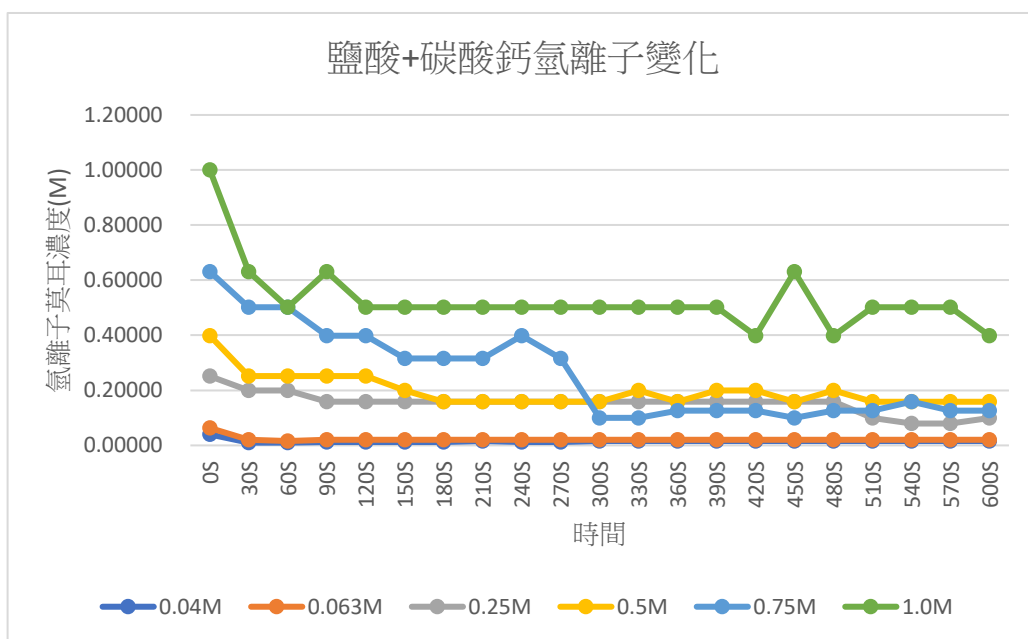
	0.04M	0.063M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0S	1.4	1.2	0.6	0.4	0.2	0
30S	2	1.7	0.7	0.6	0.3	0.2
60S	2	1.8	0.7	0.6	0.3	0.3
90S	1.9	1.7	0.8	0.6	0.4	0.2
120S	1.9	1.7	0.8	0.6	0.4	0.3
150S	1.9	1.7	0.8	0.7	0.5	0.3
180S	1.9	1.7	0.8	0.8	0.5	0.3
210S	1.8	1.7	0.8	0.8	0.5	0.3
240S	1.9	1.7	0.8	0.8	0.4	0.3
270S	1.9	1.7	0.8	0.8	0.5	0.3
300S	1.8	1.7	0.8	0.8	1	0.3
330S	1.8	1.7	0.8	0.7	1	0.3
360S	1.8	1.7	0.8	0.8	0.9	0.3
390S	1.8	1.7	0.8	0.7	0.9	0.3
420S	1.8	1.7	0.8	0.7	0.9	0.4
450S	1.8	1.7	0.8	0.8	1	0.2
480S	1.8	1.7	0.8	0.7	0.9	0.4
510S	1.8	1.7	1	0.8	0.9	0.3
540S	1.8	1.7	1.1	0.8	0.8	0.3
570S	1.8	1.7	1.1	0.8	0.9	0.3
600S	1.8	1.7	1	0.8	0.9	0.4

(表中數據為 pH 值)



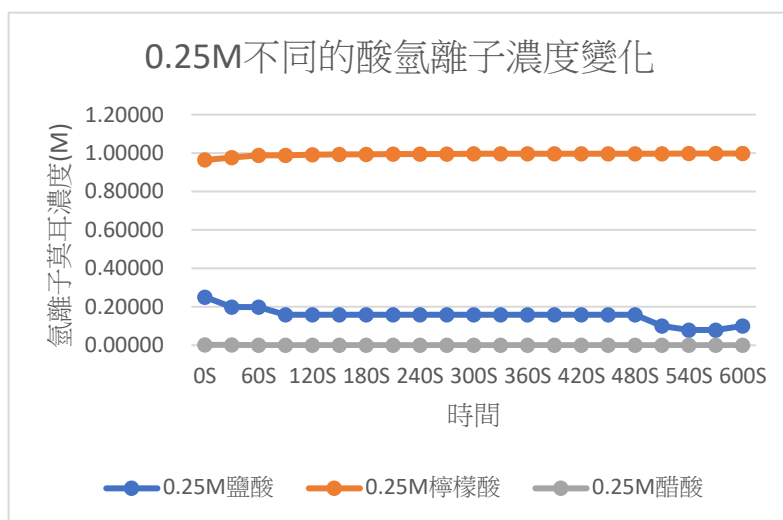
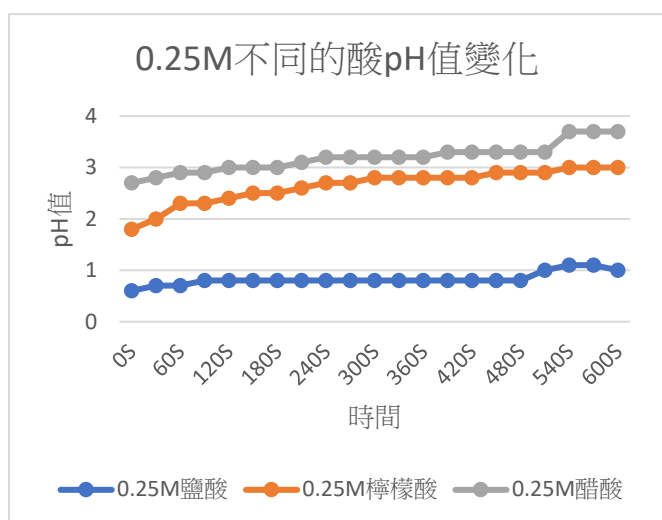
將 pH 轉換成[H⁺]後，可得到下面表格。

	0.04M	0.063M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0S	0.03981	0.06310	0.25119	0.39811	0.63096	1.00000
30S	0.01000	0.01995	0.19953	0.25119	0.50119	0.63096
60S	0.01000	0.01585	0.19953	0.25119	0.50119	0.50119
90S	0.01259	0.01995	0.15849	0.25119	0.39811	0.63096
120S	0.01259	0.01995	0.15849	0.25119	0.39811	0.50119
150S	0.01259	0.01995	0.15849	0.19953	0.31623	0.50119
180S	0.01259	0.01995	0.15849	0.15849	0.31623	0.50119
210S	0.01585	0.01995	0.15849	0.15849	0.31623	0.50119
240S	0.01259	0.01995	0.15849	0.15849	0.39811	0.50119
270S	0.01259	0.01995	0.15849	0.15849	0.31623	0.50119
300S	0.01585	0.01995	0.15849	0.15849	0.10000	0.50119
330S	0.01585	0.01995	0.15849	0.19953	0.10000	0.50119
360S	0.01585	0.01995	0.15849	0.15849	0.12589	0.50119
390S	0.01585	0.01995	0.15849	0.19953	0.12589	0.50119
420S	0.01585	0.01995	0.15849	0.19953	0.12589	0.39811
450S	0.01585	0.01995	0.15849	0.15849	0.10000	0.63096
480S	0.01585	0.01995	0.15849	0.19953	0.12589	0.39811
510S	0.01585	0.01995	0.10000	0.15849	0.12589	0.50119
540S	0.01585	0.01995	0.07943	0.15849	0.15849	0.50119
570S	0.01585	0.01995	0.07943	0.15849	0.12589	0.50119
600S	0.01585	0.01995	0.10000	0.15849	0.12589	0.39811

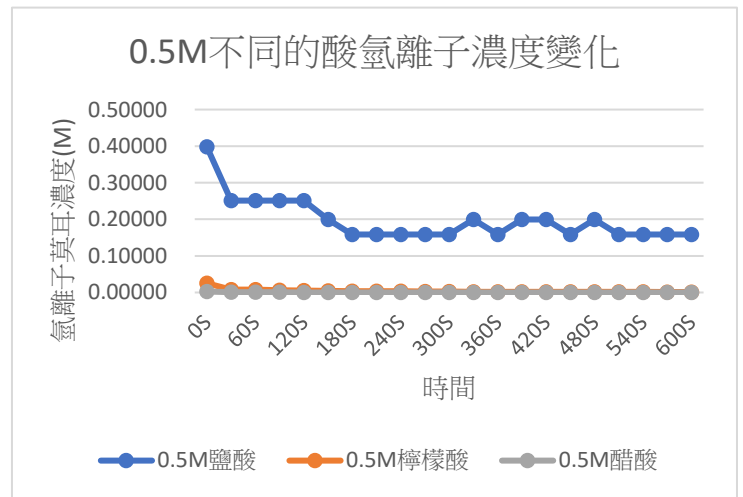
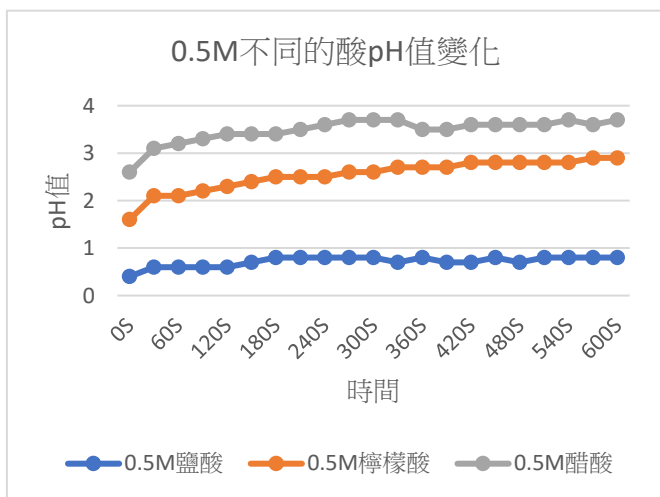


實驗 4.同莫耳濃度不同的酸的 pH 值變化與換算成氫離子濃度變化如下表：

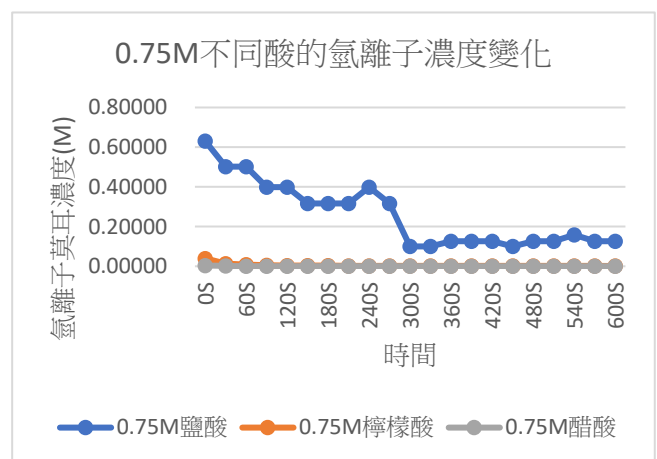
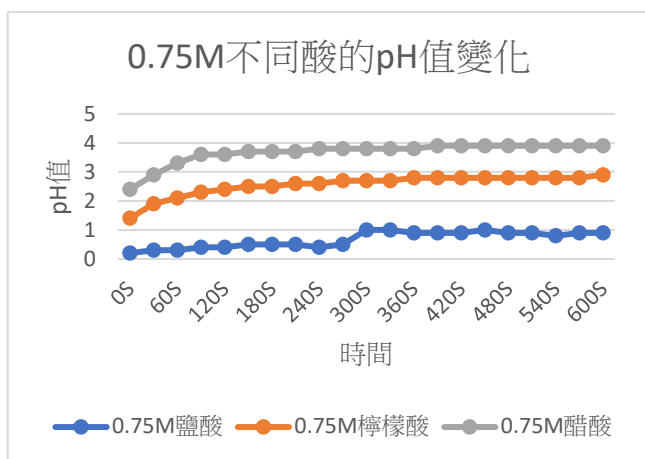
	0.25M 鹽酸	0.25M 檸檬酸	0.25M 醋酸	0.25M 鹽酸	0.25M 檸檬酸	0.25M 醋酸
0S	0.6	1.8	2.7	0.25119	0.01585	0.00200
30S	0.7	2	2.8	0.19953	0.01000	0.00158
60S	0.7	2.3	2.9	0.19953	0.00501	0.00126
90S	0.8	2.3	2.9	0.15849	0.00501	0.00126
120S	0.8	2.4	3	0.15849	0.00398	0.00100
150S	0.8	2.5	3	0.15849	0.00316	0.00100
180S	0.8	2.5	3	0.15849	0.00316	0.00100
210S	0.8	2.6	3.1	0.15849	0.00251	0.00079
240S	0.8	2.7	3.2	0.15849	0.00200	0.00063
270S	0.8	2.7	3.2	0.15849	0.00200	0.00063
300S	0.8	2.8	3.2	0.15849	0.00158	0.00063
330S	0.8	2.8	3.2	0.15849	0.00158	0.00063
360S	0.8	2.8	3.2	0.15849	0.00158	0.00063
390S	0.8	2.8	3.3	0.15849	0.00158	0.00050
420S	0.8	2.8	3.3	0.15849	0.00158	0.00050
450S	0.8	2.9	3.3	0.15849	0.00126	0.00050
480S	0.8	2.9	3.3	0.15849	0.00126	0.00050
510S	1	2.9	3.3	0.10000	0.00126	0.00050
540S	1.1	3	3.7	0.07943	0.00100	0.00020
570S	1.1	3	3.7	0.07943	0.00100	0.00020
600S	1	3	3.7	0.10000	0.00100	0.00020



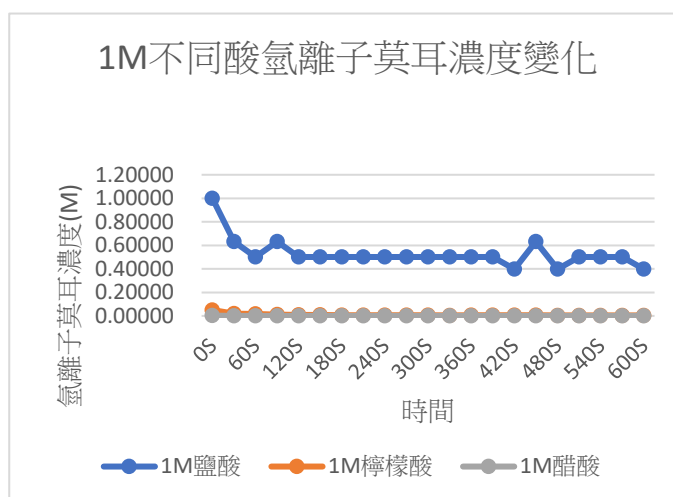
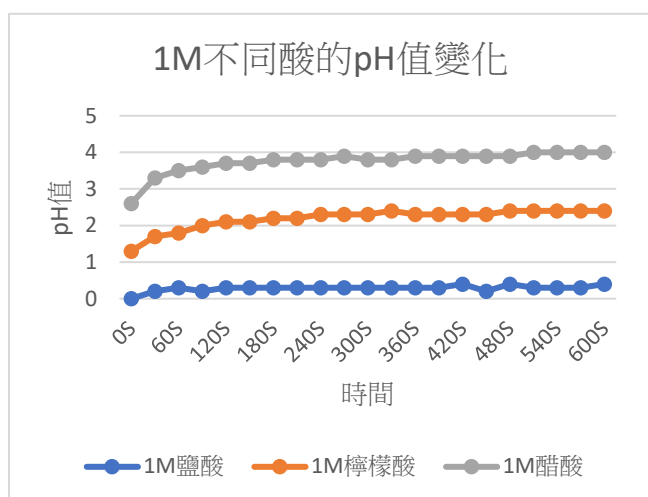
	0.5M 鹽酸	0.5M 檸檬酸	0.5M 醋酸	0.5M 鹽酸	0.5M 檸檬酸	0.5M 醋酸
0S	0.4	1.6	2.6	0.39811	0.02512	0.00251
30S	0.6	2.1	3.1	0.25119	0.00794	0.00079
60S	0.6	2.1	3.2	0.25119	0.00794	0.00063
90S	0.6	2.2	3.3	0.25119	0.00631	0.00050
120S	0.6	2.3	3.4	0.25119	0.00501	0.00040
150S	0.7	2.4	3.4	0.19953	0.00398	0.00040
180S	0.8	2.5	3.4	0.15849	0.00316	0.00040
210S	0.8	2.5	3.5	0.15849	0.00316	0.00032
240S	0.8	2.5	3.6	0.15849	0.00316	0.00025
270S	0.8	2.6	3.7	0.15849	0.00251	0.00020
300S	0.8	2.6	3.7	0.15849	0.00251	0.00020
330S	0.7	2.7	3.7	0.19953	0.00200	0.00020
360S	0.8	2.7	3.5	0.15849	0.00200	0.00032
390S	0.7	2.7	3.5	0.19953	0.00200	0.00032
420S	0.7	2.8	3.6	0.19953	0.00158	0.00025
450S	0.8	2.8	3.6	0.15849	0.00158	0.00025
480S	0.7	2.8	3.6	0.19953	0.00158	0.00025
510S	0.8	2.8	3.6	0.15849	0.00158	0.00025
540S	0.8	2.8	3.7	0.15849	0.00158	0.00020
570S	0.8	2.9	3.6	0.15849	0.00126	0.00025
600S	0.8	2.9	3.7	0.15849	0.00126	0.00020



	0.75M 鹽酸	0.75M 檸檬酸	0.75M 醋酸	0.75M 鹽酸	0.75M 檸檬酸	0.75M 醋酸
0S	0.2	1.4	2.4	0.63096	0.03981	0.00398
30S	0.3	1.9	2.9	0.50119	0.01259	0.00126
60S	0.3	2.1	3.3	0.50119	0.00794	0.00050
90S	0.4	2.3	3.6	0.39811	0.00501	0.00025
120S	0.4	2.4	3.6	0.39811	0.00398	0.00025
150S	0.5	2.5	3.7	0.31623	0.00316	0.00020
180S	0.5	2.5	3.7	0.31623	0.00316	0.00020
210S	0.5	2.6	3.7	0.31623	0.00251	0.00020
240S	0.4	2.6	3.8	0.39811	0.00251	0.00016
270S	0.5	2.7	3.8	0.31623	0.00200	0.00016
300S	1	2.7	3.8	0.10000	0.00200	0.00016
330S	1	2.7	3.8	0.10000	0.00200	0.00016
360S	0.9	2.8	3.8	0.12589	0.00158	0.00016
390S	0.9	2.8	3.9	0.12589	0.00158	0.00013
420S	0.9	2.8	3.9	0.12589	0.00158	0.00013
450S	1	2.8	3.9	0.10000	0.00158	0.00013
480S	0.9	2.8	3.9	0.12589	0.00158	0.00013
510S	0.9	2.8	3.9	0.12589	0.00158	0.00013
540S	0.8	2.8	3.9	0.15849	0.00158	0.00013
570S	0.9	2.8	3.9	0.12589	0.00158	0.00013
600S	0.9	2.9	3.9	0.12589	0.00126	0.00013

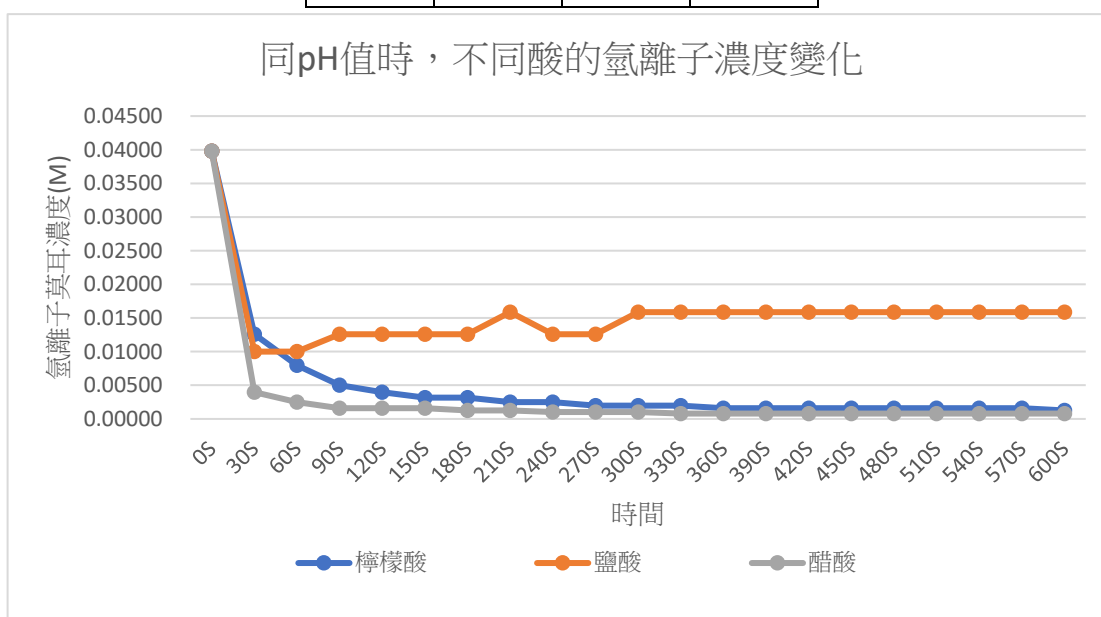


	1M 鹽酸	1M 檸檬酸	1M 醋酸	1M 鹽酸	1M 檸檬酸	1M 醋酸
0S	0	1.3	2.6	1.00000	0.05012	0.00251
30S	0.2	1.7	3.3	0.63096	0.01995	0.00050
60S	0.3	1.8	3.5	0.50119	0.01585	0.00032
90S	0.2	2	3.6	0.63096	0.01000	0.00025
120S	0.3	2.1	3.7	0.50119	0.00794	0.00020
150S	0.3	2.1	3.7	0.50119	0.00794	0.00020
180S	0.3	2.2	3.8	0.50119	0.00631	0.00016
210S	0.3	2.2	3.8	0.50119	0.00631	0.00016
240S	0.3	2.3	3.8	0.50119	0.00501	0.00016
270S	0.3	2.3	3.9	0.50119	0.00501	0.00013
300S	0.3	2.3	3.8	0.50119	0.00501	0.00016
330S	0.3	2.4	3.8	0.50119	0.00398	0.00016
360S	0.3	2.3	3.9	0.50119	0.00501	0.00013
390S	0.3	2.3	3.9	0.50119	0.00501	0.00013
420S	0.4	2.3	3.9	0.39811	0.00501	0.00013
450S	0.2	2.3	3.9	0.63096	0.00501	0.00013
480S	0.4	2.4	3.9	0.39811	0.00398	0.00013
510S	0.3	2.4	4	0.50119	0.00398	0.00010
540S	0.3	2.4	4	0.50119	0.00398	0.00010
570S	0.3	2.4	4	0.50119	0.00398	0.00010
600S	0.4	2.4	4	0.39811	0.00398	0.00010



實驗 5. 探討 pH、溫度固定時，不同的酸與碳酸鈣的氫離子濃度變化如下。

	檸檬酸	鹽酸	醋酸
0S	0.03981	0.03981	0.03981
30S	0.01259	0.01000	0.00398
60S	0.00794	0.01000	0.00251
90S	0.00501	0.01259	0.00158
120S	0.00398	0.01259	0.00158
150S	0.00316	0.01259	0.00158
180S	0.00316	0.01259	0.00126
210S	0.00251	0.01585	0.00126
240S	0.00251	0.01259	0.00100
270S	0.00200	0.01259	0.00100
300S	0.00200	0.01585	0.00100
330S	0.00200	0.01585	0.00079
360S	0.00158	0.01585	0.00079
390S	0.00158	0.01585	0.00079
420S	0.00158	0.01585	0.00079
450S	0.00158	0.01585	0.00079
480S	0.00158	0.01585	0.00079
510S	0.00158	0.01585	0.00079
540S	0.00158	0.01585	0.00079
570S	0.00158	0.01585	0.00079
600S	0.00126	0.01585	0.00079



陸、結果與討論

- 一、從實驗 1 結果中，我們發現唯獨 0.5M 的數據中 pH 值並沒有穩定的上升，而是產生震盪，在最後 600S 的數據中發現 0.25~2.0M 的 pH 值都是越來越高，然而到 5.0M 時卻下降了，我們可以合理猜測在 2.0M 濃度的時候 pH 值達到顛峰。把 pH 值轉換成 $[H^+]$ 的數據後，我們從圖表發現，0~30S 的反應裡，氫離子消耗量最為劇烈其中因為 5.0M 的醋酸氫離子含量最多，起始反應也最快，而反應一段時間後，各個濃度的氫離子反應速率程度處在趨於不變的狀態。
- 二、實驗 1 經過一段時間後各個氫離子的濃度都差不多，由實驗 1 的圖表我們可以看出在不同濃度的醋酸下，氫離子濃度的反應極限都趨近相同。然而，反觀實驗 2 的圖表中，雖然變化不大，但比起醋酸的反應結果，檸檬酸的圖表數據較醋酸不容易趨近，所以檸檬酸的每個濃度的反應極限可能都不一樣。
- 三、跟實驗 1 與實驗 2 比較的話，鹽酸的數值皆不穩定。我們可以從實驗 3 的反應圖表中發現，在 0.5M 以前的數據變化都較為平穩沒有震盪，而 0.5M 以後的數據所產生的震盪情形較為明顯，且波動較不規則。最後我們將同濃度不同酸統一比較，我們從 0.25M 的圖表中發現，醋酸和檸檬酸的曲線並沒有太大的波動幅度，而鹽酸的濃度變化反而處於下降的狀態。再從 0.5M~1.0M 的圖表看來，醋酸和檸檬酸的曲線幾乎沒有變化，曲線非常趨近。但鹽酸數據做出來的曲線非常不規則，數據很不穩定，波動的幅度也完全沒有規律。處在震盪的狀態。
- 四、在實驗 5 中，固定 pH 值與溫度的情況下，醋酸的起始反應最快，而之後的反應中醋酸的氫離子反應程度只有微少的在下降，並且氫離子濃度反應到 0.00079M 時就沒有再發生反應，可能是碳酸鈣被完全反應完或是在此濃度的醋酸已經反應到達了極限。在檸檬酸的實驗中，起始反應並沒有像醋酸剛開始的反應那麼劇烈，最後檸檬酸的反應雖然十分緩慢，但從數據看起來應該是還沒到達極限。而在鹽酸的實驗中，反應中期雖然有些震盪但是到反應後期就漸漸的穩定下來了，鹽酸的氫離子濃度最後也是卡著沒有變動。



(同 pH 值的酸，但反應速率不同)

五、從實驗 5 中，我們知道不同酸對碳酸鈣的反應與其 pH 值並沒有太大的關連，三種酸起始氫離子濃度都相同，但是三者的反應速率卻不相同。國中理化課本中，提到影響反應速率的條件包含下列幾條：物質本性、表面積、濃度、溫度、催化劑。

- (1) 物質本性：物質的活性愈大，反應速率亦將愈大。
- (2) 表面積：表面積愈大，反應速率愈快。
- (3) 濃度：濃度愈大，反應速率愈快。
- (4) 溫度：溫度愈高，反應速率愈大。
- (5) 催化劑：加入催化劑後，可影響反應的快慢。

在上述條件中，我們已經控制了表面積、濃度、溫度，所以會影響反應速率的條件只剩物質本性跟催化劑，但是本實驗中並未用到催化劑，因此該條件也可以刪除。而根據國中課本的理論，這個反應的快慢也不能用本性加以解釋，因此我們認為還存在其他影響反應快慢的因素。

六、在實驗 5 中，雖然三種酸的濃度都已經控制，但在氫離子濃度相同的情況下強酸與弱酸的氫離子的總數目並不會相同，醋酸與檸檬酸是弱電解質，所以醋酸與檸檬酸溶液中存在解離平衡，所以兩種酸在剛開始反應時，並不會解離出全部的氫離子，而是在後續的反應中氫離子會不斷的供應，但是鹽酸是強電解質，在剛開始反應時會直接解離出所有的氫離子，所以後續的反應中就不會再解離了。因此我們認為在此實驗中，影響反應速率的因素應該與氫離子的持續供應也有關係，在考慮此條件下，同 pH 值的酸來說，應該是弱酸的反應速率會大於強酸才對。

柒、結論

由此實驗得知，不同的酸加碳酸鈣的反應速率都不一樣，是因為他們的氫離子濃度都不同，所以反應速率才會不一樣。但是在考慮酸與碳酸鈣的反應中，如果 pH 值一樣，也不表示反應速率會相同，還需要考慮氫離子是否能持續供應。

捌、參考文獻

1. 反應速率

<[https://zh.wikipedia.org/zh-](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E5%8F%8D%E6%87%89%E9%80%9F%E7%8E%87)

[tw/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E5%8F%8D%E6%87%89%E9%80%9F%E7%8E%87](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E5%8F%8D%E6%87%89%E9%80%9F%E7%8E%87)>

2. 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會，作品說明書。

<運動學直搗化學速率~從鹽酸與碳酸鈣粉筆的反應中，追縱[H⁺]與CO₂的動態變化。>

3. 硫酸與鹽酸的奇特奧秘，2013，賴鈺婷、吳庭瑄、徐柏文。