

# 屏東縣第 63 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：小蘇打炸彈之研究

關 鍵 詞：解離度、化學反應方程式、理想氣體方程式

編號：B3005

# 目錄

摘要-----	p.3
壹、前言-----	p.3
貳、研究設備及器材-----	p.5
參、研究過程與方法-----	p.6
肆、研究結果-----	p.11
伍、討論-----	p.15
陸、結論-----	p.17
柒、參考資料和其他-----	p.18

## 摘要

我們利用各種化學反應，然後迅速產生氣體，氣體產生壓力，壓力造成容器爆炸效果。首先是小蘇打(碳酸氫鈉- $\text{NaHCO}_3$ )和不同種類的酸(包括鹽酸( $\text{HCl}$ )、硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )、硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )、乙酸(醋酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )反應，我們測試其在氣球內的氣體膨脹效果，再者測試其他會產生氣體的化學反應，有大理石粉(碳酸鈣- $\text{CaCO}_3$ )加酸，蘇打(碳酸鈉- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )加酸等化學反應。

依照此方法，我們將化學原料裝入密封夾鏈袋中，讓此密封袋產生爆炸，然後利用分貝計測量其爆炸的響度。因為夾鏈袋有彈性，其後我們再更換成複合基層材料(軟性包裝)來測試其爆炸的響度，結果爆炸響度更理想。最後再使用食品密封袋，只是食品密封袋彈性更優，不容易炸開，但炸開的效果更大聲。

研究結果發現，在足以產生過量氣體的前提下，單位時間產生氣體的速率越快，爆炸效果越好。軟性包裝的效果最好，也最容易完成。

## 壹、前言

### 一、研究動機：

炸彈爆炸是因為化學反應產生氣體，氣球會爆炸也是因為一直向氣球內吹氣，同學踩踏喝完的鋁箔包也會產生爆炸。可是肚子脹氣時，卻不會爆炸。有時候擠壓塑膠袋時，也不一定爆炸。車子輪胎一直灌氣也不會爆炸，這到底是什麼原因。

請教了理化老師這一連串的問題之後，老師沉默了一會說，與其我一項一項的慢慢說明，到不如你們來作實驗看看，要如何才能產生爆炸！產生“爆炸”的實驗，於是我們抱著期待又怕受傷害的心理，開始了這一連串的“爆炸”性實驗之旅。

### 二、研究目的：

(一)、小蘇打粉(碳酸氫鈉- $\text{NaHCO}_3$ )和各種酸的反應測試：

1. 酸的種類有：鹽酸( $\text{HCl}$ )、硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )、硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )、醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )。
2. 定量的酸和定量的小蘇打粉反應，測量產生氣體的量和反應時間。

(二)、鹽酸( $\text{HCl}$ )和各種其他碳酸鹽的反應測試：

1. 鹽酸( $\text{HCl}$ )和其他碳酸鹽：包括：大理石粉(碳酸鈣- $\text{CaCO}_3$ )、蘇打(碳酸鈉- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )。

(三)、各種化學反應的組合裝入密封袋內，測量其爆炸的響度。

1. 選用密封夾鏈袋。
2. 選用洋芋片袋子-複合基層材料(軟性包裝)。
3. 食品密封袋

### 三、文獻回顧：

1. 鹽酸，學名氫氯酸，是氯化氫（化學式： $\text{HCl}$ ）的水溶液，屬於一元無機強酸，工業用途廣泛。鹽酸為無色透明液體，有強烈的刺鼻味，具有較高的腐蝕性。鹽酸是胃酸的主要成分，能夠促進食物的消化、抵禦微生物的感染。
2. 硫酸是一種具有高腐蝕性的無機強酸，化學式為  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，被稱為化學工業之母。為二元酸的硫酸在不同濃度下有不同的特性，而其對不同物質，如金屬、生物組織、甚至岩石等的腐蝕性，都歸根於它的強酸性，以及它的高濃度下的強烈脫水性、吸水性與氧化性。
3. 硼酸（分子式： $\text{H}_3\text{BO}_3$ ），是一種無機酸，為白色結晶性粉末，有滑膩手感，無氣味，主要用於消毒、殺蟲、防腐。其為白色粉末或透明結晶，可溶於水。
4. 乙酸，又稱醋酸化學式( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )，是一種有機一元酸，為食醋內酸味及刺激性氣味的來源。乙酸是一種弱酸，但是它具有腐蝕性，聞起來有一股刺鼻的酸臭味。
5. 碳酸鈉，俗稱蘇打，化學式( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )，普通情況下為白色粉末，為強電解質。易溶於水，並呈鹼性。
6. 碳酸鈣，俗稱灰石、石灰石，化學式為( $\text{CaCO}_3$ )，屬碳酸鹽類，呈鹼性，幾乎不溶於水，可與酸反應。
7. 反應物的活性愈大，反應速率愈快。排序為：鉀>鈉>鎂>鋁>碳>鋅>鐵>錫>鉛>氫>銅>汞>銀>鉑>金。
8. 反應速率指化學反應發生快慢程度，直接觀察的到的變化就是反應物減少或生成物增加的速度。
9. 大氣壓力來自於大氣層中空氣所產生的重力，大氣壓，為描述大氣壓力大小的單位之一，通常以縮寫「atm」表示。
10. 小蘇打粉的成分為碳酸氫鈉，當與鹽酸混合發生反應後，會產生二氧化碳氣體使瓶口氣球體積膨脹。



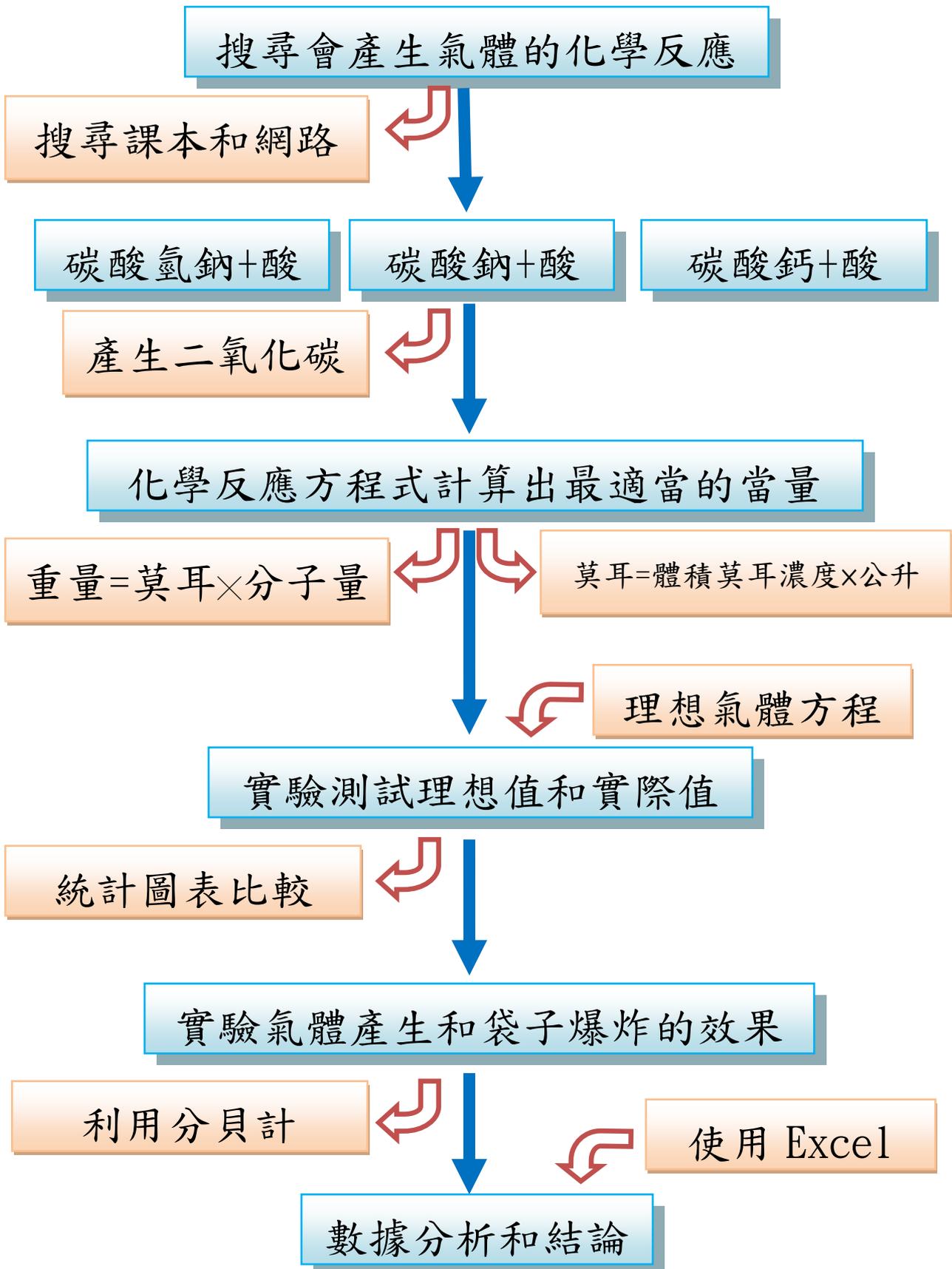
11. 亞佛加厥定律：同溫、同壓時，同體積的任何氣體含有相同數目之分子。所以體積和氣體分子數成正比。
12. 在熱力學裏，描述理想氣體宏觀物理行為的狀態方程式稱為理想氣體狀態方程式。理想氣體定律表明，理想氣體狀態方程式為  $PV=nRT$ 。本實驗利用化學反應，增加氣體的分子數，然後增加容器內氣體的壓力。

## 貳、研究設備及器材

<p>碳酸氫鈉</p>	<p>鹽酸</p>	<p>硫酸</p>	<p>檸檬酸</p>	<p>乙酸</p>
<p>碳酸鈣</p>	<p>碳酸鈉</p>	<p>碳酸鉀</p>	<p>鋅粉</p>	<p>鎂粉</p>
<p>鐵粉</p>	<p>硼酸</p>	<p>碼表</p>	<p>夾鏈袋</p>	<p>凡士林</p>
<p>針筒</p>	<p>氣球</p>	<p>燒杯與針筒</p>	<p>單孔橡皮塞</p>	<p>電子秤</p>
<p>分貝計</p>	<p>封口機</p>	<p>鋁箔紙</p>	<p>護目鏡和實驗衣</p>	<p>軟性包裝袋</p>

## 參、研究過程與方法

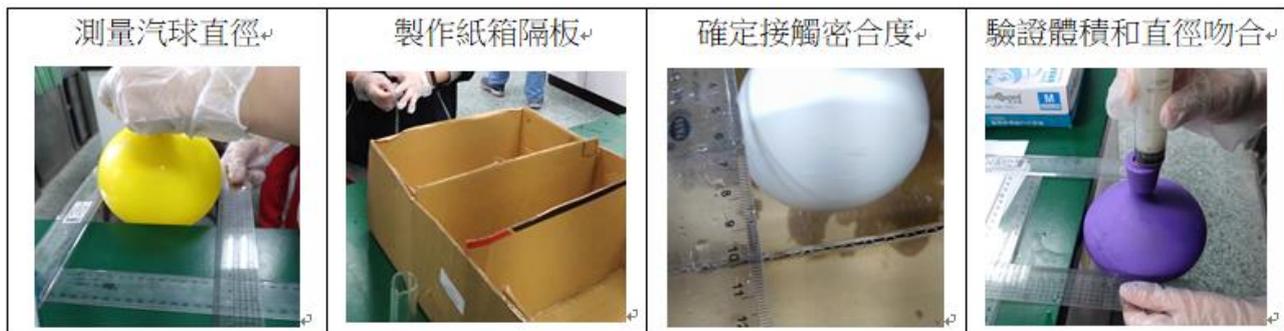
### 一、實驗架構：



## 二、實驗步驟：

(一)、製作測量汽球體積的隔板：如下圖(1)所示。

1. 將汽球裝入 2.54 公升的氣體，然後測量汽球的直徑，長度為 12.5 公分。
2. 利用紙箱，在其內部利用紙板製作出一個寬度為 12.5 公分的紙隔板區域。
3. 確實測量汽球膨脹狀態和紙板的接觸情況是否吻合。
4. 做好測量紙隔板區域之後，在一次驗證汽球密合度和實際體積是否吻合。



圖(1)為製作紙箱隔板，測量汽球體積

(二)、實驗前的藥品當量計算和準備工作。如下圖(2)所示。

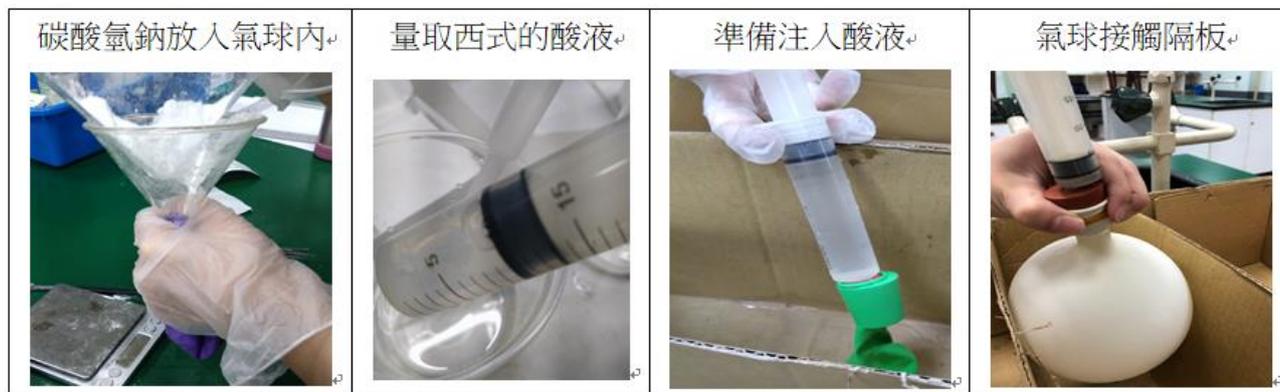
1. 使用電子天平，秤取碳酸鹽粉末。
2. 使用滴管和量筒，量取酸液
3. 使用漏斗將粉末填裝入汽球內。
4. 將酸液稀釋之後，使用針筒吸取酸液，準備實驗。



圖(2)為實驗前的各種準備工作

(三)、小蘇打粉(碳酸氫鈉-NaHCO<sub>3</sub>)和各種酸的反應測試：

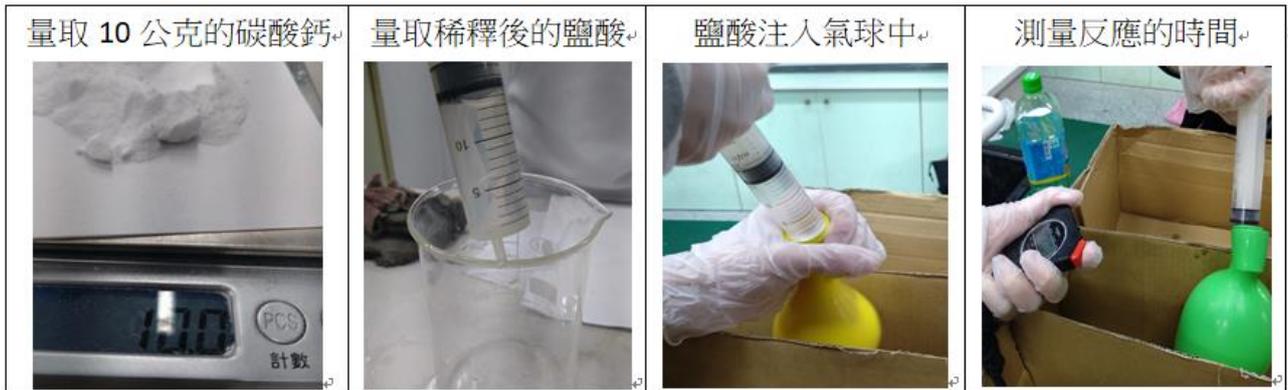
1. 計算(碳酸氫鈉-NaHCO<sub>3</sub>)的莫耳當量為 84 公克，鹽酸(HCl) 的莫耳當量為 84 公克，硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 的莫耳當量為 98 公克，硼酸(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 的莫耳當量為 62 公克，醋酸(CH<sub>3</sub>COOH) 的莫耳當量為 60 公克。
2. 依照反應方程式，使之產生 0.1 莫耳的二氧化碳，在 NTP 之下，約為 2.54 公升的二氧化碳。
  - (1) 碳酸氫鈉(8.4 克) + 鹽酸(12M, 8.3ml) :  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
  - (2) 碳酸氫鈉(8.4 克) + 硫酸(18M, 4.2ml) :  $2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2\uparrow$
  - (3) 碳酸氫鈉(8.4 克) + 硼酸(6.2 克) :  $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NaH}_2\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
  - (4) 碳酸氫鈉(8.4 克) + 乙酸(17M, 5.9ml) :  $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow$
3. 取 0.1 莫耳定量的碳酸氫鈉和定量的酸反應，測量產生的定量(0.1 莫耳)的二氧化碳的反應時間。
4. 我們先將 2.54 公升的氣體裝入氣球中，然後測量氣球的直徑(為 12.5 公分)。然後我們做一個間格為 12.5 公分隔板，當氣球膨脹至接觸隔板時，即表示氣球體積為 2.54 公升。
5. 為防止濃酸的傷害，我們取了當量的濃酸之後，會將之稀釋至 40ml 之後，再用針筒吸取。然後再注入氣球內。避免實驗過程中被濃酸直接噴濺。
6. 我們使用氣球來測量二氧化碳的時間。如下圖(3)所示。當酸加入裝有碳酸氫鈉的氣球時，開始計時，直到氣球膨脹至指定的體積(2.54 公升)為止。



圖(3)為測量二氧化碳反應的時間

(四)、鹽酸(HCl)和其他各種化合物的反應測試：

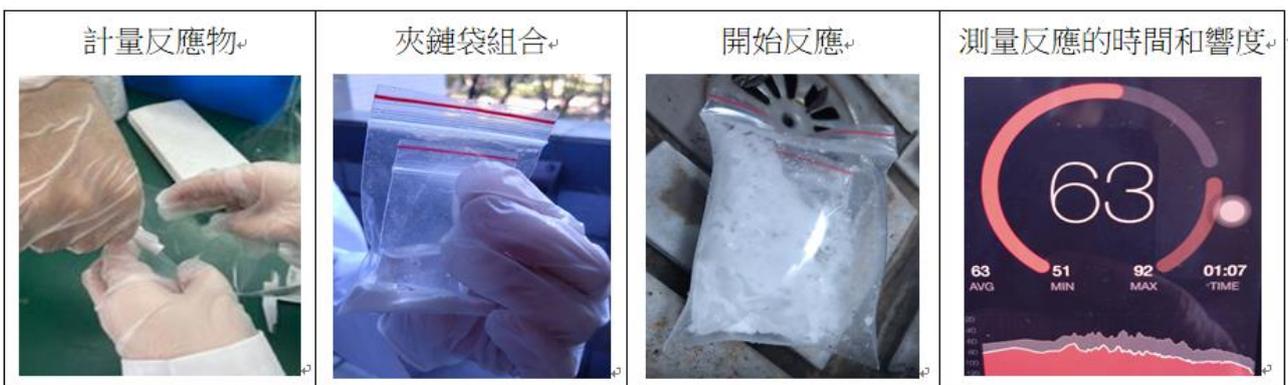
1. 各種類化合物有：大理石粉(碳酸鈣-CaCO<sub>3</sub>)、蘇打(碳酸鈉-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)。
2. 計算(碳酸鈉-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)的莫耳當量為 106 公克，鹽酸(HCl)的莫耳當量為 84 公克，(碳酸鈣-CaCO<sub>3</sub>)的莫耳當量為 100 公克。
3. 依照反應方程式，使之產生 0.1 莫耳的二氧化碳，在 NTP 之下，約為 2.54 公升的二氧化碳。  
(1) 碳酸鈣(10.0 克)+鹽酸(12M, 33.3ml)： $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$   
(2) 碳酸鈉(10.6 克)+鹽酸(12M, 33.3ml)： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
4. 實驗步驟和碳酸氫鈉加酸的原理相同。如下圖(4)所示。



圖(4)為測量碳酸鈉、碳酸鈣所產生的二氧化碳反應時間

(五)、各種化學反應的組合裝入密封袋內，測量其爆炸的響度。

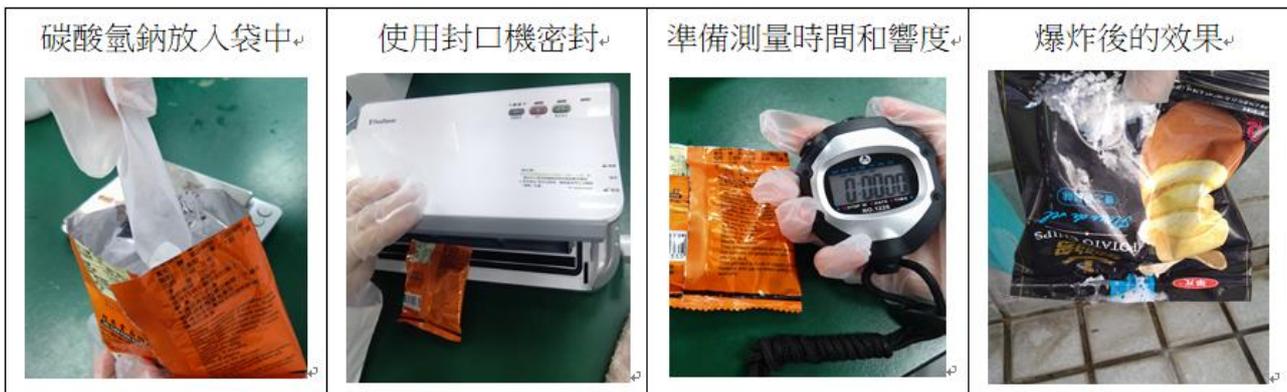
1. 選用密封夾鏈袋。  
(1) 選用定量的碳酸氫鈉和鹽酸的測定密封袋內，測量其爆炸的響度。  
(2) 取 0.01 莫耳的碳酸氫鈉裝入 2 號夾鏈袋。  
(3) 將 0.01 莫耳的濃鹽酸稀釋成 10ml，然後將稀釋後鹽酸裝入 0 號的夾鏈袋中。  
(4) 將裝有鹽酸的 0 號夾鏈袋，放入裝有碳酸氫鈉的 2 號夾鏈袋中。  
(5) 在洗手台內，將 0 號夾鏈袋擠破，使鹽酸流出和 2 號夾鏈袋內的碳酸氫鈉反應。然後測量它反應的時間和爆炸的響度。如下圖(5)所示。  
(6) 相同的實驗方式，將酸液改為硫酸(0.005 莫耳)、硼酸(0.01 莫耳)、乙酸(0.01 莫耳)來測量爆炸的時間和爆炸的響度。



圖(5)為測量二氧化碳產生使夾鏈袋爆炸的時間和響度

## 2. 選用洋芋片袋子-複合基層材料(軟性包裝)。

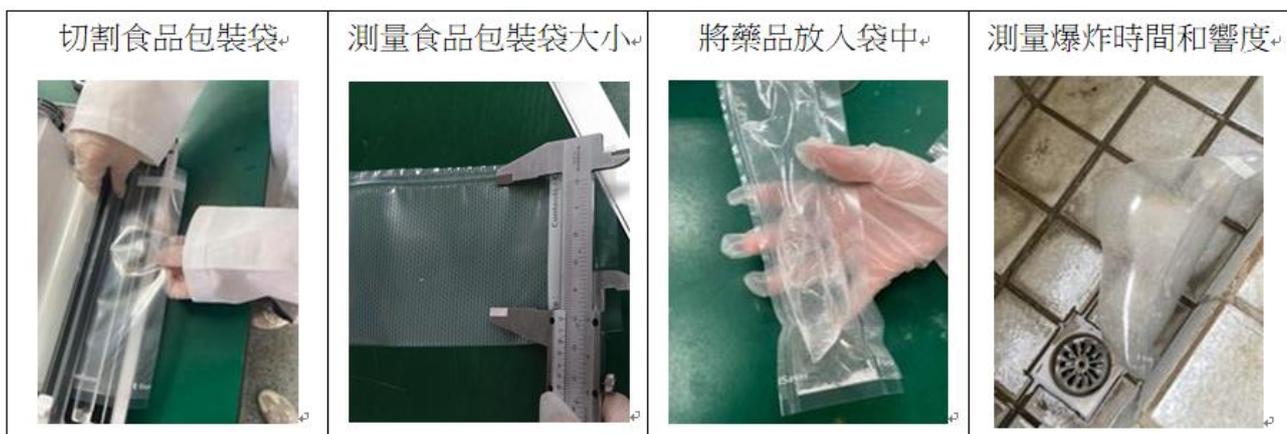
- (1) 選用定量的碳酸氫鈉和鹽酸的測定軟性包裝袋內，測量其爆炸的響度。
- (2) 取 0.01 莫耳的碳酸氫鈉裝入軟性包裝袋內。
- (3) 將 0.01 莫耳的濃鹽酸稀釋成 10ml，然後將稀釋後鹽酸裝入 0 號的夾鏈袋中。
- (4) 將裝有鹽酸的 0 號夾鏈袋，放入裝有碳酸氫鈉的軟性包裝袋中。
- (5) 使用封口機將軟性包裝袋密封。
- (6) 在洗手台內，將 0 號夾鏈袋擠破，使鹽酸流出和軟性包裝袋內的碳酸氫鈉反應。然後測量它反應的時間和爆炸的響度。如下圖(6)所示。



圖(6)為測量二氧化碳產生使軟性包裝袋爆炸的時間和響度

## 3. 選用食品密封袋。

- (1) 選用定量的碳酸氫鈉和鹽酸的測定食品密封袋內，測量其爆炸的響度。
- (2) 需裁切食品密封袋的大小，完全和軟性包裝袋完全相同。
- (3) 取 0.01 莫耳的碳酸氫鈉裝入食品密封袋內。
- (4) 將 0.01 莫耳的濃鹽酸稀釋成 10ml，然後將稀釋後鹽酸裝入 0 號的夾鏈袋中。
- (5) 將裝有鹽酸的 0 號夾鏈袋，放入裝有碳酸氫鈉的食品密封袋中。
- (6) 使用封口機將食品密封袋密封。
- (7) 在洗手台內，將 0 號夾鏈袋擠破，使鹽酸流出和食品密封袋內的碳酸氫鈉反應。然後測量它反應的時間和爆炸的響度。如下圖(7)所示。



圖(7)為測量二氧化碳產生使食品密封袋爆炸的時間和響度

## 肆、研究結果

一、碳酸氫鈉(0.1 莫耳)和鹽酸(0.1 莫耳)、硫酸(0.05 莫耳)、硼酸(0.1 莫耳)、乙酸(0.1 莫耳)均會產生 0.1 莫耳的二氧化碳(在 NTP 下會產生 2.54 公升)。在此四種反應的時間(秒)為如下表(8)所示。

	A	B	C	D	E
1		鹽酸	硫酸	硼酸	乙酸
2	第1次	8.3	9.6	12.3	15.4
3	第2次	8.1	8.7	12.4	17.6
4	第3次	9.1	8.6	11.5	18.6
5	第4次	8.4	8.8	10.5	16.5
6	第5次	8.3	8.4	9.4	19.3
7	平均	8.44	8.82	11.22	17.48

表(8)為碳酸氫鈉和各類酸，產生 0.1 莫耳二氧化碳的反應時間

- (一)、一樣產生 0.1 莫耳的二氧化碳，鹽酸、硫酸的秒數大約相同，約 8 秒多。但硼酸卻是 11 秒多，而乙酸高達 17 秒多，是鹽酸和硫酸的 2 倍左右。
- (二)、在單次來看，鹽酸和硫酸是沒有太大的差異的。

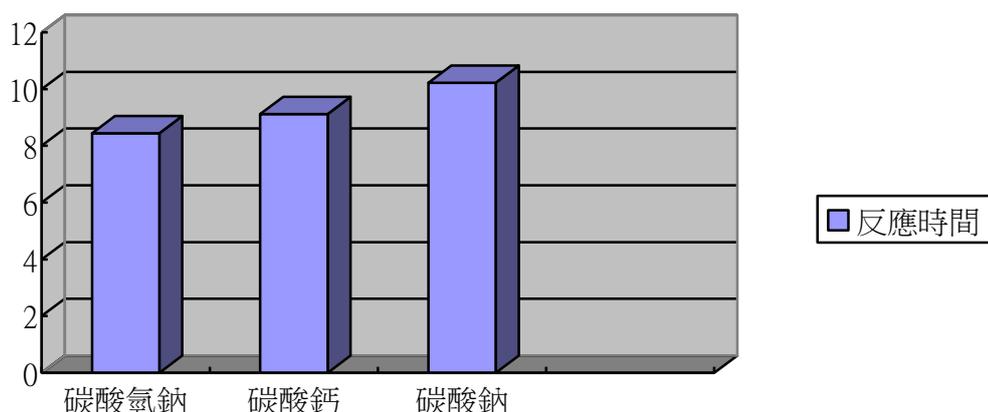
二、鹽酸(0.1 莫耳)和碳酸鈣(0.1 莫耳)、碳酸鈉(0.1 莫耳)反應，產生 0.1 莫耳的二氧化碳(在 NTP 下會產生 2.54 公升)。在此二種反應的時間(秒)為如下表(9)所示。

	A	B	C
1		碳酸鈣	碳酸鈉
2	第1次	8.9	10.9
3	第2次	9.1	9.9
4	第3次	9.2	9.7
5	第4次	9.7	10.2
6	第5次	8.7	10.4
7	平均	9.12	10.22

表(9)為鹽酸和碳酸鈣、碳酸鈉反應，產生 0.1 莫耳二氧化碳的反應時間

- (一)、碳酸鈣和碳酸鈉，反應產生二氧化碳的速率相差不大，平均值約相差 1 秒而已，就單次而言，也有相同的秒數。而且也大約在 1 秒以內的差值。
- (二)、實驗過程中，有數次是漏氣，或氣球稍微變形。我們馬上重做，當次的數據不加以考慮。

三、將表(6)的鹽酸與碳酸氫鈉反應的時間平均值，與表(7)的鹽酸與碳酸鈣和碳酸鈉反應的時間平均值轉化成柱狀線圖比較。下圖(10)所示。



圖(10)為鹽酸與碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉反應時間的比較圖

- (一)、由實驗圖表發現，碳酸氫鈉的速率稍稍快了一些。但整體而言並沒有很明顯的差異。
- (二)、就這三種碳酸鹽類，幾乎都很容易和鹽酸發生反應而產生二氧化碳，均適合用來製作氣體炸彈。

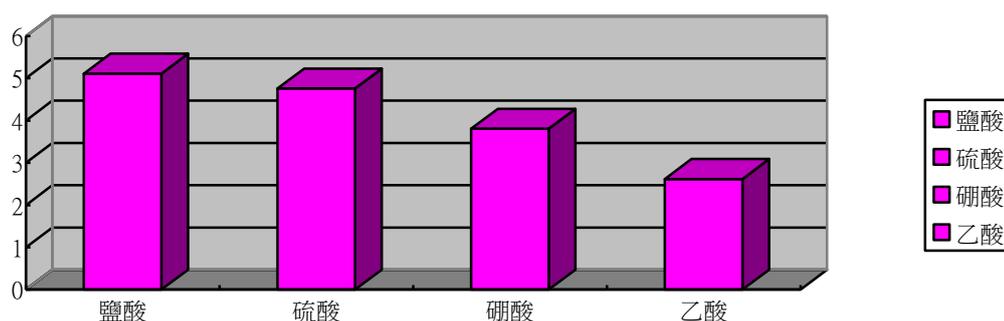
四、夾鏈袋中，使用碳酸氫鈉和各類酸液反應，使夾鏈袋爆炸的反應時間及爆炸響度。如下表(11)所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		鹽酸(秒)	鹽酸(分貝)	硫酸(秒)	硫酸(分貝)	硼酸(秒)	硼酸(分貝)	乙酸(秒)	乙酸(分貝)
2	第1次	15.3	86	16.5	86	19.4	78	23.5	79
3	第2次	17.8	96	14.3	88	20.1	80	30.2	68
4	第3次	13.4	89	15.6	79	22.5	76	27.6	67
5	第4次	16.9	76	18.4	69	18.5	89	35	79
6	第5次	20.1	80	19.2	78	22.4	69	26.8	82
7	平均	16.7	85.4	16.8	80	20.58	78.4	28.62	75

表(11)為爆炸的時間和響度

- (一)、因為從填充藥品到測量時間和測量爆炸聲音的響度，每一次都要謹慎並花不少的時間，所以我們只做 5 次的平均值來比較。雖然我們也想讓數據更多，平均值更精準。無奈就是時間有限。
- (二)、購買一包夾鏈袋，大概有 50 個夾鏈袋。如果再購買另一包，怕會有產品的誤差，所以最後我們還是以此數據來分析實驗結果。

五、將響度平均值和反應時間平均值的比值做成柱狀圖比較，如下圖(12)所示。



圖(12)為響度和反應時間的比值

- (一)、就爆炸的響度而言，差異性並不大，甚至不明顯。
- (二)、就爆炸的時間而言，硼酸和乙酸就稍稍長了一些，尤其是乙酸爆炸的時間很明顯的比其他的酸來的長。
- (三)、就蘇打炸彈遊戲而言，乙酸最適合拿來裝填。如此爆炸響度不弱，可以逃跑的時間較長，再加上乙酸是弱酸，腐蝕性不強。乙酸稀釋後，再加上和碳酸鹽反應後，酸性極度下降，對人體的傷害更小。唯一的缺點可能就是它那醋酸味了。

六、使用碳酸氫鈉和鹽酸反應，裝入各類的包裝袋中，測量爆炸的反應時間及爆炸響度。如下表(13)所示。

	A	B	C	D	E	F	G
1		夾鏈袋(秒)	夾鏈袋(分貝)	軟性包裝袋(秒)	軟性包裝袋(分貝)	食品密封袋(秒)	食品密封袋(分貝)
2	第1次	15.3	86	16.7	96	35.6	86
3	第2次	17.8	96	16.5	88	46.8	87
4	第3次	13.4	89	14.3	94	60.3	76
5	第4次	16.9	76	17.5	86	43.5	98
6	第5次	20.1	80	15.6	102	56.2	94
7	平均	16.7	85.4	16.12	93.2	48.48	88.2

表(13)各類包裝袋爆炸的反應時間及爆炸響度。

- (一)、就包裝袋的因素而言，軟性包裝袋確實高了一些。但其他包裝袋也相差不大。
- (二)、就遊戲方便性而言，使用夾鏈袋是最好的選擇。因為其他兩種包裝袋都需要封口機來封口，確實不方便，效率低。
- (三)、食品密封袋的塑膠品質太好，彈性又強，不適合用來製作蘇打炸彈。但是如果膨脹而塑膠變形，看起來確實很可怕，用來當恐嚇的物品，無異也是一種不錯的選擇。

七、爆炸後，包裝袋的裂口觀察，如下圖(12)所示。



圖(12)為各類包裝袋爆炸後的狀態

- (一)、夾鏈袋雖然有一些彈性，但還是很容易從中間爆破。
- (二)、軟性包裝袋，是所有爆炸中，裂口最大的。
- (三)、食品密封袋，好多次都沒有炸開，光看著就覺得可怕。塑膠袋的整個外型都變形了。原以為爆炸聲響會很大，可是實際測量後，還是一般般而已。可能是心理因素所造成的吧！

## 伍、討論

- 一、這次科展實驗，非常容易有酸液噴濺的情況發生。所以老師嚴格要求實驗時必須穿戴護目鏡和實驗衣。而我和同學，也真的有幾次被爆破的酸液噴到，雖然那是反應後的酸液，但老師還是嚴格要沖洗被噴濺的部位。
- 二、在測量化學反應產生二氧化碳的體積時，因為要考慮精確度，又要考慮器材和經費。我們在都次討論之後，決定使用氣球來測量。雖然如此還是會有很大的誤差，但是我們盡可能減少誤差。例如汽球都是同一品牌，同一型號，只有顏色不同。
- 三、將注射筒中的酸液，透過單孔橡皮塞注入汽球內。次數一多，注射筒的活塞就卡卡的。後來我們在活塞周圍塗上一層薄薄的凡士林潤滑，結果又使針筒變得非常容易操作了。
- 四、如何測量汽球的體積。我們先將 2.54 公升的空氣注入汽球內，然後測量汽球的直徑。依此直徑(12.5 公分)，用紙板做一個距離相同的隔板。之後再將化學反應物注入汽球內。先裝碳酸氫鈉粉末，再注入酸液，使反應在球內進行。如此，反應的二氧化碳就完全不會跑掉。當汽球膨脹到與隔板兩側接觸時，代表二氧化碳體積已到 2.54 公升(即 0.1 莫耳)。如此，即可測量二氧化碳產生的反應時間。
- 五、直接將濃酸注入汽球內使之與碳酸鹽粉末反應，是非常危險的。因為濃酸一旦噴濺到身體，是很危險的。再加上反應速度會非常快，產生的熱量太快，容易使溫度上升太快，使汽球變形。所以，我們在量取當量的酸液之後，都會將酸液稀釋至 50 毫升。之後再吸入注射針筒內。
- 六、有時在做實驗時，明明爆了很大聲，但分貝器只有顯示「60」或「70」，我們就覺得奇怪，明明很大聲為什麼數字那麼小？這時只能不斷的重複做，在多次的實驗中求平均值，或是求最合理的數值。而老師的解釋是，個人的聽覺本來就因人而異，還是要相信儀器的數據。
- 七、透過漏斗將碳酸鹽粉末倒入汽球內，有時因為粉末放入漏斗的量太多，而漏斗頸有太細，所以經常會粉末卡在漏斗頸。這時會使用探針將粉末輕輕地撥入汽球內，同時要注意不要戳破汽球。

- 八、雖然是帶著手套，穿著實驗衣在做實驗。但在實驗過程中，只要操作完一次實驗，手上無論有無接觸過酸液或碰觸藥品，都要確實再洗手或注意實驗衣有無被酸液噴濺的痕跡。避免在有意無意之間，被化學藥品傷害，保護自己。而其在使用針筒抽取酸之後，容易手滑。
- 九、使用夾鏈袋測量爆炸響度時，要確實捏緊封口，避免漏氣。一但有漏氣狀況發生，整個實驗必須重作。
- 十、做爆炸響度測量時，必須在戶外的洗手台內，避免因為酸液噴濺傷害到其他做實驗的同學。也可以避免因為爆炸的聲音干擾到其他同學。
- 十一、將藥品完全放入包裝袋內，準備使用封口機時，要特別注意封口的附近，是否有殘留藥粉而影響封口的密合度。保險起見，我們通常會做二道封口。
- 十二、在碳酸鈉和碳酸鈣與酸的反應中，雖然碳酸鈣的秒速稍微快 1 秒左右。但經過我們討論之後，發現碳酸鈣是粉狀，而碳酸鈉是小晶體狀態。可能是因為反應表面積的關係，導致碳酸鈣的反應偏快 1 秒的原因。關於這一項誤差 (反應表面積)，是我們一開始並沒有設想到。下次的實驗研究，將使我們更精密注意每一項小細節。

## 陸、結論

- 一、由實驗數據發現，碳酸氫鈉與鹽酸的反應時間最短。但是和硫酸的反應時間也相差不大。而與硼酸的反應時間就稍微多的一些，而與乙酸的反應時間又更多了一些。這可能和酸的強度有關，雖然硼酸是三元酸，但是第二個氫離子的解離程度，明顯就沒有硫酸那麼強。乙酸是弱酸，氫離子的解離度本身本來就弱很多，所以乙酸的反應時間最長。所以結論是，就反應時間效果來說，鹽酸和硫酸差異不明顯，而乙酸有明顯的效果最差。
- 二、使用鹽酸來和碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉反應。發現反應時間差不多，但是還是有些微的差異。碳酸氫鈉反應時間稍微快一些，碳酸鈉稍微慢一些。當然這是以平均值來看，如果以單次實驗來看，有時不一定是這個順序。所以結論是，鹽酸對碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉的反應時間效果，沒有很明顯的差異。
- 三、原本的想法是，如果產生二氧化碳氣體的速度越快，則爆炸的聲音響度會越大聲。而實驗的結果數據分析。包裝袋的爆炸響度和反應完全無關。
- 四、在使用夾鏈袋測量爆炸的響度實驗中，由數據發現：
  1. 響度大小的差異性並不明顯，大約多在 70~80 分貝左右。
  2. 但就反應時間而言，鹽酸和硫酸大約相同，約 16 秒，硼酸約 20 秒，乙酸約 28 秒。
  3. 由以上二種數據分析，爆炸的響度確實和反應時間無直接的關係。但就遊戲玩蘇打炸彈而言，使用乙酸，可以使自己戳破酸液之後，有較長的時間可以跑離爆炸現場。
- 五、在包裝的材質實驗中發現，使用夾鏈袋和軟性包裝袋，二者的反應時間沒有明顯的差異。就其平均值而言，又非常接近，可以說毫無差異。但食品密封袋的反應時間就明顯的非常的長，甚至還多次包裝袋已經變形了，還未爆炸，導致爆炸時間延長很長。
- 六、在包裝的材質實驗中發現，爆炸的響度沒有太明顯的差異，平均值大約多在 80 到 90 之間，但是軟性包裝袋稍稍偏大一些。而食品密封袋並沒有如期待的很大聲，因為材質有很好的彈性，所以有多次實驗並未爆炸，無法測得數據。
- 七、由爆炸後的包裝袋觀察發現：
  1. 夾鏈袋和食品包裝袋是因為氣壓大而擠破。但夾鏈袋的彈性不大，所以爆破容易一些，但食品密封袋的彈性很好，甚至有時並非炸開，而是有一小洞噴開而氣體壓力“啾”出來，測不到爆破聲音。
  2. 軟性包裝袋的爆破，幾乎都是裂開，而且裂口很大，很平直。觀察時，甚至會連內部的酸液有時也會噴濺出來。
- 八、就蘇打炸彈而言，我們的結論是：
  1. 遊戲，使用醋酸加碳酸氫鈉。方便性高。
  2. 嚇人，用食品包裝袋未爆開。真的很恐怖。

## 柒、參考資料及其他

### 一、書籍、報章雜誌及論文：

1. 南一出版社，八年級上學期課本 第六章第二節 - 認識元素。
2. 南一出版社，八年級下學期課本 第一章 - 化學反應。
3. 南一出版社，八年級下學期課本 第三章 - 酸鹼鹽。
4. 南一出版社，八年級下學期課本 第四章第一節 - 濃度與接觸面積對反應速率的影響。
5. 南一出版社，八年級下學期課本 第六章第三節 - 壓力。
6. 龍騰出版社，高一基礎化學課本 第一章第二節 - 質量守恆。
7. 龍騰出版社，高一基礎化學課本 第二章第三節 - 化學計量。
8. 龍騰出版社，高二選修化學課本(II) 第三章第二節 - 碰撞學說。

### 二、網路資源：

1. 維基百科，鹽酸。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%90%E9%85%B8>
2. 維基百科，硫酸。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8>
3. 維基百科，硼酸。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%BC%E9%85%B8>
4. 維基百科，乙酸。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%99%E9%85%B8>
5. 維基百科，碳酸氫鈉。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E6%B0%A2%E9%92%A0>
6. 維基百科，碳酸鈉。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%92%A0>
7. 維基百科，碳酸鈣。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%88%A3>
8. 維基百科，氯化鈉。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%92%A0>
9. 關於洋芋片的包裝(軟性包裝)你知多少？  
<https://www.coating.com.tw/tw/news/detail/219.html>
10. 翰林雲端學院，國中理化 - 反應物的活性。  
<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E5%9C%8B%E4%B8%AD/%E7%90%86%E5%8C%96/%E5%8F%8D%E6%87%89%E7%89%A9%E7%9A%84%E6%B4%BB%E6%80%A7.html>
11. 科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台-反應速率。  
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AD%B8%E8%AA%AA>
12. 科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台-大氣壓力。  
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40818>