

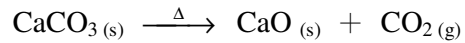
## 二氧化碳的製備與檢驗

空氣中二氧化碳的含量很少，僅約 0.033%，雖然我們呼出的氣體中約有 10% 的二氧化碳，但卻不易有效的分離與利用。實驗室裡，常以主成分為碳酸鈣的大理石或石灰石與濃鹽酸作用來製取。

### 【實驗原理】：

#### 1、製備

【工業法】：灰石(主要成分為  $\text{CaCO}_3$ )在高溫下分解



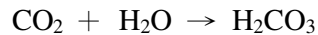
【實驗室】：大理石(主要成分為  $\text{CaCO}_3$ )與鹽酸反應



※二氧化碳的密度比空氣大，用向上排空氣法來收集。但由於收集瓶裏仍留有空氣，收集到的二氧化碳比較不純。若要收集較純的二氧化碳，仍需以排水集氣法收集。(二氧化碳在 25°C 時在水中的溶解度不怎麼大，為  $3.38 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ )

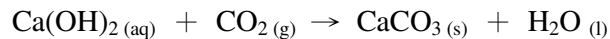
#### 2、性質

- (1)不可燃、不助燃，比空氣重，可用來滅火。
- (2)通入水中，少量的  $\text{CO}_2$  與水反應生成碳酸。

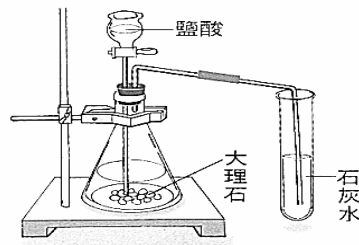
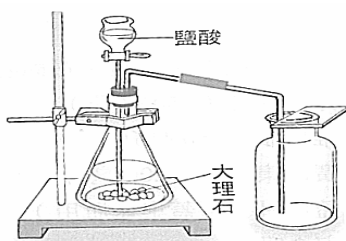


#### 3、檢驗

- (1)二氧化碳通入澄清石灰水中，產生白色混濁。



- (2)繼續通入過量  $\text{CO}_2$ ，溶液又變為澄清。



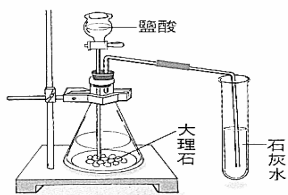
### 一、實驗器材與試藥：

錐形瓶、分液漏斗、試管、橡皮管、橡皮塞、玻璃導管、量筒、pH 計  
蒸餾水、大理石(細顆粒)、濃鹽酸、硝酸銀(0.1M)、氫氧化鈣

### 二、實驗步驟：

1. 用量筒小心量取 20 毫升濃鹽酸，倒入 250 毫升分液漏斗中。然後稱取 60 克的大理石，置入乾燥的錐形瓶。
2. 將裝有濃鹽酸的分液漏斗與裝有大理石的錐形瓶組合如圖，成爲二氧化碳發生器。
3. 控制分液漏斗開關，使濃鹽酸滴入錐形瓶內和大理石反應，產生二氧化碳。  
(控制濃鹽酸的滴入速率與量，可控制氣體的發生量及速率。)
4. 取一試管，裝入 10 毫升的純水，通入二氧化碳約半分鐘，以石蕊試紙檢驗水溶液的酸鹼度，並和未通入二氧化碳的純水比較。
5. 取另一試管，裝入 10 毫升的澄清石灰水，通入二氧化碳觀察其變化。待沉澱發生後持續通入二氧化碳，觀察其變化。
6. 以吸管呼出氣體作爲二氧化碳的來源，重複步驟 4~6。

### 三、現象觀察：



#### 【老師提示】：

1. 注意觀察澄清石灰水溶液的變化。
2. 比較以吸管呼氣至澄清石灰水，觀察其變化有何不同？

#### 【學生觀察】：

1. 以裝置圖產生之  $\text{CO}_2$  通入澄清石灰水，先變渾濁，渾濁度加重，而後又逐漸變澄清。
2. 以吸管呼氣至澄清石灰水，先變渾濁，渾濁度加重，而後渾濁度減輕，但得不到澄清液。

#### 四、提出問題：

1. 為何以裝置圖產生的  $\text{CO}_2$  最後可以得到澄清液，而以呼氣方式無法得到澄清液？  
⇒檢視反應方程式。  
⇒若同為二氧化碳氣體則結果應相同。

學生思考後回答：

- (1)呼出氣體的二氧化碳量太少？  
⇒呼出氣體久一點，觀察現象。
  - (2)呼出氣體與二氧化碳產生器不同？  
⇒檢視實驗裝置，思考可能問題所在。
  - (3)可能有部分  $\text{HCl}$  氣體，隨著  $\text{CO}_2$  氣體排出？  
⇒設計實驗，檢驗此一可能性。
- 
2. 如何分辨  $\text{HCl}$  氣體與  $\text{CO}_2$  氣體？  
⇒溶於水之酸鹼性。  
⇒ $\text{HCl}$  溶於水含有  $\text{Cl}^-$ 。

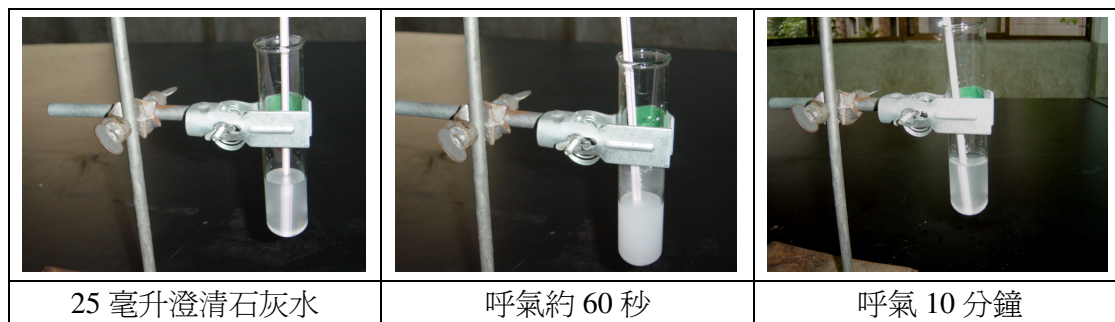
學生思考後回答：

- (1)將  $\text{CO}_2$  發生器產生之氣體通入水中，檢驗水溶液之酸鹼性的大小。  
⇒如何檢驗水溶液的酸鹼性。
- (2)將  $\text{CO}_2$  發生器產生之氣體通入水中，檢驗水溶液是否含有  $\text{Cl}^-$ 。  
⇒如何檢驗  $\text{Cl}^-$  存在。

#### 五、設計實驗 ⇒是否有 $\text{HCl}$ 氣體伴隨 $\text{CO}_2$ 排出

1. 取一試管裝入 25 毫升飽和澄清石灰水，以吸管呼出氣體通入石灰水中。觀察石灰水的變化，並記錄呼出氣體的時間。

**【結果】：**持續呼氣約 60 秒，試管溶液呈現最混濁狀態，繼續呼氣約 10 分鐘，溶液的混濁程度減小，但無法完全澄清。

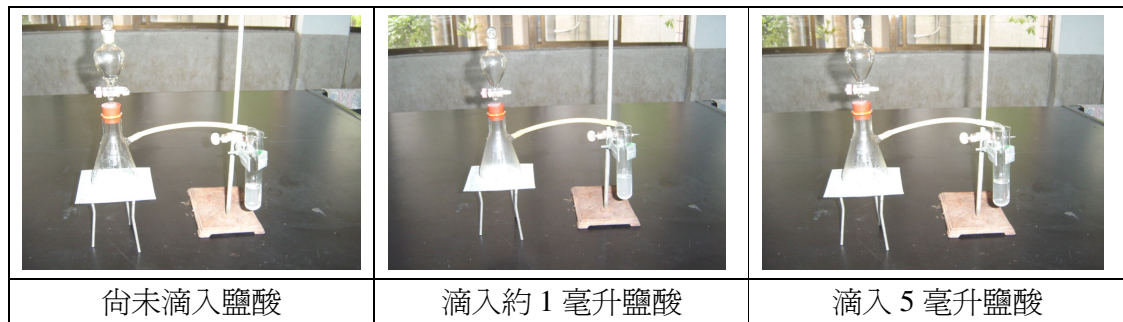


2. 取 25 毫升的蒸餾水，檢測其 pH 值。以吸管呼出氣體通入裝有 25 毫升蒸餾水的試管中，持續呼氣約 10 分鐘，檢測該試管溶液之 pH 值。

**【結果】：**蒸餾水 pH 值 6.8，呼氣 10 分鐘後 pH 值 5.7。

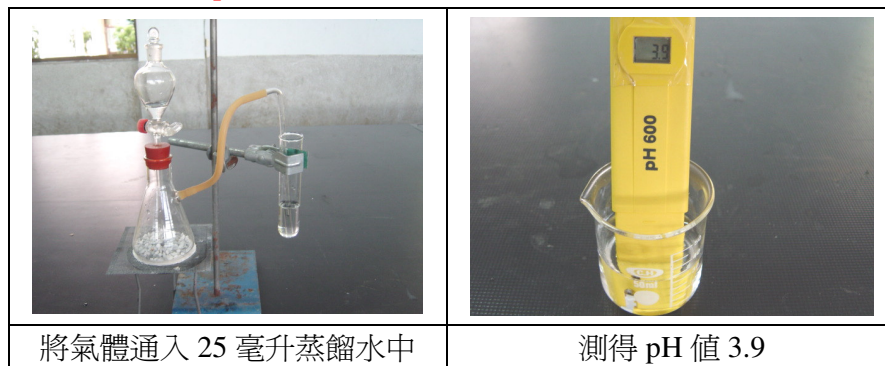
3. 於錐形瓶置入約 60 克的大理石，將二氧化碳產生器產生的氣體直接通入 25 毫升的飽和澄清石灰水中，記錄讓石灰水先變混濁後再變至完全澄清所需要的 12M 濃鹽酸的毫升數。

**【結果】：**約需 5 毫升的 12M 鹽酸。



4. 同步驟 3，改將二氧化碳產生器產生的氣體通入 25 毫升的蒸餾水中，並以步驟 3 記錄所需之 12M 鹽酸相同體積加入錐形瓶內，使反應完成後測其 pH 值。

**【結果】：**測得 pH 值為 3.9。

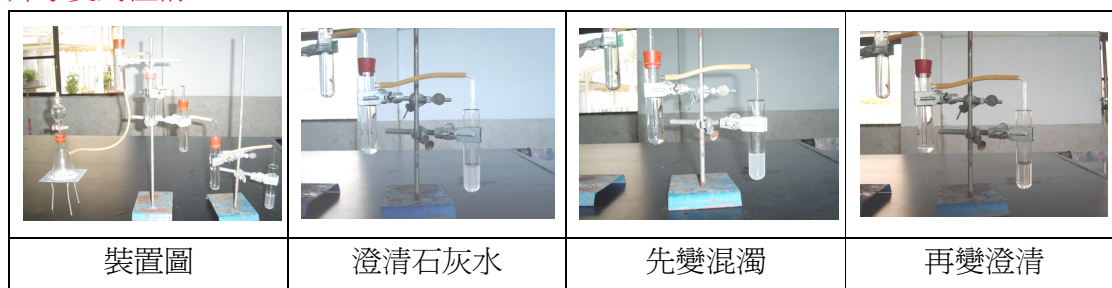


5. 於錐形瓶置入約 60 克的大理石，滴入 5 毫升 12M 濃鹽酸，以排水集氣法收集氣體，量測收集到氣體體積。

**【結果】：**每個廣口瓶容積 300 毫升，收集  $2\frac{1}{3}$  瓶，共收集到氣體約 700 毫升。

6. 於另一錐形瓶置入約 60 克的大理石，將二氧化碳產生器產生的氣體先通過 4 支水洗試管(內裝 50 毫升的蒸餾水)，再通過裝有 25 毫升飽和澄清石灰水的試管中。觀察石灰水先變混濁再變為完全澄清，記錄所使用 12M 濃鹽酸的毫升數。

**【結果】：**加入 12M 濃鹽酸 5 毫升後，石灰水並未完全變澄清，繼續加入至約 10 毫升才變為澄清。

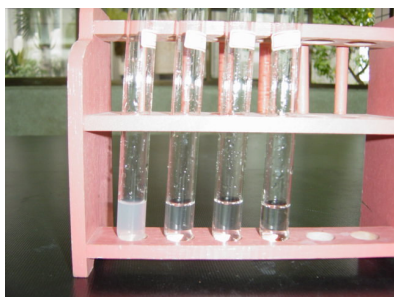


7. 以 pH 計檢驗 4 支水洗試管溶液的酸鹼性。

**【結果】：**以 pH 計檢測 4 支水洗試管溶液的 pH 值依序為 3.2、4.7、4.9、5.0。

8. 取出的 4 支水洗試管內的水約 2 毫升，以 0.1M 硝酸銀水溶液檢驗是否產生白色沉澱。

**【結果】：**第 1 支水洗試管內的溶液以硝酸銀水溶液檢驗呈現白色混濁，第 2~4 支水洗試管內的溶液則無白色混濁發生。



## 六、討論：

1. 比較呼氣 10 分鐘至 25 毫升蒸餾水與滴入 5 毫升 12M 濃鹽酸於大理石中所產生的氣體通入 25 毫升蒸餾水測得的 pH 值。前者 pH 為 5.7 與飽和二氧化碳水溶液的 pH 值 5.6 相近；後者 pH 值為 3.9，顯示產生的氣體中可能含有溶於水後產生較大酸性的氣體。

2. 以硝酸銀檢驗水洗瓶中的水溶液，第 1 支水洗試管中的水溶液有白色沉澱產生，第 2~4 支水洗試管無白色沉澱產生。

推測其可能性如下：

(1)測得白色沉澱表示其中可能含有  $\text{Cl}^-$ ，可能為 HCl 氣體溶於水中所產生。

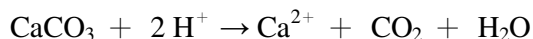
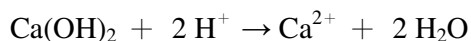
(2)第 1 支水洗試管已吸收大部分的 HCl 氣體，第 2~4 支水洗試管只吸收極少量以致觀察不到白色沉澱發生。

上述推測可由 4 支水洗試管水溶液所測得的 pH 值分別為 3.2、4.7、4.9、5.0 得到證實。第 1 支測得的 pH 值較第 2~4 支小很多，而 2~4 支試管所測得的 pH 值差異不大，但仍小於飽和二氧化碳水溶液的 pH 值 5.6。

3. 以 5 毫升 12M 濃鹽酸與大理石反應產生的氣體通過 4 支水洗試管水洗後再通入相同量的澄清石灰水中，觀察得到石灰水先變渾濁，而後渾濁度減輕，但得不到澄清液。與直接呼氣到澄清石灰水的現象相同。若要使其變為完全澄清需加入 10 毫升左右的濃鹽酸。

推測其可能性如下：

澄清石灰水先變渾濁，而後渾濁度減輕，但得不到澄清液。是因為通入過量的二氧化碳並無法使其完全變澄清，只能使混濁度減輕。若變為完全澄清，可能有一部分的 HCl 進入澄清石灰水的試管中發生下列反應：



由加入 10 毫升濃鹽酸後，得到完全澄清，並測得 4 支水洗試管 pH 值分別為 3.2、4.7、4.9、5.0，其已小於飽和二氧化碳水溶液的 pH 值 5.6 得到證實。

## 七、結論：

本實驗中，不經水洗  $\text{CO}_2$  中所含明顯量的 HCl，可用廣用試紙或 pH 計檢試其 pH 值。且在水洗試管中的溶液中檢驗出  $\text{Cl}^-$ 。這個事實表明，必須注意用化學方法製備的氣體中可能含有雜質及除去雜質的措施。以大理石和濃鹽酸反應製備二氧化碳應通過水洗瓶的裝置，以除去 HCl 的影響，方可得到較純的二氧化碳。

八、進一步的問題：

1. 若以未飽和的澄清石灰水來進行二氧化碳的檢驗，會有什麼結果？
2. 若改用其他的酸與大理石反應，會有什麼結果？
3. 其他氣體的製備方法？在製備過程中如何操作才能得到較純的氣體？