

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

081521

科學玩具 DIY-神秘地雷包

臺北縣板橋市溪洲國民小學

作者姓名：

小六 楊道 小六 葉詩妤 小五 侯恁慈  
小五 詹豐賓 小五 曾郁珊 小六 林家穎

指導老師：

王智瓊 李華嬌

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書

作品名稱：科學玩具 DIY—神秘地雷包

科 別： 自 然

組 別： 國 小 組

關 鍵 詞： 地雷包、酸鹼中和、二氧化碳

編 號：

# 科學玩具 DIY—神秘地雷包

## 摘要

我們無意中發現有人在玩『地雷包』，由於好奇，想了解地雷包為什麼會爆炸？也想自己動手做地雷包，於是將心中的一連串問題，參考自然課本「酸與鹼」和「氧氣與二氧化碳」二個單元，與同學著手設計實驗，最後我們發現原來地雷包是利用「酸鹼中和原理」產生二氧化碳將其外包裝撐破而達到爆破效果，並發現利用適量的小蘇打粉加上 30%~40%檸檬酸或 40%~60%的醋酸，便可輕輕鬆鬆 DIY「神秘地雷包」。

## 壹、研究動機

有一天下課，一群同學圍在走廊上尖叫，只見其中的一名同學拿著一包用鋁箔袋包裝的小東西，用腳輕輕的往袋子一踩，袋子便漸漸脹大。不一會，「砰！」一聲，響徹整個走廊。大家議論紛紛，小小的袋子為什麼會爆炸呢？於是，心中不禁燃起了一探究竟的念頭。於是便找幾個三五好友，就所學的經驗並參考南一版五下自然「酸與鹼」單元及六上自然「氧氣與二氧化碳」單元，著手分析地雷包內容物的成份及產生的氣體，並利用回收的零食外包裝自行研發製作『神秘地雷包』。

## 貳、研究目的

- 一、想了解地雷包為什麼會爆炸？
- 二、想自己動手做地雷包。



圖 2-1：市售地雷包

## 參、研究設備及器材

冰醋酸……………	1 瓶	碳酸鈣……………	1 瓶	碳酸鈉……………	1 瓶
試藥級小蘇打……	1 瓶	澄清石灰水……	1 瓶	義峰泡打粉……	1 包
日正泡打粉……	1 包	食用小蘇打粉……	1 包	培養皿……………	3 組
地雷包(市售品)……	數包	氣球……………	2 包	線香……………	1 支
石蕊試紙數…………	1 盒	廣用試紙…………	1 盒	廣口瓶……………	2 個
50ml 一般針筒……	1 支	50ml 灌食針筒……	1 支	2.5ml 一般針筒……	2 支
10ml 一般針筒……	1 支	錐形瓶……………	6 個	100ml 量筒…………	1 個
燒杯……………	6 個	10ml 量筒…………	1 個	玻璃容器…………	1 個
檸檬……………	1 個	檸檬酸……………	1 瓶	抽氣錐形瓶……	1 個
pH 值檢測計……	1 台	皮尺……………	1 條	矽膠活塞…………	1 個

## 肆、研究方法、結果與討論

### 問題一：地雷包為什麼會爆炸？

當我們將地雷包輕輕一壓或一踩，地雷包便慢慢鼓起，似乎像是有人在裡面吹氣球般，裡面到底是什麼氣體？是氧氣嗎？還是二氧化碳？為解開心中的疑惑，我們參考六上南一版自然「氧氣與二氧化碳」單元，進行下列實驗。

### 實驗一：檢測地雷包內的氣體成份。

#### （一）、方法：

- 1、將市售地雷包中所有的成份直接放入廣口瓶中反應，置入點燃的線香。
- 2、將市售地雷包產生的氣體引入澄清石灰水中，觀察其變化。

#### （二）、結果：

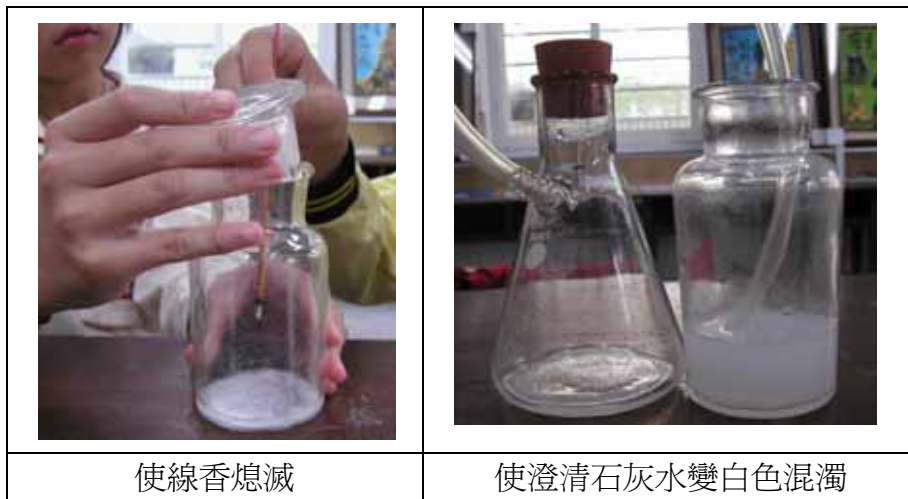


圖 4-1 檢測市售地雷包爆炸時產生的氣體

#### （三）、討論：

市售地雷包產生的氣體使點燃的線香熄滅，使澄清石灰水變混濁，就我們所學的經驗，地雷包內的氣體應該是二氧化碳。

## 問題二：地雷包爆炸時，在袋中進行了什麼化學反應？

爲了解地雷包內容物的成分及反應，於是參考南一版五下自然「酸與鹼」單元，利用石蕊試紙及廣用試紙檢測地雷包內容物的酸鹼性。

### 實驗二：觀察地雷包的內容物。

(一)、方法：剪開市售地雷包觀察其內容物

(二)、結果：




		
市售地雷包的內容物	白色粉末 4 克、無味道	透明溶液 5 毫升、味道香香的

圖 4-2 市售地雷包的內容物

(三) 討論：

由外觀無法分辨其化學結構，只知道白色粉末有 4 克，透明溶液有 5 毫升。

### 實驗三：利用石蕊試紙及廣用試紙檢測地雷包內容物的酸鹼性。

(一)、方法：

1、將市售地雷包內白色粉末調配成 5% 的水溶液，利用石蕊試紙及廣用試紙測 pH 值。

2、直接取市售地雷包透明溶液，利用石蕊試紙及廣用試紙測 pH 值。

(二)、結果：

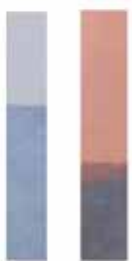
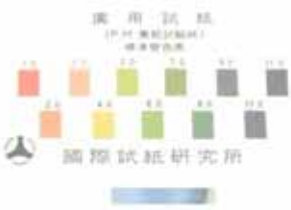

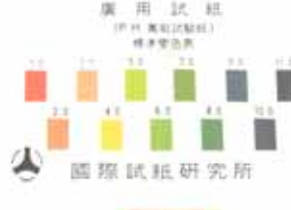
地雷包內白色粉末		地雷包內透明液體	
			
石蕊試紙（鹼性）	廣用試紙(pH=9.0)	石蕊試紙（酸性）	廣用試紙(pH=2.0)

圖 4-3 地雷包內容物的酸鹼性

(三)、討論：

1、市售地雷包內的白色粉末使紅色及藍色石蕊試紙均呈藍色；以廣用試紙檢測，pH 爲 9.0 左右，所以此白色粉末爲一鹼性粉末。

2、市售地雷包內的溶劑使紅色及藍色石蕊試紙均呈紅色；以廣用試紙檢測，pH 爲 2.0，左右，所以此溶液爲一酸性溶液。

**實驗四：檢測地雷包爆炸後產物的酸鹼性。**

(一)、方法：

- 1、利用廣用試紙測爆炸後袋外液體的酸鹼性。
- 2、利用廣用試紙測爆炸後袋內液體的酸鹼性。

(二)、結果：

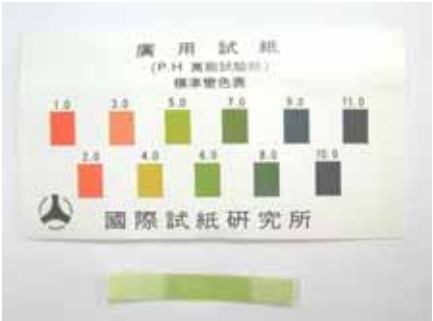

地雷包爆炸後袋外液體的酸鹼性	地雷包爆炸後袋內液體的酸鹼性
	
廣用試紙(pH=7.0)	廣用試紙(pH=8.5)




圖 4-4 地雷包爆炸後袋內及袋外液體的酸鹼性

(三)、討論：

- 1、市售地雷包爆炸後，袋外的液體，呈中性反應；袋內液體呈鹼性反應。推測地雷包是利用**酸鹼中和原理**，把所有的酸用完，所以袋子內、外都沒有呈酸性反應。
- 2、爆炸後的市售地雷包內發現有些許的鹼性粉末殘留，過量的鹼性粉末有助於將所有的強酸溶液中和，留下少許的弱鹼粉末，其目的為增加地雷包遊戲時的安全性。

### 問題三：如何收集地雷包產生的氣體？

我們爲了要觀察、比較地雷包內需要產生多少二氧化碳才能撐破其包裝紙袋，達到爆炸效果，於是我們著手自行研發氣體反應收集器。

自製氣體反應收集器		
		
圖 4-5 第一代反應器 (簡稱：氣球法)	圖 4-6 第二代反應器	圖 4-7 第三代反應器 (簡稱：針筒法)

#### 實驗五：設計第一代氣體反應器（簡稱：氣球法）

##### （一）、方法：

- 1、取一個錐形瓶當反應槽。
- 2、將待反應的粉末及溶液置入瓶中。
- 3、立刻以氣球罩住瓶口，收集氣體。
- 4、利用布尺量測氣球的圓周長。

##### （二）、結果：如圖 4-5

##### （三）、討論：

- 1、優點：可由氣球的大小可清楚的觀察到地雷包的爆炸威力。
- 2、缺點：因氣球具有彈性，以圓周長大小無法直接換算成二氧化碳的體積。  
且隨著使用的次數增多氣球會失去彈力，所以每次實驗都需更換新氣球。

#### 實驗六：設計第二代氣體反應器

因第一代反應器無法準確量測反應後生成的氣體體積，於是我們利用具有刻度的針筒，設計第二代氣體反應器。

##### （一）、方法：

- 1、取一個玻璃容器當反應槽
- 2、將瓶蓋鑽兩個小孔，並在二個洞口各插入一段塑膠管，利用熱熔膠封住瓶蓋上洞口的連接處。
- 3、塑膠管的一端套上 50ml 的大針筒收集產生的氣體。
- 4、塑膠管的一端套上小針筒，取適量的溶液從小針筒注入。
- 5、壓緊小針筒，紀錄大針筒上的氣體體積變化。

(二)、結果：如圖 4-6

(三)、討論：

- 1、實驗數次後，發現量測的數據沒有再現性，懷疑第二代反應器有洩漏。
- 2、可能是氣體分子太小，可通過熱熔膠連接處的隙縫。
- 3、第二代氣體反應器，氣體易洩漏不宜使用。

#### **實驗七：設計第三代氣體反應器（簡稱：針筒法）**

(一)、方法：

- 1、取一個 50ml 抽氣錐形瓶當反應槽，在瓶內放入鹼性粉末。
- 2、將矽膠活塞中間打孔，並穿入灌食用的的針筒，蓋住抽氣錐形瓶的瓶口。
- 3、利用小針筒取適量的酸性液體，從抽氣錐形瓶的側壁開口處注入。
- 4、立刻以橡膠乳頭塞住抽氣錐形瓶的側壁開口處。
- 5、紀錄 50ml 灌食用大針筒內氣體的體積變化。

(二)、結果：如圖 4-7

(三)、討論：

- 1、優點：因密閉性高、材料簡單易於取得，小劑量下即可進行二氧化碳的觀察及製備，可節省藥品的用量，符合「實驗環保」值得推廣使用。
- 2、缺點：受限於針筒大小，最高只能收集 60ml 的氣體體積，若要觀察地雷包可能的爆炸威力，仍要配合氣球法進行。



#### 問題四：要製造多少二氧化碳，才能使地雷包爆破？

#### 實驗八：利用自製反應器測量市售地雷包配方中的二氧化碳產量

##### （一）、方法：

- 1、將市售地雷包的內容物 4 克鹼性粉末及 5 毫升的酸性溶液，放入第一代反應器中，量測氣球圓周長，重複四次求平均值。
- 2、將市售地雷包的內容物減十倍劑量，取 0.4 克鹼性粉末及 0.5 毫升的酸性溶液放入第三代反應器反應，量測針筒體積，重複四次求平均值。

##### （二）、結果：



圖 4-8 第一代反應器下，市售地雷包配方中的二氧化碳產量

表 4-1 市售地雷包配方中的二氧化碳產量

方法	市售品	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
第一代反應器 (氣球圓周長)	標準 劑量	25cm	25.6 cm	24.5 cm	25 cm	25.5cm
第三代反應器 (針筒體積)	1/10 倍 劑量	44 ml	45 ml	46 ml	45 ml	45ml

##### （三）、討論：

- 1、第一代反應器下，市售地雷包產生的二氧化碳可使氣球圓周長脹大為 25.5cm。
- 2、將市售地雷包減十倍劑量，在第三代反應器下，可生成 45ml 的二氧化碳。
- 3、以本實驗為對照組，找出二氧化碳的產量可大於市售地雷包的原料。

### 問題五：有哪些酸性溶液，能用來製作地雷包？

六上南一版自然「氧氣與二氧化碳」單元中提到，利用小蘇打粉添加酸性溶液可以製造出二氧化碳。於是我們選用小蘇打粉當鹼性粉末，分別添加不同種類及濃度的酸性溶液(如：醋酸、硼酸、檸檬酸)，篩選出二氧化碳產量可高於市售地雷包的酸性溶液。

### 實驗九：探討不同種類及濃度的酸性溶液與二氧化碳產量的關係。

#### (一)、方法：

- 1、以 pH 檢測計測量各種酸性溶液的 pH 值。
- 2、取與市售品同劑量，小蘇打粉 4 克，添加各種酸性溶液 5 毫升，以第一代反應器收集二氧化碳，量測氣球最大直徑的圓周長，每種溶液重複反應四次，並求平均值。
- 3、同上，降低十倍劑量，取小蘇打粉 0.4 克，添加 0.5 毫升的各種酸性溶液，以第三代反應器收集二氧化碳，紀錄針筒體積，每種溶液重複反應四次，並求平均值。

#### (二)、結果：

- 1、各種酸性溶液的 pH 值

表 4-2 各種酸性溶液的 pH 值

酸性溶液						
溶液名稱	20%醋酸	40%醋酸	60%醋酸	80%醋酸	冰醋酸	
pH 值	2.26	2.08	1.78	1.58	0.42	
溶液名稱	1%硼酸	2%硼酸	3%硼酸	4%硼酸	5%硼酸	6%硼酸
pH 值	4.42	3.94	3.46	3.51	3.32	3.25
溶液名稱	10%檸檬酸	20%檸檬酸	30%檸檬酸	40%檸檬酸	天然檸檬汁	
pH 值	1.28	1.15	1.03	0.95	2.36	
市售地雷包，酸性溶液的 pH = 1.43						

2、以第一代反應器，收集不同種類及濃度的酸性溶液與二氧化碳的產量關係圖。

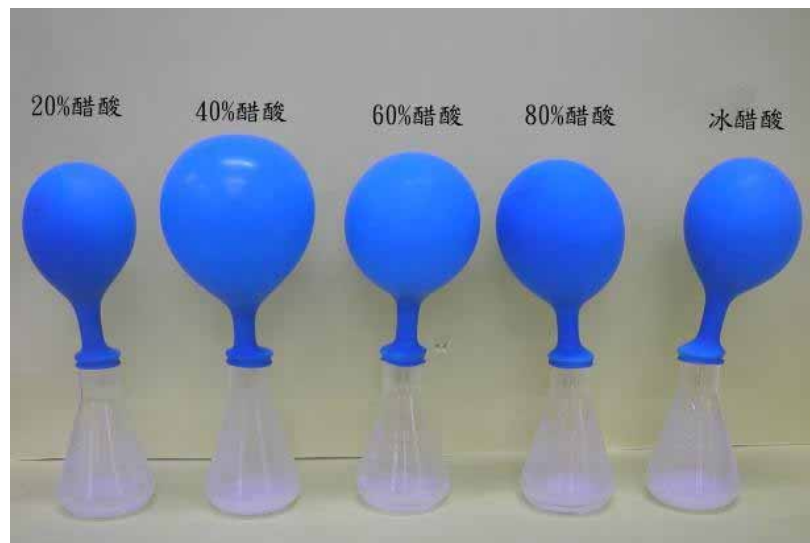


圖 4-9 不同濃度的醋酸溶液與二氧化碳產量的關係圖

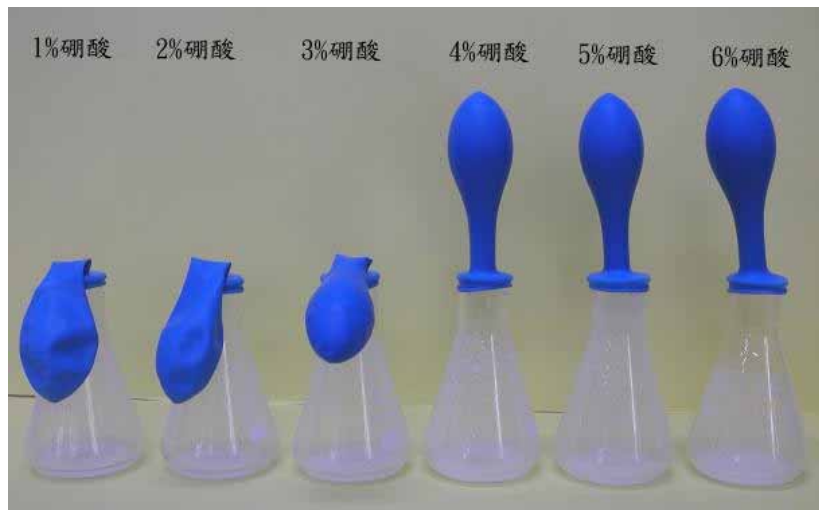


圖 4-10 不同濃度的硼酸溶液與二氧化碳產量的關係圖

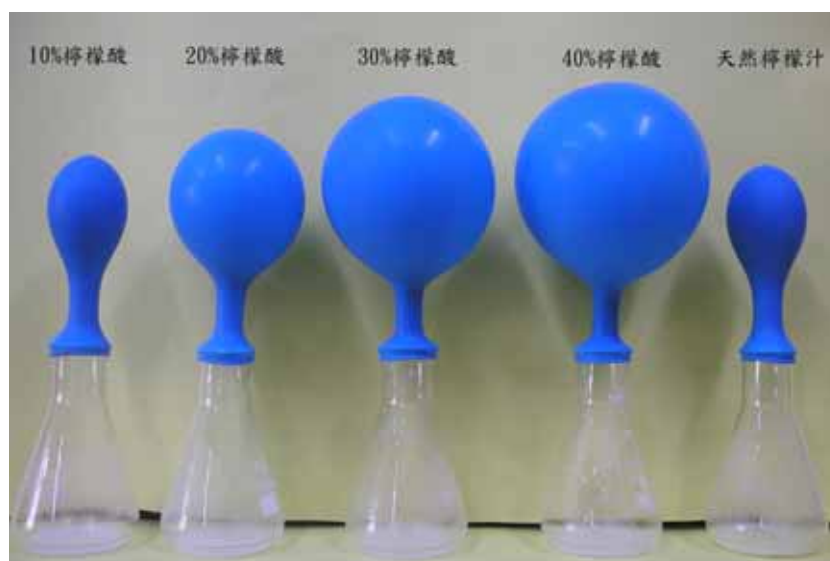


圖 4-11 不同濃度的檸檬酸溶液與二氧化碳產量的關係圖

3、以第一代反應器，收集不同種類及濃度的酸性溶液 5 毫升與 4 克的小蘇打粉反應後，二氧化碳的產量關係表

表 4-3 以第一代反應器，收集不同種類及濃度的酸性溶液與二氧化碳的產量關係表

圓周長 溶液名稱	第一次	第二次	第三次	第四次	圓周長 平均值
市售地雷包	25cm	25.6 cm	24.5 cm	25 cm	25.5cm (對照組)
20%醋酸	22.9 cm	23.4 cm	24 cm	23.8 cm	23.5 cm
40%醋酸	30.1 cm	29.1 cm	29.3 cm	29 cm	◎29.4 cm
60%醋酸	28.4 cm	27.2 cm	27.9 cm	27.4 cm	◎27.7 cm
80%醋酸	26.5 cm	25.2 cm	25.3 cm	24.5 cm	25.4 cm
冰醋酸	24 cm	24.5 cm	24.1 cm	23.9 cm	24.1 cm
1%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
2%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
3%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
4%硼酸	9.3 cm	9.5 cm	9.9 cm	10.0 cm	9.7 cm
5%硼酸	10.4 cm	10.3 cm	10.2 cm	10.7 cm	10.4 cm
6%(飽和) 硼酸	11.6 cm	11.8 cm	11.2 cm	11.5 cm	11.5 cm
10%檸檬酸	14.5 cm	13 cm	13.6 cm	14.7 cm	14.0 cm
20%檸檬酸	24.8cm	25.5 cm	24.5 cm	24.2 cm	24.8 cm
30%檸檬酸	29.7 cm	30 cm	29.3 cm	30.5 cm	◎29.9 cm
40%檸檬酸	33.7 cm	33 cm	32.4 cm	33.4 cm	◎33.1 cm
天然檸檬汁	16.3cm	16.5 cm	15.8cm	16 cm	16.1 cm

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量

4、以第三代反應器，收集不同種類及濃度的酸性溶液 0.5 毫升與 0.4 克的小蘇打粉反應後，二氧化碳的產量關係表。

表 4-4 以第三代反應器，收集不同種類及濃度的酸性溶液與二氧化碳的產量關係表

氣體體積 溶液名稱	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
市售地雷包	44 ml	45 ml	46 ml	45 ml	45ml (對照組)
20%醋酸	37ml	39ml	38ml	38ml	38ml
40%醋酸	58 ml	59 ml	59 ml	60 ml	◎59.0 ml
60%醋酸	53 ml	52 ml	54 ml	54 ml	◎53.3 ml
80%醋酸	45 ml	44 ml	46 ml	44 ml	44.8 ml
冰醋酸	40 ml	42 ml	42 ml	40 ml	41.0 ml
1%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
2%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
3%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
4%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
5%硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
6%(飽和) 硼酸	-----	-----	-----	-----	-----
10%檸檬酸	-----	-----	-----	-----	-----
20%檸檬酸	42ml	42 ml	44 ml	43 ml	42.8 ml
30%檸檬酸	60ml	60ml	60ml	60ml	◎60 ml
40%檸檬酸	> 60ml	> 60ml	> 60ml	> 60ml	◎> 60ml
天然檸檬汁	15.3ml	14.5ml	15.5ml	15ml	15.1ml

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量

### (三)、討論：

- 1、利用第一代與第三代做交叉確認，防止因氣球的彈力誤差，造成錯誤的判斷與推測。
- 2、本實驗所有的酸性溶液濃度並非一致，主要是醋酸是液體，容易調配成高濃度的酸性溶液，而檸檬酸、硼酸是固體，有飽和溶解度的限制，所以各種酸調配的濃度會不一致；而本實驗主要是篩選二氧化碳產量能高於市售地雷包的酸性溶液，所以濃度是否一致並不是我們實驗的重點。
- 3、由表 4-3 及 4-4 發現，各種不同的酸性溶液，與小蘇打反應後其二氧化碳的產量排序為：  
40%檸檬酸 > 30%檸檬酸 > 40%醋酸 > 60%醋酸 > 市售地雷包 > 80%醋酸 > 20%檸檬酸 > 冰醋酸 > 20%醋酸 > 天然檸檬汁 > 10%檸檬酸 > 6%硼酸 > 5%硼酸 > 4%硼酸 > 3%硼酸 > 2%硼酸 > 1%硼酸。
- 4、醋酸隨著反應濃度由 20%、40%、60%、80%、99% 增加，pH 值由 2.26 降至 0.42，酸性漸增，但與小蘇打反應後氣體產量並非是持續增加。據相關資料推測，當醋酸溶液要進行酸鹼中和反應時，若加入適當的水會有助於形成 ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) 離子與鹼中的氫氧 ( $\text{OH}^-$ ) 離子反應。所以 40%的醋酸溶液，二氧化碳產率反而會比冰醋酸來的高。
- 5、由實驗發現硼酸與小蘇打粉反應，其二氧化碳產量遠小於檸檬酸及醋酸，所以不適合做為地雷包中的酸性溶液。
- 6、在相同條件下 40%檸檬酸其二氧化碳產量會比 40%醋酸產量還要多，從 pH 值發現，40%檸檬酸 pH=0.95、40%醋酸 pH=2.08，在相同濃度下檸檬酸的酸性比醋酸強，且在水中檸檬酸可解離成三個酸根，而醋酸只可解離成一個酸根，所以與小蘇打粉進行酸鹼中和反應時，檸檬酸的二氧化碳產量會比較高。

問題六：酸性溶液添加量的多寡，會影響二氧化碳的產量嗎？

**實驗十**：要添加多少體積的酸性溶液，才能使地雷包爆炸？

(一)、方法：

- 1、取與市售地雷包同劑量，小蘇打粉 4 克，分別添加 1ml、3ml、5ml、7ml、9ml 40%的醋酸或 40%的檸檬酸溶液，以第一代反應器（氣球法）收集二氧化碳，量測氣球最大直徑的圓周長，每種溶液重複反應四次，並求平均值。
- 2、同上，降低十倍劑量，取小蘇打粉 0.4 克，分別添加 0.1ml、0.3ml、0.5ml、0.7ml、0.9ml 40%的醋酸或 40%的檸檬酸溶液，以第三代反應器（針筒法）收集二氧化碳，量測針筒體積，每種溶液重複反應四次，並求平均值。
- 3、以石蕊試紙測上述各種溶液反應後的酸鹼性。

(二)、結果：

- 1、以第一代反應器，收集不同體積的酸性溶液與二氧化碳的產量關係圖

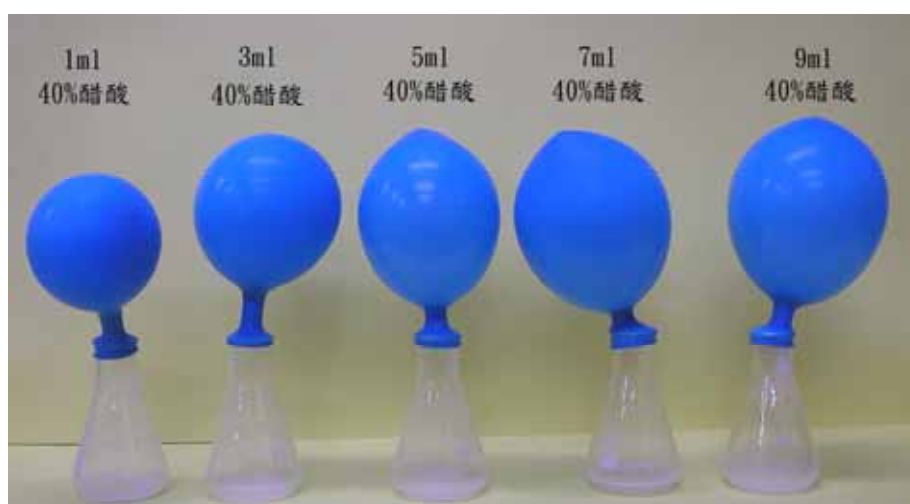


圖 4-12：添加不同體積的 40%醋酸溶液與二氧化碳產量的關係圖

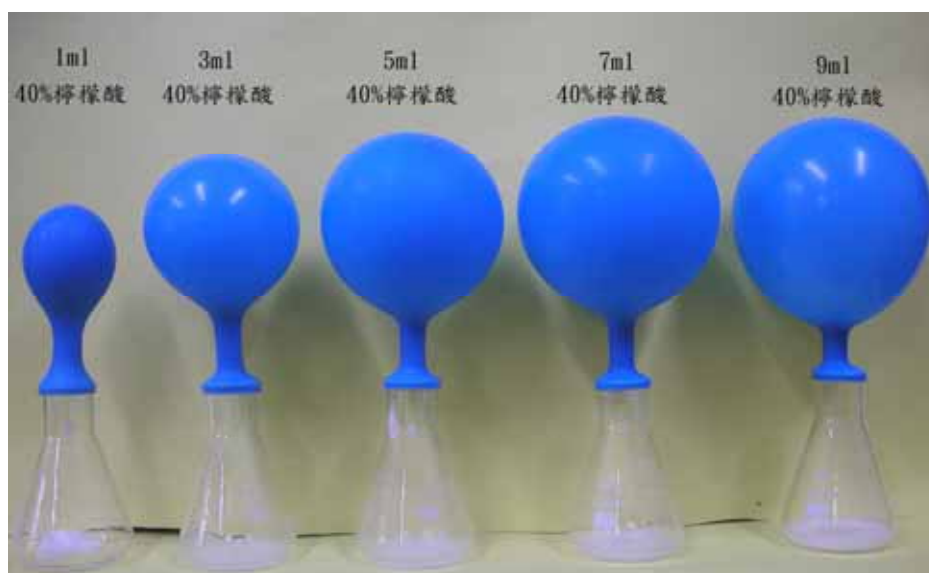


圖 4-13：添加不同體積的 40%檸檬酸溶液與二氧化碳產量的關係圖



2、以第一代反應器，收集 4 克的小蘇打粉，分別與不同體積 1ml、3ml、5ml、7ml、9ml 40%的醋酸或 40%的檸檬酸溶液反應後，二氧化碳的產量關係表及酸鹼性

表 4-5：第一代反應器下，4 克的小蘇打粉添加不同體積的 40%醋酸或 40%檸檬酸與二氧化碳產量關係表

圓周長 添加體積	第一次	第二次	第三次	第四次	圓周長 平均值	反應後溶液的酸鹼性
市售地雷包	25cm	25.6 cm	24.5 cm	25 cm	25.5cm (對照組)	鹼性
1ml 40%醋酸	16.3cm	16.7 cm	16.1 cm	15 cm	16.0 cm	鹼性
3ml 40%醋酸	25.2 cm	25.7 cm	24.5 cm	26 cm	25.4 cm	鹼性
5ml 40%醋酸	28.3 cm	29.1 cm	29.8 cm	28.9 cm	◎29.0 cm	鹼性
7ml 40%醋酸	31.8 cm	32.7 cm	31.6 cm	32.5 cm	◎32.2 cm	鹼性
9ml 40%醋酸	33.1 cm	34.6 cm	32.9 cm	33.5 cm	◎33.5 cm	鹼性
1ml 40%檸檬酸	15.5cm	17.2 cm	15.8 cm	16.5 cm	16.3 cm	鹼性
3ml 40%檸檬酸	26.6 cm	27.3 cm	27 cm	27 cm	◎27.0 cm	鹼性
5ml 40%檸檬酸	32.6 cm	31.2 cm	33 cm	31.5 cm	◎32.1 cm	鹼性
7ml 40%檸檬酸	34.2 cm	35.5 cm	34.8 cm	35.8 cm	◎35.1 cm	中性
9ml 40%檸檬酸	36.5 cm	35.7 cm	36 cm	36.2 cm	◎36.1 cm	酸性

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量



3、以第三代反應器（針筒法），收集 0.4 克的小蘇打粉，分別與不同體積 0.1ml、0.3ml、0.5ml、0.7ml、0.9ml 40%的醋酸或 40%的檸檬酸溶液反應後，二氧化碳的產量關係表

表 4-6：第三代反應器下，0.4 克的小蘇打粉添加不同體積的 40%醋酸或 40%檸檬酸與二氧化碳產量關係表

氣體體積 添加體積	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
市售地雷包	44 ml	45 ml	46 ml	45 ml	45ml (對照組)
0.1ml 40%醋酸	-----	-----	-----	-----	-----
0.3ml 40%醋酸	44ml	45ml	46 ml	44 ml	44.8 ml
0.5ml 40%醋酸	58 ml	58 ml	60 ml	59 ml	◎58.8 ml
0.7ml 40%醋酸	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	◎> 60.0 ml
0.9ml 40%醋酸	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	◎> 60.0 ml
0.1ml 40%檸檬酸	----	----	----	----	----
0.3ml 40%檸檬酸	50ml	51ml	52ml	52ml	◎51.3ml
0.5ml 40%檸檬酸	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	◎> 60.0 ml
0.7ml 40%檸檬酸	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	◎> 60.0 ml
0.9ml 40%檸檬酸	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	> 60 ml	◎> 60.0 ml

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量

### (三)、討論：

- 1、不論是 40%的醋酸或 40%檸檬酸溶液，與小蘇打反應後的二氧化碳產量，會隨著酸性溶液添加量的增加而增加。
- 2、隨著酸性溶液添加量的增加，瓶內小蘇打粉有越來越少的趨勢，溶液也越來越透明，此時氣體也越來越多；相反的，添加的酸性溶液越少，瓶內小蘇打粉殘留越多，此時產生的氣體也越來越少，甚至無法撐高第三代反應器的針筒，如添加 0.1 毫升的酸性液體。
- 3、添加相同體積的 40%的醋酸溶液及 40%檸檬酸溶液，發現 40%檸檬酸溶液與小蘇打反應生成的氣體會較 40%醋酸多。
- 4、4 克小蘇打粉與 40%檸檬酸反應，只需 3 毫升就可比市售地雷包產生的二氧化碳還要多；而 40%醋酸，則需要 5 毫升。
- 5、4 克小蘇打粉需添加 13 毫升 40%醋酸，反應終點可呈中性；而 40%檸檬酸，則只需添加 7 毫升即可呈中性，代表 40%檸檬酸可較快達到反應終點。

### 問題七：有哪些鹼性物質，能用來製作地雷包？

從蒐集的資料發現，除了小蘇打粉外，只要含有碳酸根的鹽類都可與酸反應生成二氧化碳，於是我們選用碳酸鈉、碳酸鈣及含有多種碳酸鹽的泡打粉，添加 40%醋酸或 40%檸檬酸溶液，篩選出二氧化碳產量高於市售地雷包的鹼性物質。

### 實驗十一：探討不同種類的鹼性碳酸鹽與二氧化碳產量的關係。

#### （一）、方法：

- 1、調配 5% 鹼性溶液，觀察碳酸鹽的溶解度，並以 pH 檢測計測量各種溶液的酸鹼度。
- 2、仿照市售地雷包劑量，取試藥級小蘇打粉、食用級小蘇打粉、日正牌泡打粉、義峰牌泡打粉、碳酸鈣及碳酸鈉各 4 克，分別添加 40%醋酸或 40%檸檬酸溶劑各 5 毫升，以第一代反應氣器（氣球法），作二系列的探討，觀察二氧化碳的產量變化。
- 3、同上，降低十倍劑量，取試藥級小蘇打粉、食用級小蘇打粉、日正牌泡打粉、義峰牌泡打粉、碳酸鈣及碳酸鈉各 0.4 克，添加 40%醋酸或 40%檸檬酸溶劑各 0.5 毫升，以第三代反應氣器（針筒法），作二系列的探討，觀察二氧化碳的產量變化。

#### （二）、結果：

- 1、5%各種碳酸鹽的溶解度分析結果：

日正牌泡打粉、義峰牌泡打粉、碳酸鈣無法溶解，其餘粉末皆可溶解成透明溶液。

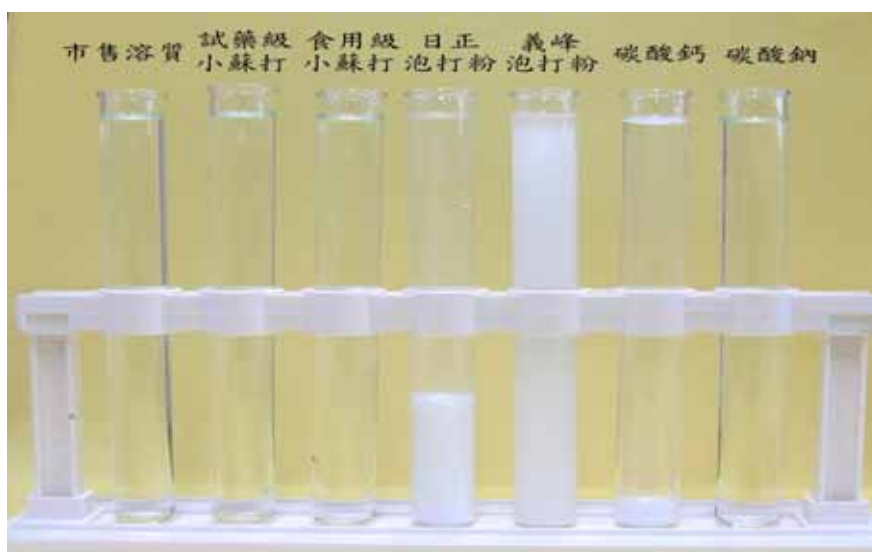


圖 4-14：5%各種碳酸鹽的溶解度

- 2、5%各種碳酸鹽溶液的 pH 值

表 4-7 5%各種碳酸鹽溶液的 pH 值

鹼性溶液						
溶液名稱	5%小蘇打 (試藥級)	5%小蘇打 (食品級)	5%泡打粉 (日正牌)	5%泡打粉 (義峰牌)	碳酸鈣	碳酸鈉
pH 值	8.24	8.22	6.84	7.9	8.88	11.22

3、以第一代反應器，40%的醋酸溶液與 40%的檸檬酸溶液，添加至各種不同種類的碳酸鹽中，其二氧化碳的產量關係圖

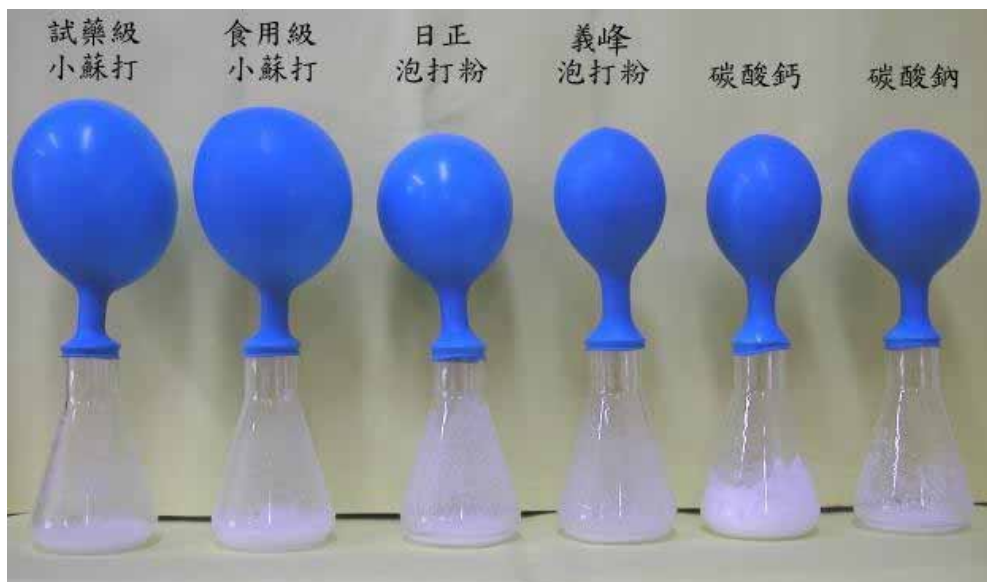


圖 4-15：40%醋酸溶液添加至各種不同種類的碳酸鹽中，其二氧化碳的產量關係圖



圖 4-16：40%檸檬酸溶液添加至各種不同種類的碳酸鹽中，其二氧化碳的產量關係圖

4、以第一代反應器，收集 40%醋酸溶液或 40%檸檬酸溶液，添加至各種不同種類的碳酸鹽中，其二氧化碳的產量關係表。

表 4-8：第一代反應器下，各種不同的碳酸鹽與 40%的醋酸或檸檬酸溶液反應，其二氧化碳產量的關係表

添加 40%的醋酸溶液					
圓周長 名稱	次數 第一次	第二次	第三次	第四次	圓周長 平均值
市售地雷包	25cm	25.6 cm	24.5 cm	25 cm	25.5cm (對照組)
試藥級小蘇打	29.2cm	29.5 cm	28.2 cm	28.7 cm	◎28.9 cm
食用級小蘇打	26.5 cm	26.8 cm	27 cm	27.4 cm	◎26.9 cm
日正泡打粉	23.7 cm	24.2 cm	24.5 cm	23.8 cm	24.1 cm
義峰泡打粉	21.2 cm	20.5 cm	21.4 cm	19.2 cm	20.6 cm
碳酸鈣	21.6 cm	21.2 cm	20.6 cm	20.8 cm	21.1 cm
碳酸鈉	22.3 cm	22.9 cm	23 cm	23.6 cm	23.0 cm
添加 40%的檸檬酸溶液					
試藥級小蘇打	33.2cm	33.8 cm	32.6 cm	33 cm	◎33.2 cm
食用級小蘇打	31.7 cm	32.5 cm	31.8 cm	32.2 cm	◎32.1 cm
日正泡打粉	23.7 cm	24.8 cm	25 cm	24.5 cm	24.5 cm
義峰泡打粉	21.6 cm	21.8 cm	20 cm	22.2 cm	21.4 cm
碳酸鈣	22.2 cm	22.8 cm	23 cm	21.5 cm	22.4 cm
碳酸鈉	24.4 cm	24 cm	23.5 cm	24.2 cm	24.0 cm

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量

5、以第三代反應器，收集 40%的醋酸溶液與 40%的檸檬酸溶液，添加至各種不同種類的碳酸鹽中，其二氧化碳的產量關係表

表 4-9：第三代反應器下，各種不同的碳酸鹽與 40%的醋酸及 40%的檸檬酸溶液反應其二氧化碳產量的關係表

添加 40%的醋酸					
氣體體積 名稱 \ 次數	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
市售地雷包	44ml	45ml	46ml	45ml	45ml (對照組)
試藥級小蘇打	58ml	58 ml	59 ml	60 ml	◎58.8 ml
食用級小蘇打	52 ml	51 ml	51 ml	50 ml	◎51.0 ml
日正泡打粉	41 ml	39 ml	39 ml	42 ml	40.3 ml
義峰泡打粉	26 ml	27 ml	26 ml	28 ml	26.8 ml
碳酸鈣	32 ml	31 ml	32 ml	32 ml	31.8 ml
碳酸鈉	38 ml	38 ml	39 ml	37 ml	38.0 ml
添加 40%的檸檬酸					
試藥級小蘇打	> 60ml	> 60ml	> 60ml	> 60ml	◎ > 60ml
食用級小蘇打	> 60ml	> 60ml	> 60ml	> 60ml	◎ > 60ml
日正泡打粉	42ml	41 ml	43 ml	42 ml	42.0 ml
義峰泡打粉	30 ml	34 ml	33 ml	31 ml	32.0 ml
碳酸鈣	34 ml	35 ml	36 ml	35 ml	35.0 ml
碳酸鈉	41ml	38ml	40ml	41ml	40.0ml

◎：代表二氧化碳的產量比市售地雷包高；-----代表二氧化碳產量太少無法測量

### (三)、討論：

#### 1、5%各種碳酸鹽的溶解度分析結果：

市售日正牌泡打粉、市售義峰牌泡打粉、碳酸鈣在水中無法完全溶解，其餘皆可溶解，如圖 4-14。從表 4-8、4-9 中發現溶解度差的碳酸鹽，其產生的二氧化碳也較少，推測其可能的原因是，酸只能與已溶解或未溶解的碳酸鹽顆粒表面進行酸鹼中和，而顆粒內部無法與酸有效的進行反應，所以其產量通常較已完全溶解的碳酸鹽來得少。

#### 2、不論是添加 40%的醋酸或 40%檸檬酸溶液，其二氧化碳的產量順序均為：

試藥級小蘇打粉 > 食用小蘇打粉 > 市售地雷包 > 日正牌泡打粉 > 碳酸鈉 > 碳酸鈣 > 義峰牌泡打粉

所以酸的種類不會影響碳酸鹽的篩選結果。

#### 3、從上述結果發現，在相同酸反應下，碳酸鈉的二氧化碳產量遠小於小蘇打粉，我們從酸鹼度發現，碳酸鈉的鹼性較強( $\text{pH}=11.22$ )，而小蘇打粉的鹼性較弱( $\text{pH}=8.24$ )，在添加相同體積的酸性溶液下，進行酸鹼中和反應時，小蘇打粉只要少量的酸即可達到酸鹼中和，而碳酸鈉鹼度較強所需的酸就要更多，所以在添加相同體積的酸性溶液，小蘇打粉反應的量會比碳酸鈉多，相對的二氧化碳產量也會比碳酸鈉來得多。

#### 4、從資料發現，碳酸鈉與酸反應會先形成小蘇打，再繼續加酸可產生二氧化碳。所以用等劑量的碳酸鈉及小蘇打與酸反應時，小蘇打會產生較多的二氧化碳。

#### 5、泡打粉的主要成份為小蘇打粉及碳酸鈣，因不同廠牌兩者的添加比例不同，若小蘇打的添加比例大於碳酸鈣（日正牌），則氣體產量會較多。反之，則較少（義峰牌）。



## 問題八：如何自製地雷包？

### 實驗十二：科學玩具 DIY—神秘地雷包

#### (一)、方法：

- 1、酸性液體：依實驗發現可用於地雷包的酸性液體為 40%檸檬酸、30%檸檬酸、40%醋酸、60%醋酸。
- 2、鹼性粉末：試藥級小蘇打粉及食用級小蘇打粉
- 3、從步驟 1 選用一種酸性溶液取約 5~9 毫升，裝入最小號的夾鍊袋中，並用封口機封住袋口，製成一袋酸性溶液。
- 4、將回收的零食鋁箔紙袋，裁成與市售品一致的大小(8.5 公分×10.5 公分)，當地雷包的外包裝。選用步驟 2 的鹼性粉末 4 克置入袋內。
- 5、將步驟 3 的酸性溶液，置入步驟 4 裝有小蘇打粉的回收的零食鋁箔袋中，利用封口機封緊袋口，即輕輕鬆鬆完成『神秘地雷包』。

#### (二)、結果：

- 1、比較市售地雷包及自製地雷包的外觀：



圖 4-17 市售地雷包與自製地雷包的成品外觀

- 2、市售地雷包與自製地雷包的試爆情形：

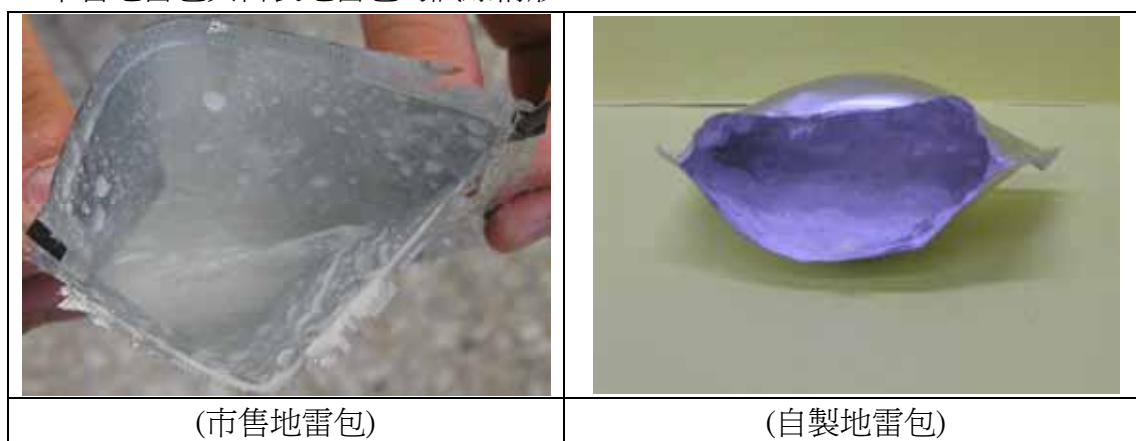


圖 4-18 比較市售地雷包與自製地雷包的爆炸效果

(三)、討論：

- 1、利用吃過的零食包裝袋製作地雷包，資源回收再利用，其外觀不亞於市售地雷包。
- 2、依上述實驗可供使用的酸性溶液及鹼性粉末為  
酸性溶液：30%、40%檸檬酸及 40%、60%的醋酸，其中以 40%檸檬酸最為理想，因相同條件下其氣體產率最高且無刺鼻的味道、易溶解，非常適合做為地雷包的酸性溶液。  
鹼性粉末：試藥級小蘇打粉、食用小蘇打粉
- 3、從圖 4-18 試爆過程發現，自製地雷包爆炸的聲音比市售地雷包大聲，效果超讚！
- 4、可依回收的鋁箔袋大小，調整酸、鹼的劑量或將回收的袋子，裁成與市售地雷包一樣的大小。



## 伍、結論

- 一、原來市售地雷包的爆炸原理是利用酸和碳酸鹽混合後，進行酸鹼中和反應產生二氧化碳，撐破塑膠袋時所發生的劇響。
- 二、為精確的收集二氧化碳的體積變化，我們自行研發設計了第三代氣體反應器，因密閉性高、材料簡單易於取得，小劑量下即可進行二氧化碳的製備及觀察，可節省藥品的用量符合「實驗環保」，值得推廣使用。
- 三、從日常生活常見的酸中發現，40%檸檬酸是最適合用於做自製地雷包的酸性溶液，主要是檸檬酸溶於水中無特殊的刺鼻酸味，及在相同的條件下其產生的二氧化碳的氣體比其他酸性溶液多，甚至高於市售地雷包；而 40%醋酸、60%醋酸及 30%檸檬酸其產生二氧化碳的量也高於市售地雷包，可供作自製地雷包不同的選擇。
- 四、從日常生活常見的鹼中發現，小蘇打粉是最適合用於製備自製地雷包的鹼性粉末，主要是小蘇打粉在水中可完全溶解，又是弱鹼，當進行酸鹼中和時，所需要的酸性溶液會比強鹼來得少，所以產生二氧化碳的量會較其它碳酸鹽來的多。
- 五、以(8.5 公分×10.5 公分)袋子大小 DIY 製作地雷包，可添加 4 克的小蘇打粉，及 40%檸檬酸 3~9 毫升，若選用 40%的醋酸則約 5~9 毫升左右。
- 六、利用回收後的零食外包裝製作地雷包，其外觀多樣精美，不亞於市售地雷包。讓隨手丟棄的小垃圾，增添了不少新的生活樂趣。

## 陸、參考資料及其他

吳家元譯(民 90)。科學實驗。台北市：遠哲科學教育基金會。

陳昭蓉譯(民 90)。氣球科學遊戲。台北市：遠哲科學教育基金會。

施惠主編(民 93)。國小自然與生活科技第六冊(五下)課本。台南市：南一書局

施惠主編(民 93)。國小自然與生活科技第六冊(五下)教師手冊。台南市：南一書局

施惠主編(民 93)。國小自然與生活科技第七冊(六上)課本。台南市：南一書局

施惠主編(民 93)。國小自然與生活科技第七冊(六上)教師手冊。台南市：南一書局

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
評 語

---

國小組 自然科

081521

科學玩具 DIY-神秘地雷包

臺北縣板橋市溪洲國民小學

評語：

1. 整個團隊能充分合作係最大之優點
2. 作者對作品之內容頗為了解
3. 小學生應盡量避免強酸之使用以維安全