

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080823

「炮」「箭」齊飛

學校名稱：臺北縣中和市錦和國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡雅欣	黃國峰
小六 李秉逢	郭雅雯
小六 羅翎愷	
小六 李庭萱	
小六 許瑜庭	
小六 方本正	

關鍵詞：小蘇打、檸檬酸、筆火箭

「炮」「箭」齊飛

摘要

最近同學間流行的開心炮，常造成校園內的垃圾問題，但也引起我們進一步去探討這兩種玩具的奧秘，及試著提出替代用品來解決學校的環境問題。首先，我們發現開心炮的內含物是由鹼性的白色粉末和一包酸性的透明液體所組成，藉由這二種物質的酸鹼中和交互作用來產生大量氣體，撐破袋子；其次，我們也發現小蘇打、檸檬酸和水混合後的自製替代物，比開心炮產生更好的效果；接著我們繼續探討影響自製替代物產生氣體之反應速度與反應威力的因素，我們發現水量、水溫、混合物比例都會影響氣體的反應速度與反應威力；最後，我們以自製替代物作為原料，製造許多有趣玩具，例如：自製開心炮、筆火箭與注射筒大砲等，並測試這些玩具的反應速度和反應威力。

壹、研究動機

最近常在學校的樓梯或角落發現垃圾——兩種玩具的袋子（如圖一），於是我們去查詢袋子的英文，才知道這兩種玩具叫「開心炮」和「爆炸袋」。為了瞭解開心炮與爆炸袋的成份，我們也去買了幾個來玩玩看。我們照袋子上的玩法說明，將開心炮或爆炸袋的袋子正面朝上，然後用力敲擊，並且左右搖晃。結果驚奇的事情發生了，袋子先膨脹，接著「砰」一聲，袋子爆開並噴出一些液體和白色粉末。開心炮和爆炸袋裡面是什麼成分會使袋子爆開？袋內的透明液體和白色粉末具有什麼樣的性質？能不能找出一些替代物質或玩法來代替這兩種玩具，以避免造成校園的垃圾汙染？充滿好奇心的我們便去請教老師，進行深入研究，以獲得解答。

貳、研究目的

- 一、瞭解開心炮與爆炸袋的成分。
- 二、探討造成開心炮與爆炸袋爆開的原因。
- 三、探討何種內含物所產生氣體的速度和威力最好。
- 四、探討影響氣體產生速度與威力的因素。
- 五、應用開心炮的原理設計各種玩具。

參、研究設備與器材

- 一、設備器材：橡皮筋、攪棒、底片盒、碼錶、夾鏈袋、等臂天平、壓克力角架、50ml 量筒、滴管、標籤紙、溫度計、錐形瓶、玻璃管、橡皮塞、奇異筆、珍珠板、無水紅色紅筆或彩色筆、注射筒、熱熔膠、圓輪、塑膠管。
- 二、實驗材料：爆炸袋或開心炮、小蘇打粉、檸檬酸、醋、澄清石灰水、糯米紙、石蕊試紙、廣用試紙、紫色高麗菜汁、溴瑞香草藍液。

肆、研究方法與結果

一、觀察開心炮與爆炸袋內含物的成分

(一) 實驗步驟

1. 分別將開心炮與爆炸袋剪開，觀察裡面的成分。
2. 將固體部份用水調成溶液。
3. 分別用石蕊試紙、廣用試紙、溴瑞香草藍和紫色高麗菜汁測量這些溶液的酸鹼性。



圖一



圖二

(二) 實驗結果：

1. 開心炮與爆炸袋內有一包透明液體和一些白色粉末（如圖一）。
2. 以石蕊試紙、廣用試紙、溴瑞香草藍和紫色高麗菜汁，來測試透明液體與白色粉末溶液的酸鹼性，如表一、圖二、圖三和圖四所示：

表一、試紙和試劑測試結果

試紙、試劑 測試物質		石蕊試紙		廣用 試紙	溴瑞香草 藍 溶 液	紫色高 麗菜汁
		紅	藍			
開心炮	粉末溶液	變藍	不變	變藍	變藍	變藍綠
	透明液體	不變	變紅	變粉紅	變黃	變紫紅
爆炸袋	粉末溶液	變藍	不變	變藍	變藍	變藍綠
	透明液體	不變	變紅	變粉紅	變黃	變紫紅



圖三



圖四

(三) 實驗發現

1. 開心炮與爆炸袋內的透明液體，經石蕊試紙、廣用試紙、紫色高麗菜汁和溴瑞香草藍液測試後，均呈酸性反應，而且聞起來有酸酸的味道。

2. 開心炮與爆炸袋內白色粉末的水溶液，經石蕊試紙、廣用試紙、紫色高麗菜汁和溴瑞香草藍液測試後，均呈鹼性反應。

二、瞭解開心炮與爆炸袋爆開的原因

(一) 實驗步驟

1. 準備開心炮或爆炸袋各一包，將袋內白色粉末與透明液體放入三號夾鏈袋內。然後，用力敲擊袋並觀察其變化（如圖五）。
2. 將點燃的線香放入袋內，觀察線香的變化。
3. 夾鏈袋內氣泡產生後，在袋子上剪一個小洞，並套上玻璃管和橡皮塞，將氣體擠入錐形瓶中。再用滴管將澄清石灰水滴進瓶內，觀察石灰水的變化。

(二) 實驗結果

1. 開心炮與爆炸袋袋內所產生的氣體，皆使點燃的線香熄滅。
2. 兩袋中所產生的氣體皆使澄清石灰水變成混濁或乳白色。

(三) 實驗發現

1. 從以上現象來判斷，我們推測開心炮與爆炸袋中的酸性液體和鹼性固體交互作用，所產生的氣體是二氧化碳。
2. 開心炮與爆炸袋中所產生的二氧化碳氣體急速膨脹，巨大的壓力讓整個袋子脹破爆開。



圖五

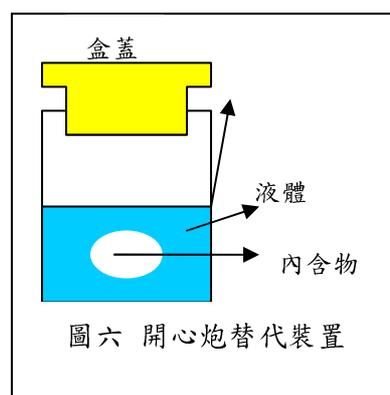
三、比較開心炮、爆炸袋內含物與自製替代物的反應速度、反應威力

接著想繼續探討影響開心炮、爆炸袋內含物反應速度和反應威力的變因，但我們發現以現成的開心炮或用夾鍊袋來代替開心炮做實驗，不但要花費很多錢，而且會製造許多垃圾（袋子包裝紙和塑膠袋），很不環保。因此，我們想利用實驗室中現成的材料，來取代開心炮，設計成如圖六的裝置。

(一) 比較開心炮、爆炸袋內含物與自製替代物的反應速度

1. 實驗步驟

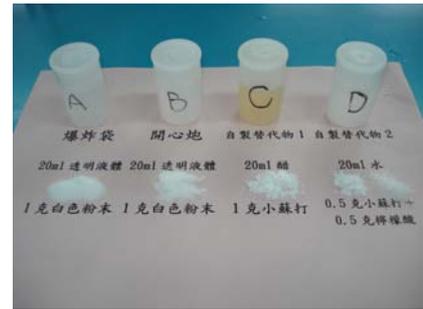
取四個空底片盒，分別標示 A、B、C、D。A 盒放入爆炸袋內含物，B 盒放入開心炮內含物，C、D 兩盒放入自製的替代物（如圖七）。四盒內含物的含量如下：



圖六 開心炮替代裝置

- (1) A 盒：將爆炸袋內 1 克的白色粉末用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 透明液體的底片盒中，立即蓋上頂蓋。

- (2) B 盒：將開心炮內 1 克的白色粉末用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 透明液體的底片盒中，立即蓋上頂蓋。
- (3) C 盒：將 1 克的小蘇打粉用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 醋的底片盒中，立即蓋上頂蓋。
- (4) D 盒：將 0.5 克的小蘇打和 0.5 克的檸檬酸混合後，用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 水的底片盒中，立即蓋上頂蓋。



圖七

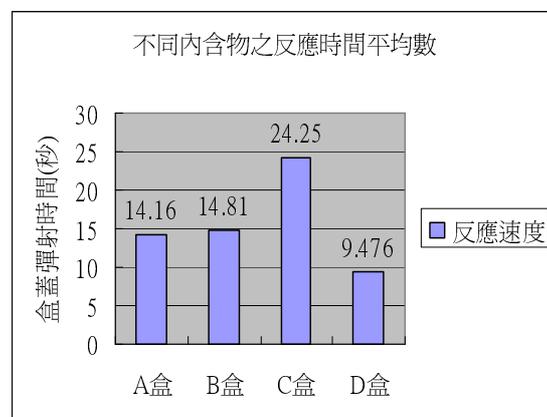
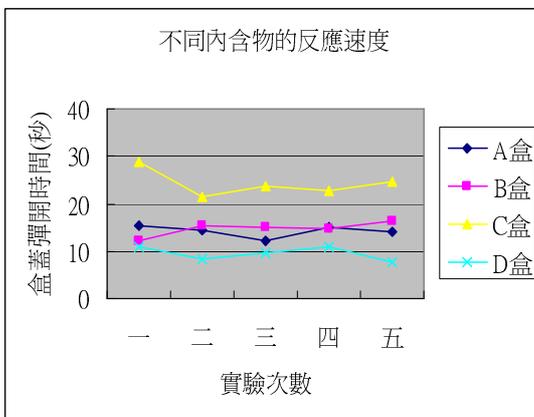
完成以上的裝置後，各紀錄四盒蓋彈開所需要的時間。

2. 實驗結果

表二、不同內含物之反應速度

類別	次數	實驗次數					平均
		一	二	三	四	五	
A 盒 (爆炸袋粉末+液體)		15.47	14.26	12.11	14.98	13.98	14.16
B 盒 (開心炮粉末+液體)		12.07	15.52	15.20	14.79	16.48	14.81
C 盒 (小蘇打+醋)		28.65	21.50	23.66	22.68	24.76	24.25
D 盒 (小蘇打+檸檬酸+水)		10.95	8.40	9.61	10.75	7.67	9.476

(水溫 23°C；單位：秒)



3. 實驗發現

- (1) 從表二我們發現：當粉末與溶液的量一樣時，D 盒反應時間最快，其次是 A、B 盒，反應時間最慢的是 C 盒。
- (2) 由此可見小蘇打和檸檬酸的混合物加水所產生氣體的速度最快。
- (二) 比較開心炮、爆炸袋內含物與自製替代物的反應威力

1. 實驗步驟

取四個空底片盒，分別標示 A、B、C、D。A 盒放入爆炸袋內含物，B 盒放入開心炮內含物，C、D 兩盒放入自製的替代物。四盒內含物的含量如下：

(1) A 盒：將爆炸袋內 1 克的白色粉末用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 透明液體的底片盒中，立即蓋上頂蓋。

(2) B 盒：將開心炮內 1 克的白色粉末用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 透明液體的底片盒中，立即蓋上頂蓋。

(3) C 盒：將 1 克的小蘇打粉用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 醋的底片盒中，立即蓋上頂蓋。

(4) D 盒：將 0.5 克的小蘇打和 0.5 克的檸檬酸混合後，用 5 cm×5 cm 的糯米紙包好，放進裝有 20ml 水的底片盒中，立即蓋上頂蓋。



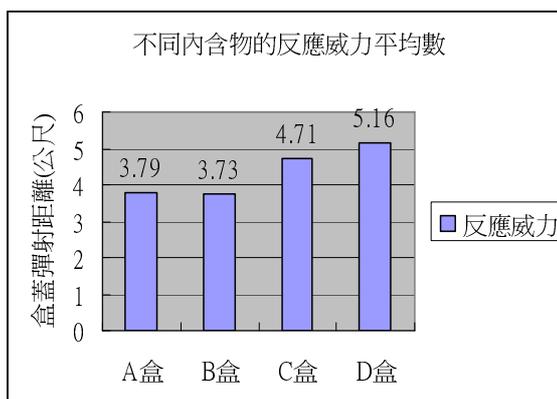
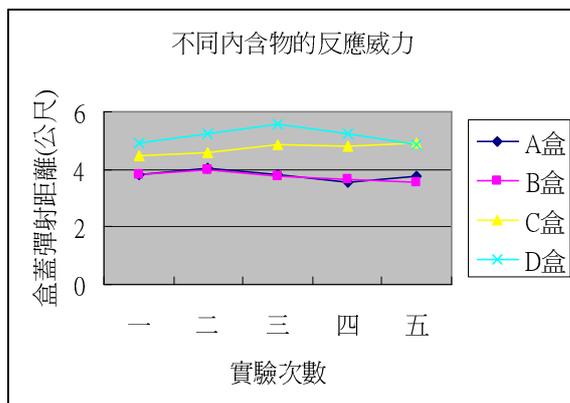
完成以上內含物配製後，將四個盒子綁在壓克力發射架上（如圖八），讓盒蓋彈出，並紀錄其距離。

2. 實驗結果

表三、不同內含物之反應威力

類別	次數	實驗次數					平均
		一	二	三	四	五	
A 盒（爆炸袋粉末＋液體）		3.84	4.01	3.83	3.55	3.74	3.79
B 盒（開心炮粉末＋液體）		3.81	3.98	3.74	3.65	3.54	3.73
C 盒（小蘇打＋醋）		4.45	4.58	4.84	4.78	4.90	4.71
D 盒（小蘇打＋檸檬酸＋水）		4.90	5.24	5.58	5.23	4.83	5.16

（水溫 23℃；單位：公尺）



3. 實驗發現

- (1) 從表三可以看出：D 盒的盒蓋所彈射的距離最遠，其次是 C 盒，最近的是 A 盒與 B 盒。由此可見，檸檬酸和小蘇打的混合粉末加水所產生氣體的反應威力最強。
- (2) 綜合以上兩個反應速度與反應威力實驗的結果，我們發現當粉末和溶液的量相同時，D 盒所產生氣體的反應速度與反應威力都較其它三盒好。因此，我們決定使用檸檬酸加小蘇打作為開心炮與爆炸袋的替代物，來探討影響氣體反應速度與威力的因素。

四、探討影響自製替代物氣體生成速度與氣體產生威力的因素

(一) 水量對氣體反應速度與反應威力的影響

【實驗一】水量多寡是否會影響氣體產生的速度？

1. 操縱變因：水量多少 (15ml、20ml、25ml)

應變變因：盒蓋彈開的時間

控制變因：相同底片盒蓋 (重 1.51 克)、底片盒大小 (直徑 3 cm×高度 5 cm)、壓克力發射腳架仰角大小 (45 度)、糯米紙大小 (5 cm×5 cm)、水溫高低 (22 °C)、內含物量 1 克 (0.5 克小蘇打+0.5 克檸檬酸)

2. 實驗步驟：

(1) 將小蘇打和檸檬酸混合後，用糯米紙包好。

(2) 取三個底片盒，標示 A、B、C，分別加入 15ml、20ml 和 25ml 的水。

(3) 在三個底片盒內各放入一個糯米包，並立即蓋上頂蓋。

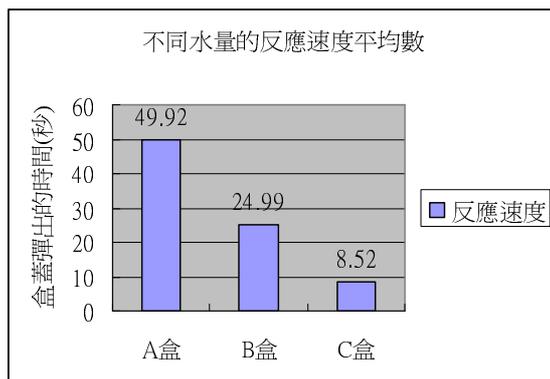
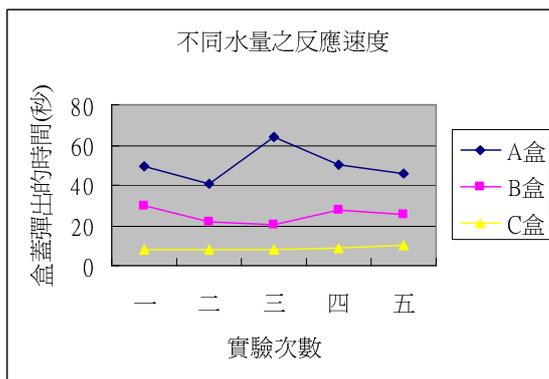
(4) 紀錄盒蓋彈開的時間。

3. 實驗結果：

表四、不同水量的反應速度

類別 \ 次數	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
A 盒 (15ml)	49.25	40.44	64.01	50.23	45.67	49.92
B 盒 (20ml)	29.73	22.16	20.34	27.29	25.41	24.99
C 盒 (25ml)	7.90	7.69	7.86	8.93	10.23	8.52

(水溫 22°C；單位：秒)



4. 實驗發現：

(1) 從表四可以看出：A 盒水量最少，盒蓋最慢彈開；C 盒水量最多，盒蓋最快彈開。

(2) 我們推測盒蓋彈開的時間與盒內空氣柱長短有關。即 A 盒水量少空氣柱較長，需要較長時間來容納較多的氣體，以產生足夠的壓力彈開盒蓋。相對的，C 盒內水量多空氣柱短，可容納氣體的體積較少，只要增加少量氣體，便有足夠壓力以彈開盒蓋。

【實驗二】水量多寡是否會影響氣體產生的威力？

1. 操縱變因：水量多少（15ml、20ml、25ml）

應變變因：盒蓋彈射的距離

控制變因：相同底片盒蓋（重 1.51 克）、底片盒大小（直徑 3 cm×高度 5 cm）、壓克力發射腳架仰角大小（45 度）、糯米紙大小（5 cm×5 cm）、水溫高低（22°C）、內含物量 1 克（0.5 克小蘇打+0.5 克檸檬酸）



圖九

2. 實驗步驟：

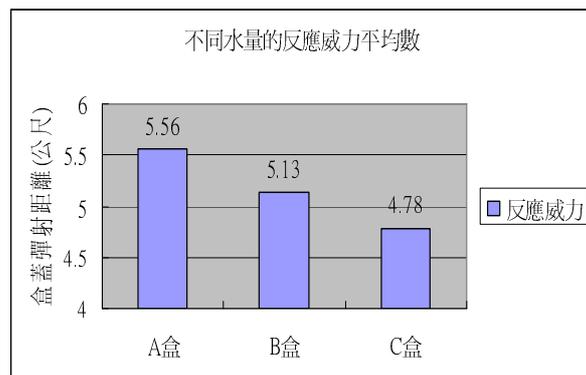
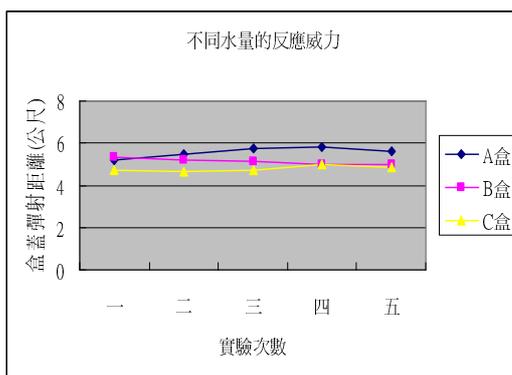
- (1) 將小蘇打和檸檬酸混合後，用糯米紙包好。
- (2) 取三個底片盒，標示 A、B、C，分別加入 15ml、20ml 和 25ml 的水。
- (3) 在 A、B、C 三個底片盒內各放入一個糯米包，並立即蓋上頂蓋。
- (4) 將三個盒子綁在壓克力腳架上，讓盒蓋彈出，並紀錄彈開的距離（如圖九）。

3. 實驗結果：

表五、不同水量的反應威力

類別 \ 次數	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
A 盒 (15ml)	5.21	5.46	5.71	5.83	5.61	5.56
B 盒 (20ml)	5.36	5.21	5.10	5.01	4.98	5.13
C 盒 (25ml)	4.70	4.62	4.75	4.98	4.85	4.78

（水溫 22°C；單位：公尺）



4. 實驗發現：

- (1) 我們從表五發現：A 盒水量少，盒蓋彈射的距離最長；C 盒水量多，盒蓋彈射距離最短。
- (2) 我們推測盒蓋彈射的距離與盒內空氣柱長短有關：A 盒內水量少空氣柱長，可容納氣體體積較多，壓力在盒內慢慢地累積到達一定程度，瞬間的爆發威力自然較強，盒蓋彈射的距離當然最遠；相對地，C 盒內水量多空氣柱短，可容納體積較小，只需少量氣體便有足夠壓力以彈開盒蓋，瞬間爆發威力也較小。

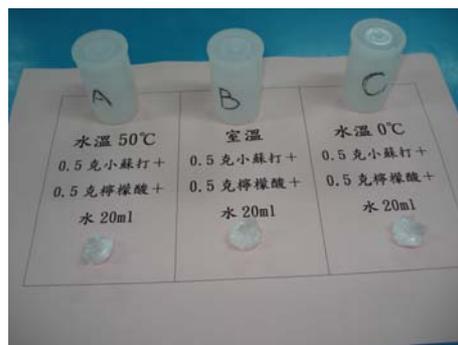
(二) 水溫對氣體反應速度與反應威力的影響

【實驗三】水溫高低是否會影響氣體產生的速度？

1. 操縱變因：水溫高低 (0°C、17°C、50°C)

應變變因：盒蓋彈開的時間

控制變因：相同底片盒蓋、底片盒大小 (直徑 3 cm×高度 5 cm)、壓克力發射腳架仰角大小 (45 度)、糯米紙大小 (5 cm×5 cm)、水量多寡 (20ml)、內含物量 1 克 (0.5 克小蘇打+0.5 克檸檬酸)



圖十

2. 實驗步驟：

(1) 將小蘇打和檸檬酸混合後用糯米紙包好。

(2) 取三個底片盒標示 A、B、C，分別加入 20 毫升 0°C、17°C (室溫) 和 50°C 的水。

(3) 在三個底片盒內各放入一個糯米包，並立即蓋上頂蓋 (如圖十)。

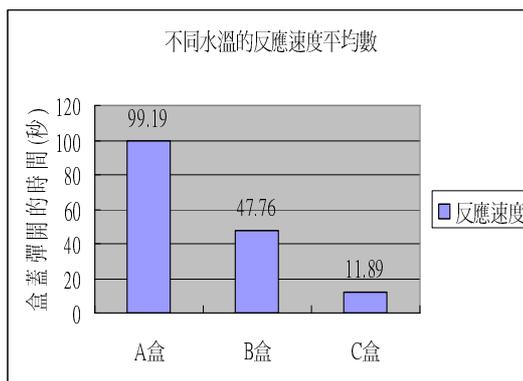
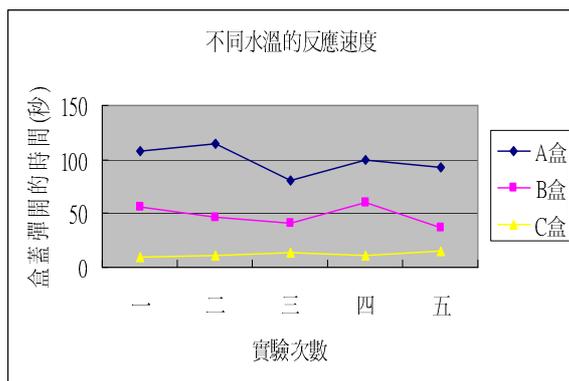
(4) 紀錄盒蓋彈開的時間。

3. 實驗結果：

表六、不同水溫的反應速度

類別 \ 次數	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
A 盒 (0°C)	108.17	114.51	80.73	100.15	92.37	99.19
B 盒 (17°C)	55.47	46.28	40.63	60.11	36.32	47.76
C 盒 (50°C)	9.27	10.87	13.88	10.55	14.88	11.89

(單位：秒)



4. 實驗發現：

(1) 從表六可以看出：溫度越高，盒蓋彈開所需的時間愈短；溫度越低，盒蓋彈開所需的時間越長。

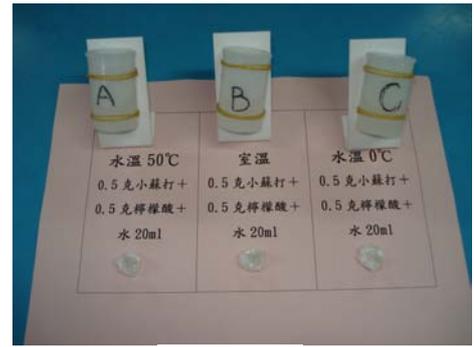
(2) 在高溫下，粉末溶解交互作用的速度越快，產生的氣體速度較快；溫度愈低，產生氣體速度愈慢。

【實驗四】水溫高低是否會影響氣體產生的威力？

1. 操縱變因：水溫高低（0°C、17°C、50°C）

應變變因：盒蓋彈開的距離

控制變因：相同底片盒蓋（重 1.51 克）、底片盒大小（直徑 3 cm×高度 5 cm）、壓克力發射腳架仰角大小（45 度）、糯米紙大小（5 cm×5 cm）、水量多寡（20ml）、內含物量 1 克（0.5 克小蘇打+0.5 克檸檬酸）



圖十一

2. 實驗步驟：

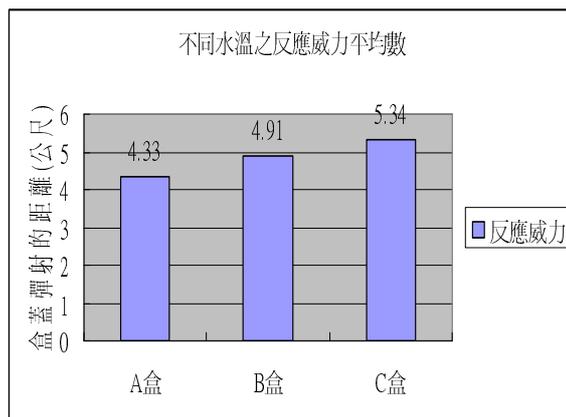
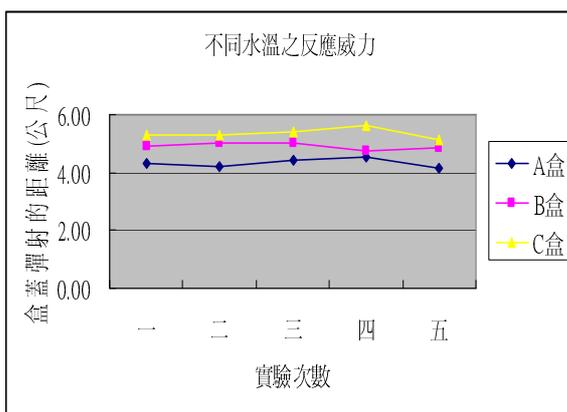
- (1) 將小蘇打和檸檬酸混合後，用糯米紙包好。
- (2) 取三個底片盒，標示 A、B、C，分別加入 20 毫升 0°C、17°C（室溫）和 50°C 的水。
- (3) 在 A、B、C 三個底片盒內各放入一個糯米包，並立即蓋上頂蓋（如圖十一）。
- (4) 將三個盒子綁在壓克力腳架上，讓盒蓋彈出，並紀錄彈開的距離。

3. 實驗結果：

表七、不同水溫的反應威力

次數 類別	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
A 盒 (0°C)	4.31	4.22	4.43	4.54	4.14	4.33
B 盒 (17°C)	4.92	5.00	5.03	4.73	4.85	4.91
C 盒 (50°C)	5.30	5.27	5.41	5.63	5.11	5.34

（單位：公尺）



4. 實驗發現：

從表七可以看出：使盒蓋彈得最遠的是 50°C 的水，其次 17°C（室溫）的水，距離最短的是 0°C 的水。由此可見，溫度越高，瓶蓋彈射距離也較遠，反應威力越大；溫度越低，瓶蓋彈射距離較近，反應威力也越小。

(三) 內含物比例對氣體反應速度與反應威力的影響

【實驗五】不同比例的內含物是否會影響氣體產生的速度？

1. 操縱變因：內含物的比例 (7:3、1:1、3:7)

應變變因：盒蓋彈開的時間

控制變因：相同底片盒蓋、底片盒大小 (直徑 3 cm×高度 5 cm)、壓克力發射腳架仰角大小 (45 度)、糯米紙大小 (5 cm×5 cm)、水溫高低 (18°C)、水量多寡 (20ml)、內含物量 1 克

2. 實驗步驟：

(1) 將 0.7 克小蘇打+0.3 克檸檬酸、0.5 克小蘇打+0.5 克檸檬酸、0.3 克小蘇打+0.7 克檸檬酸等三種比例組合的粉末，用糯米紙包好。

(2) 取三個底片盒，標示 A、B、C，各加入 20 毫升 18°C 的水。

(3) 將以上三種不同比例組合的糯米包分別放入 A、B、C 盒中，並立即蓋上頂蓋。

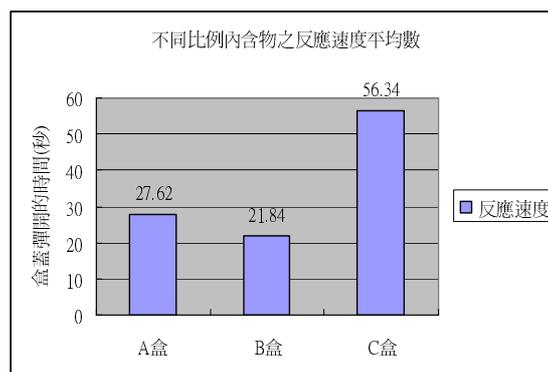
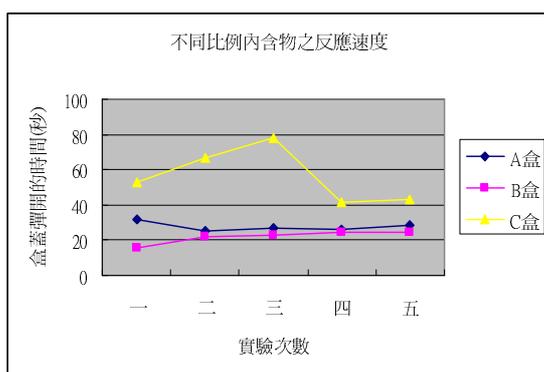
(4) 紀錄盒蓋彈開的時間

3. 實驗結果：

表八、不同比例內含物的反應速度

類別 \ 次數	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
A 盒 (7:3)	31.41	25.38	26.74	25.91	28.67	27.62
B 盒 (1:1)	15.44	21.88	22.78	24.64	24.47	21.84
C 盒 (3:7)	52.72	66.89	78.15	41.23	42.70	56.34

(水溫 18°C；單位：秒)



4. 實驗發現：

從表八可以看出：以 0.5 克的小蘇打與 0.5 克檸檬酸的組合來產生氣體的速度是較快。

【實驗六】不同比例的內含物是否會影響氣體產生的威力？

1. 操縱變因：內含物的比例 (7:3、1:1、3:7)

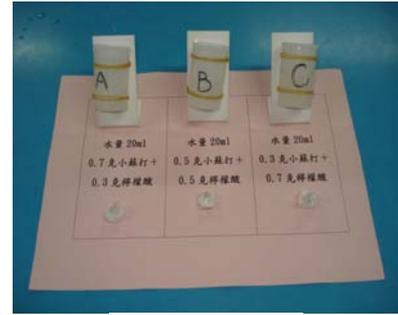
應變變因：盒蓋彈開的距離

控制變因：相同底片盒蓋、底片盒大小 (直徑 3 cm×高度 5 cm)、壓克力發射腳架仰

角大小 (45 度)、糯米紙大小 (5 cm×5 cm)、水溫高低 (18°C)、水量多寡 (20ml)、內含物量 1 克

2. 實驗步驟：

- (1) 將三種不同比例組合的粉末，用糯米紙包好。
- (2) 取三個底片盒，標示 A、B、C，各加入 20 毫升 18°C 的水，分別放入三種不同比例組合的糯米包，並立即蓋上頂蓋。
- (3) 將三個盒子綁在壓克力腳架上 (如圖十二)，讓盒蓋彈出，並紀錄彈開的距離。



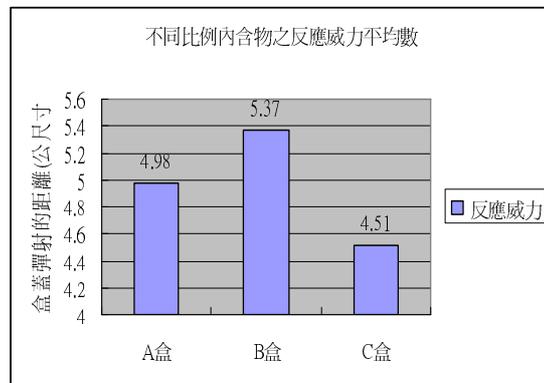
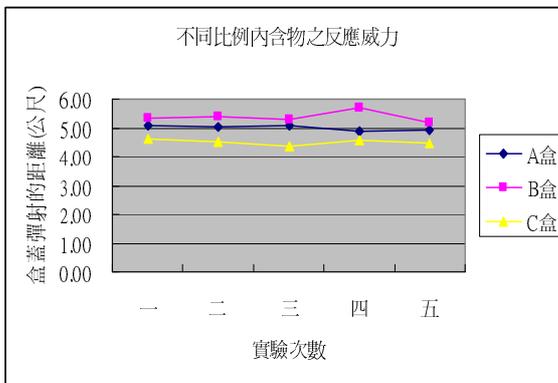
圖十二

3. 實驗結果：

表九、不同比例內含物的反應威力

類別	次數	實驗次數					平均
		一	二	三	四	五	
A 盒 (7:3)		5.07	5.03	5.06	4.85	4.91	4.98
B 盒 (1:1)		5.34	5.36	5.27	5.70	5.18	5.37
C 盒 (3:7)		4.64	4.52	4.38	4.55	4.44	4.51

(水溫 18°C；單位：公尺)



4. 實驗發現：

- (1) 從表九可以看出：小蘇打與檸檬酸的混合比為 1:1 時，盒蓋彈射距離較遠，氣體產生的威力較大。
- (2) 由實驗五與實驗六的實驗來看，小蘇打是產生二氧化碳的主要來源，小蘇打如果能完全與檸檬酸產生交互作用，氣體產生的速度較快，產生的威力也較大，綜合威力和速度的反應結果，其中以 1:1 的混合較為好。

五、應用開心炮或爆炸袋的原理做成各種玩具

(一) 自製開心炮或爆炸袋

了解以上對於影響自製替代物所產生氣體的反應速度與威力的因素後，我們自製了一個開心炮，試試看效果如何。首先，準備一個大夾鏈袋(12 cm×17 cm)，在袋內放入2克小蘇打、2克檸檬酸和一個裝30ml水的小夾鏈袋(5 cm×7 cm)。然後將袋內多餘的空氣擠出並封緊袋口；再用力敲擊小夾鏈袋，然後左右搖晃，使小夾鏈袋跑出來的水和大夾鏈袋中的粉末能充分混合(如圖十三)；大約60秒後會充氣並爆開，效果不錯。雖然自製開心炮的塑膠袋可以再回收重覆使用，但敲擊太大力時，袋子會破掉，要再玩需再準備夾鏈袋，蠻浪費資源又會製造垃圾。因此，我們開始動腦筋找出一些可再利用的物品，應用開心炮或爆炸袋的原理，來製作好玩又有趣的玩具。



圖十三

(二) 自製筆火箭或底片盒火箭

1. 製作方法

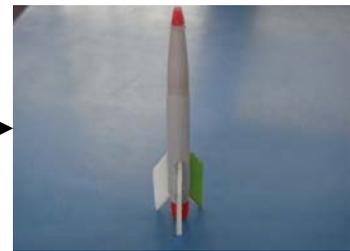
- (1) 將已經沒水的紅色墨水筆中的紅色墨條與筆芯去除，並將筆洗淨、晾乾。
- (2) 用熱熔膠的將筆尖的孔隙封住，避免空氣外洩(如圖十四)。



圖十四



圖十五

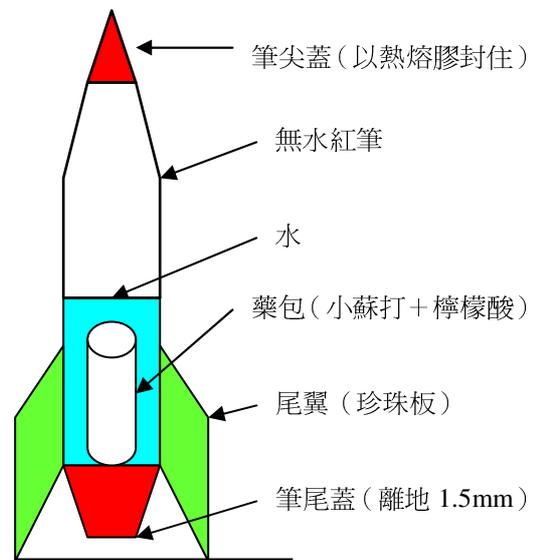


圖十六

- (3) 將自然課實驗剩下珍珠板，根據紅筆大小，做成火箭的尾翼三片(如圖十五)。
- (4) 用熱熔膠將尾翼膠黏在紅筆的尾端，使火箭可以直立在桌面上(如圖十六)，並在火箭上綁上細線。

2. 實驗步驟：

- (1) 用糯米紙將0.4克小蘇打和0.4克檸檬酸包住，捲成長條狀；在筆火箭加入2.5ml的水(水溫18°C)，再塞入這兩種混合物的糯米條(如圖十七)。
- (2) 蓋緊筆尾蓋，開始測量火箭的反應速



圖十七 筆火箭構造圖

度及飛行高度（線被拉長的長度）各五次。

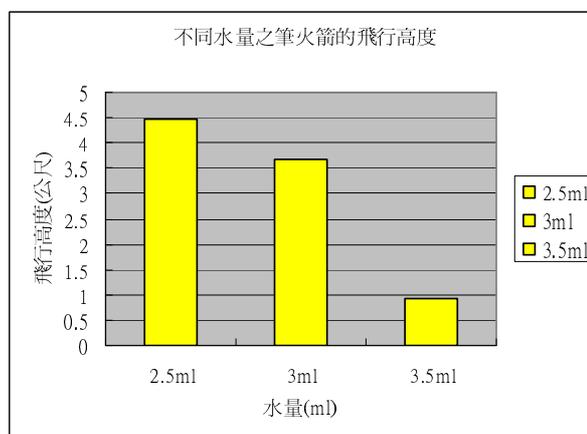
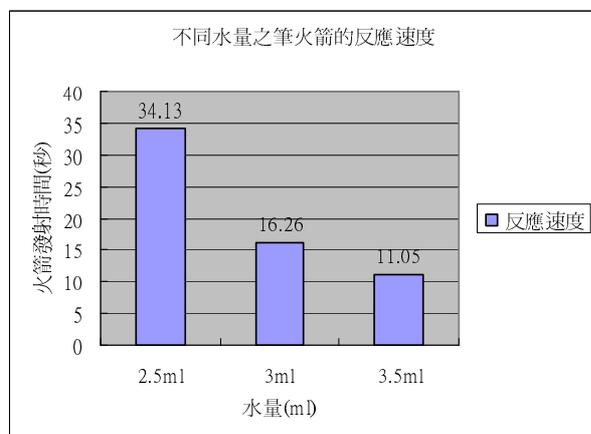
- (3) 分別測量火箭在 3ml、3.5ml 水量時的反應速度和飛行高度各五次，並記錄在表十二中。
- (4) 接著製作不同粉末比例的糯米條：0.2 克小蘇打和 0.6 克檸檬酸、0.4 克小蘇打和 0.4 克檸檬酸、0.6 克小蘇打和 0.2 克檸檬酸。
- (5) 混合物放入含有 2.5ml 水量的火箭後，分別測量火箭的反應速度和飛行高度各五次，並記錄在表十三中。

2. 實驗結果

表十二、不同水量的筆火箭反應速度與飛行高度

類別 \ 次數		實驗次數					平均
		一	二	三	四	五	
反應速度	2.5ml	32.97	31.65	35.42	40.51	30.11	34.13 秒
	3ml	14.98	15.10	20.31	16.13	14.78	16.26 秒
	3.5ml	10.88	9.80	11.20	13.24	10.12	11.05 秒
飛行高度	2.5ml	4.45	4.85	4.33	4.61	4.12	4.47 公尺
	3ml	3.58	4.01	3.44	3.63	3.79	3.69 公尺
	3.5ml	0.93	1.01	0.88	0.96	0.81	0.92 公尺

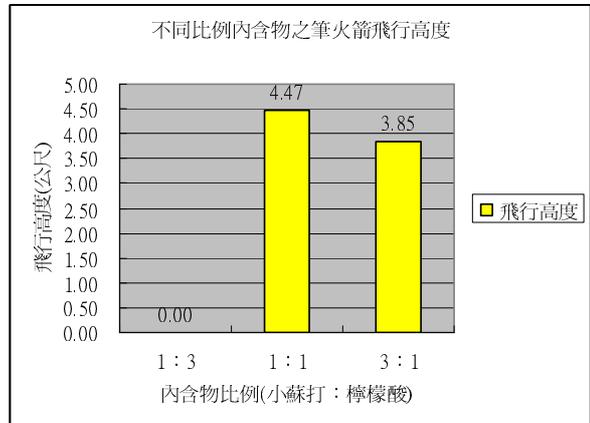
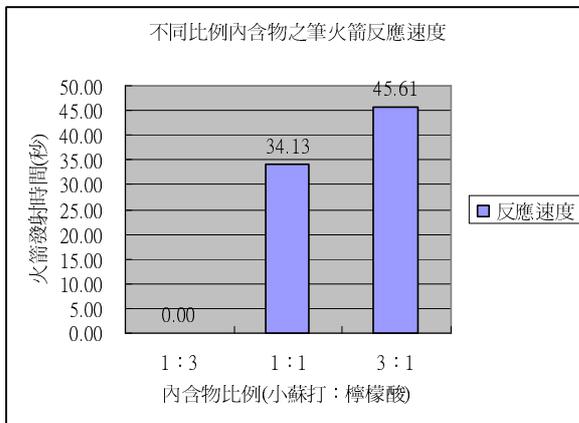
(水溫 18°C；單位：秒、公尺)



表十三、不同粉末比例的反應速度與筆火箭飛行高度

類別	次數	實驗次數					平均
		一	二	三	四	五	
反應速度	1:3	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應
	1:1	32.97	31.65	35.42	40.51	30.11	34.13 秒
	3:1	43.11	47.21	46.14	42.36	49.25	45.61 秒
飛行高度	1:3	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應	0.0 公尺
	1:1	4.45	4.85	4.33	4.61	4.12	4.47 公尺
	3:1	3.98	3.66	4.01	3.74	3.88	3.85 公尺

(水量；水溫 18°C；單位：秒、公尺)



3. 實驗發現

- (1) 從表十二的結果發現：水量越多，火箭的反應速度越快，但飛行高度越低；水量越少，火箭的反應速度越慢，但是飛行高度越高。這與實驗一、實驗二的結果相同。
- (2) 從表十三的結果發現：不同粉末比例測試結果，也和實驗五、實驗六的結果一樣，以 1:1 比例的混合物的反應速度和飛行高度較佳，1:3 比例的粉末，可能是氣體產生量太少，壓力不夠，無法將火箭彈射出去。
- (3) 除了紅色墨水筆之外，無水彩色筆、底片盒也可以做成各種不同造形的火箭（如圖十八）。我們進一步作測試，反應速度和飛行高度蠻不錯的。



圖十八



圖十九



圖二十

(三) 注射筒大砲

除了筆火箭外，我們將實驗室中不用的器材，應用開心炮爆炸的原理，做成筆飛機（如圖十九）和注射筒大砲（如圖二十）。其中，注射筒大砲有很多不同有趣的玩法，甚至只要利用空氣或水就可以玩，不但效果很好，還能節省資源。

1. 注射筒大砲的製作過程

- (1) 以熱熔膠將車軸黏上去（如圖廿一），再黏上注射筒，並將兩支注射筒間的縫隙填滿（如圖廿二）；裝上圓輪，然後在輪軸上黏塑膠片（如圖廿三）
- (2) 裝上塑膠管就完成了（如圖二十）。



圖廿一



圖廿二



圖廿三

2. 玩法

【玩法一】

- (1) 用糯米紙將 0.5 克小蘇打和 0.5 克檸檬酸包起來，做成藥包。
- (2) 在砲管注射筒內加入 15ml 的水，放進藥包（如圖廿四）並測量橡皮塞的發射距離五次。

【玩法二】

- (1) 用糯米紙將 0.5 克小蘇打和 0.5 克檸檬酸包起來做成藥包，放進砲管內。
- (2) 在砲身注射筒內加入 15ml 的水，塞入推桿（如圖廿五）；在砲管內裝進橡皮塞，並壓推桿使水進入砲管，緊壓推桿不放，測量橡皮塞的發射距離五次。



圖廿四



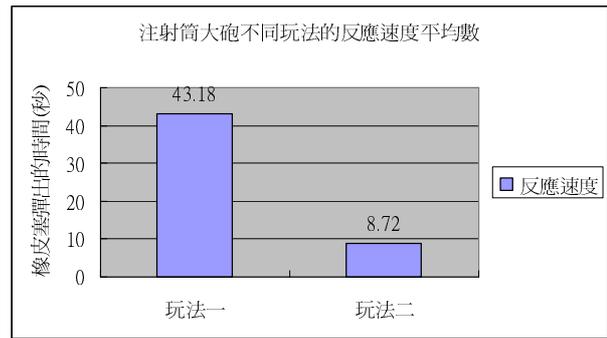
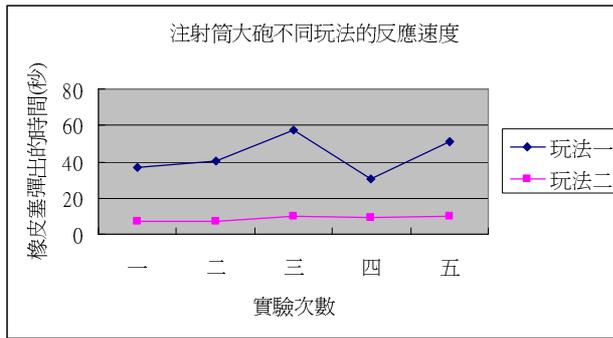
圖廿五

3. 不同玩法測試的結果

表十四、注射筒大砲不同玩法的反應速度

類別 \ 次數	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
玩法一	36.85	40.28	57.32	30.58	50.86	43.18
玩法二	7.35	7.08	10.26	9.23	9.67	8.72

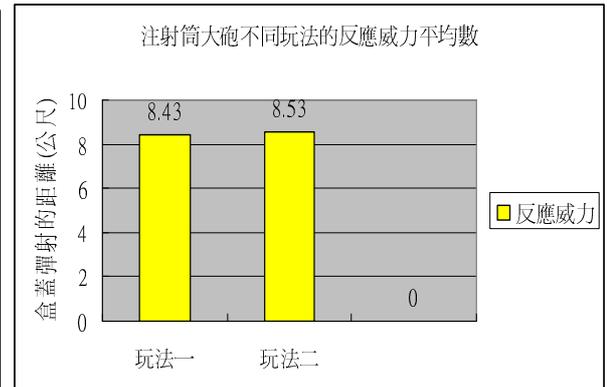
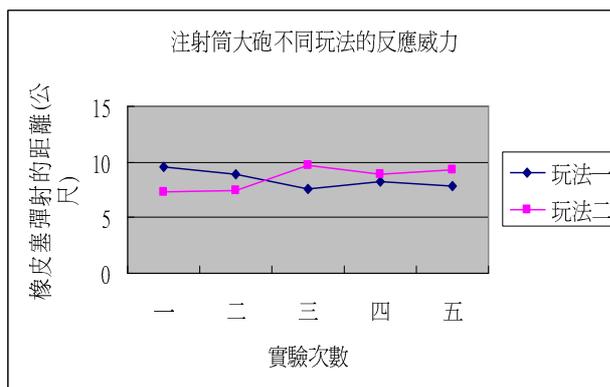
(水量；水溫 25°C；單位：秒)



表十五、注射筒大砲不同玩法的反應威力

類別	實驗次數					平均
	一	二	三	四	五	
玩法一	9.57	8.88	7.53	8.28	7.87	8.43
玩法二	7.35	7.46	9.07	8.90	9.25	8.53

(水量；水溫 25°C；單位：公尺)



4. 實驗發現

- (1) 由表十四的結果發現：玩法二比玩法一的反應速度快。玩法二由於用力加壓使水進入砲管，使砲管內壓力的增加，相對地會使粉末的交互作用加速，因此，反應的時間加快。
- (2) 由表十五的測試結果發現：玩法一與玩法二的彈射距離非常相近。這是因為兩種玩法的空氣柱長短一樣，這二種玩法的反應威力是幾乎是一樣大。

5. 其他玩法

- (1) 用糯米紙將 0.4 克小蘇打和 0.4 克檸檬酸包起來，放進空的彩色筆。
- (2) 在彩色筆內加 2.5ml 的水，蓋上筆尾蓋，做成筆砲彈，再放進注射筒砲管內，就可以發射(如圖廿六)。



圖廿六

伍、結論

綜合以上實驗結果，我們得到的結論與建議如下：

- (一) 開心炮和爆炸袋的內含物成份是由鹼性的白色粉末與酸性的透明液體所組成。
- (二) 開心炮和爆炸袋的爆破原理，與我們五年級自然課時製造二氧化碳滅火器的原理類似：均是利用酸性與鹼性物質交互作用後，所產生足夠的二氧化碳氣體壓力，將袋子撐破。
- (三) 我們利用小蘇打和檸檬酸混合物加水作為開心炮和爆炸袋的替代物，來探討影響氣體產生速度與威力的因素：
 1. 就水量多寡的因素來看，水量越多，空氣柱越短，氣體產生的反應速度越快，但相對累積瞬間的反應威力也較弱；水量越少，空氣柱越長，氣體產生的反應速度較慢，但相對累積的反應威力也較強。
 2. 就水溫高低的因素而言，水溫越高，越容易加速粉末間的交互作用，氣體產生速度越快，反應威力也越大；水溫越低，粉末間的交互作用較慢，氣體產生的速度與威力較小。
 3. 最後就粉末比例因素來探討，我們發現小蘇打與檸檬酸的比例以 1:1 為最佳，不但反應速度快，反應威力也較大。這樣的比例組合可以讓小蘇打很快地產生足夠的二氧化碳來彈開盒蓋。
- (四) 我們將實驗結果應用在自己製作的筆火箭、筆飛機車和注射筒大砲上，反應速度、飛行高度（或距離）與前面實驗效果一樣，而且玩法更多樣、有趣。

從這次實驗過程中，我們發現小蘇打是一種妙用無窮的粉末，而檸檬酸也是一種可以食用且無毒害的酸性替代品，二種物質都是既便宜又容易取得的物品。經過這次的實驗研究，我們發現生活週遭許多隨手可得的物品，能做出許多有趣的科學遊戲或玩具，不但可以做環保，又能從實驗過程中，學習到科學研究的觀念、技能與態度。

陸、參考資料

- 王純姬等編撰（2007）。空氣與燃燒。國民小學自然與生活科技，第 5 冊，38-51 頁。台北：康軒文教事業。
- 王純姬等編撰（2008）。水溶液。國民小學自然與生活科技，第 7 冊，26-45 頁。台北：康軒文教事業。
- 何夏枝等編撰（2008）。酸與鹼。國民小學自然與生活科技，第 6 冊，18-37 頁。台南：南一書局。
- 何夏枝等編撰（2009）。酸與鹼。國民小學自然與生活科技，第 7 冊，22-41 頁。台南：南一書局。

【評語】 080823

本作品運用小蘇打、檸檬酸結合產生二氧化碳氣體，製作出許多有趣的玩具，從探究原理到製作應用的過程，作者發揮團隊合作的精神，不斷修正和創新，研究結果可應用到相關課程單元的教材設計。