

嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：咻~~碰 一縷輕煙

關鍵詞：滅火器 酸鹼中和 二氧化碳（最多三個）

編號：

壹、摘要

在不同種類的滅火器中，我們選擇了酸鹼滅火器來進行模擬試做，一般常見酸鹼滅火器是利用酸鹼中和的原理，將碳酸氫鈉(小蘇打)的水溶液置於鋼瓶內，濃硫酸裝在玻璃瓶或管中，加以封閉起來。使用時，讓兩種液體混合即可產生二氧化碳。借二氧化碳本身的壓力，將藥液從噴嘴噴出以達成滅火效果。為此我們選用具有便宜容易取得優點的小蘇打與醋來進行試驗。首先先利用寶特瓶製作簡易酸鹼滅火器，之後利用此酸鹼滅火器進行二氧化碳氣體的收集，以測試小蘇打與醋的適當搭配比例，並且接著利用蠟燭的熄滅來界定自製滅火器的滅火效果，並加以改良。最後，嘗試挑戰熄滅實驗室酒精燈的火焰，並加以進行相關的改造。

貳、研究動機

因為最近從學校中消防隊的防火宣導教育得到啟發，感覺防火防災確實是生活中很重要的課題，也引起了我們對滅火器的興趣，加上在五下的自然與生活科技課程中，亦提及二氧化碳的製作與滅火器的功能，所以何不就這次科展來自製研究滅火器，也能更進一步體驗阻止燃燒的重點，在於切斷燃燒三要素的連結—隔絕助燃物、降低溫度、移除可燃物，遂有了之後自製滅火器的改造與效能的測試實驗。

參、研究目的

- 一、了解酸鹼滅火器的滅火原理，並利用材料設計出簡易滅火器來進行相關測試。
- 二、研究此簡易滅火器的滅火功效，並嘗試加以改良以熄滅酒精燈。

肆、研究子題

- 一、如何製作簡易的酸鹼滅火器?
- 二、測試小蘇打與醋混合的最佳比例，哪種比例可以產生最多二氧化碳?
- 三、進行自製滅火器的改造，並分別比較最多可以熄滅多少蠟燭?
- 四、若測試對象為火勢較大的酒精燈，需要多少距離才可將其撲滅?

伍、研究設備及器材

- 一、材料：
小蘇打、醋、空寶特瓶數個、鐵釘、蠟燭、可彎吸管、橡膠管、石蕊試紙容器、膠帶、酒精燈、鐵尺、奇異筆、塑膠杯、水箱、濕抹布、水桶、打氣筒噴嘴。
- 二、工具：
長尾夾、熱熔槍、鐵釘、打火機、量筒、剪刀、天平、小量杯、滴管、小漏斗。

陸、研究方法、結果及發現

- 一、如何製作簡易的酸鹼滅火器?
(一)研究方法：



圖 1-1：以可彎吸管自製的滅火器外觀

- 1.因為會使用到火源，所以預先準備水桶及濕抹布，手利用濕抹布包住鐵釘的末端，在酒精燈上進行加熱。
- 2.利用燒熱的鐵釘在寶特瓶蓋上打洞，然後將塑膠水管穿過此洞當作是噴射口，與瓶蓋的接觸縫隙利用熱熔膠槍加以填補(如圖 1-1)。
- 3.以膠帶將石蕊試紙容器固定在塑膠水管(瓶口內部)的末端，以便在內放置小蘇打粉末。
- 4.將瓶內裝水並蓋上瓶蓋，之後將其倒置看有無漏水，藉此測試有無縫隙未填補。
- 5.瓶內倒入些許醋，將小蘇打粉末放置在石蕊試紙容器中，蓋緊瓶蓋並用長尾夾夾住塑膠水管口部即完成設置。

(二)實驗結果：

- 1.將簡易滅火器(如圖 1-2)倒置並加以搖晃，使小蘇打粉充分與醋混合，即可見到內部有大量氣泡產生。
- 2.產生的氣體為二氧化碳，將管口對準點燃的蠟燭，將長尾夾拿下氣體噴出將蠟燭熄滅。(如表 1)

表 1 使用塑膠管與可彎吸管的滅火情形 (熄滅：○ 未熄滅：X)

熄滅情形	實驗次數										總計	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
塑膠管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
可彎吸管	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X		8



圖片 1-2：經多次修改後自製簡易滅火器的各個部位

(三)實驗發現：

- 1.醋與小蘇打的混合可以產生大量二氧化碳氣體，利用長尾夾或手指封住管口，可以讓內部氣體累積壓力，之後一舉噴出，滅火效果十分良好。
- 2.起初噴射口使用可彎吸管，但與塑膠管進行比較之後，發現可彎吸管太過脆弱，經過幾次不同角度的彎折和會有破損漏氣而影響實驗，反之塑膠管夠強韌可達到各種角度的滅火需求，因此之後的實驗採用塑膠管製作。
- 3.在其中的數次試驗中發現，醋會與二氧化碳一同噴出而影響實驗精確度，故在倒立搖晃動作完成後，將簡易滅火器翻回正面並輕敲幾下使水管中的醋排除乾淨。
- 4.起初利用熱融膠封住水管與瓶蓋的空隙，但效果不彰有漏氣的情形，所以改用 silicon 填補，效果顯著。
- 5.使用 600ml 寶特瓶容器製作簡易滅火器時，考量到在準備滅火時內部含有大量空氣，所以後續採用體積較小的瓶子來製作，以減少空氣的含量，增加二氧化碳的純度。

二、測試小蘇打與醋混合的最佳比例，哪種比例可以產生最多二氧化碳？

(一)研究方法：

1. 分別進行三組小蘇打與醋不同混合比例的實驗，其中醋均為 15ml，A 組：準備小蘇打 1g、B 組：準備小蘇打 3g、C 組：準備小蘇打 5g。
2. 準備一個裝水的水箱與透明杯，將透明杯裝滿水並倒置在水箱中。
3. 利用製作完成的簡易滅火器，分別將 A、B、C 三組材料充分混合之後，將滅火器塑膠管管口伸入透明杯杯口，以進行二氧化碳氣體的收集。
- 4.在二氧化碳氣體的產生結束後，在透明杯上以奇異筆作下記號(如圖 2-1)。
- 5.接著，將此透明杯裝水至記號處(如圖 2-2)，並用量筒量測體積，即可估測出產生二氧化碳的多寡，之後對三組進行比較(如表 2)。



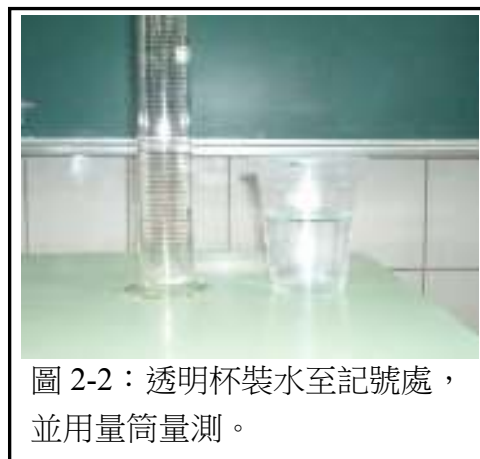
(二)實驗結果：

表 2 不同比例的小蘇打與醋混合後所產生的二氧化碳體積 (單位：毫升)

C O 2 小 蘇 打	實驗 次 數	體 積							
		1	2	3	4	5	6	7	平均
1g (A 組)		251	270	264	255	245	260	258	257.5
3g (B 組)		354	345	360	377	351	349	361	356.7
5g (C 組)		371	361	358	378	351	365	366	364.7

(三)實驗發現：

1. B 組的 3g 小蘇打與 C 組的 5g 小蘇打產生二氧化碳的量進行比較，發現兩組產生的二氧化碳體積差異不大，所以推測針對 15ml 的醋只需加入 3g 小蘇打即可完成反應。
2. A 組的 1g 小蘇打產生的二氧化碳明顯較少，所以推論尚可添加小蘇打入內促成二氧化碳生成。
3. 在每次的試驗中，利用排水集氣法收集二氧化碳時，應注意將滅火器內的小蘇打與醋充分混合至無氣泡產生後，才完成氣體的收集。
4. 在使用天平量測小蘇打的重量後，在添加小蘇打進入簡易滅火器時，應盡量避免小蘇打殘留在天平盤面與漏斗中，以使實驗結果更加精確。



三、進行自製滅火器的改造，並分別比較最多可以熄滅多少蠟燭？

(一)研究方法：

1. 在桌面上設置 6 根蠟燭(如圖 3-1)，利用鐵尺量測使每根蠟燭間隔 5cm，而在右邊桌緣設置一鐵架，準備固定簡易滅火器的噴射口。
2. 以膠帶將簡易滅火器的塑膠管固定在鐵架上，並須調整高度和角度至與燭火平行。
3. 用打火機點燃燭火，並添加 3g 小蘇打與 15ml 的醋進入滅火器當中，接著以手指封住塑膠管口，並將滅火器倒置搖晃使其充分混合。
4. 手指離開管口，二氧化碳氣體隨之衝出，之後紀錄各次試驗熄滅了幾隻燭火。
5. 接著，以打火機加熱塑膠管等其軟化，再與打氣筒的噴嘴接合(如圖 3-2)以進行滅火器的改造，並重複以上步驟來測試滅火功效。



(二)實驗結果：

表 3 比較簡易滅火器改造前後能撲滅多少蠟燭

蠟 燭 熄 滅 狀 態	實 驗 次 數 (根)	1	2	3	4	5	平均
		改造前	4	5	5	4	4
改造後 (加上噴嘴)		6	5	6	6	5	5.6

(三)實驗發現：

1. 加上噴嘴的目的是縮小噴射孔徑，以加強噴射距離及力道，但經實驗發現滅火能力雖有提升，但並不顯著。
2. 原先接上噴嘴的方式是以膠帶加以纏繞成型，後來發現並不够牢靠，所以改用打火機將塑膠管燒軟，並將其孔徑擴大之後，將噴嘴的螺紋部分鎖入，冷卻後密合情形良好不會漏氣。
3. 滅火器熄滅的蠟燭根數頗為穩定，可以達成不錯的滅火效用，可惜需要不斷添加醋與小蘇打粉，在每次實驗之後又須加以清洗擦乾以保持實驗正確性，頗不方便。

四、若測試對象為火勢較大的酒精燈，需要多少距離才可將其撲滅？

(一)研究方法：

1. 分別進行三組實驗，A 組酒精燈將其擺放在離桌緣 10cm 處，B 組酒精燈在 15cm 處，C 組酒精燈為 20cm。(如圖 4-1)
2. 將鐵架固定在桌緣，並以膠帶將滅火器噴射口固定其上，噴射口與酒精燈火焰調整相同的高度。
3. 每次均加入 3g 小蘇打與 15ml 的醋，重複進行實驗，並記錄下酒精燈是否熄滅。



圖片 4-1：以直尺量測長度，並將酒精燈放置在設定的位置。

(二)實驗結果：

表 4 以滅火器嘗試撲滅不同距離酒精燈的情形 (熄滅：○ 未熄滅：X)

酒 精 燈 情 形 距 離	實 驗 次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總計
A 組(10cm)		○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	9
B 組(15cm)		X	○	○	○	○	○	X	X	○	○	7
C 組(20cm)		X	X	○	X	X	X	X	X	X	○	2

(三)實驗發現：

1. 距離 20cm 的 C 組酒精燈很難被此滅火器撲滅，以 A 組(10cm)撲滅情形最佳，而 B 組(15cm)撲滅情形不穩定，故推斷酒精燈的可撲滅距離為 15cm 以內。

- 2.與實驗三相比較，酒精燈的有效撲滅距離較近，推測是因為火勢範圍較大，以簡易滅火器的氣體噴出量而言，二氧化碳無法在較遠的距離予以影響包覆。
- 3.實驗發現，在數次試驗中酒精燈的火勢被噴中後有熄滅的趨勢，但又隨即復燃，推測應是先受到風力及二氧化碳的影響，但因濃度不足又獲得新鮮空氣的補充而燃燒，若想要更有效撲滅火勢，可能需要更大量的二氧化碳產生量，但也需更能承受壓力的瓶身。

柒、討論

一、滅火器有哪些不同的種類?

通常滅火器依其內部滅火劑的性質不同，可適用於不同情況的火災。

1. **水:**水對燃料表面有極佳降溫效果，可減低燃料氣化。滅火器的水通常不會大量霧化，因此對燃燒中的氣體作用不大。通常水劑滅火器內會加入少量其他化學品，以避免滅火器生鏽。部份滅火器亦加入少量化學物減少水的表面張力，讓水能更容易滲入燃燒中物體內部。
2. **泡沫:**通常泡沫滅火劑是水加入泡沫劑，令泡沫能浮在燃燒中的液體之上，隔絕火及燃燒表面。普通泡沫可用在非極化燃料如汽油之上。
3. **乾粉:**乾粉滅火劑主要為兩類，BC 粉是碳酸氫鈉或碳酸氫鉀粉末，以二氧化碳或氮氣推動。粉末能吸收火的熱力，令燃燒的化學反應無法繼續。ABC 粉是硫化氨或磷酸二氫氨。除了能壓制火外，更會溶解成一層黏膜，阻隔燃燒表面與氣體的熱力傳送。
4. **二氧化碳:**二氧化碳 (CO₂) 作用是把空氣排擠，令火失去氧氣熄滅。因為二氧化碳是氣體不會殘留，因此用於電火可避免損壞設備。
5. **鹵化烷:**鹵化烷 (Halon, 亦稱海龍、哈隆) 是一種多功能滅火劑，能救滅 D 類以外的火，而且只需頗低的份量 (不足 5%) 即可。由於鹵化烷屬氟氯化碳，會對臭氧層造成破壞，因此正逐漸被取代。

二、酸鹼滅火器的原理為何?

滅火器內有一小筒，筒內裝滿碳酸氫鈉 (又叫小蘇打) 水溶液，上部置有一個盛有濃硫酸的玻璃瓶。使用時把滅火器倒置，濃硫酸瓶蓋自動脫落，硫酸與碳酸氫鈉溶液反應，生成二氧化碳氣體，而將液體壓出。因為這種滅火器是利用酸鹼中和作用產生二氧化碳的原理，所以叫做酸鹼滅火器。

三、何者是燃燒三要素?

燃燒三要素包括：助燃物(氧氣)、溫度、可燃物。滅火的原理，就是移除其中一個或二個要素，使燃燒無法繼續。

舉例 — 隔絕氧氣：炒菜時，油鍋起火，蓋上鍋蓋，火自然會熄滅。降低溫度：烤肉後熄滅炭火時撒水，水吸收了熱量，火自然會熄滅。移除可燃物：山林起火時砍伐部分樹木，構築防火巷，火燒完後沒東西可燒自然會熄滅。

四、除了小蘇打與醋，還有哪些東西可以拿來當作酸鹼滅火器的材料?

在實驗室中通常以碳酸鹽加酸製備二氧化碳，例如以碳酸鈣 (一般使用大理石或石灰石，因為純碳酸鈣與鹽酸反應太過劇烈，不便於收集) 與稀鹽酸 (避免鹽酸中的 HCl 揮發出來影響 CO₂ 的純度) 反應，並以向上排空氣法收集：



在工業上是以高溫加熱灰石 (主要成分為碳酸鈣) 分解產生二氧化碳：



五、酸鹼滅火器在滅火時有哪些需要注意的事項?

因為二氧化碳比空氣重，所以在低窪處的濃度較高。以人工鑿井或挖孔樁時，若通風不良則會造成井底的人員窒息。 CO_2 的正常含量是0.3%，當 CO_2 的濃度達1%會使人感到氣悶、頭昏、心悸，達到4%~5%時人會感到氣喘、頭痛、眩暈，而達到10%的時候，會使人體機能嚴重混亂，使人喪失知覺、神志不清、呼吸停止而死亡。所以在使用酸鹼滅火器時會產生大量二氧化碳，應盡量避免在密閉空間，保持空氣暢通。

六、生活中還有哪些應用小蘇打與醋的例子?

【小蘇打粉】

1、除臭：

- (1) 夏天垃圾容易發臭，可在垃圾或廚餘上灑小蘇打粉，能有效除臭。
- (2) 稀釋成小蘇打水（200cc 水+1 大匙小蘇打粉），倒入水管中除臭。
- (3) 用容器裝小蘇打粉，上蓋廚房紙巾（透氣、避免小蘇打粉倒出），以橡皮筋綁好，放在冰箱內可當除臭劑。
- (4) 用布或襪子將小蘇打粉包好，放入鞋子中可除臭。

2、清潔：

- (1) 以刷具沾取小蘇打粉及少量水，可清除鍋底頑垢、焦垢。
- (2) 小蘇打粉糊可擦亮銀器。
- (3) 在洗衣時加入三分之二量米杯的小蘇打粉，亦可提升洗淨力（若放小蘇打粉，洗衣精便可少放）。
- (4) 將小蘇打粉灑在地毯上，隔天再用吸塵器將餘粉吸淨。

【白醋】

1、殺菌：在切生食前後可用來清洗沾版殺菌。可用醋來噴垃圾桶、廚餘、洗手。

2、清潔：

- (1) 去除水壺的水垢：將水及醋（水：醋=2：1）倒入水壺中，煮沸後，關火靜置，隔天再倒掉，可有效去除水壺內的水垢。
- (2) 去除水龍頭的水垢：將水及醋（水：醋=10：1）倒入鍋中，將佈滿水垢的零件放入鍋內，煮沸10分鐘，關火靜置，隔天再倒掉，可有效去除水垢。
- (3) 滴1~2滴醋在洗碗精內，可提升洗碗精的去油力（不要直接滴在整瓶洗碗精中，避免放久變質。可將當天要用的洗碗精用量以容器裝好，再加入醋）。
- (4) 以半桶水+一杯醋，用來擦拭地板（大理石地板不可用）。

3、除臭：

- (1) 微波爐：以杯子或碗裝滿水+一湯匙醋，放入微波爐中加熱一分鐘，能去除臭味。
- (2) 烤箱：以烤盤+半杯醋，放入烤箱烤3分鐘，能去除臭味。

捌、結論

一、實驗一中得知：滅火器的噴射管在使用時需要各種角度的彎曲，所以應選用較為堅韌耐用的塑膠管，而小蘇打與醋混合後會產生大量二氧化碳氣體，採用塑膠管亦較能承受壓力。

- 二、實驗二中得知：較佳的混合比例應是 3g 小蘇打+15ml 的醋，但此實驗其實可更加細膩分割，將小蘇打逐次累加 1g 的方式來測量。
- 三、實驗三中得知：改變噴射口的口徑可以增強二氧化碳噴出的力量，進而達到較佳的滅火成效，但進步幅度不甚明顯。
- 四、實驗四中得知：根據酒精燈的熄滅情形，15cm 內為有效的撲滅範圍，比蠟燭的撲滅範圍要短，所以推測若是要撲滅更大火勢，應增加二氧化碳排放量及瓶身強度。

玖、參考資料

【網站資源】

國立台中教育大學科學應用與推廣系-科學遊戲實驗室。火山爆發。取自：

<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-003.html>

【網站資源】

防火 DIY。簡易滅火器製作。取自：

http://www.hkjh.kh.edu.tw/admin/31/new/fire/new_page_13.htm

【網站資源】

維基百科-自由的百科全書。滅火器。取自：

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BB%85%E7%81%AB%E5%99%A8>