

【2021 科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱：環保鞭炮 嗶嘰啪啦

一、摘要：

傳統繞境文化所造成的環境汙染，容易造成居民與文化的衝突，在 21 世紀強調生活品質與居住安全的社會當中，藉由氫氧氣體為燃料的環保鞭炮，可有效降低垃圾汙染，並利用控制氫氣濃度、瓶塞緊實程度調整爆炸音量，以達在都市中控制噪音避免影響生活水平之目標，本實驗除解決都市問題，亦可在農村間藉由此方式達到提醒或警示鳥類，降低農產品的損害。

二、探究題目與動機

「台北市萬華區青山宮日前繞境，狂放鞭炮、陣頭噪音、遍地垃圾、交通壅塞皆引爆民怨。台北市長柯文哲昨說，改進方向包含鞭炮減量、噪音減少、控制活動時間，允諾『明年會做得更好』」蘋果日報 2020 年 12 月 9 日報導。

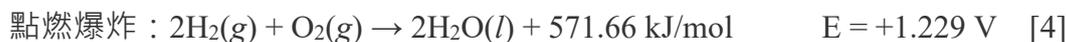
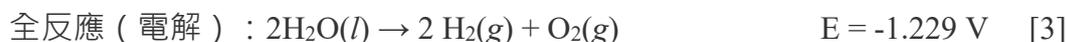
今年年底的萬華青山宮繞境造成周圍鄰居很大的困擾，我們住在板橋，那三天晚上鞭炮聲吵到我們都睡不好，隔天起來看到新聞報導，除了噪音的問題外也造成艋舺當地的大街小巷滿地的垃圾，因此我們就在想，是否可以找到更「乾淨」的鞭炮，點燃之後不會產生垃圾或是讓垃圾減量，此外鞭炮的音量是我們也想控制的，而非隨機燃燒火藥產生不可控制的聲音。



Figure 1 實驗發想圖

以音量為主題，想像爆炸如何產生聲音，產生聲音的過程中，不論原因皆須讓氣體的體積膨脹，而在定壓下體積膨脹有兩大原因，根據理想氣體方程式了解可藉由氣體莫耳數增加或是溫度上升可達到體積變大，在這兩種前提下想要有效率且產生乾淨的產物，因此我們選用氫氣與氧氣反應來產生爆炸，而產物水是乾淨的產物，藉此達到我們實驗目的。

而要產生氫氣氧氣我們以電解水的方式得到此反應物，其方程式如下：



利用爆炸時放出的熱量加熱氣體，使氣體瞬間受熱膨脹而產生聲音，藉此達到爆炸效果。

三、探究目的與假設

聲音是一種能量，此能量可由許多不同能量轉換而來，如燃燒火藥是一種化學能轉換成聲能；指甲摩擦黑板是由動能轉換成聲能；過年時瓷碗從高處墜落撞擊地面，是從位能轉換成聲能。在放鞭炮時除了噪音和垃圾的問題外，還會聞到臭臭的硫磺味，因此我們想從化學能轉換成聲能出發，希望利用不同的化學能燃燒爆炸，但爆炸後能解決空氣和垃圾的問題。在國中我們也學過電解水產生氫氣和氧氣，而電影「絕地救援」中，男主角將氫氣和氧氣燃燒爆炸產生水氣，所以我們從電解水產生氫氣和氧氣著手，先解決空氣汙染後，再設法解決噪音及垃圾汙染。

針對氫氣和氧氣燃燒來調整音量大小聲的部分，我們希望能了解以下問題：

- (一) 定量的氣體混合均勻燃燒，產生的音量與接收距離的關係。
- (二) 燃料多寡對音量大小聲的影響。
- (三) 在定量燃料氣體中，海綿子彈塞入炮管的鬆緊程度，是否影響聲音的大小聲。
- (四) 爆炸聲音越大聲，是否會讓垃圾(子彈)飛得越遠。

四、探究方法與驗證步驟

前置作業：製作電解水微型器及氫氣槍

1. 取兩個 20 毫升的塑膠針筒，將其中 A 針筒活塞上的橡膠拆下。再利用兩隻迴紋針將其凹直，迴紋針穿過活塞橡膠，作為電極。
2. 將含迴紋針電極的活塞至於空筒內，對齊刻度 20mL。
3. 並由末端注入熱熔膠，活塞與熱熔膠為防漏液功能，務必注滿。
4. 待熱熔膠冷卻後，至於布丁碗中，並加熱熔膠使其站立固定，於上方套上接頭，完成電解水微型器。
5. 取寶特瓶瓶胚鑽一大一小的洞，將壓電陶瓷安置於瓶胚上，調整角度後用熱熔膠固定。
6. 塞入海棉塞，完成氫氣槍。



Figure 2 迴紋針電極



Figure 3 電解槽



Figure 4 電解槽防漏措施



Figure 5 固定電解槽



Figure 6 安裝氫氣槍

實驗(一) 探討定量氫氣氧氣混合燃燒，產生的音量與接收聲音距離的關係。

1. 電解水收集 20mL 氫氣與氧氣的混合氣體，注入氫氣槍中。
2. 將海綿子彈塞入，並調整瓶塞位在螺旋紋路第二格。
3. 手機收音位在距氫氣槍口 15 公分、30 公分、45 公分、60 公分、75 公分、90 公分處。
4. 點燃氫氧混合氣體，紀錄音量大小。

實驗結果(一)

Table 1 氫氧氣體爆炸音量與距離關係

實驗(一) 爆炸距離(cm)對音量(dB)的影響						
距離(cm)	15	30	45	60	75	90
音量(dB)	79.71	80.24	80.62	79.62	81.62	78.52

結果討論

從實驗數據上可發現，和我們預期距離越遠則聲音能量越小的假設不符，聲音忽大忽小，但大小之間都在正負 1 分貝內，我們嘗試改變測量的環境，參考過去對聲音的研究，很多測量時都會做一個隔音箱，但本實驗是研究鞭炮，真實狀況不太可能讓鞭炮在隔音箱內爆炸，原本在教室內做測量，教室內密閉空間，長度略長，且周圍背景音稍大，平均有 68 分貝左右，有時甚至會聽到回聲，因此我們修正更改做實驗(一甲)，將測量環境調整為空曠的穿堂進行，且將距離放大至 1m、2m、4m、8m、16m。希望藉由此兩部分調整，能證實距離越遠能量越小的現象。

實驗結果(一甲)

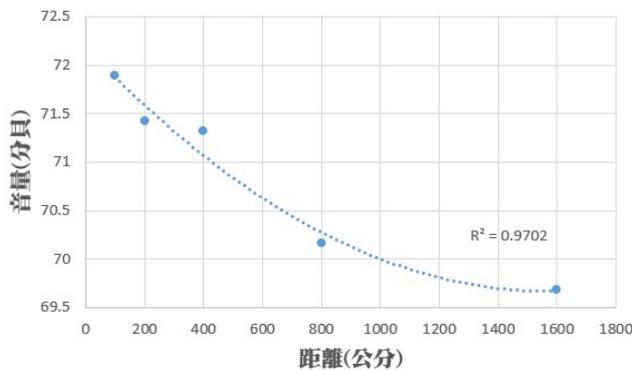


Figure 7 爆炸距離與爆炸音量作圖



Figure 8 手機聲級計

從實驗結果 (圖 7) 可發現距離越遠聲音遞減，而且和距離平方成反比的趨勢線其 R^2 值超過 0.97，符合我們的假設，往後實驗參照此實驗結果延續進行。

實驗(二) 探討氫氧混合氣體體積燃燒，產生的音量大小關係。

1. 電解水收集 5mL、10mL、15mL 及 20mL 氫氣與氧氣的混合氣體，注入氫氣槍中。
2. 將海綿子彈塞入，並調整瓶塞位在螺旋紋路第二格。
3. 手機收音位在距氫氣槍口 4 公尺處。
4. 點燃氫氧混合氣體，紀錄音量大小，平均後製作圖表。

實驗結果(二)

Table 2 氫氣濃度統計表

氫氧氣體體積	5mL	10mL	15mL	20mL
氫氣體積	3.33	6.67	10	13.33
氫氣濃度	0.0801	0.1604	0.2404	0.3205

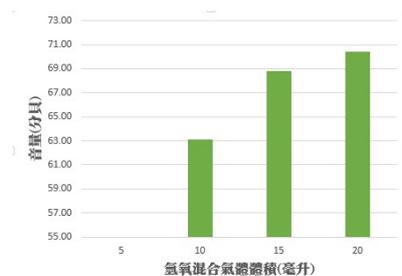


Figure 9 氫氧氣體體積對爆炸音量作圖

結果討論

從實驗結果 (圖 9) 可知，當氫氣槍中的燃料由 20mL、15mL、10mL 遞減，其音量也從 70.43 分貝、68.81 分貝至 63.10 分貝依序遞減，當氫氧混合氣體僅 5mL 時，則無法順利擊發，推測是因可燃性氣體濃度過低，導致無法順利點燃。依據物質安全資料表(MSDS)表示，氫氣濃度 4%-75%間存在發生爆炸的可能性，5 毫升的氫氧混合氣體中，氫氣佔 3.33 毫升，而瓶胚容量為 41.59 毫升，則氫氣的理論濃度為 $3.33/41.59=8.01\%$ ，雖大於 4%，但有可能在填充氣體過程中產生部分洩漏，或是利用壓電陶瓷時點燃氫氧氣體時，氫氣的濃度集中於瓶胚上方，因濃度不均導致火星附近氫氣濃度不足，而無法產生爆炸。但在 10 毫升、15 毫升、20 毫升氫氧混合氣體中，氫氣濃度理論計算分別為 16.04%、24.04%、32.05%皆可順利點燃氫氣。

本實驗中，除了電解水產生的氫氣與氧氣外，原空間中為空氣，含有 21%的氧氣，依此推測限量試劑為氫氣，在瓶胚內氫氣越多、燃料越多、化學能越高，能量轉換後產生的聲能也越大聲。

實驗(三) 調整海綿子彈塞入炮管的鬆緊程度，是否影響聲音的大小聲

1. 電解水收集 20mL 氫氣與氧氣的混合氣體，注入氫氣槍中。
2. 將海綿子彈塞入，並調整瓶塞位在螺旋紋路第一格、第二格、第三格。
3. 手機收音位在距氫氣槍口 4 公尺處。
4. 點燃氫氧混合氣體，紀錄音量大小。

實驗結果(三)

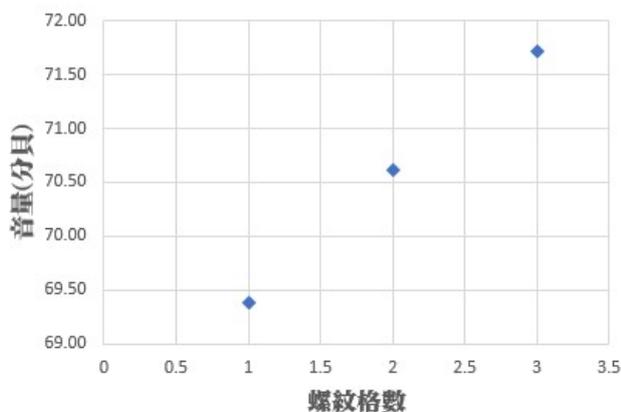


Figure 10 海綿塞鬆緊程度對報照音量作圖

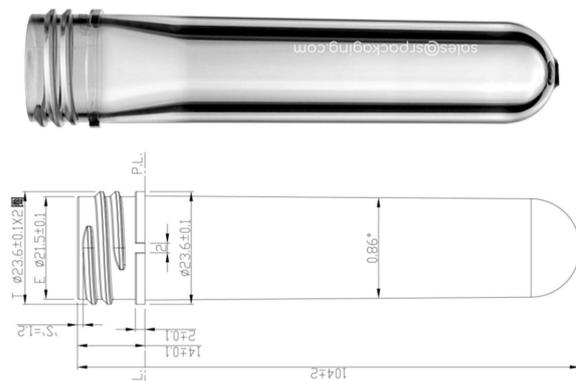


Figure 11 氫氣槍瓶胚示意圖

結果討論

從實驗結果 (圖 10) 可發現，當海綿塞得越緊，爆炸產生的音量越大聲。主要原因要從氫氧燃燒爆炸產生的原因作探討，爆炸時瓶胚內的可燃與助燃氣體**能量瞬間增大**，此外爆炸時溫度瞬間上升導致周圍**氣體體積瞬間膨脹**，這個原因導致原本塞在瓶口的海綿被氣體爆炸的威力噴射而出，雖氫氣氧氣**反應變成水**，實際上氣體變液體，就反應物和產物狀態討論體積會變小，但依實驗結果發現仍讓瓶塞射出，故推斷而爆炸時產生高溫導致氣體膨脹為主要原因，若瓶塞塞的越緊意旨瓶塞與

瓶坯的接觸面越大與反應體積變小，則需要更大的力量才可將瓶塞推出，爆炸產生氣體的壓力都壓在相同**截面積**的海綿塞上，故同**截面積**下，若海綿塞塞的越緊，則導致瓶坯體積越小，使瓶坯內氫氣濃度越高，爆炸產生壓力越大，海綿所受的力量也越大，因此產生的能量亦越大。

依據 $P=F/A$ ，推得 $F=P*A$ ，爆炸產生的氣體壓力越大，作用在相同海綿塞上，所得的推力 F 也越大，再依據牛頓第二運動定律 $F = m a$ ，可知當推力 F 越大時，作用在相同質量的海綿塞上，所得的 a 也會越大，推測聲音越大聲子彈飛的距離也會越遠，因此設計實驗（四）來證實推論是否屬實。

實驗(四) 爆炸音量與子彈飛行距離的關係。

1. 電解水收集約 20mL 氫氣與氧氣的混合氣體，注入氫氣槍中。
2. 將海綿子彈塞入不限程度。
3. 手機收音位在距氫氣槍口 4 公尺處。
4. 點燃氫氧混合氣體，紀錄音量大小，並量測海綿子彈發射後第一個落地點到發射位置的直線距離。

實驗結果(四)

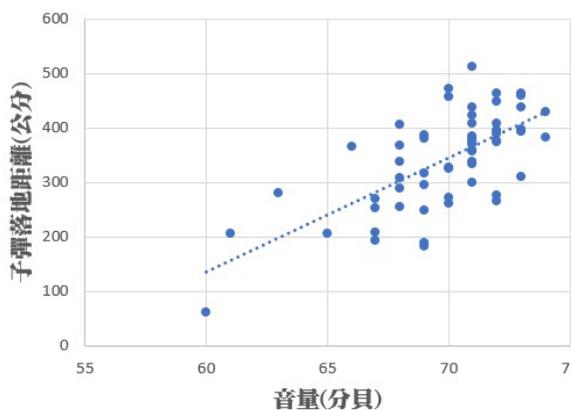


Figure 12 爆炸音量對飛行距離作圖

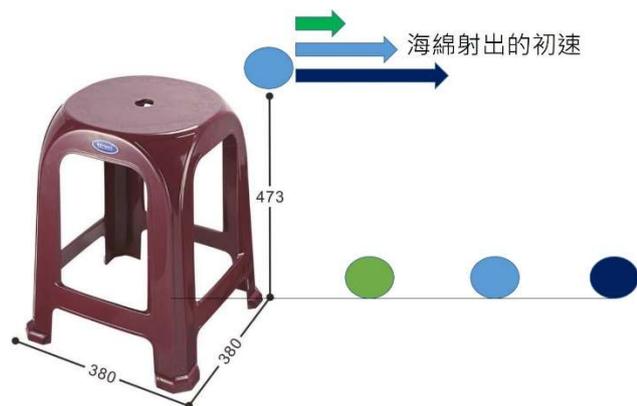


Figure 13 爆炸高度與方向示意圖

結果討論

從實驗四中可發現，不論因氫氧混合氣體較多導致聲音較大聲，或是瓶塞塞的越緊導致聲音較大聲，其發射點到落點所產生的位移，皆有**聲音越大落點越遠**的正關係，證實了作用在同一物質越大的作用力，其產生的加速度越大，在加速度越大的情況下相同的飛行時間，其水平位移也越遠。

實驗四是將氫氣槍固定在紅色塑膠椅上，紅色塑膠椅垂直高度 0.473(m)，若不受空氣阻力影響，重力加速度為 9.8m/s^2 ，則落地時間可依據 $S=0.5*9.8*t^2$ ，推算落地時間需花 0.31(s)，再依據實驗四的結果可推算出 60 分貝子彈飛行距離為 1.35 公尺，65 分貝子彈飛行距離為 2.40 公尺，70 分貝子彈飛行距離為 3.45 公尺，75 分貝子彈飛行距離為 4.49 公尺，回推出在原本爆炸前靜止的情況下 $V_0=0\text{ m/s}$ ，爆炸後其水平速度分別為 4.35 m/s、7.73 m/s、11.11 m/s、14.50 m/s，若爆炸射出時間相同，則證實了聲音越大、能量越大、推力越強且飛行距離越遠的推論。

Table 3 爆炸音量與水平初速對照表

分貝(dB)	60	65	70	75	80
水平距離(m)	1.35	2.40	3.45	4.49	5.54
水平初速(m/s)	4.35	7.73	11.11	14.50	17.88

五、結論與生活應用

- 結論：從實驗一甲結果可知，相同條件的爆炸，當接受位置離爆炸越遠，收到的音量會越小聲。而從實驗二中可知，當可燃氣體 (H_2) 越多，在足夠助燃氣體 (O_2) 下，其爆炸音量會越大，但氫氣濃度須高於最低值才会有爆炸發生。實驗三中而橡皮塞塞的越緊也能讓爆炸音量越大，最後爆炸音量越大聲和橡皮塞飛出距離有正相關。
- 應用：除了可製作成環保鞭炮，讓傳統繞境使用的環境汙染降低外，作為喜慶拉炮也是很好的選擇。亦可設置在農田抽水馬達附近，利用灌溉用水搭配馬達上的電源，設計成定時爆炸的警示聲，減少鳥類啄食農作物的機會，降低農損。



Figure 14 焊接電源線



Figure 15 生日拉炮測試



Figure 16 接收距離與爆炸音量實測



Figure 17 氫氣含量與爆炸音量實測

參考資料

1. 方金祥，2015。創意微型實驗—微型化學環保鞭炮。臺灣化學教育。
2. 林怡瑄、廖怡柔，2016。急速泡泡-利用發泡錠測定反應速率。高中職綠色化學(減毒減量)創意競賽。
3. 吳承翰、呂辰栩，2019。被厄斯特附身的紙碗。全國科學探究競賽。