

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 普高組 技高組 成果報告格式

題目名稱：廢棄物自製氫氣單發槍
一、摘要
水接上電流即可分解為氫氣與氧氣，這兩種氣體混和後能作為環保燃料使用，在本研究中我們利用廢棄的打火機的壓電零件、滴管、塑膠杯製作氫氧燃料槍與電解水裝置，並以廢棄扭蛋殼製作子彈速度測量，進行不同比例氫氣、氧氣實驗。我們得出，在氫氧比1:1時速度最快達到每秒1.26公尺，平均達到每秒1.13公尺，位列所有比例之冠，而其他比例則是隨著氫氣的比例升高而速度漸減，在氫氧比為4:1時，速度平均只有每秒0.48公尺，速度最低。
二、探究題目與動機
當打火機用完瓦斯後，常被當作垃圾丟棄，其實裡面仍保有壓電點火零件，具有再利用的潛力。除了打火機外，使用過的滴管、塑膠杯等等廢棄物也可作為此次研究的工具。 本研究動機來自於我們想將這些廢棄資源重新賦予價值，並利用電解水產生的氫氧氣體作為燃料，製作環保氫氧燃料槍，同時利用自製裝置探究不同氣體比例發射對動能的影響。
三、探究目的與假設
研究目的： <ol style="list-style-type: none">1. 利用廢棄物及常見素材製作電解水裝置，並藉此蒐集氫氣與氧氣作為燃料。2. 利用廢棄打火機、滴管等製作點火燃料槍。3. 利用衝擊擺裝置測試不同比例氫氧混合氣體燃料對發射子彈速度的影響。 研究假設： <ol style="list-style-type: none">1. 利用適當步驟可以將廢棄物重新利用製成電解水裝置以及點火發射槍，所填裝氫氣與氧氣比例不同時，也會產生不同發射效果。2. 根據化學計量理論值，我們認為氫氧混合發射後速度最快的最佳比例仍是2:1，且在有一定量的氧氣後，氫氣含量越多速度越快，實驗測得的衝擊擺高度也最高。
四、探究方法與驗證步驟

裝置製作：

1. 電解水裝置製作: 取出一個塑膠杯, 將其剪成對半並留下杯底。在杯底找出任意直徑並在線段兩端距離邊緣大約1公分處各打一孔, 將直徑不小於1mm的筆芯對折並塞入孔洞中使用熱熔膠將連接處密封, 成果如圖1(a), 確保不會漏水後, 簡易廢棄物電解水裝置就完成, 電解實作畫面如圖1(b)。
2. 氫氧燃料收集發射物製作: 取出剪刀, 將滴管乳帽和部分管身剪下(管身不需要太長, 留大約0.5公分), 管身部分可與發射槍體接合, 乳帽部分則可依照實驗需求填裝不同比例的氫氧混合。裝置如圖2。
3. 氫氧燃料槍槍體製作: 於通風良好處(避免打火機未用完氣體外洩)以尖嘴鉗將打火機金屬部分拆下, 取出壓電零件並接上第二條電線, 過程如圖3(a)。並將兩條電線由步驟2剪下剩餘的管身上開口穿入, 並由滴管口伸出, 同時配合管身及壓電零件大小調整電線長度及開口大小, 使零件兩條電線尖端間距不得大於0.5公分, 最後於滴管處套上海綿輔助發射器固定, 完成槍體製作。製作成品如圖3(b)。氫氧燃料槍實作成果展示: 將裝滿水容器倒扣於電解水裝置, 通電後以排水集氣法蒐集氣體, 灌入發射用乳帽, 並以戴乳膠手套的手指擋住發射物開口、使氣體不外露, 再將氣體塞入燃料槍。將裝置槍口對準無人區域、按下開關便能發射, 測試畫面如圖4。同時利用手機錄影輔助數據判讀, 並待發射物落地後用捲尺記下其射出之水平射程。



圖3(b)

圖4

發射實驗公式與原理說明：

1) 自製衝擊擺測量裝置：

- a) 根據動能守恆以及力學能守恆原理，可以使用衝擊擺裝置，測量燃料槍發射時的初速度。相關公式推導如下：

代號解釋：

m =發射器質量 M =衝擊擺質量 v =發射器初速度 V_1 =衝擊擺初速度 V =合體速度
 g =重力加速度 h =高度差 M_1 =合體質量= $(m + M)$

公式推導：

$V = \frac{mv}{m+M}$ ：由動能守恆可得知 $mv + MV_1 = (m + M)V$ ，但由於此時為靜止

狀態，故此式可進一步省略為 $mv = (m + M)V$ ，由此得出 $V = \frac{mv}{m+M}$ 。

$v = \sqrt{2gh} \times \left(\frac{m+M}{m}\right)$ ：合體後力學能守恆 $\frac{1}{2}M_1v^2 + M_1gh = \frac{1}{2}M_1v^2 + M_1gh$ 可

縮減成 $\frac{1}{2}M_1v^2 + 0 = 0 + M_1gh$ ，帶入上面所得 $\frac{1}{2}(m + M)\left(\frac{mv}{m+M}\right)^2 = gh$ ，

可進一步省略成 $\frac{1}{2}\left(\frac{mv}{m+M}\right)^2 = gh$ 。 $v = \sqrt{2gh} \times \left(\frac{m+M}{m}\right) = \sqrt{2gh} \times \left(\frac{m+M}{m}\right)$

即為所求。

Excel 公式： $=SQRT(2*980*Bx)*(16.5/0.5)$ Bx為儲存格

- 1) 根據所推導出的結果可以看出，發射時滴管頭的初速度可以由 g 、 h 、 M 、 m 計算出，其中 g 為常數， M 及 m 為質量，僅需測量出衝擊擺最低點至最高點高度變化即可反推出速度。
- 2) 自製裝置：我們利用鐵架、球殼、直尺自製衝擊擺裝置，其中球殼質量為 M ，發射出的滴管質量為 m ，當氫氧燃料槍發射進入到衝擊擺內後會使球殼連帶著發射物一起搖晃，以直尺測量擺盪高度 h 。其中擺盪高度 h 值透過手機拍攝的影片回放尋找擺盪最高點，取得高度差數值並記錄，每個比例都進行 6 次並取平均。
- 3) 衝擊擺實作：因實驗滴管乳帽顏色透明不易展示，此處以玩具槍對自製衝擊擺進行球體擺盪畫面示意如圖 5。



圖5

實驗結果：

1. 本研究透過自製氫氧燃料槍，測量在不同氫氧混合比例(1:1、2:1、3:1、4:1)下的發射距離與對應速度的變化，結果如下表：

表1

次數\氫氧比例	1:1	2:1	3:1	4:1
第一次	0.60	0.30	0.30	
第二次	0.50		0.30	
第三次		0.30	0.20	0.10
第四次	0.70	0.40	0.30	
第五次	0.60			0.10
第六次	0.40			0.10
平均	0.56	0.333	0.275	0.10

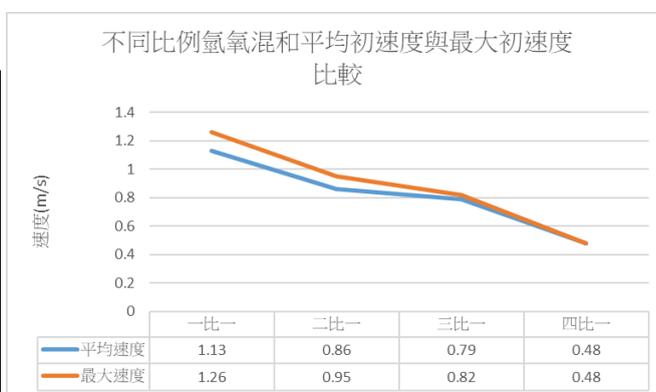


圖1

由數據圖表可以看出隨著氫氧比例提高、氧氣降低，發射擺盪之高度以及發射速度計算皆呈現下降趨勢。

實驗結果討論：

1. 從表一可知，當氫氧比例為1:1時，擺盪較大，最高可以到達0.7公分，能量轉換率高，推力最強。隨著氫氣比例上升(2:1、3:1、4:1)，平均擺盪高度差距逐漸下降，特別是4:1比例，大多僅落在0.1公分，經過討論之後認為是氧氣不足致使反應不完全，導致推進效果變差。
2. 從圖一可見，不同氫氧比例對發射初速度有顯著影響，呈下滑趨勢。1:1時初速度最高，平均超過1 m/s，最高甚至有超過1.2m/s。在比例2:1和3:1時，下降稍緩，雖然還有一定推力卻不如1:1穩定。在氫氧比4:1時數值急降至0.48 m/s。

3. 綜上所述，發射發射初速度由高到低為 $1:1 > 2:1 > 3:1 > 4:1$ ，而 $1:1$ 為最佳比例，推翻之前「氫氧比例 $2:1$ 效果最好」的假設，推測原因是因為氧氣不足無法燃燒完全，導致最佳比例不是 $2:1$ 。
4. 這項實驗實驗裝置雖然大致完善，但仍有許多不完善的地方，例如：無法完全密閉氫氧燃料收集發射物，氣體填裝完畢到發射會有一定量的氣體外洩，我們也嘗試過使用凡士林與蠟將口封起來，但是效果並不好，甚至還導致發射器飛不出去、槍體故障等等問題，目前還在確認問題原因，但我們認為是發射器重量的增加導致；碳棒電極一段時間後也會產生黑色沉澱，且電極在持續電解大約30小時後便會斷裂。我們認為主要原因是因為電解時局部放電與氧化所導致，而沉澱物成份應該是黏土與碳氧化合物，這些問題有待未來進一步改善與驗證。

數據結論

1. 氫氧比例 $1:1$ 為最佳比例，兼顧飛行距離與能量輸出。
2. 氧氣含量過低(如 $4:1$)時，燃燒反應不完全，推進力明顯減弱。
3. 目前裝置仍有缺陷，未來將會進一步探究。

五、結論與生活應用

我們認為，本次實驗的最大成果是利用廢棄物製造出氫氧並使用，只需要一些大家眼中的「廢棄物」，稍加改進與組裝，就使得氫能不再是有錢人的專利，讓大家都可以使用乾淨、便宜與方便的環保能源。

這次研究並非一帆風順。一開始，我們在設計實驗裝置時就受到極大的挫折，我們原先是希望使用塑膠盆子、針管與專門玩水火箭的發射槍製作，但卻因電線不可以接觸溶液，把電線往上移又沒辦法有效收集氣體等問題，導致這項計畫未開始就已經胎死腹中了。正當我們愁眉不展時，無意間看見正準備將塑膠杯與打火機丟棄的其他組員，頓時靈光一閃，才有了這項計畫的雛形。

但是，目前我們的設備依舊存在缺陷，例如：使用9伏特電池電解速率會過慢，但是使用插座

會導致電極容易斷裂。未來測出最佳電流量後，此項技術可以應用在環保小型推進器、微型火箭或簡易發電裝置，取代仰賴化石燃料的動力器械。

經過數次衝擊擺實驗之後，資料顯示氫氧比1:1時初速度最大，雖然這和我們在實驗最初時的預期不一樣（有一定氧氣下氫氣越大初速度越大）。氫氧燃燒的化學式是 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ，在多次實驗後，發現了我們假設錯誤，是1:1的比例最佳。我們認為是因為燃燒不完全，但實際原因還待我們未來測試。

環保，是21世紀各國最重要的目標；綠能，是未來的趨勢。在這次的實驗中，我們利用廢棄物製造出電解水裝置，並成功電解出氫氣與氧氣，利用氫氧燃料收集發射物收集氣體並使用廢棄打火機的壓電裝置點燃燃料。在未來，我們會繼續研究，利用電解水產生燃料、製作環保氫氧燃料槍等等目標。我們相信，廢棄物自製的實驗裝置不只是低成本的工具，是一個實踐環保的入口，更是我們邁向未來綠色社會的第一步。

參考資料

1. 吳忠文(2020)。《高中化學基礎》。台北：三民書局。
2. Khan Academy. (n.d.). Electrolysis of water.<https://www.khanacademy.org>
3. National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2022). Hydrogen Basics.
<https://www.nrel.gov>
4. 既能發電也可儲能，「綠氫」將如何改變耗能產業？
<https://www.scimonth.com.tw/archives/6076>