

# 迷你水火箭之研究

## 摘要

我們選擇微型水火箭，因為不但空間小且用水量少，是一種很環保且安全性很高的東西，我們透過殘餘物質來選微火箭的燃料催化劑，發現用 20ml 水比 1.4g 氫氧化鈉(3m 以下)調出的氫氧化鈉溶液最適合電解也最乾淨。採用 3ml 滴管頭做實驗，是因為他跟 1ml 滴管頭和眼藥水頭比安全性高了許多。使用氫氣氧氣和水量各佔 50%是最安全。45 度飛得最遠且飛行之後的力量最大，30 度以下會漏氣，不容易發射成功。承載降落傘太重了使微火箭無法發射，而太小無法慢慢降落。磁浮微火箭難度很高，成功的可能性很低。有 6 個尾翼的火箭比 4 個尾翼的還要穩定準確，而頭部有無尖型影響不大。30g 是微火箭負重垂直發射的最高極限。微型火箭平均速度每秒可達 490.8 公分，垂直上射的高可超過 469cm。

## 壹、前言

### 一、研究動機:

我們小學生都曾想要探索那些讓我們好奇的宇宙的梦想：就是想要飛到天上，甚至想飛到外太空。但是我們科展團隊的這個理想很美滿，現實卻很骨感。我們無法飛到外太空，因為要花太多錢了。

當自然課上到翰林版本六上的第一單元：力與運動時，我們對牛頓力學所提到的地球引力、慣性、加速度、作用力與反作用力…覺得非常有趣。並在老師引導查找科展資料的同時，我們看到了五常國中的 YOUTUBE 影片中的[微型水火箭：超微小滴管頭的點擊發射]，頓時產生了極大的好奇心，而且也沒看到有類似的科學研究報告。它，有水又有射擊火花，有爆炸聲又能飛得又高又遠，比一般市售水火箭更像真正的水火箭，所以我們決定以滴管頭微型水火箭做為我們實驗的主角，試著發射並嘗試各種有關的研究，希望能樂在其中並有很多發現。

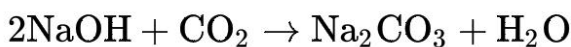
### 二、研究目的: (內容參考國小自然課本六下第一單元: [力與運動])

- (一) 研究市面上販售的水火箭。為何選微型水火箭，而不用一般水火箭做研究?
- (二) 不同催化劑的選擇 :透過研究殘餘物質、製氫速度和發射遠近，誰是電解水的最佳幫手? (翰林五下 2-1,2-3,4-1)
- (三) 氫氧化鈉溶液濃度調配何者用來電解最佳? (翰林五下 2-3,溶液導電性)
- (四) 不同造型(兩種)的微型水火箭滴管頭會有甚麼不同? (翰林六下 1-2)
- (五) 微型水火箭滴管頭的水量與距離的關係? (翰林六下 1-2)
- (六) 不同容量(兩種)的的微型水火箭滴管頭會有甚麼不同? (翰林六下 1-2)
- (七) 微型水火箭滴管頭的漏氣影響發射的角度為何? (翰林六下 1-2)
- (八) 微型水火箭滴管頭用不同降落傘發射，和其滯空時間的關係? (翰林六下 1-2)
- (九) 用發射台發射火箭看角度與距離和時間的關係? (翰林六下 1-2)
- (十) 磁浮微型水火箭滴管頭在磁浮軌道前進之可能性? (翰林六上 4-3, p92,磁力)
- (十一) 微型水火箭滴管頭髮射角度與其射到木板反彈的各種關係? (翰林六下 1-2)
- (十二) 加尾翼和加箭頭髮射之後是否有不同，往上射能多高? (翰林六下 1-3,摩擦力)
- (十三) 微型水火箭滴管頭射擊時所搭載的重量承受限度是多少? (翰林六下 1-2)

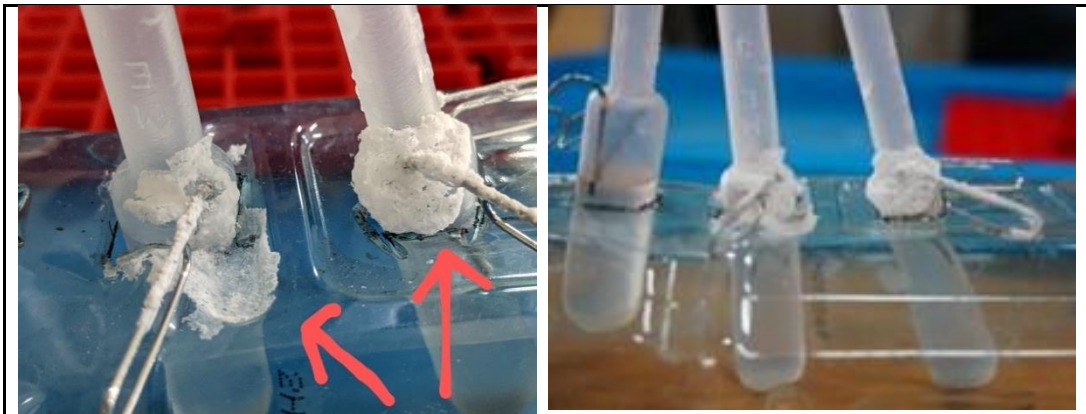
### 三、文獻探討:

#### (一) 氫氧化鈉

1. 氫氧化鈉 (NaOH)，有高腐蝕性，強鹼，白色片狀或顆粒狀，溶於水成鹼性溶液並放出大量的熱；易潮解，會吸收空氣中的水蒸氣和二氧化碳…等酸性氣體；易導電，是很好的電解質。電解水時，水中的 H<sup>+</sup> 和 OH<sup>-</sup> 濃度小，水電解的速度慢，故當氫氧化鈉溶液裡有現成的 H<sup>+</sup> 或 OH<sup>-</sup> 離子且很多時，就可以幫忙參與反應,增加氫氣與氧氣的生成速率。在電解水的通電過程中，加氫氧化鈉增加水的導電性，是很好的催化劑。
2. 電解水的化學反應式： $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ；  
當微型水火箭滴管頭點擊爆炸時，管內的氫氣與氧氣的合成化學反應式，為反過來即可。
3. 陽極： $2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$  產生氧氣。  
陰極： $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$  產生氫氣。
4. 氫氧化鈉在空氣中容易變質，和空氣中的二氧化碳發生了反應，有兩種情況：(如附圖)



- (1) 不變質則為氫氧化鈉。
- (2) 變質則分為兩種：完全變質的固體為碳酸鈉；不完全變質為氫氧化鈉和碳酸鈉的混和體。









































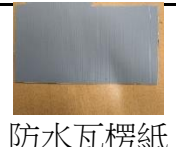







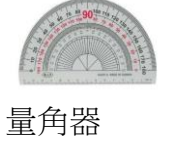









#### (二) 氫氣與氧氣爆炸原理：

氫氣在空氣中點燃可能發生爆炸，其爆炸範圍在 4.0%~75.6%（體積濃度）。也就是說：如果氫氣在空氣中的體積濃度是在 4.0%~75.6%之間時，遇火源就會爆炸，其他濃度即使遇到火源，也不會爆炸。

爆炸最猛烈是指氫氣和氧氣恰好按照體積比 2：1 反應的時候，而電解後的 3ml 滴管頭裡的氣體比例也是這樣。氫氣佔 2/3(66.6…%)，最多 2ml；氧氣佔 1/3(33.3…%)，最多 1 ml。所以，點擊時雖有產生小爆炸，接著滴管頭便發射飛出(噴出的水最多 2ml)，但只要帶著護目鏡與手套，注意安全即可。

### 貳、研究設備與器材

					
9V 電池	絕緣膠帶	1cc 滴管	透明膠帶	眼藥水的頭	鐵架固定器
					
螺絲起子	彈簧秤	電源供應器	迴紋針	電子式打火機[長頭]	清心福全的塑膠袋
					
盤子	美工刀	一根棍子	剪刀	彈簧	簽字筆
					
砝碼	一網棉線	便利貼	方形硬殼寶特瓶	市售水火箭	捲尺
					
IPad	電子秤	一個插座	氫氧化鈉	A4 紙	橡皮筋
					
延長線	硫酸鈉	八兩塑膠袋	雙氧水	實驗桌子	椅子
					
彈簧秤鉤子	二氧化錳	3cc 滴管	熱熔膠槍	水龍頭水	護目鏡
					
防水瓦楞紙	塑膠盒	紙箱	小湯匙[乾]	熱熔膠條	手套
					
燒杯	筆	筆記本	量角器	直尺(1)	鱷魚夾
					
強力磁鐵	L 型鐵杆	蠟燭	直尺(2)	打氣筒	噴座

**\*警告【實驗時要戴護目鏡和手套】**

## 肆、研究過程與方法

### 一、實驗器材製作

#### (一) 自製燃料(電解水之氫氣和氧氣)供應器:

1. 所需材料：寶特瓶、美工刀、蠟燭、迴紋針、3cc 滴管、氫氧化鈉、燒杯、電子秤、9V 電池、紙、剪刀、電源供應器、手套、護目鏡。

2. 電解器基座製作步驟:(改良五常國中影片的易壞紙基座,如圖右 1&2)

用刀片在蠟燭上加熱,便很容易切開寶特瓶身。先將寶特瓶的頭切掉,再把寶特瓶身切一半。接著在上面切開幾個可以讓 3cc 滴管頭部剛好穿過去並卡好的洞(如圖右 3)。

#### 3. 電解器製作步驟:

(1) 拿一支 3 CC 的滴管,把調好的溶液[20ml 的水+1.2g 的氫氧化鈉] (測量時電子秤要記得歸零),吸取 2~3ml,再用手指輕彈,使溶液的表面張力壞掉並使其滑下。

(2) 再拿兩個迴紋針,各將一邊掰 90 度,分別插進滴管的左右兩邊較凹處。使一個為電解的正極,一個為電解的負極。放到寶特瓶上開好的洞裡面。

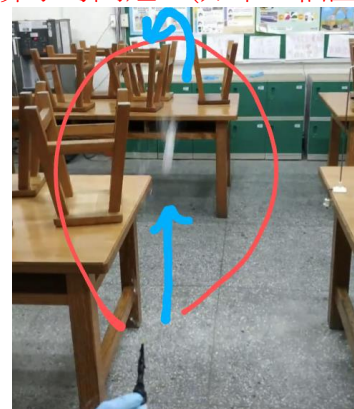
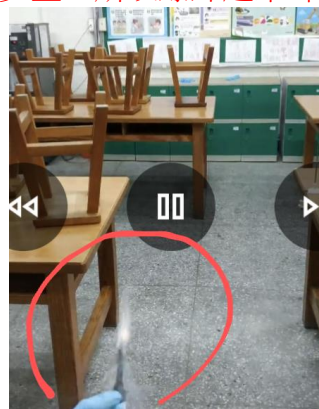
(3) 把一條鱷魚夾的一端夾住迴紋針正極,另一端夾住電源供應器正極;再拿一條鱷魚夾一端夾住迴紋針負極,而另一端夾住電源供應器負極。

#### 4. 微型水火箭頭製作:

(1) (如右 3 張圖)拿一滴管用尺量 0.5cm,再用刀片切下。拿另一滴管取

水將其裝滿,再來將其反套入上面電解器的滴管細管口處。

(2) 接著開啟電源供應器的電源,即可開始用排水集氣法收集電解產生氫氣與氧氣的泡泡。若到戶外無插頭處可用 9V 電池代替電源供應器。(注意:迴紋針要掰開 90 度再插入,不可交叉,否則會發生短路爆炸。本科展裡所說的爆炸,因為氫氣氧氣為燃料都非常少量,所以爆炸起來聲音算小時間短。(如下 3 幅圖)



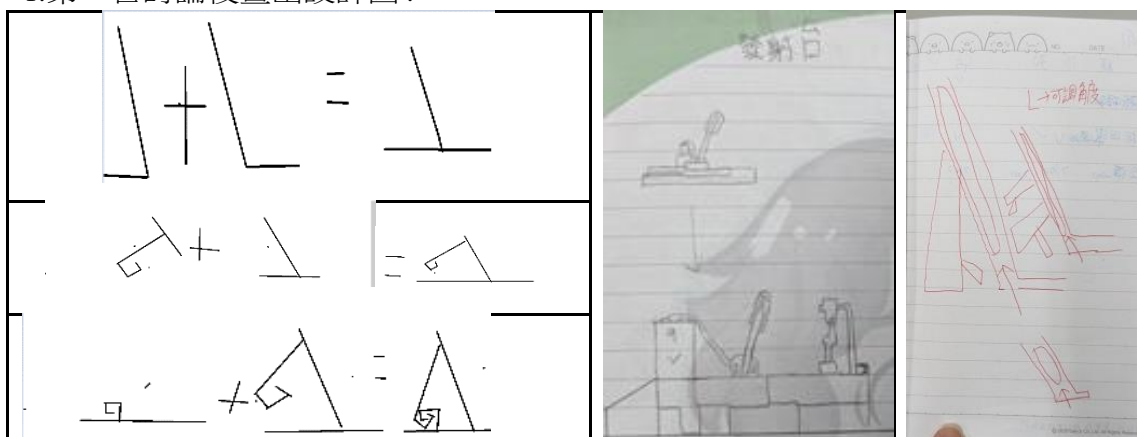
## (二) 自製電子點火裝置(點擊器):

1. 材料：用完的打火機一個、絕緣膠帶、螺絲起子、剪刀、蠟燭。
2. 製作步驟如下:

<p>(1) 將剩餘瓦斯清空</p> 	<p>(2) 將上端鋼管拆除</p> 	<p>(3) 蓋子撥開一半</p> 
<p>(4) 刀片加熱</p> 	<p>(5) 切除塑膠管</p> 	<p>(6) 將紅色電線加長</p> 
<p>(7) 以黑色膠帶纏繞至可以防水，只留一點前端正負電極頭即可。</p> 	<p>(8) 把火箭頭插進點火裝置的前端，然後按下開關，火箭即可發射。</p> 	<p>(9) 要多做幾支，若有點擊器因潮濕脫落時就可交換使用。</p> 

## (三) 自製發射台:

1. 第一台討論後畫出設計圖:



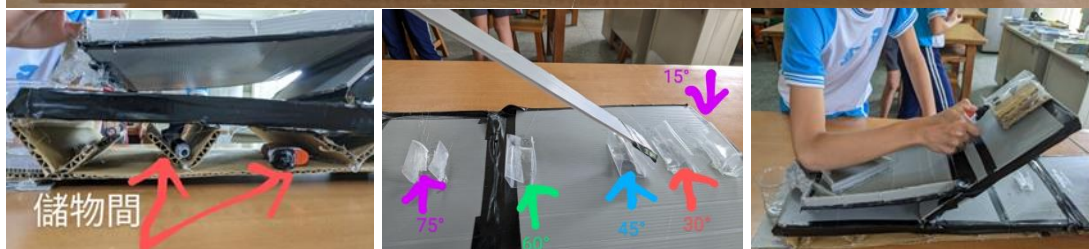
2. 第一台自製發射台：



如上圖我們利用鉤爪的方式製作了角度調節器。



3. 第二台自製發射台：



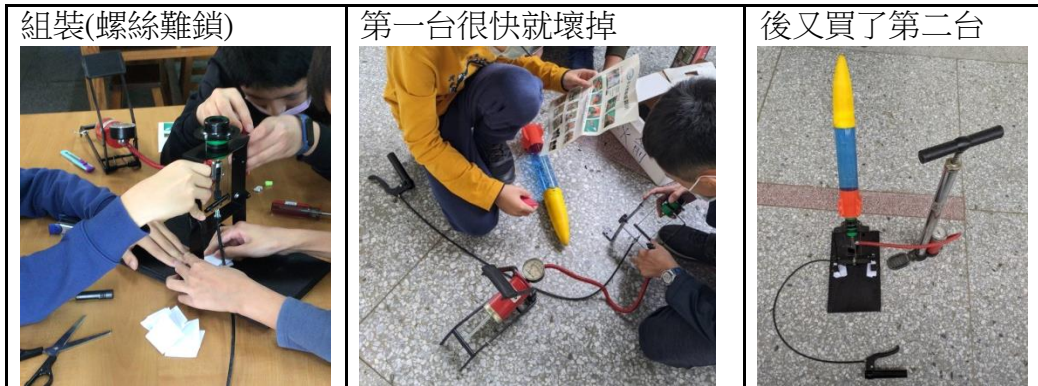
4. 第三台自製發射台(簡易版)



## 二、實驗過程與方法

(一) 實驗一：研究市面上販售的水火箭的特色：

1. 所需材料：一套市售水火箭零件盒、螺絲起子(十字)、打氣筒、水龍頭水、護目鏡、戶外廣場。
2. 組裝：按照說明書把水火箭桶、噴嘴、打氣筒、噴座組裝在一起。
3. 使用方法：把市售水火箭裝 1/2 的水，裝上發射台後，開始打氣(10 下左右)，瞄準前方，按下發射器。接著把結果用筆記錄在筆記本上。



(二) 實驗二：不同催化劑的選擇？

1. 所需材料：燃料供應器、電流供應器、鱷魚夾、硫酸鈉、氫氧化鈉、雙氧水、二氧化錳、新鮮紅蘿蔔一小塊、3ml 滴管頭、電子秤、兩個燒杯、切刀、小湯匙、插座、手套、護目鏡、筆記本、筆。

2. 實驗步驟：

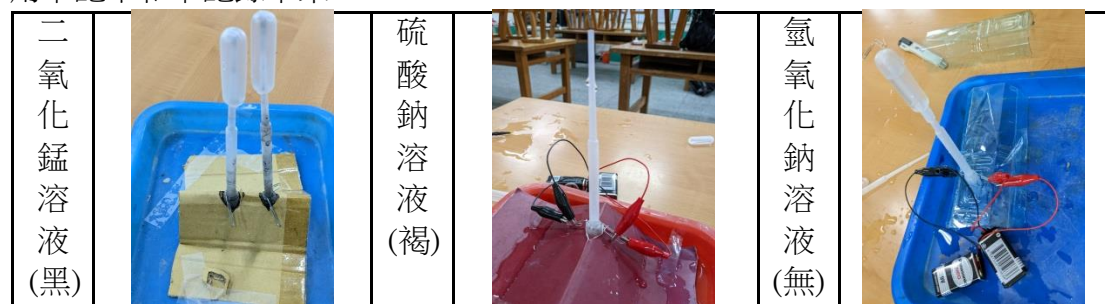
(1) 燒杯裝滿水。用小湯匙量取 0.04 克(測量時電子秤必須歸零)的硫酸鈉放入空燒杯，再用滴管從另一燒杯取 20 毫升的水放入第一個燒杯後，後用滴管攪拌成水溶液。同步驟，做出 1.4 克的氫氧化鈉加 20 毫升的水溶液。同步驟，取 1.4 克二氧化錳和 20ml 雙氧水，攪拌成水溶液。

(2) 剛好有一個老師給了我們紅蘿蔔和馬鈴薯當催化劑(我們選紅蘿蔔)，我們就想讓它加雙氧水，看看它產生的氧氣，放到水火箭裡能不能有什麼幫助發射的主意。切 10 分之 1 根新鮮紅蘿蔔一小塊，要做電解實驗之前，才用水果刀切得細碎，放進燒杯，再加 20CC 的雙氧水。

(3) 將以上 4 種不同催化劑做出來的溶液，選一種，取 2 毫升放入燃料供應器，用鱷魚夾連接燃料供應器的別針電極與電流供應器，再將電流供應器接上插座。

(4) 取一裝滿水的滴管頭，將開口倒放入燃料供應器的尾部朝上的滴管管子，然後打開電源開始電解，等到電解氣體與剩餘水量各為 50%，使用手指將其拿往正上方的方向取出。將點擊器小心插入，擺好 45 度角，點火射出。

(5) 使用後，將各種溶液的電解滴管放置一天以上的時間，觀察它們的殘餘物質，用筆記本和筆記錄下來。



### (三)實驗三:氫氧化鈉溶液濃度何者最佳?

1. 所需材料:燒杯、水龍頭水、氫氧化鈉、燃料供應器、電源、點擊器、鱷魚夾、氫氧化鈉、3ml 滴管頭、電子秤、小湯匙、插座、手套、護目鏡、筆記本、筆。

#### 2. 實驗步驟:

- (1)準備 5 個燒杯，各放入 10 毫升的水龍頭水和 0.4 克、0.6 克、0.7 克、1.4 克、1.6 克(測量時電子秤必須歸零)，調配成氫氧化鈉濃度比例為 4%、6%、7%、14%、16%的氫氧化鈉水溶液。填加氫氧化鈉溶液時，手需戴上塑膠手套，避免氫氧化鈉溶液碰觸到皮膚。
- (2)將各種不同濃度的氫氧化鈉水溶液(2ml)分別放入燃料供應器的滴管中，開始電解。
- (3)將裝滿水的滴管頭放上燃料供應器上，開啟電源。等他)電解到氣體裝到一半時，就拿起來插上點擊器發射，看可不可以發射成功。



(圖:↑已調配完成)

### (四)實驗四:不同造型的微型水火箭有甚麼不同?

1. 所需材料:點擊器、3ml 滴管頭、微火箭(眼藥水頭)、護目鏡、手套、燃料供應器、電流供應器。

2. 實驗步驟:把火箭(3mL 滴管頭)(眼藥水頭)裝滿水，裝滿水後把它插在燃料供應器上，燃料供應器再接上電流供應器，電流供應器再接上插座，並且把開關開起來，裝 1/2 體積的電解氣體後把開關關起來，並且把火箭(3mL 滴管頭)(眼藥水頭)實際發射看看能否成功，然後把同異處用筆記本記錄下來。



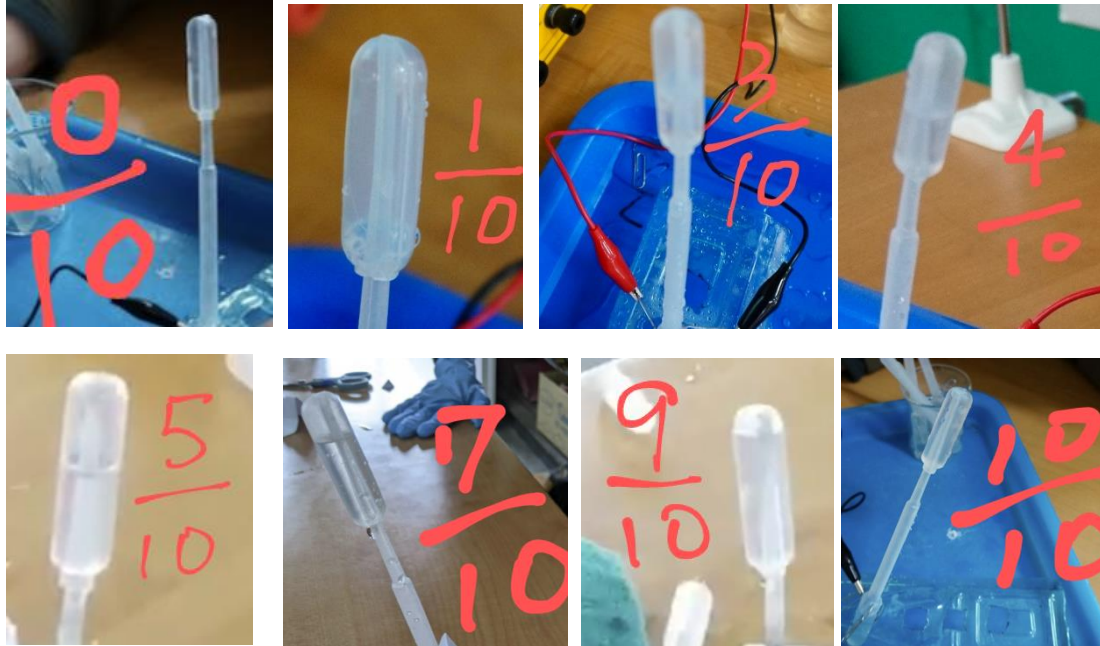
### (五)實驗五:子彈水量與距離的關係?

此實驗的準備步驟同實驗(四)，不同處在用裝滿水的滴管頭，去收集電解氣體。再分別用尺量側面管長，用管長比例代替體積的比例，如右圖，量出它們的體積各為 0/10、1/10、2/10、3/10、4/10、5/10、6/10、7/10、8/10、9/10。分別將點擊器放入，一律皆以 45 度角為準發射，發射前用量角器測量再確認。並用教室磁





磚格數(每格有 91 公分)，測量發射前後的距離差。(注意:點擊器插入的體積和電解滴管的管子相互抵銷，也因各滴管頭條件一樣，所以不予考慮。)



(六)實驗六:兩個不同容量的微火箭滴管頭會有甚麼不同?

此實驗的準備步驟同實驗(四)，不同處在用裝滿水的 3ml 微火箭滴管頭，和 1ml 微火箭滴管頭，2 個都去收集 1/2 體積的電解氣體，發射(45 度)並測試個別的威力、危險程度、距離、裝填燃料速度、和是否容易漏水。



(七)實驗七:會漏氣影響發射的角度為何?

此實驗的準備步驟同實驗(四)，不同處在用一個裝滿水的 3ml 微火箭滴管頭，去收集 1/2 體積的電解氣體，從 15 度發射角度開始做發射測試，再來 30 度、45 度、60 度、75 度、90 度、0 度，發射並測試有否漏氣(漏氣時就無法發射)。

(八)實驗八:不同降落傘和滯空時間的關係?

1. 自製降落傘:

(1)材料:八兩的塑膠袋、清心福全的塑膠袋、3ml 微火箭滴管頭(0.23g)、剪刀、棉線、尺、簽字筆、透明膠帶、碼表、紙棍、透明寶特瓶。

(2)製作步驟:把塑膠袋剪成各種大小，形狀方和圓，周圍綁上均勻分配四角的繩子，再把繩子綁在微火箭滴管頭上，用直尺測量直徑，用電子秤測量重量。

降落傘	一號	二號	三號	四號
直徑	20cm	21cm	16cm	11cm
材質	清新福全	八兩	八兩	八兩
線條數	4	4	2	3
形狀	圓	方	方	圓
重量(g)	4.12	3.9	2.1	2.2



(3)實驗步驟:我們從自然教室三樓陽台(約 852.5cm)上點擊射出降落傘(無風狀態),看降落傘的滯空時間長短,並同時按下碼表計時,測量降落傘的降落速度,接著也測量和測試降落傘(1)(2)(3)(4)的硬度、品質排名、直徑、重量、材質、線條數、形狀、降落排名、打開與否、展開速度、形狀,最後用筆記本記錄下來。



2. 自製降落傘回收器(三樓):我們還製作了一根有加線的捲線棍子,把線放到樓下,用前端的寶特瓶來裝降落傘,再用棍子捲上三樓。

(九) 實驗九:用發射台發射火箭看角度與距離和時間的關係?

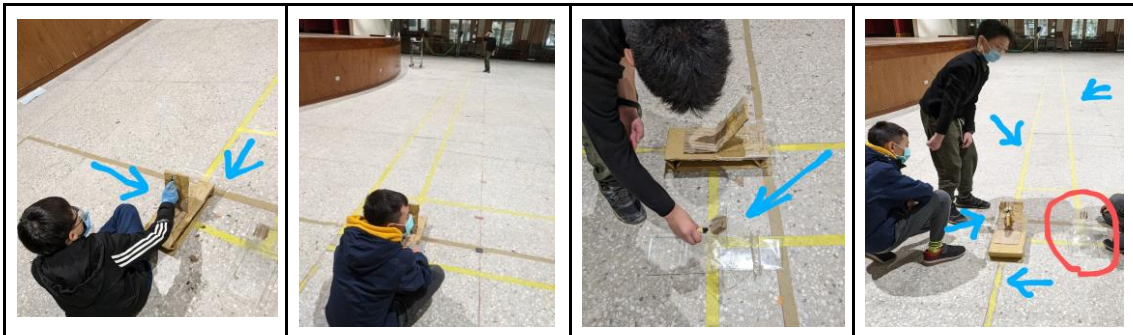
1. 所需材料:發射台 1&2 號、點擊器、3ml 微火箭滴管頭、水、燃料供應器、電流供應器、量捲尺、插座、護目鏡、手套。

2. 實驗步驟:

(1)測量活動中心地板到 2 樓地板測量後共 320cm。地上磁磚每隔長寬為 110cm。



(2)把微火箭裝滿水,裝滿水後把它插在燃料供應器上,燃料供應器再接上電流供應器,電流供應器再接上插座,並且把開關開起來,裝 1/2 的氣體後把開關關起來。把微火箭在發射台發射,記錄它的角度和格子數距離,算出速度。(圖中箭頭所指是發射台要對線,並用地磚上的長黃線為準,判斷掉落的相對位置。

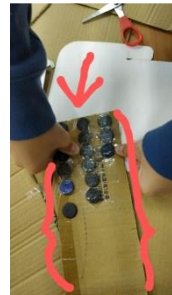
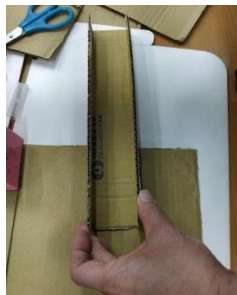
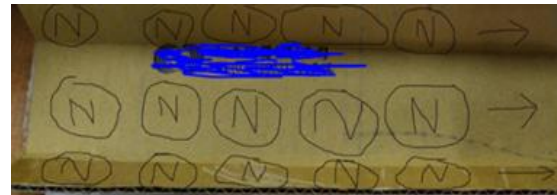
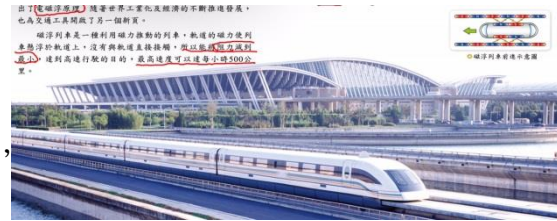


(十) 實驗十: 磁浮微火箭滴管頭在磁浮軌道前進之可能性? (翰林六上 4-3, p92)

1. 翰林自然課本六上第4單元: 說到利用磁鐵的同性相斥、異性相吸的作用, 可以讓磁浮列車有動力前進。所以我們決定試試並做做看。

2. 所需材料: 紙板、剪刀、美工刀、圓形天然磁鐵、強力磁鐵、膠帶。

3. 製作步驟: 我們一開始, 我們討論要先把紙板黏什麼字型的形狀。我們先裁剪紙板, 做成一個U型軌道。用膠帶把圓形天然磁鐵黏起來黏在軌道的三面上, 再把長方體磁鐵黏在滴管頭上, 最後就完成了。(另做一個以強磁代替原磁的)



(十一) 實驗十一: 滴管頭發射角度與碰到木板反彈的各種關係?

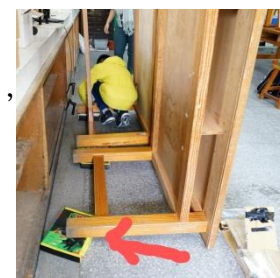
1. 所需材料: 實驗桌 2 個、自然百科全書、發射台, 點擊器, 3ml 微火箭滴管頭、量角器、水、燃料供應器、電流供應器、插座、護目鏡、手套。

2. 製作步驟:

(1) 把自然教室的實驗桌子立起來, 用書本放好頂在桌腳底, 讓桌面與地板垂直。讓發射台和木板距離有 140 公分, 垂直對好。在用尺量 140 公分的地磚線上, 每 20 公分貼 1 張便利貼。

(2) 將從燃料供應器上做好的 50% 微火箭滴管頭放上點擊器, 隔 15 度點擊發射, 觀察... 直到不碰天花板(4m), 共分為 15 度、30 度、45 度、60 度、75 度、90 度、0 度的角度來對準桌子發射, 發射前用量角器確認。改變角度發射後打到木板的回彈距離有否超過 100 公分。

(3) 我們使用便條紙讓發射回彈的撞擊點標記在木板實驗桌上。



(十二)實驗十二:加尾翼和箭頭是否有不同處,往上射有多高?

1. 所需材料:黑膠帶、剪刀、發射台,點擊器,3ml 微火箭滴管頭、水、燃料供應器、電流供應器、椅子、L 型鐵杆和固定器、插座、護目鏡、手套。

2. 製作步驟:

(1)先把黑色膠帶貼到滴管頭的頭頂上,用剪刀剪出尖尖的形狀或用手揉成尖的形狀。

(2) 再把黑色膠帶貼到滴管頭的尾部上,貼成左右對稱的兩邊,用剪刀慢慢剪,減出 2 片尾翼。同理,再對稱剪出有 4 片尾翼和 6 片尾翼的微火箭滴管頭各一份預備著。

(3)在天花板上貼上用一小張紙貼上一個目標點,如圖。

(4)取一椅子,上夾一個鐵支架,作為向上對準天花板目標點發射的瞄準桿。

(5) 將 3ml 微火箭滴管頭裝滿水,然後放入燃料供應器,電解至 50%就關掉電源,後拿出插上點擊器,靠著瞄準桿,接著向上瞄準,暫時停止呼吸,然後點擊發射,看有沒有擊中。

(6)戶外大樓 2 樓陽台高 469cm。



(十三)實驗十三:微火箭滴管頭射擊時,所搭載的重量承受限度?(翰林六下 1-2)

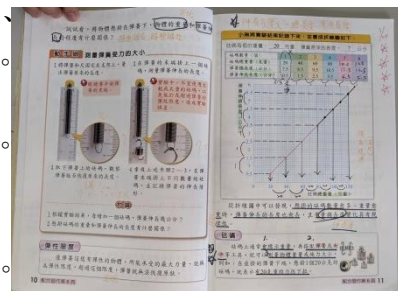
1. 所需材料 :發射台,點擊器,3ml 微火箭滴管頭、水、燃料供應器、電流供應器、尺、L 型鐵杆。

2. 製作步驟:(參考翰林六下 1-2, p11)

(1)用直尺反掛在鐵架上,來知道滴管頭飛行高度。

(2)看掛勾從 3 公分處,發射最高到幾公分,再減去原起點 3 公分,即為橡皮筋的伸長度,則用砝碼吊掛在橡皮筋上,拉到同一伸長度,便知拉力幾克。

(3)步驟如下:



用膠帶把掛勾貼好,套上橡皮筋



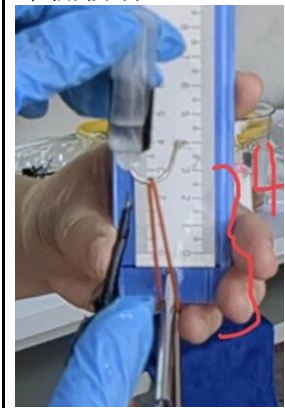
把尺轉向上拿好



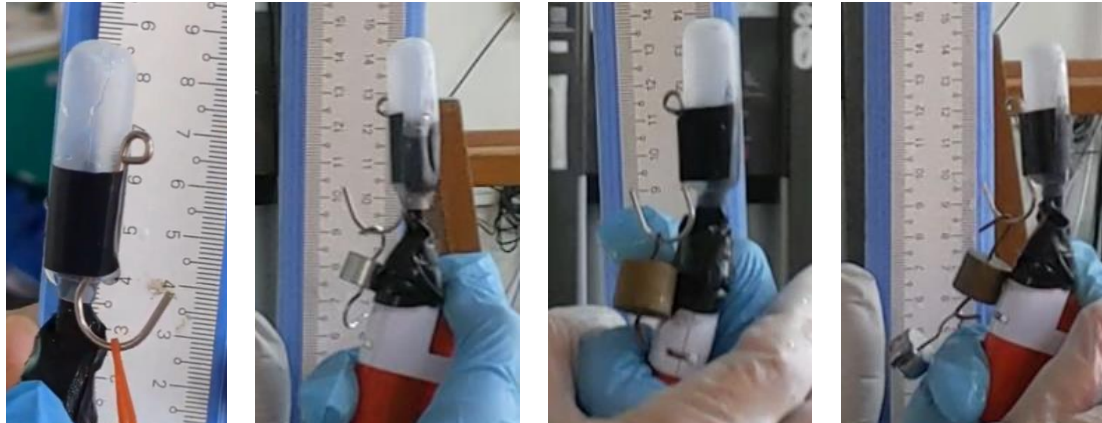
測橡皮筋原無拉力時為 4 公分



放入點擊器準備發射



4. 同上理，改用 1、3、10、20、30 克的砝碼測發射載重 (注意：砝碼的起點到終點的差就是它移動的距離)。
5. 原本想用彈簧秤直接勾在火箭頭上，在發射時秤重力承受度，但我們發現彈簧秤太重，微火箭無法發射。
6. 如果直接把掛勾插進滴管頭裡的話，水會因表面張力的破壞，沿著掛勾流出來，所以我們把它用黑色絕緣膠帶貼到外面。
7. 見下圖例，我們利用學校現有的砝碼 1g、10g、20g、10+20g，來做最大秤重的測試實驗。



## 肆、研究結果與發現

實驗一：研究市面上水火箭的特點，為何選擇微型火箭，不用一般水火箭？

大火箭缺點	箭身	打氣筒	噴座	目標準確度
必須在戶外 	易解體 	打氣很累 	很難鎖螺絲 	容易大幅度偏離(1) 
玩完後地很濕 	射完後須重新裝水 	不一定能對上噴座 	把手的繩子短易被水潑到 	容易大幅度偏離(2) 



**發現:**

1. 發射距離較遠(最遠到 1 個籃球場)。目標與角度不容易瞄準，無法預估的範圍太大。水會亂噴，可能會噴到眼睛，且彈道不穩定，安全性低(會打到人)。
2. 每次裝水都裝 500 毫升以上，非常耗水，浪費資源。且打氣及裝水費時費力，且衣服鞋子容易溼，影響實驗進行。
3. 螺絲款式特殊(螺絲起子難鎖)。組裝費時費力，使用後很難拆解。打氣筒管線易破裂，維修很費錢，我們壞掉後又買了第 2 台。

**實驗二: 不同催化劑的選擇，誰是電解水的最佳幫手?**

不同催化劑	硫酸鈉+水	氫氧化鈉+水	雙氧水+二氧化錳	新鮮紅蘿蔔碎屑+雙氧水
殘餘物質	黑黃色物質 (鈉沉澱)	半透明白色物質 (一點點)	黑色物質 (二氧化錳)	沒變化
製備速度	約 10 秒	約 3 秒	無法製備	反應非常慢
發射遠近	不一定	遠	無法發射	無

**發現:**

1. 我們後來又繼續增加細碎紅蘿蔔，並再增加放入雙氧水，才有很多的氣體產生。但是紅蘿蔔加雙氧水只能產生氧氣，氧氣是助燃物，只可以幫助燃燒。(雙氧水分解化學式： $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ) 其產生之氣體無法做為我們微型水火箭的燃料被點燃使用。同樣的雙氧水加二氧化錳也是同樣的結果，錳只是幫助雙氧水產生氧氣的催化劑而已。
2. 電解硫酸鈉水溶液和電解氫氧化鈉水溶液一樣，都是在電解水而已，硫酸鈉和氫氧化鈉都只是幫助水電解產生氫氣和氧氣的催化劑而已。
3. 二氧化錳、硫酸鈉、碎紅蘿蔔在使用後都有很清晰明顯的殘留。而氫氧化鈉長期使用後還是透明的，只有底部一點點髒物殘留，所以我們選擇它來當協助電解水的催化劑。如此可減少藥品污染，也很環保。

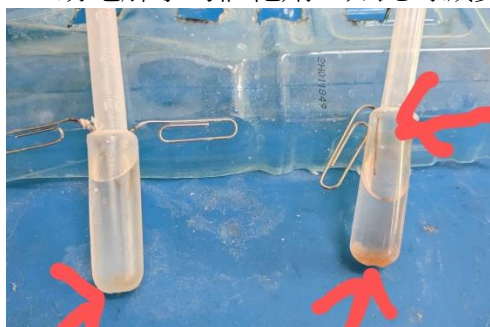


圖: 氫氧化鈉水溶液



圖: 雙氧水加二氧化錳



圖: 硫酸鈉水溶液

### 實驗三:氫氧化鈉溶液濃度何者最佳?

水/氫氧化鈉	距離	危險程度	電解速度	火光	聲音大小
10 毫升比 0.4 克	近	低	慢	氫氧化鈉與火光大小無關係	氫氧化鈉與聲音大小無關係
10 毫升比 0.6 克	中	中	中	氫氧化鈉與火光大小無關係	氫氧化鈉與聲音大小無關係
10 毫升比 1.2 克	遠	高	快	氫氧化鈉與火光大小無關係	氫氧化鈉與聲音大小無關係

#### 發現:

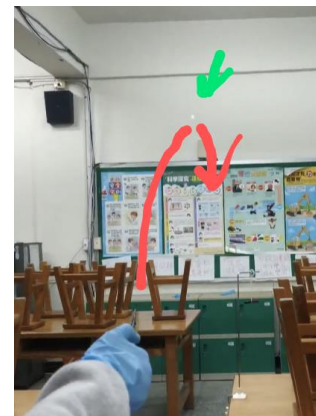
- 1.我們發現氫氧化鈉濃度愈高，電解速度愈快。
- 2.我們發現氫氧化鈉濃度愈高，距離愈遠。
- 3.我們發現氫氧化鈉濃度愈高，危險程度愈高。
- 4.我們發現氫氧化鈉濃度與火光大小無關係。
- 5.我們發現氫氧化鈉濃度與聲音大小無關係。
- 6.我們發現 10 毫升比 1.2 克的氫氧化鈉濃度優點最多，所以我們決定以後的實驗都用 10 毫升比 1.2 克的濃度。



### 實驗四:不同造型(兩種)的微型水火箭會有甚麼不同?

	距離	危險性	火光	填裝	聲音	壓力	噴水量
眼藥水頭	約 3 格	高	大，還會爆炸	快	大，因為眼藥水頭的殼很硬	大，因為空間小	約 0.01ml(插上點擊器幾乎漏光)
3 毫升滴管頭(毫升下題已討論)	約 7 格	中	中	慢	中	低	約 1.2ml(插上點擊器漏掉一些)
1 毫升滴管頭(下面實驗會討論)	約 8 格	高	大，還會爆炸	慢	大，因為水已經漏光了	大，因為水已經漏光了	無，因為水已經漏光了

1. 眼藥水頭爆炸之後彈射的距離反而比較近，填裝燃料時間較快。聲音比 3ml 滴管頭還要大聲很多，聲音也更大聲，是短而緊的“砰”的一聲響。
2. 眼藥水頭的火光較大，發射的時候會讓實驗人員眼睛閃了一下，再加上插上點擊器時水就流沒了，發射時會爆炸很大聲，爆炸時下跳，非常危險。
3. 我們發現 1 ml 滴管頭很容易漏光水，爆炸的時候距離也遠，且火花比眼藥



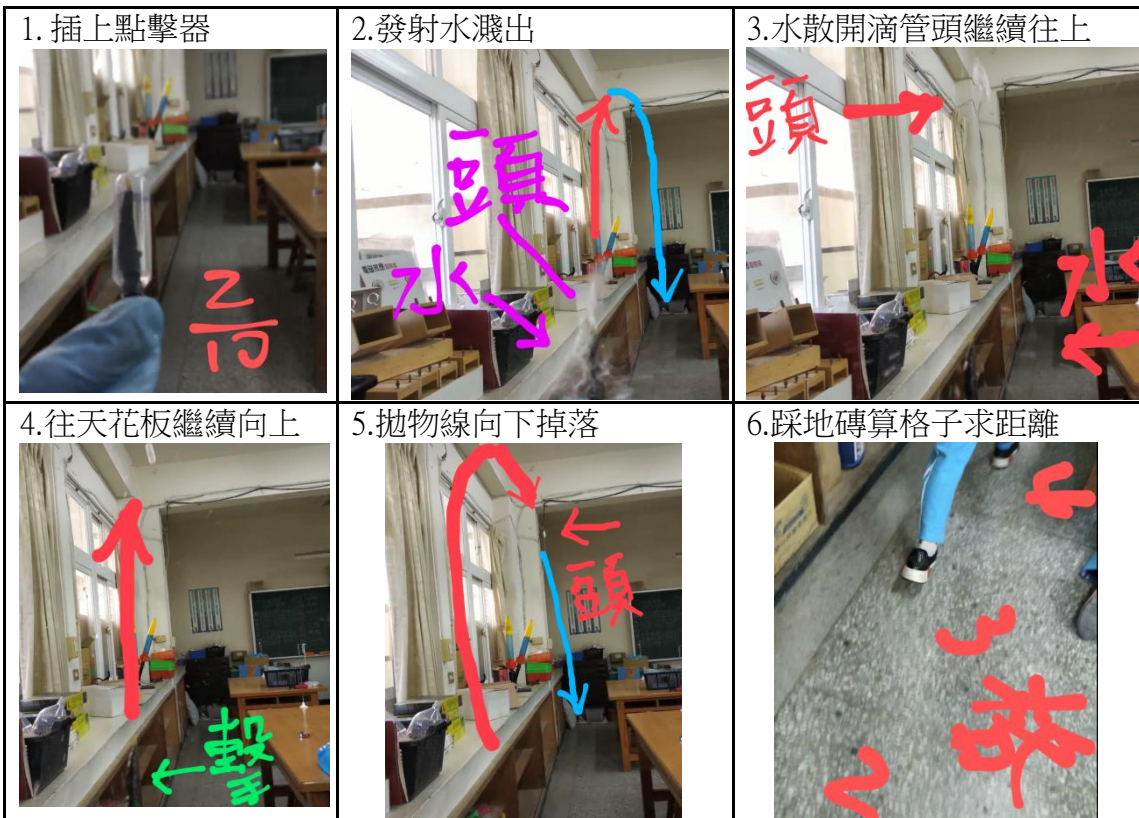
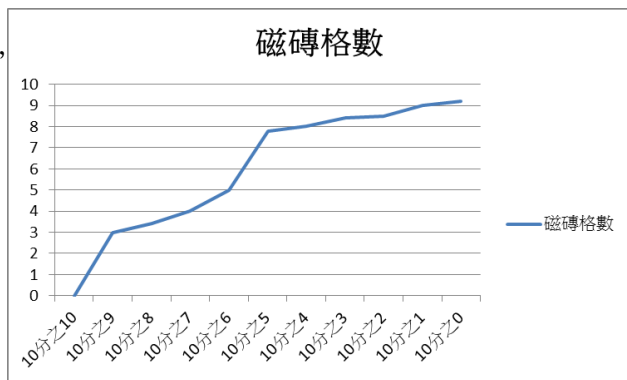
水頭和 3ml 滴管頭更大，危險性也更高。

4. 透過實驗發現，3ml 的滴管頭射程比眼藥水頭還要遠。眼藥水頭它的威力很大，火光又高危險性也高，因為它的容量很小、壓力也很大，非常的容易爆炸，雖然它的噴水量比較少但是它的射程也相對是比較短的一點，所以我們決定以這個不危險、安靜，然後射程又遠的 3ml 滴管頭來進行以後的研究與實驗。

**實驗五：子彈水量與距離的關係？**

水量	10/10	9/10	8/10	7/10	6/10	5/10	4/10	3/10	2/10	1/10	0/10
距離	無法發射 無電解	3 格	3.4 格	4 格	5 格	7.8 格	8 格	8.4 格	8.5 格	9 格	9.2 格
爆炸聲	X	氣聲	氣聲	小聲	小聲	小聲	會爆炸	會爆炸	會爆炸	會爆炸	會爆炸

1. 我們發現水量愈少距離愈長。
2. 水量小於 4/10(包含 4/10)會爆炸，介於 9/10 到 5/10(包含 5/10、9/10)都不會爆炸。
3. 我們發現 5 比 10 的水量射的又遠，又不會爆炸，所以我們決定以後的實驗，如果需要固定水量的時候，都用 5 比 10 的水量。
4. 以 10 分之 2 的水量的為火箭滴管頭的發射為例，圖示如下





**實驗六：兩個不同容量的微火箭滴管頭會有甚麼不同？**

尺寸	1 毫升	3 毫升
威力	大	中
危險程度	大	中
距離(45 度)	3.5 格	7.8 格
裝填燃料速度	2 秒	5 秒
容易漏水？	容易	不容易

**發現：**

1. 容量大的 3 毫升滴管頭微火箭射得比 1 毫升的滴管頭遠，填裝燃料較 1 毫升的滴管頭慢，飛行速度較 1 毫升的滴管頭快。
2. 容量小的 1 毫升滴管頭比 3 毫升滴管頭還要容易漏水，體積比 3 毫升小，加上他們兩個都是透明的，所以 1 毫升滴管頭比 3 毫升滴管頭還要難找到
3. 雖然 3 毫升滴管頭填裝速度比較慢，但是他發射的比 1 毫升滴管頭還要遠，因為 1 毫升裡面的氫和氧氣比較少，而且水量也較少，所以它沒有足夠的燃料持續一直往前飛行的動力。
4. 發現 1 毫升滴管頭容易漏水，因為點擊器插進去的時候，1 毫升滴管頭裡面的水已經失去了表面張力，用附著力順著點擊器流下來。
5. 我們發現 1 毫升滴管頭和沒有填水一樣，因為很容易漏水，發射火花比 3 毫升滴管頭更大，也比前面實驗的眼藥水頭大，危險性高。
6. 發現 1ml 的滴管頭不適合做實驗，建議如果有更小的點擊器(我們的小點擊器一下就壞了)就可以進行更準確的實驗。

**實驗七：會漏氣影響發射的角度為何？**

角度	90 度	75 度	60 度	45 度	30 度	15 度	0 度
有無漏氣	無	無	無	無	有	有	有

**發現：**

1. 我們利用溝槽的方式製作了角度測量器，然後我們使用勾爪勾在各種角度勾上，這樣就可以輕鬆且方便的確認出角度並發射。
2. 發現角度 30 度以下會漏氣且無法發射，我們認為是因為它們的角度太斜了，加上點擊器一插進去進去，都會插到水里，無法發射。加上若是它們表面張力被破壞，水沒有堵住底部，依水的附著力順著點擊器走了。氫氣與氧氣也都從底部跑出來了，所以也不會爆炸。
3. 我們發現插上點擊器，並注意調整角度，就不會漏氣，但卻會因漏水而導致較大的爆炸。

### 實驗八:不同降落傘和滯空時間的關係?

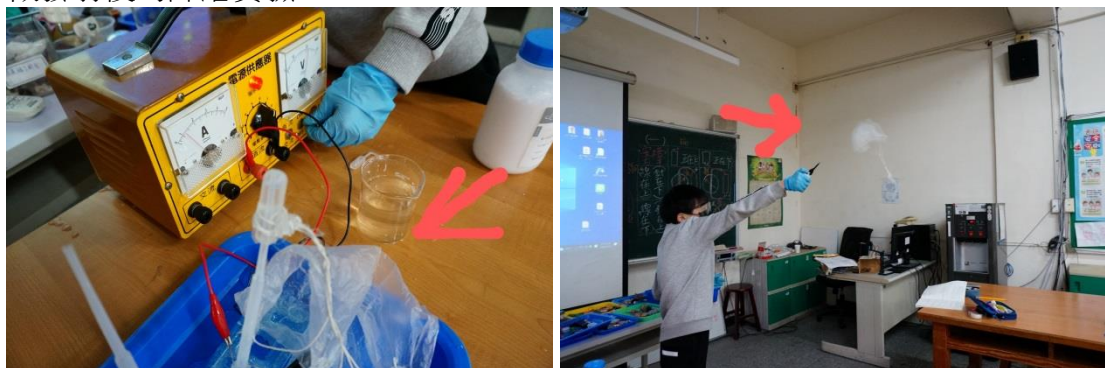
降落傘	一號	二號	三號	四號
硬度排名	1	2	3	4
打開	X	O	O	O
品質排名	4	1	3	2
直徑	20cm	21cm	16cm	11cm
降落速度	2.6 秒	4.1 秒	3.5 秒	1.9 秒
重量	4.12 克	3.91 克	2.33 克	2.2 克
材質	清新福全	八兩	八兩	八兩
線條數	4	4	2	3
形狀	圓	方	方	圓
降落排名	2	4	3	1
大小排名	2	1	3	4

#### 發現：

- 1.我們發現大部分的降落傘越大，下降速度越慢
- 2.我們發現圓形降落傘下降速度比方形降落傘慢
- 3.我們發現通常線條數越多下降速度越慢
- 4.我們發現常常是材質是八兩的袋子下降速度會比較慢。
- 5.我們發現下降速度和重量幾乎無關
- 6.我們用捲線紙棍從三樓放到樓下收降落傘非常方便。
- 7.用點擊器發射對降落傘的影響很小，看不出個別差異，因為相比發射的力量太小，所以一開始射出就被傘的阻力給抵消，只餘下在無風狀態下飄落的差別。



8. 下圖是我們在教室將降落傘發射的成功時的情形之一。可知微火箭滴管頭，帶著降落傘發射的力量是非常小，所以我們之後接著改到外面走廊的三樓陽台做發射後的降落實驗。



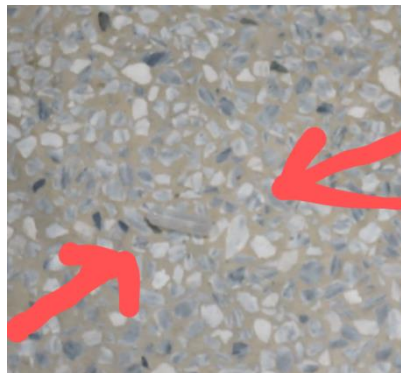
這個微火箭發射結合降落傘，加上 852cm 的三樓高空降落實驗我們覺得很好玩。

實驗九:用發射台發射火箭看角度與距離和時間的關係?

	距離 (平均值)	滯空時間 (平均值)	計算 平均速度
30度	約 5.6 格	約 1.4 秒	每秒 490.8cm
45度	約 5.8 格	約 1.4 秒	每秒 490.8cm
60度	約 5.5 格	約 1.7 秒	每秒 336.9 cm
75度	約 5 格	約 1.3 秒	每秒 423.1 cm
90度	約 1.7 格	約 2 秒	每秒 93.5 cm

角度	距離 (格)	時間 (秒)	計算
45°	5.8格	1.4秒	1.9
60°	5.5格	1.7秒	5.5
75°	5.0格	1.3秒	2.1
90°	1.7格	2.0秒	5.3
30°	5.2格	1.4秒	1.7

1. 綜合活動中心的磁磚每格是 110cm，計算 (格數 X110)/秒數) 求出速度。
2. 我們發現 **45 度的距離最遠**。60 度的滯空時間比 75 度還要久，我們猜測是因為它發射的時候有較明顯的拋物線，而 75 度沒有。
3. 我們發現大部分角度越大滯空時間越長(上限 90 度)。我們發現 90~45 角度中，角度愈低，距離愈長(下限 45 度)。30 度以下沒有測，因為從前面實驗已知，會因為漏水而做失敗。
4. 活動中心空間大，影片拍不出肉眼所見，滴管頭是透明灰跟地磚顏色太過接近，所以在發射後，都需要花很多時間找，我們除了用腳輕踩來找之外，甚至還趴下用光的反射才會更快。



實驗十:磁浮微型水火箭滴管頭在磁浮軌道前進之可能性?(翰林六上 4-3, p92)



### 發現：

1. 我們發現軌道的磁鐵邊會吸住我們的微火箭滴管頭。要不斷地注意調整角度，改變軌道的設計，才能達成讓有貼磁鐵的滴管頭浮著，靠同極相斥的原理浮在有貼磁鐵的軌道上。但一不注意就又被吸走。

2. 我們發現如果沒有一個東西固定住有貼磁鐵的微火箭滴管頭的話，軌道上的磁鐵邊邊會吸住它，所以我們做了如上圖所示的飄浮車廂發射台，防止被吸住，上層的小方形空間是放微火箭，做為發射用的。



3. 磁浮微火箭貼上大磁鐵之後會變得很重，微火箭滴管頭的發射力量無法承受，加上發射時軌道與滴管頭都需要至少 30 度以上的角度發射，因為連發射都無法，所以也不能飛出。後來我們改買用 3 顆 1mm 強力小磁鐵代替，雖然滴管頭重量變輕，但磁場干擾了軌道所有磁鐵的正負極磁場，根本無法使用。

4. 我們認為這個實驗可以成功，但是要花費太多的磁鐵，也要精細調整磁力，也不容易買到，總之，難度很高而且很費時，所以我們後來都不使用這個方案。

### 實驗十一：滴管頭髮射角度與碰到木板反彈的各種關係?

角度	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
有沒有碰到天花板	沒有	沒有	沒有	有	有	有	有
有無碰到木板且回彈(桌子立起 180X90)	有	有	有	有	無(沒碰到)	無(沒碰到)	無(沒碰到)
回彈有否 <b>超過地板 100CM</b>	無(碰到桌子後就掉到地板了)	有	有	有	無(沒碰到)	無(沒碰到)	無(沒碰到)

1. 我們發現滴管頭太小，在教室射擊時，常會碰到教室和走廊的天花板而反彈，因而無法看到最高點。在很空曠的戶外，也會因風的干擾，和陽光反射的關係而無法看到或攝影到。後來到很大的綜合活動中心發射時，雖可讓微火箭滴管頭在無風狀態任意高飛，但仍會因滴管頭太小且燈光灰暗，看不清楚也拍不到。所以我們改用往垂直的木板實驗桌射擊滴管頭，看它的回彈狀況。

2. 我們發現 30 度以下發射的時候並不會碰到天花板，很適合在教室內做實驗。

3. 我們發現 45 度以上會回彈碰到天花板，不適合在教室內做實驗。

4. 我們發現 60 度以上的發射角度，射擊的時候無法碰到前邊 180cm 高的垂直桌子上緣，直接碰到教室牆壁再回彈。

5. 發現如果有碰到木板且回彈的話，那麼它回彈的距離一定都會超過 100 公分。

6. 我們每一個發射的時候我們都有拍下它與木板接觸並回彈的瞬間，看到了它與木板接觸之後並回傳的角度，並且做六次，再除以 6 來取平均，結論是我們發現 45 度發射時碰到木板回彈角度最大。

7. 我們發現 45 度的回彈角度最大而且彈得最遠，所以我們最後決定，若有需要用固定角度做實驗時，就使用 45 度角度來做實驗。

8. 我們看到火光發射，滴管頭往木板快速飛去。



9. 我們在影片裡看到滴管頭與木板成 90 度角彈開。



10. 滴管頭與木板成 90 度角彈開後，用拋物線的方式降落。



11. 滴管頭在拋物線的方式降落地面後，在入射角等於出射角的方式彈開。



實驗十二：加尾翼和箭頭是否有不同處，往上射能多高？

火箭	重量	尾翼數量	高度是否有到二樓陽台	是否容易射到目標	有無落原地(2m 以內)	射到便利貼的機率(0.5m 以內)	箭頭形狀
0 號	0.56 克	0	有	不易	有	0/5	無
1 號	0.9 克	2	有	比較容易	有	2/5	微尖
2 號	1 克	2	有	比較容易	有	1/5	尖
3 號	1.05 克	4	有	比較容易	有	2/5	扁尖
4 號	1.09 克	6	有	很容易	有	4/5	尖(不完整)

1. 發現 0 號雖比較輕，但因它是無頭無尾翼，所以氣流摩擦力比較大。有尾翼的 1~4 號雖比較重，但可順著氣流有效減少摩擦力，所以兩方飛的約一樣高。同理頂端是否有加箭頭，形狀如何，因為很小，前端空氣阻力也幾乎沒有差別。

2. 微火箭滴管頭垂直上射，要落地時在 2m 以內很容易，機率是 100%。但是 0 號比其他微火箭還要射不準，因為它沒有尾翼去調節它的發射的軌道。

3. 我們發現有尾翼都可以使火箭不會翻轉的太誇張。尾翼數愈多，打中到便利貼 0.5m 的機率愈多(6 尾翼的非常穩定直線前進)，但是否可打到便利貼的機率主要取決於發射者的技術和箭頭的形狀(因為箭頭的形狀可改變後方亂流的形式)

4. 突然發現燃料供應器的迴紋針上有白色小粉跑出來，做出來的微火箭使無力或無法發射。我們認為是氫氧化鈉潮解變質，順著迴紋針經毛細管現象上爬，在迴紋針口乾成白色小粉塊，所以使氫、氧氣產量降低。

5. **注意：**在教室和走廊我們常看到微火箭滴管頭打到天花板。在活動中心雖然有時可以看到發射超過二樓觀眾台，但手機拍攝不到，眼睛反光也看不清楚，所以我們改在戶外教室大樓，研究在 90 度垂直向上發射時有多高，以了解微火箭滴管頭向上發射的能力。結果，經多次測試發現，各種尾翼的滴管頭都可以發射到 469cm 的二樓陽台或以上。

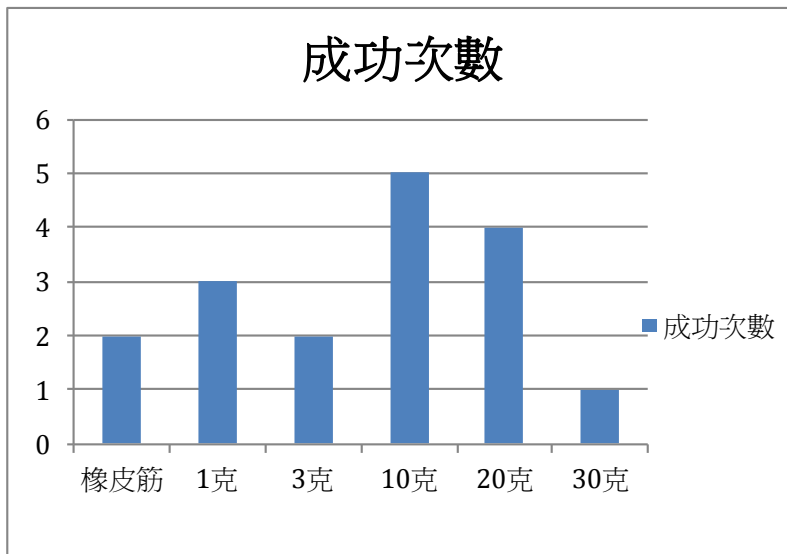


實驗十三：微火箭滴管頭射擊時，所搭載的重量承受限度？(翰林六下 1-2, p11)

成功發射	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
橡皮筋+ 鉤子重 1.19g	X 原地彈飛 彈開	X 原地爆炸 彈開	X 原地彈飛 向下	V 彈飛後 掉落在旁	V 彈飛拉動 10cm	X 原地爆炸 彈開
1 克	X	V	V	V	X	V
1*3 克	X	X	V	X	V	X
10 克	V	V	X	V	V	V
20 克	V	X	X	V	V	V
30 克	V	X	X	X	X	X

發現：

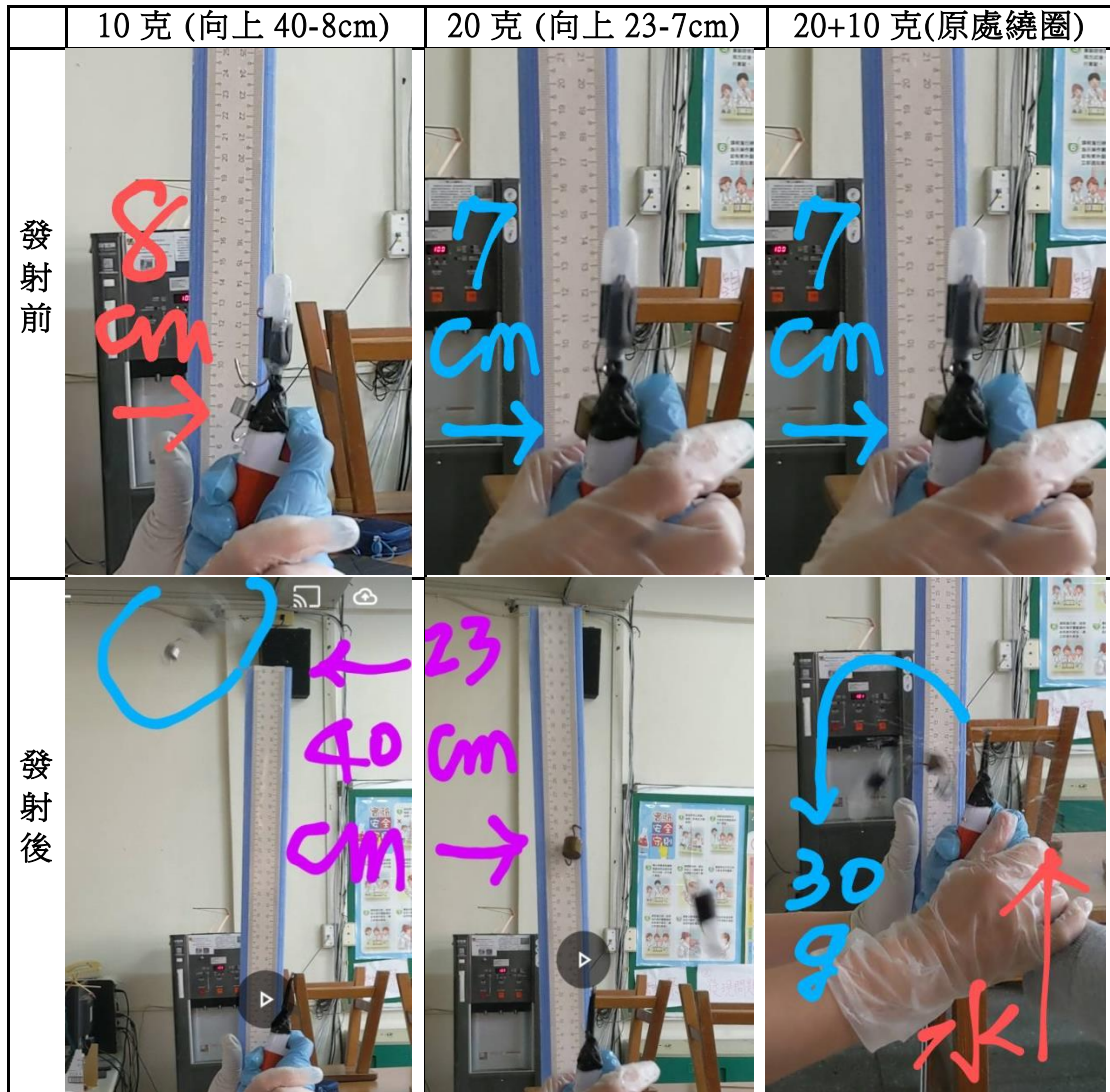
- 看表發現掛砝碼重量在 10 公克與 20 公克的成功機率最高，因其重量不會太輕，比較穩重。
- 橡皮筋非常容易爆炸就彈開立刻拉回，鉤子脫離橡皮筋，難以肉眼觀察與拍攝，所以我們就改用砝碼來測量。(我們測過它 40 克以上才開始伸長變形)。



- 右圖即是在說明，橡皮筋比砝碼更不容易控制，非常容易脫離 L 型鐵杆。
- 砝碼 1 克的太小，在發射時因爆炸力道相對大，所以常一開始就立刻彈開，不易測量，容易失敗，要小心並做很多次。同樣的，3 克砝碼是 3 個 1 克砝碼勾在一起，一發射就立刻散開，但承重是可以的。
- 我們發現 30 克以內的砝碼幾乎是最高極限，因為 30 克的砝碼已經不太發射得動了，原地跳開旋轉脫落。
- 用絕緣膠帶把掛勾貼到的滴管頭外面，發射時都很會容易就旋轉，因為重量不平均。但發射時砝碼和滴管頭就分開，就可以拍到砝碼的最高度。



6. 以下舉 10g、20g 和 30g 發射為例，用我們拍的影片上的截圖來說明如下：



## 伍、討論

一、 微型火箭，與一般水火箭的比較如下：

微型水火箭 (勝)	一般水火箭
有水+有火+有爆炸聲+有遠距發射	有水和有遠距發射而已
室內戶外都可以玩，就算下雨也可以使用	只能在戶外玩，而且一旦下雨就不能使用
只需最多 3ml 的氫氧化鈉加水電解物，再將點擊器放入就可以發射了	使用之前需要一直打氣，很費時費力
噴的水量很少，大概就只有 1~2ml 左右而已，	浪費很多水
幾乎不用處理，只需準備一個小盒子就可以收好了	體積較大，不好收納，使用前還要組裝，很麻煩
發射的時候，打到人不會痛	飛出去時有可能撞到人，使受重傷
都要在範圍內操作得當。 (電解時保持在水與氣體各 50%，點擊射出時會成功且非常安全。)	



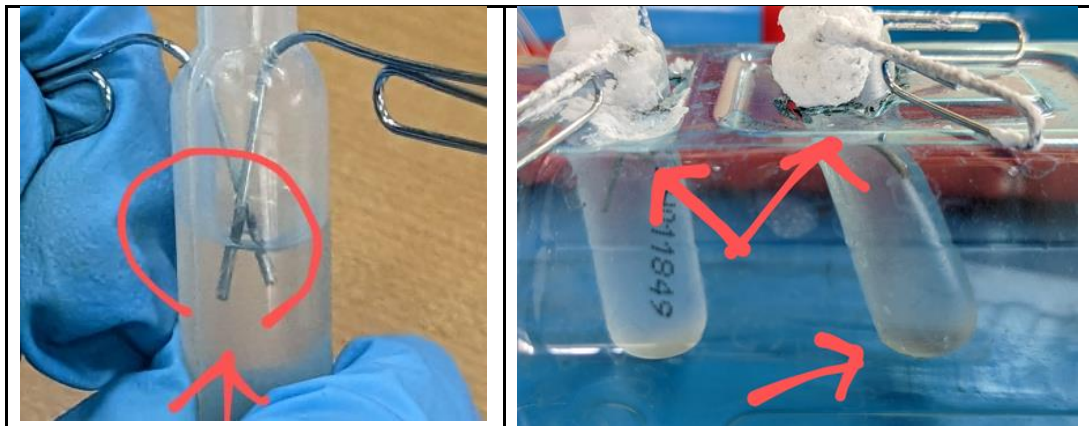
## 二、燃料供應器與微火箭滴管頭的現象討論:

(一)微火箭滴管頭在燃料供應器電解時，每當水量低於 50%以下時(不到 1.5ml)，尤其是越接近無水狀態，且裡面的氫氣氧氣無外漏的狀況下，滴管頭就易在點擊發射時，會發生較大火花爆炸聲，爆炸之後發射的滴管頭不僅力量很大，而且子彈還會出現裂縫，滴管頭就會受損，就必須換新的。其中大都裂在滴管頭頸口處、有時它的整條塑膠黏合線會裂開，如下圖示。

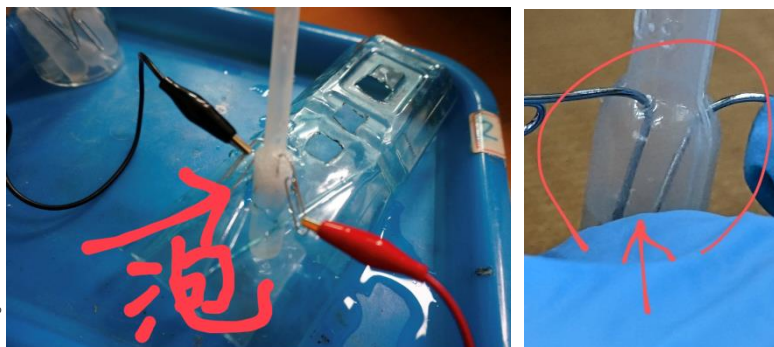


(本報告裡所說的爆炸=大聲的爆炸聲或子彈出現裂縫，不是有火花就是有爆炸，如果電解出來的氫氣太多，可能會導致大一點爆炸，產生大的火花，手會有些痛覺，所以**一定要戴手套**，不然會很危險。)

(二)電解時迴紋針交叉時會無法電解，產生火花而短路，而且會變黑。電解裝置不但會冒煙還會使滴管頭髮熱彎掉，出現火花或爆炸聲。放久後會在迴紋針以及出口處產生結晶。底部會有些微褐色沉澱，是洗手槽水龍頭水裡的雜質在電解後的沉澱。



(三)電流供應器開很強時，會有明顯大量泡泡產生，為氫氣與氧氣。若是一下子開到等級 10，就算迴紋針沒有交叉，還是會出現強烈火花，因為兩邊的電極距離短，放電力量很強。

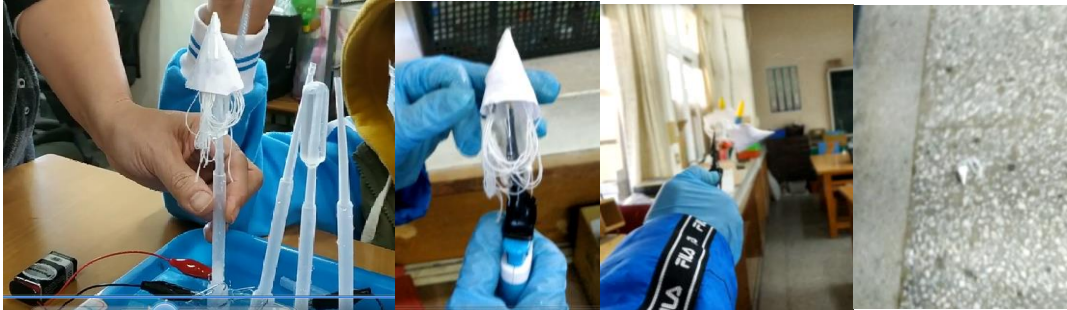


(四)**注意:**(我們有一位同學他電解氫氧化鈉的時候沒有帶手套，結果手背被氫氧化鈉溶液腐蝕，當下覺得痛痛的，還好他立刻去洗手槽沖洗。他見氫氧化鈉溶液滴管有白色粉末從

別針析出，將它拿去放在水龍頭下沖洗，導致水從別針口滲入，稀釋了溶液，使效率變差，只好重調重做一份。

### 三、降落傘的進一步討論:

(一)用 A4 紙做出的很小型的”自製圓錐筒降落傘”，其發射情形如下圖，我們將所有的傘線依序收藏在傘內，等填裝氣體燃料到 5/10 容量後，便小心翼翼的準備好，在 90 度與 30 度之間，不會漏水的狀態下發射。結果發現，就算有起飛，也是在附近很快就降落了。



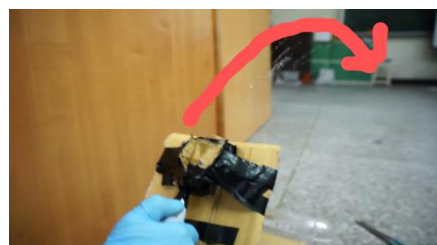
(二)我們把降落傘在垂直倒下的木板實驗桌旁邊發射，想要看它的側面發射與飄落情形，結果發現高度約為 20 公分，長度約為 30 公分，發射之後很快便降落了。



### 四、微火箭滴管頭側面發射時彈射情形的進一步討論:

(一)發射角度要很小，不漏水的 30 度以上才行。微火箭滴管頭的發射高度可以看到 170cm 以內，約 45 度角。每一種角度發射的射程都超過桌寬 90cm，在教室可以清楚看到，但是無法後退拍到完整的側面全景，若是移到戶外或是空曠的戶內(如活動中心)。也會因為太遠和陽光等光線干擾而無法拍到全景。

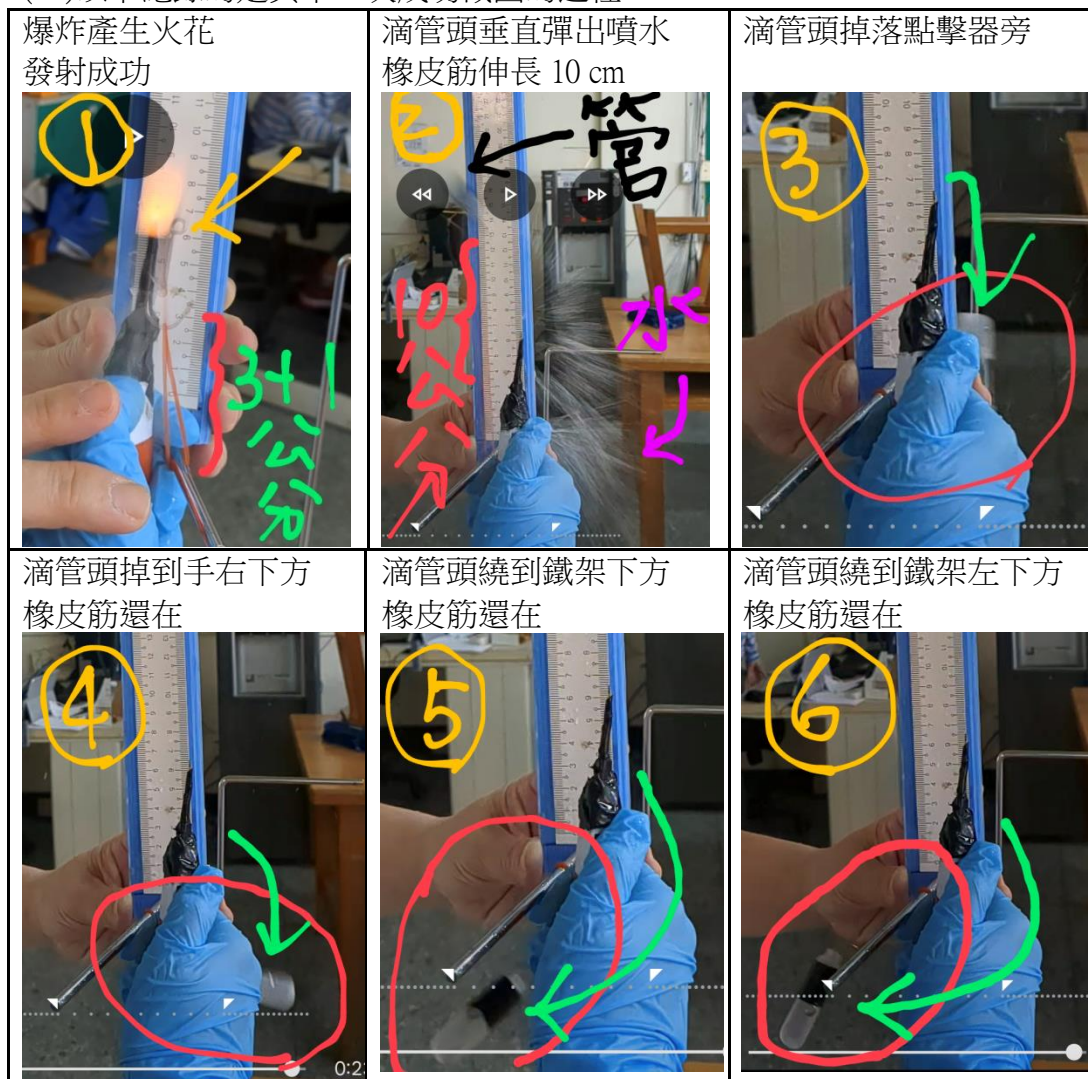
(二)右 2 圖是它的 45 度側面發射情況，可以看到水花沿著射成方向噴出。



(三) 下 2 圖是它的 60 度側面發射情況，可以看到它往空中飛出，用圓弧形的拋物線掉落並彈跳在旁。



五、微火箭滴管頭射擊時,所搭載的橡皮筋彈射拉力承受限度實驗進一步討論  
 (一)非常難以測量與拍照，因為爆炸後滴管頭彈出非常快，橡皮筋拉回的力量也非常快速，肉眼非常難判斷，失敗的很多，截圖也非常困難。  
 (二)以下紀錄的是其中一次成功截圖的過程。



## 陸、結論、應用與建議

### (一)結論

1. 需要的空間小，用水量又少，可以射很遠，而且還有火花和身歷其境的”砰”爆炸聲，不但很酷，安全性還很高，它才是真正的水火箭。
2. 微型水火箭用氫氧化鈉溶液來電解的效果最好，因為殘餘物質最少，最乾淨，也很環保。
3. 做微型水火箭時，電解氫氧化鈉溶液的濃度調整在 3M 以下，電解效果最好也最安全；也就是不可以大於 20ml(水):16g(氫氧化鈉)。我們在本研究的實驗中，都用 **20ml(水):14g(氫氧化鈉)**，測試後的結果也發現最佳。
4. 容量 3ml 的微火箭滴管頭雖然耗水量比眼藥水頭還要多，但它的安全性與研究性比眼藥水頭還要高，所以我們使用 3ml 滴管頭來做後續的實驗與研究。
5. 十分之五的水量的微火箭滴管頭介於易爆炸與無力發射之間，不會爆炸，很安全，所以我們決定以後的實驗都用**十分之五水量**的微火箭滴管頭。
6. 容量小的 1mL 滴管頭與眼藥水頭體積太小，當點擊器一放入，它們就漏水，只剩氫氣氧氣在裡面，點擊容易爆炸，所以我們的實驗不使用。
7. 微火箭滴管頭的點擊角度在 30 度以下都會漏氣，所以後續的實驗我們都用**角度 30 度以上**，避免用 30 度以下的角度來發射。
8. 從高點降落的傘要傘面越大越好，因為滯空時間會越長，只是它繩子長度的比例要對，不然它很有可能會翻過來。發射時，若要我們的微火箭滴管頭攜帶降落傘飛到高點再緩緩降落，要再改良微火箭的材質與燃料的強度。
9. 我們發現在 90 度到 45 度角度之間，角度越大，滯空時間越長，但飛行距離會越短，角度越小則相反。所以我們以後**都使用 45 度**，因為它有距離跟滯空時間的優點。我們也知道微火箭滴管頭的發射**平均速度，每秒可達約 490.8 公分**，也知道它在活動中心發射高度最高可超過二樓觀眾台的欄杆台，也就是 320cm 以上。(PS 我們覺得微火箭滴管頭很酷。)
10. 磁浮微火箭滴管頭在磁浮軌道上衝出的這個實驗，我們認為可以成功，但是因為滴管頭很小很輕，除了要花費太多買各種磁鐵測試，微調的難度也很高，費時費力更費錢，所以我們後來都不使用磁浮軌道。
11. 每種角度，微火箭滴管頭發射都可以超過 100cm，其中 45 度發射的滴管頭回彈角度最大而且彈得最遠。
12. 針對目標射擊微火箭滴管頭時，**以有 6 個尾翼的最好**，可以射到目標。因為滴管頭頭部頂端很小，空氣阻力小，有沒有貼上箭頭，看不出差別。**往上射可以超過二樓陽台，超過 469cm 以上**。
13. 超過 30 克的砝碼，幾乎每次發射時都原地跳開脫落，然後旋轉掉落。所以，**30 克砝碼是微火箭滴管頭能穩定負重攜帶發射的最高極限**。
14. 此科展研究用了大量的照片與影片記錄，為了記錄 1~2 秒之內的運動軌跡，來查看在各種情況中的變化，過程中用去了大量的心力和時間去按暫停鍵並截圖，去找到需要的清楚的照片來證明實驗的發現。如果學校能有一台高速攝影機，我們就不用那麼辛苦了。
15. 在整個長時間的科展實驗中，我們都沒有所謂的受傷要看病擦藥這回事，想是因為所有我們要使用的量都非常少，而且使用的東西如滴管頭、點擊器…也都非常小的緣故。所以我們認為這個研究，對高年級以上來說，是適合且非常安全有樂趣又帶點小刺激小冒險的科學研究。最後，非常謝謝政府讓我們能有這個機會，去花了那麼長的時間，去了解有關微火箭滴管頭各種面向，去深入的體驗到力學和化學…與做中學的樂趣。謝謝!

## (二)未來應用與展望

1. 微型火箭有趣好玩，希望能把它變成完全地 100%安全，讓小小孩也可以玩。
2. 我們希望本實驗研究結果能運用在真正的微火箭或奈米火箭上面，有所貢獻。
3. 希望能夠把微火箭做成可以連續不斷產生推力(至少 10 秒以上)的東西，延長玩的時間。

## (三)建議

1. 如果學校能買到一台縮時攝影機，我們的實驗就會更精準，更不用耗費那麼大的心血去查驗。若是能再有高速攝影機與壓力傳感器更好。
2. 建議下一組可做的實驗是：
  - (1) 如果有更小的點擊器，可以進行更小的 1 毫升的滴管頭的實驗研究。
  - (2) 設計完整的一條直線或橢圓形迴圈的磁浮軌道，讓磁浮能在上面順利發射並繼續前進，不斷運轉的進一步的精細設計研究。
  - (3) 磁浮軌道不可行的原因是因為磁鐵太重了，建議有低於 30 克以下的磁鐵就可以繼續進行我們的磁浮軌道的實驗。
  - (4) 找到並能使用的更輕的降落傘來搭配本研究中的微型水火箭。

## 柒、參考文獻及其他資料來源

- 一、翰林課本(2014)。(國民小學六上自然與生活科技)。台南:翰林出版社
- 二、翰林課本(2014)。(國民小學六下自然與生活科技)。台南:翰林出版社
- 三、DK 理工編輯團隊(2021)。(自然科超高效學習指南-超簡單化學課)。大石國際文化有限公司
- 四、陳美玲、曹淇峰(編撰)(2021)。(加強中小學操作自然科課本實驗計畫)。臺北:自然科學教師課程研究中心
- 五、2021 台北科學日-五常國中[微型水火箭]:  
<https://youtu.be/cZkUTVFOC7A>
- 六、微型水火箭 3D:  
<https://www.youtube.com/watch?v=wV1e6pdGtJU>
- 七、太陽能電力推進器 未來星際旅行必備 可以更遠、更快、更便宜 | 太陽能電推 | 離子推進器 | 霍爾推進器 | X3 | 太陽能電力推進器 | 馬克時空 第 29 期(頻道主-馬克時空)  
<https://youtu.be/3Aalla35MU8>
- 八、國立臺灣科學教育館 科展資訊管理系統:  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/Article.aspx?a=41&lang=1>
- 九、試著用乙炔氣爆的能量來製作水火箭！結果成功研發電土水火箭！？【胡思亂搞】(頻道主-胡子):  
<https://www.youtube.com/watch?v=UIApYsphDSs>
- 十、氫氧化鈉-維基百科  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%92%A0>  
<https://www.youtube.com/watch?v=uV660juQbcU>
- 十一、氫氣爆炸-中文百科  
<https://www.newton.com.tw/wiki/%E6%B0%AB%E6%B0%A3%E7%88%86%E7%82%B8/12509016>