

屏東縣第 65 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：“硫”“水”無情-硫酸加水之研究

關 鍵 詞：放熱反應、突沸、脫水性

編號：B3010

目錄

摘要-----	p.03
壹、前言-----	p.03
貳、研究設備及器材-----	p.04
參、研究過程與方法-----	p.05
肆、研究結果-----	p.12
伍、討論-----	p.14
陸、結論-----	p.16
柒、參考資料和其他-----	p.20

摘要

要將水加入濃硫酸之中讓水突沸，事實上我們只成功一次，就是將針筒的針頭拔掉，然後將針筒沉入濃硫酸之中，之後再將針筒的水注入濃硫酸之中，如此燒杯中的水就突沸出來了。在其他的實驗中，我們因為安全的考量，控制了很多的變因，並沒有讓水突沸，但也都讓水有了沸騰的現象，只不過並沒有很明顯的噴濺。

所以水加入濃硫酸之中，確實會讓水沸騰，但要讓水突沸則需要在濃硫酸中，**迅速注入**適量的水，才能達到突沸的現象。

壹、前言

一、研究動機：

在做硫酸稀釋的實驗時，老師一再強調，硫酸加水稀釋的順序千萬不能顛倒，否則會發生水的突沸並噴濺出硫酸，後果非常嚴重，並讓我們觀看了影片。

雖然影片非常恐怖，但是當時我的想法是，如果我只滴上一小滴的水，結果也會如此的炸裂嗎？若慢慢的加水，會噴濺嗎？若是整桶水瞬間倒入一小杯硫酸中，那硫酸還噴的出來嗎？等等很多的問題在腦中閃現。

於是我們三位叛逆的同學找上我們的自然老師，組成了這“敢死隊”和科學挑戰。決定研究「將水加入硫酸中」的研究。當然，這一定在老師的**全程指導**下進行，我們斷然不敢在沒有老師的在現場下進行實驗。

二、研究目的：

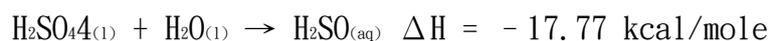
(一)、如何的將水加入濃硫酸之中才不會突沸。

控制變因：注入的水量、注入的水速、濃硫酸的量、裝濃硫酸的容器。

三、文獻回顧：

硫酸是一種具有高腐蝕性的無機強酸，化學式為 H_2SO_4 ，被稱為化學工業之母。一般為透明至微黃色，在任何濃度下都能與水混溶並且放熱。硫酸在不同濃度下有不同的特性，而其對不同物質，如金屬、生物組織、甚至岩石等的腐蝕性，都歸根於它的強酸性，以及它在高濃度下的強烈脫水性與氧化性。高濃度硫酸能對皮肉造成極大的傷害，因為它除了會透過酸性水解反應分解蛋白質及脂肪造成化學燒傷外，還會與碳水化合物發生脫水反應並造成二級火焰性灼傷，將有機化合物脫水成碳。

硫酸溶於水的溶解熱為 -22.99 kcal/mol ，其反應式為：

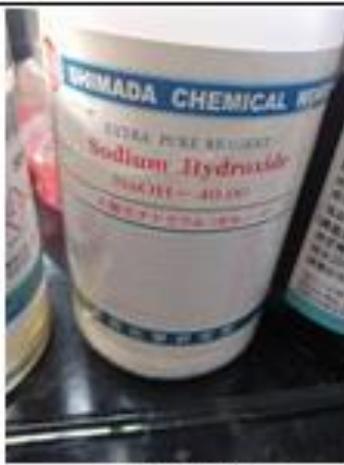


濃硫酸密度比水大得多，直接將水加入濃硫酸會使水浮在濃硫酸表面，大量放熱而使酸液沸騰濺出，造成事故。因此，濃硫酸稀釋時，常將濃硫酸沿器壁慢慢注入水中（燒瓶用玻璃棒引流），並不斷攪拌，使稀釋產生的熱量及時散出。切不能將順序顛倒，這樣會引發事故。記得“酸入水，沿器壁，慢慢倒，不斷攪”，“稀釋那濃硫酸，濃酸入水滴，沿器壁慢慢倒，攪拌手不離。注酸入水不斷攪拌，稀釋好的硫酸應冷卻至室溫後存放入試劑瓶中。

貳、研究設備及器材



硫酸



氫氧化鈉



磅秤



針筒和導管



紅外線溫度計



錐形瓶和燒杯



針筒、試管和試管架



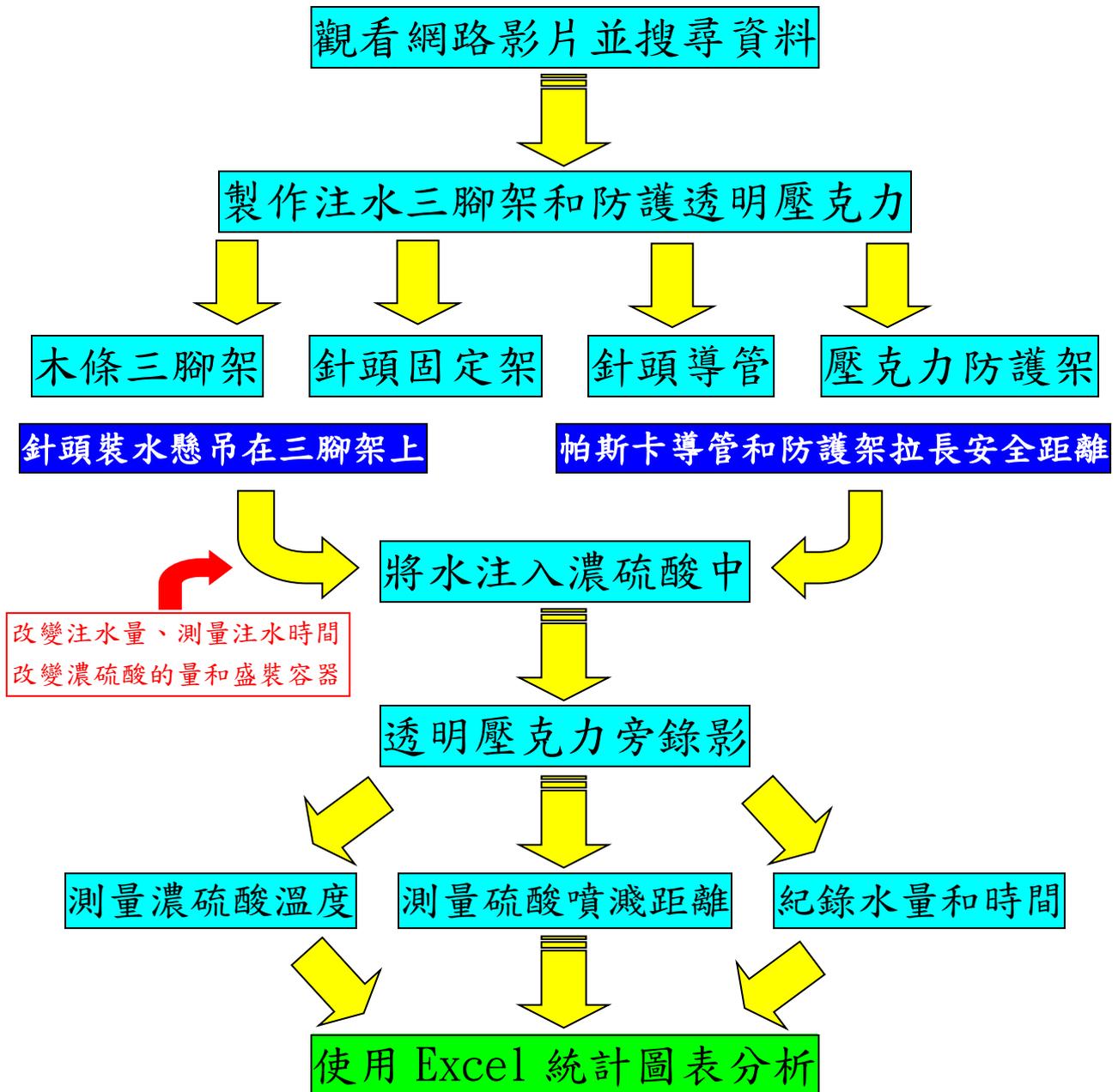
三腳木架和防塵透明壓克力



各類針筒和針頭

參、研究過程與方法

一、實驗架構：



二、實驗步驟：

(一)、觀看影片並搜尋資料：

1. **標準的**硫酸加入水中影片，在網路上有非常多的實驗影片。我們上網搜尋之後，並觀看多個相關影片。
2. **錯誤的**將水加入濃硫酸中的影片，在網路上也有非常多的實驗影片。包括實驗室中要教育我們的**故意**錯誤操作，也有真正的錯誤操作。我們上網搜尋之後，並觀看多個這種相關影片，如下圖 01 所示。。



圖 01 為將水加入濃硫酸中的相關影片

(二)、製作將水加入濃硫酸中的安全實驗裝置。

1. 為了提高實驗過程中的安全指數，我們設計了一套安全的實驗裝置，示意圖如下圖 02 所示。但是經過指導老師的指出錯誤之後，我們商量了一些優化之處。

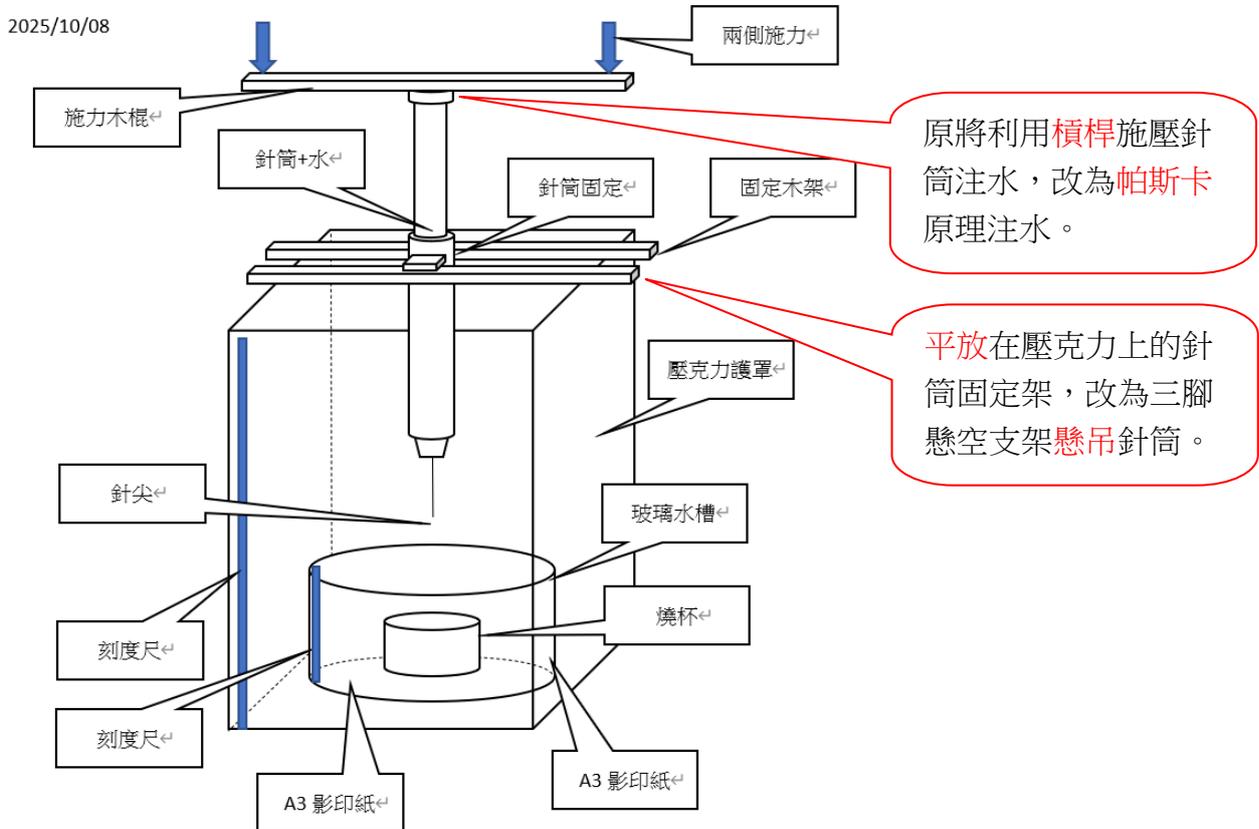


圖 02 為將水注入濃硫酸的安全裝置設計圖

2. 將槓桿原理的加壓針筒注水，改為帕斯卡原理注水，可以更加拉長安全距離。如下圖 03 所示。

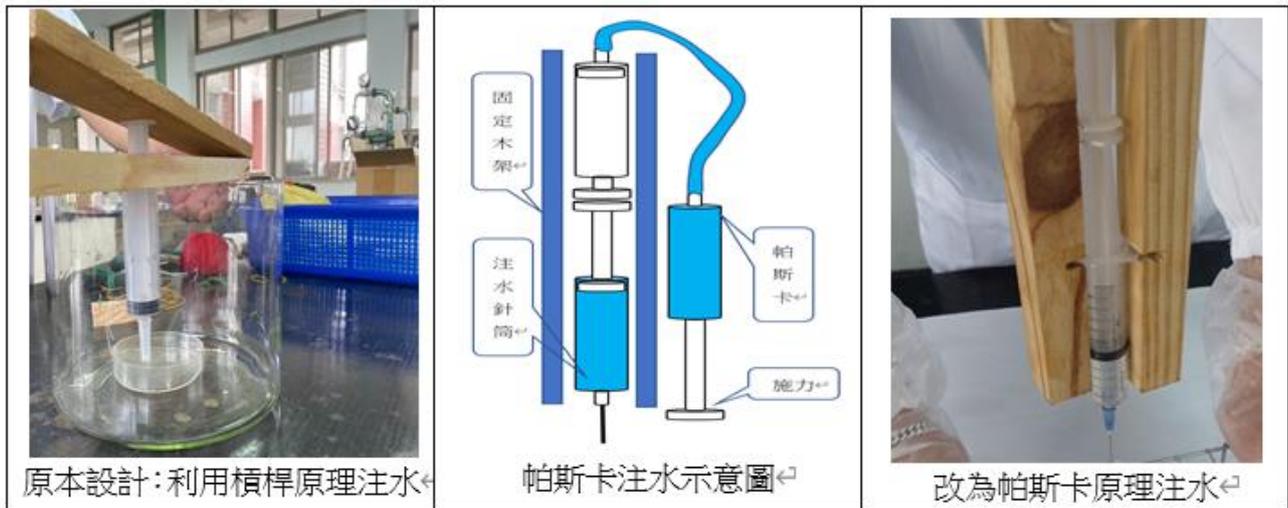


圖 03 為改良後的針筒注水

優點如下：

- (1)、安全距離可以拉得更遠。即時有硫酸的噴濺，除了透明壓克力的阻擋防護外，還有更長的距離防護。
 - (2)、注入的水量依然可以定量，注入水量的時間依然可以計量。
3. 將原本只放在透明壓克力上的針筒固定架，改為三腳懸空木架。如下圖 04 所示。

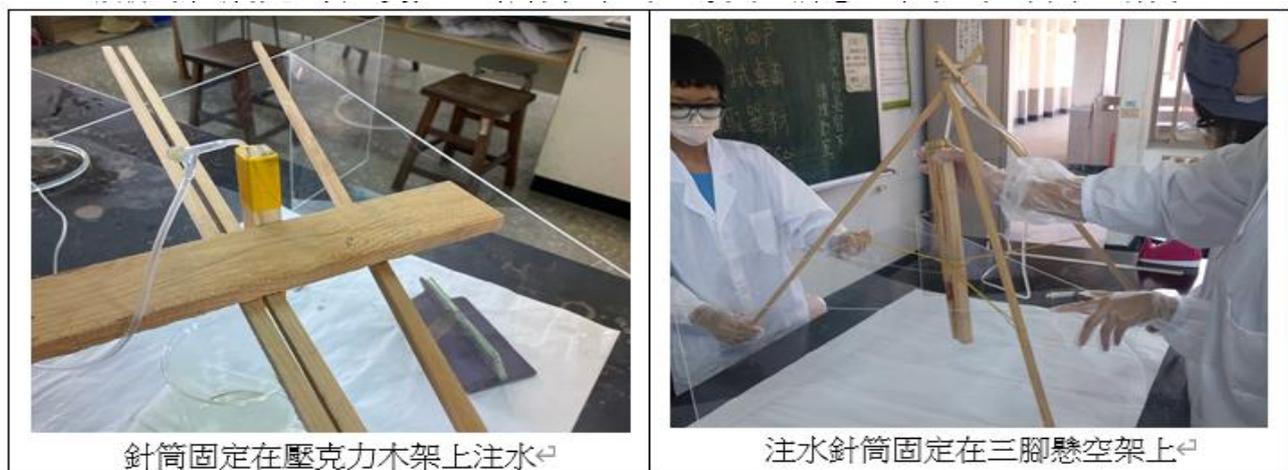


圖 04 為改良後的針筒固定架

優點如下：

- (1)、原本受導管影響會使針頭偏離中心點的現象受到修正。因為針筒架在固定架時，導管會下垂而拉歪針筒，導致針筒在注水時，會有稍微的拉扯而針頭偏離。若改為針筒懸空吊掛，則導管會沿著懸吊線固定在三角架上，即使注水甚至稍稍拉扯，都不會影響針頭的準確性。
- (2)、可以將放置濃硫酸的空間變大，尤其是向上噴濺的空間變大。不會受放置針筒的裝置影響，可以增加測量的準確度。

(三)、培養皿裝濃硫酸：如下圖 05 所示。

1. 培養皿分別裝 10ml、20ml、30ml 濃硫酸，滴入的水分為：

- (1)、帶針頭和未帶針頭 1ml 微量滴水和正常注水。
- (2)、帶針頭和未帶針頭 5ml 正常注水。
- (3)、帶針頭和未帶針頭 10ml 正常注水。
- (4)、帶針頭和未帶針頭 25ml 正常注水。

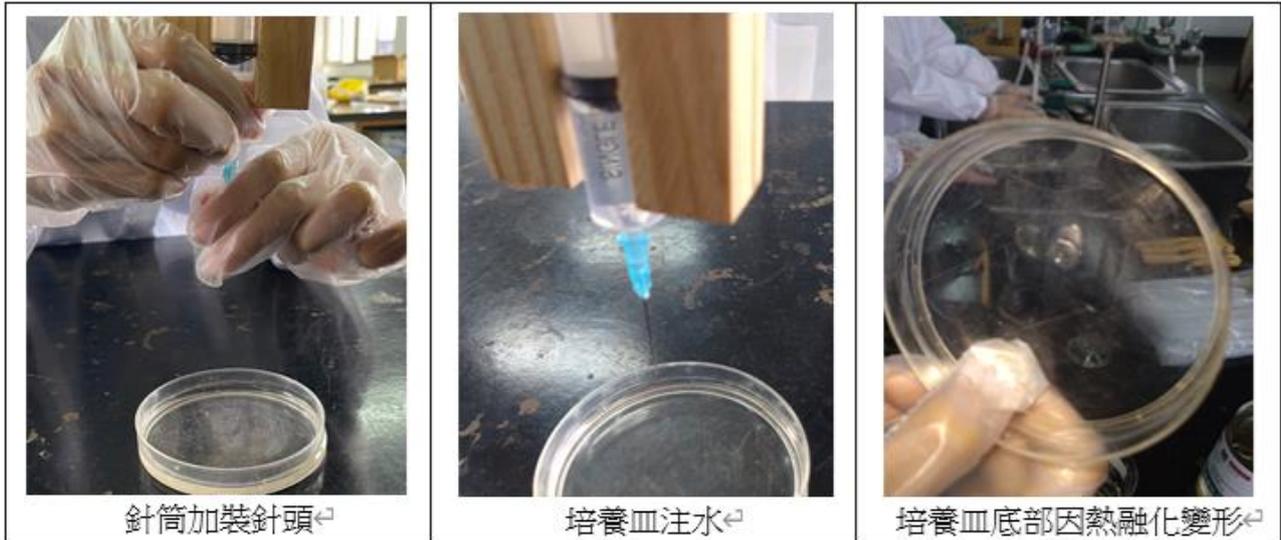


圖 05 為不同水量的針筒注水在裝濃硫酸的培養皿

(四)、試管裝濃硫酸：如下圖 06 所示。

1. 試管分別裝 1ml、2ml、3ml 濃硫酸，滴入的水分為：

- (1)、帶針頭和未帶針頭 1ml 微量滴水和正常注水。
- (2)、帶針頭和未帶針頭 3ml 正常注水。

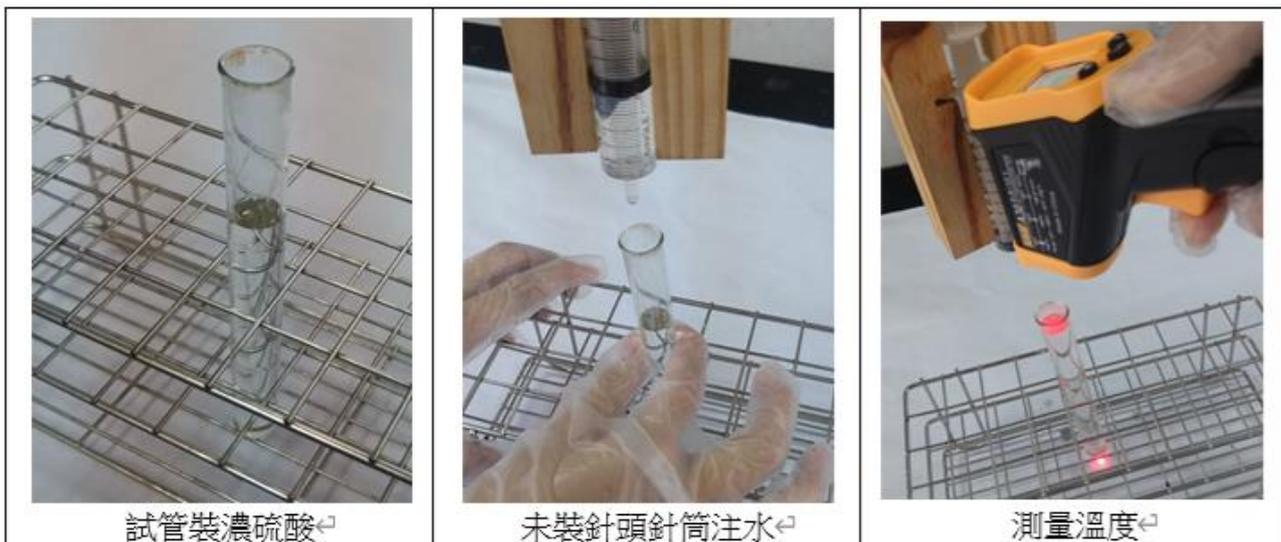


圖 06 為試管中裝不同量的濃硫酸後注入不同的水量

(五)、50ml 燒杯裝濃硫酸：如下圖 07 所示。

1. 燒杯分別裝 10ml、20ml、30ml 濃硫酸，滴入的水分為：

- (1)、帶針頭和未帶針頭 1ml 微量滴水和正常注水。
- (2)、帶針頭和未帶針頭 5ml 正常注水。
- (3)、帶針頭和未帶針頭 10ml 正常注水。

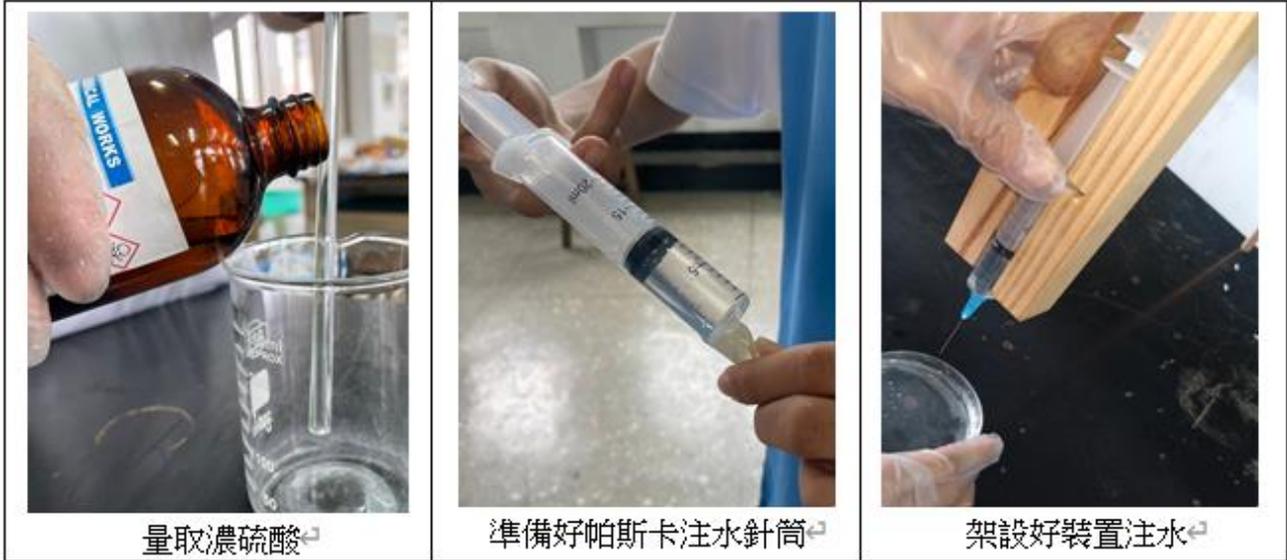


圖 07 為使用 50ml 燒杯裝濃硫酸注水

(六)、1000ml 燒杯裝濃硫酸注水：如下圖 08 所示。

1. 燒杯分別裝 30ml 濃硫酸，注入 5ml 的水，方式分為：

- (a)、利用滴管，緩慢滴入一滴一滴的水。
- (b)、帶針頭的針筒注入 5ml 的水。
- (c)、未帶針頭的針筒注入 5ml 的水。
- (d)、將針頭插入濃硫酸中，然後注入 5ml 的水。

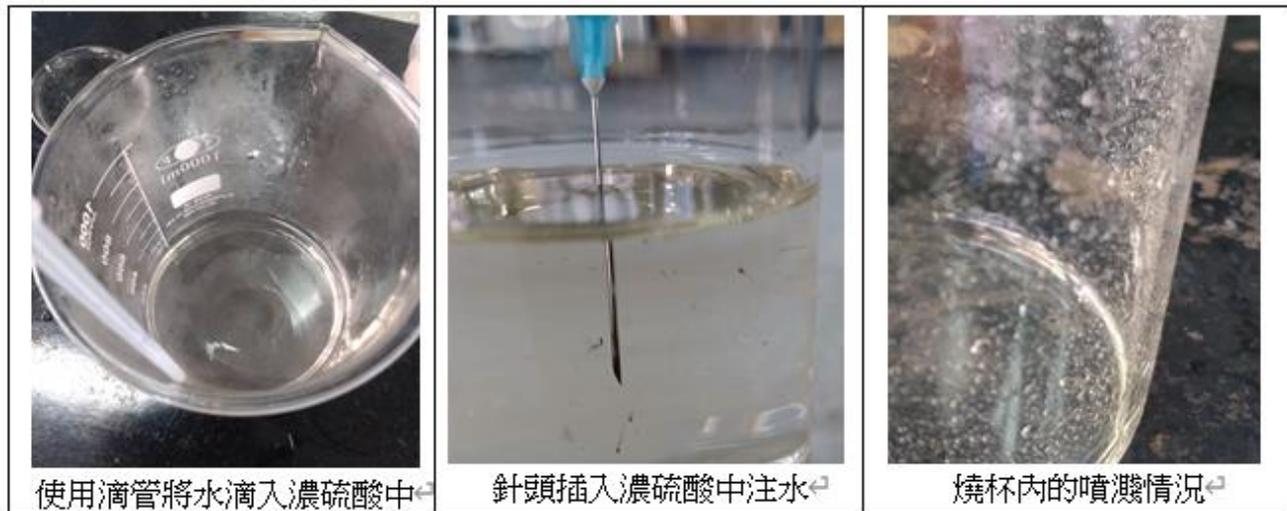


圖 08 為使用 1000ml 燒杯裝濃硫酸注水

(七)、每次實驗後，都要測量濃硫酸的噴濺高度和噴濺寬度。如下圖 09 所示。

1. 在每次實驗時，在桌面上鋪上一張完整的海報白紙。然後在實驗後，因為濃硫酸的噴濺及濃硫酸的脫水性，會導致白紙上有黑點產生。我們就測量黑點的噴濺距離。
2. 濃硫酸的噴濺高度，則測量噴濺在燒杯壁上的液滴高度。

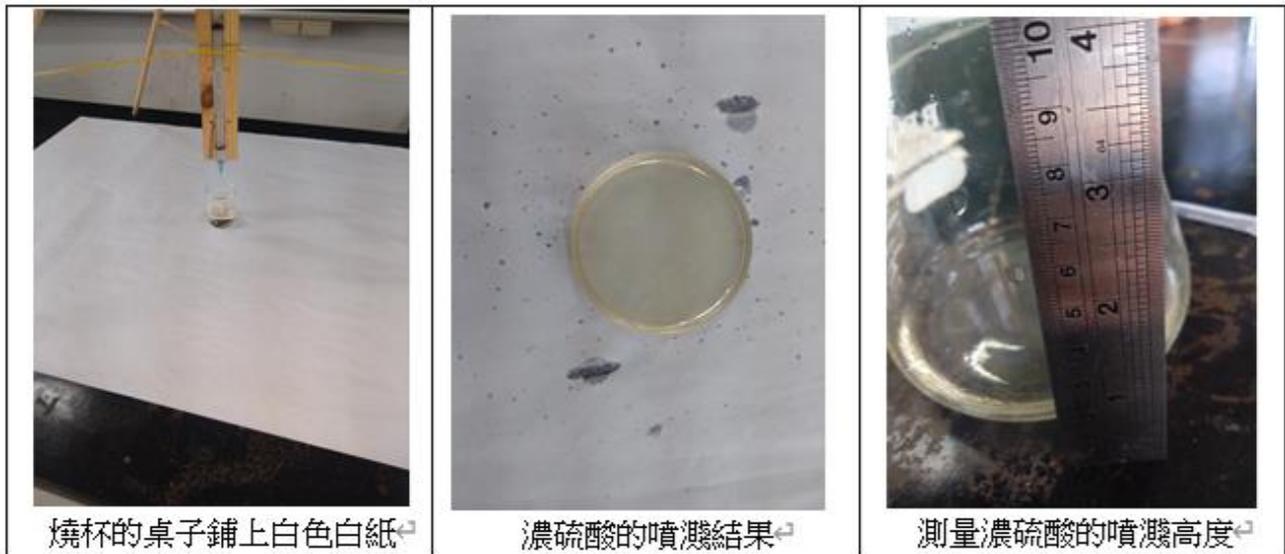


圖 09 為測量濃硫酸的噴濺距離

(八)、測量溫度的變化，及了解濃硫酸加水之後的沸點及沸騰情況。如下圖 10 所示。

1. 每次實驗結束之後，必須馬上測量濃硫酸的溫度。
2. 將不同濃度的硫酸溶液加熱至沸騰，然後測量其沸點。



圖 10 為測量實驗後的硫酸溫度及測量不同濃度的硫酸溶液沸點

(九)、將水改為飽和氫氧化鈉注入濃硫酸中。如圖 11 所示。

1. 調配飽和氫氧化鈉。
2. 將氫氧化鈉注入 5ml 的針筒之中
3. 培養皿上中 10ml 的濃硫酸。
4. 讓針筒中的氫氧化鈉注入培養皿中的濃硫酸。

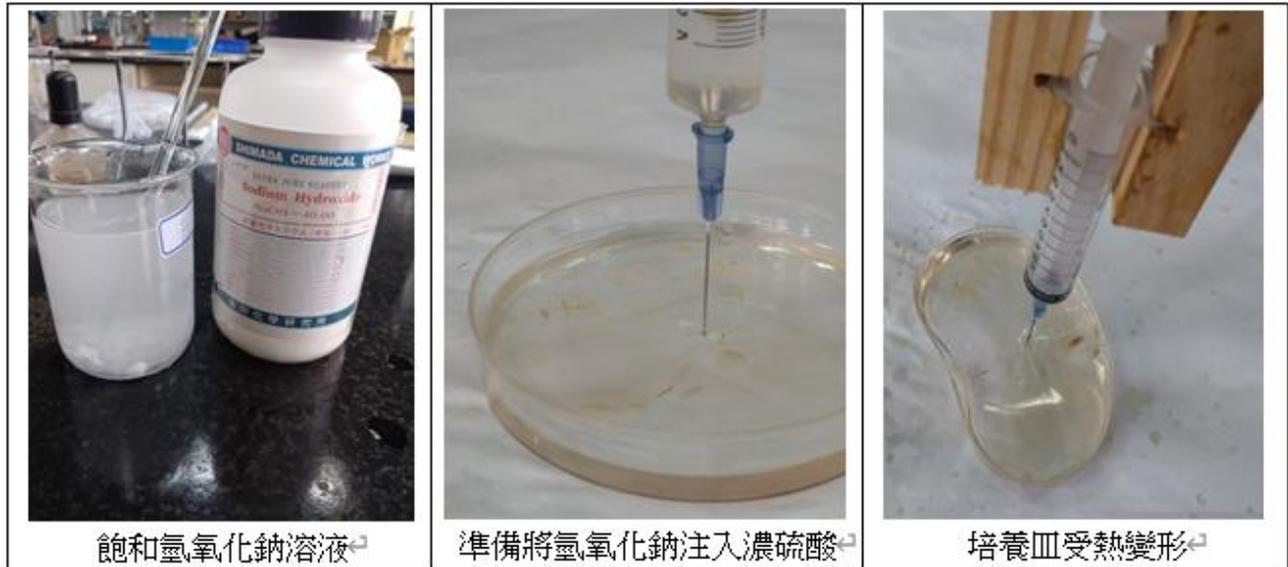


圖 11 為飽和氫氧化鈉和濃硫酸中和

(十)、將大量的水緩緩注入濃硫酸中。如圖 12 所示。

1. 1000ml 的燒杯中，到滿 500ml 的濃硫酸。
2. 將導管固定在燒杯的邊緣，然後在導管中緩慢的注入 500ml 的水。

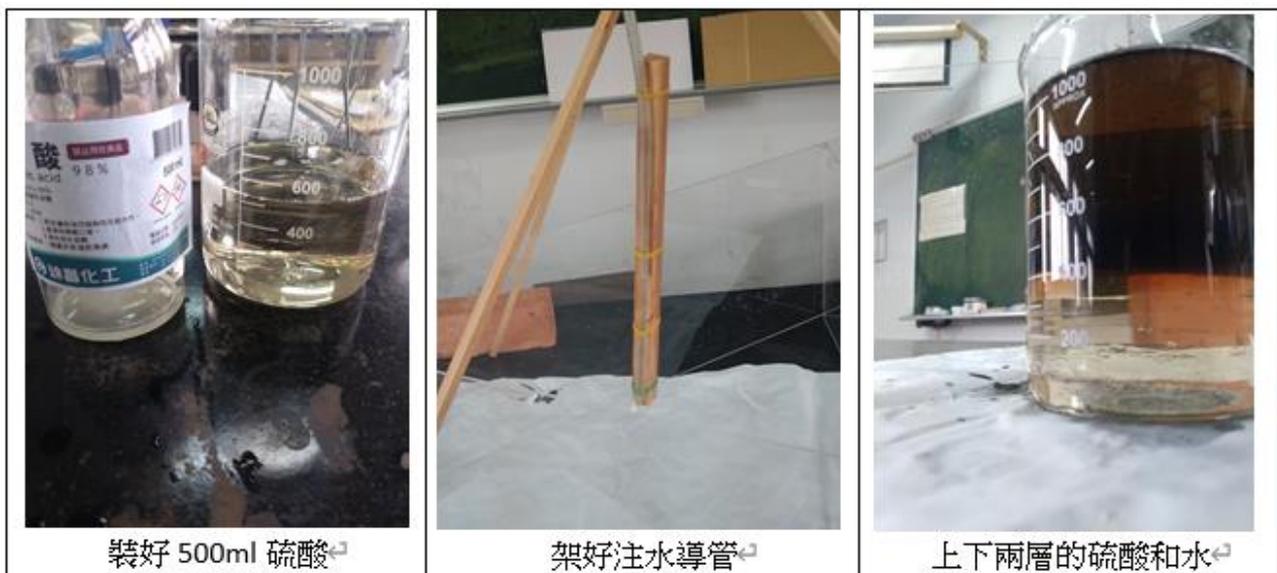


圖 12 為大量的水和硫酸混合(未衝擊和攪拌)

肆、研究結果

一、無論任何容器，裝多少的濃硫酸。只要是使用針頭，滴入微量的水，我們可以馬上聽到這微量的水沸騰的聲音。加上燒杯的聲音共振的效果，這聲音就更加明顯了，還可以看到縷縷白煙。

二、無論任何容器，裝多少的濃硫酸。只要是使用無針頭的針筒，或是滴管。滴上一滴水，我們也可以馬上聽到這一滴水沸騰的聲音。加上燒杯的聲音共振的效果，這聲音就更加明顯了，而且比針筒注入微量的水更大聲。一樣可以看到縷縷的白煙。

三、無論任何容器，裝多少的濃硫酸，使用針頭注入的水量在 1ml~25ml 之間。注水點的溫度都超過 100°C，而未注水的周圍，溫度均未明顯上升。如下表 13 所示。

容器 \ 注水量	1ml		5ml		10ml		25ml	
	注水點	周圍	注水點	周圍	注水點	周圍	注水點	周圍
試管	107	107	123	123				
培養皿	113	35	132	46				
50ml 燒杯	124	36	134	38	142	39	151	50
1000ml 燒杯	115	34	125	38	132	40	134	41
錐形瓶	121	34	132	40	139	42	141	48

表 13 為不同容器在不同的注水量之後，注水點和周圍的溫度記錄

四、無論任何容器，裝多少的濃硫酸，在未使用針頭注入的水量在 1ml~25ml 之間。注水點的溫度都超過 100°C，而未注水的周圍，溫度也明顯上升。如下表 14 所示。

容器 \ 注水量	1ml		5ml		10ml		25ml	
	注水點	周圍	注水點	周圍	注水點	周圍	注水點	周圍
試管	116	116	127	127				
培養皿	117	54	136	64				
50ml 燒杯	124	122	124	121	132	122	141	123
1000ml 燒杯	122	120	126	115	130	110	124	118
錐形瓶	124	121	122	120	137	121	131	128

表 14 為不同容器在未加針頭針筒注水，注水點和周圍的溫度記錄

五、我們將 30ml 的濃硫酸加入不同體積水之後，然後加熱測量其沸點。以下是我們所得到的沸點數據。如下表 15 所示。

	水 1ml	水 5ml	水 10ml	水 25ml
硫酸 30ml	310°C	294°C	275°C	225°C

表 15 為濃硫酸加不同水量之後的沸點

六、將飽和氫氧化鈉水溶液注入濃硫酸之中，因為溶解熱加上酸鹼中和熱可能會太大，所以將飽和氫氧化鈉和濃硫酸的量均縮小。結果發現：

- (一)、沸騰的小泡泡比單純注水時多。
- (二)、所測量到的溫度比單純注水時高。
- (三)、培養皿受熱變形，針頭變黑腐蝕。
- (四)、因為量少，並沒有突沸狀況發生，但確實反應更激烈了一些。

七、將大量的水加入大量的濃硫酸之中，若水的流速慢，未衝擊濃硫酸，則水會漂浮在濃硫酸的上方。因為沒有攪拌，再加上水持續緩慢流下而降溫，導致水溫雖然上升，但沒有沸騰。

八、使用試管裝濃硫酸，因為試管容積的關係，我們只能在試管中預先加入 1ml 和 5ml 的濃硫酸、然後加入 1ml 和 5ml 的水。有因為管口的大小關係，我們只能用針筒在試管外注入，結果依然只是冒煙，並沒有突沸。但是因為試管的截面積小，所以所看到的白煙較為濃密。如下圖 16 所示。



圖 16 試管裝濃硫酸注水的現象

伍、討論

一、我們看完十幾部有關硫酸加水的影片之後，討論要如何設計實驗步驟時。老師一直強調一件事情，安全第一，這是一件很危險的實驗，希望我們時刻在心中提醒自己。於是我們立下三大實驗準則：一是人和實驗的距離要夠遠，避免被噴濺，除了加裝透明壓克力板之外，還要拉長帕斯卡導管的長度。二是太過危險的實驗或想法，直接放棄。三是老師必須在場，才可以開始實驗和操作。如下圖 17 所示



圖 17 為實驗安全措施

二、為了安全和實驗數據兩全其美，我們將帕斯卡的導管拉到教室外，然後在教室外操作注水。再者，我們在透明壓克力的旁邊和上方，分別架設手機錄影，方便我們實驗後觀察和收集數據。如下圖 18 所示。

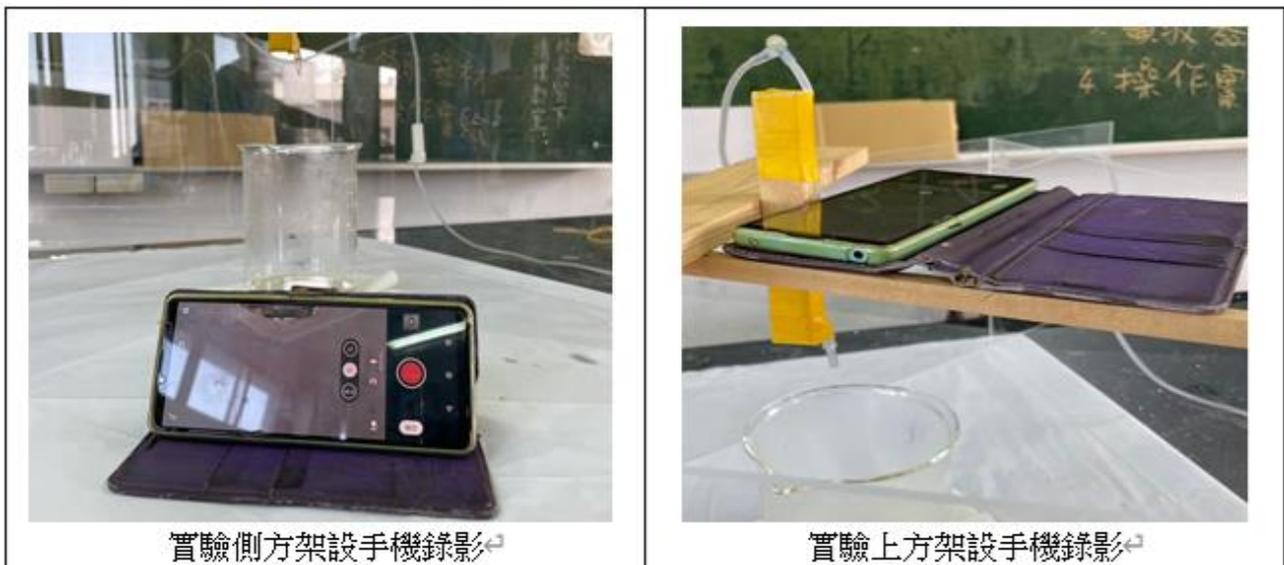


圖 18 為實驗時的錄影方式

三、要測量水的噴濺情況，我們發現寬度的噴濺最遠距離非常容易測量，因為只要找出硫酸脫水後的白紙黑點即可。但要找出水的噴濺高度就很難，因為不同的燒杯容器，杯壁所沾黏的水漬不一定是最高點。我們也嘗試在燒杯的上面放置白紙，然後觀測濃硫酸是否可以噴濺到杯壁，但效果非常不好。最後我們只好放棄測量噴濺的高度。

四、剛開始設計實驗時，我們將初始設計的槓桿原理注水，改為帕斯卡原理注水。為了將注水端的針筒固定，我們開始圖紙設計，之後使用木工製作。如下圖 19 所示，因為木頭的可塑性強，容易製作，價錢便宜。所以我們最後決定使用木條的製作各種工具。



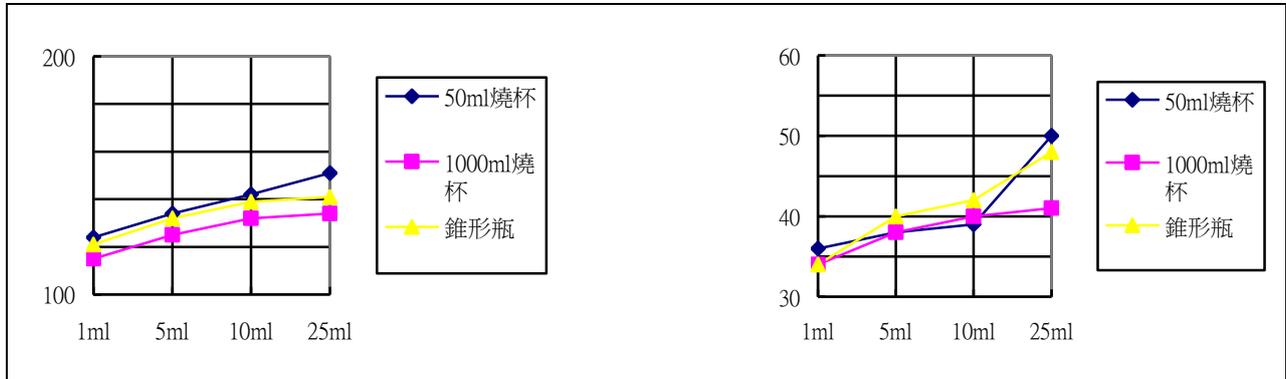
圖 19 為各種木製輔助器材

五、將飽和氫氧化鈉水溶液注入濃硫酸之中，因為溶解熱加上酸鹼中和熱，我們討論之後，只做 1ml 和 5ml 氫氧化鈉溶液加針頭緩慢注入裝 10ml 濃硫酸的培養皿之中的實驗。因為害怕放出的熱量太強，導致發生爆炸性的突沸。

六、濃硫酸緩緩倒入水中並攪拌，是標準稀釋硫酸的步驟。但將水緩緩加入濃硫酸中，又不加以攪拌，則會發生什麼事？

陸、結論

一、在使用針頭注入的水量在 1ml~25ml 之間。雖然注水點的溫度都超過 100°C，而未注水的周圍，溫度均未有明顯上升。但是由折線圖我們還是可以看到上升的趨勢。如下圖 20 所示。所以我們做出以下結論：

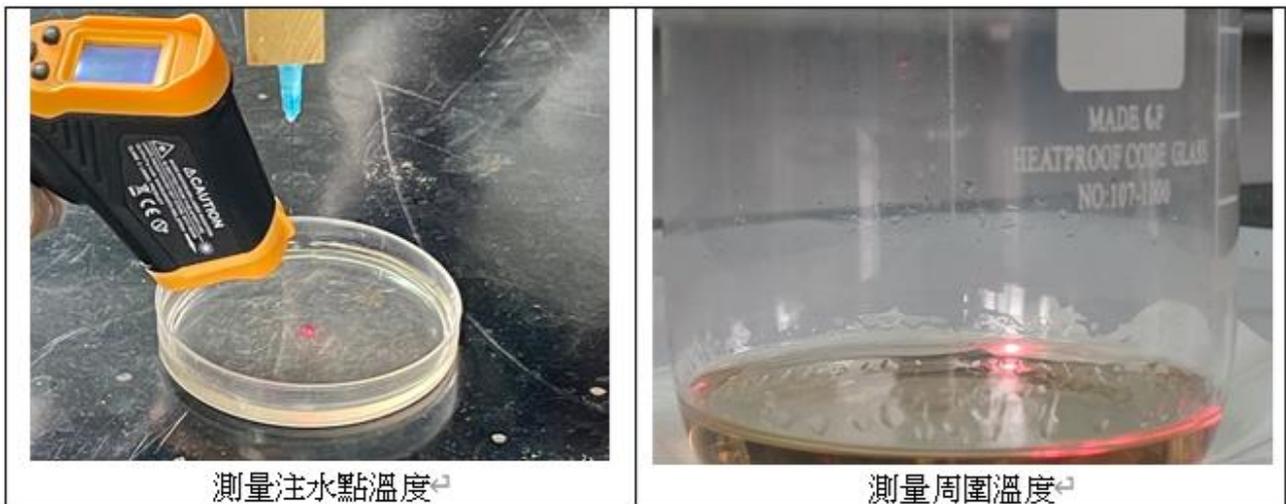


注水點的溫度折線圖

周圍的溫度折線圖

圖 20 為使用針頭注入的水溫變化折線圖

- (一)、試管因為截面積小，所以不考慮周圍溫度比較。培養皿因為容積小，所以不考慮注水 10ml 和注水 25ml 之比較。
- (二)、因為針頭注水會導致底部的濃硫酸跟著產生對流，所以水的體積越多，注水的時間越長。所以周圍的溫度上升的範圍越廣，導致注水的量越多，周圍的溫度略顯上升。
- (三)、注水的量越多，當然稀釋熱就是放越多，所以稀硫酸的溫度就越高。
- (四)、由錄影的影片中，我們可以發現到，注水點沖下的下方有大量細緻氣泡。但無法判斷是被下衝的空氣還是水沸騰的水蒸氣。
- (五)、如下圖 21 所示，為我們測量實驗後注水點和注水點周圍的溫度。

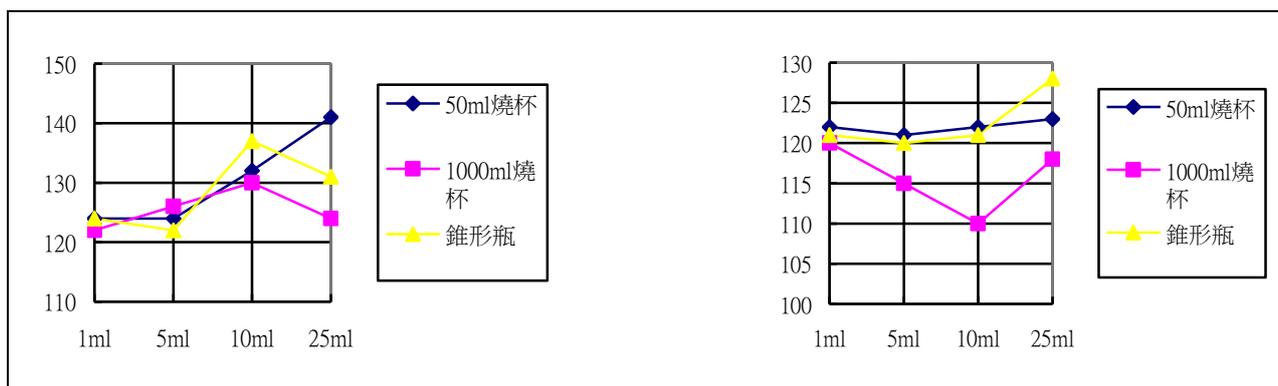


測量注水點溫度

測量周圍溫度

圖 21 為測量注水點和周圍溫度

二、注入的水量在 1ml~25ml 之間，在使用針頭注水和未用針頭注水，注水點的溫度和周圍溫度均有**明顯上升**。在折線圖中我們可以看到明顯的上升的趨勢。如下圖 22 所示。所以我們做出以下結論：



注水點的溫度折線圖

周圍的溫度折線圖

圖 22 為未使用針頭針筒注入的水溫變化折線圖

- (一)、因為水的注入是用滴的，在加上水的密度小於濃硫酸，所以從影片中，我們觀察到水在滴入濃硫酸之後，在表面向周圍擴散開來，而非沖入水中。導致表面溫度均勻的升高很多。
- (二)、從影片的側面錄影，我們可以看到濃硫酸表面的光影折射，證明水滴只在表面擴散，並沒有往下沉。如下圖 23 所示。



圖 23 為水滴滴入濃硫酸表面的情況

三、在培養皿裝濃硫酸後，不同的注水方式，測量濃硫酸的噴濺最遠距離。如下表 24 所示。

注水時間 注水容器	1 秒	3 秒	5 秒	7 秒
1ml 無針頭	15.6cm	13.5cm	14.5cm	12.3cm
1ml 有針頭	14.0cm	14.2cm	13.5cm	13.5cm

表 24 為培養皿注水後，濃硫酸的最遠噴濺距離

- (一)、由表 00 的噴濺最遠距離，我們可以發現，只要不是突沸，無論注入的水有無針頭，還是注入水的速度快慢，都和噴濺的距離沒有太直接的關係。
- (二)、一般噴濺的距離也大約在 12 公分到 16 公分之間。這可能是水滴小動能不足的關係，也可能是水滴小，空氣阻力相對大的關係，無法飛行太遠。

四、在使用培養皿裝濃硫酸時，無論我們使用任何的注水方式，最後培養皿多會受熱被破壞，如下圖 25 所示。

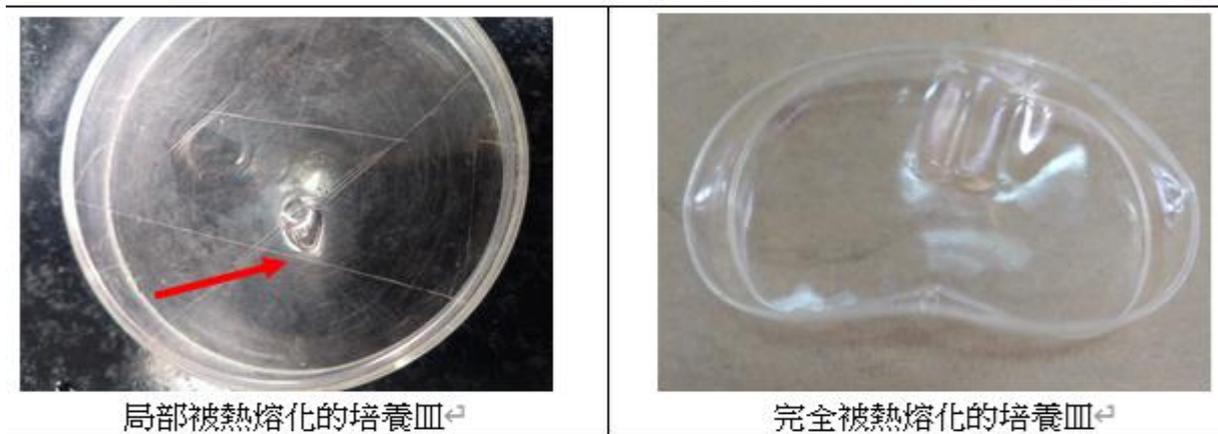


圖 25 為受熱影響的培養皿

五、當我們將針筒沉入濃硫酸之中，然後注水，如下圖 26 所示。結果我們發現：

- (一)、在裝針頭的針筒，在針頭沉入濃硫酸中，然後緩慢注水之後，發現針頭附近直接冒小泡泡，雖然沒有噴濺現象，但是高溫讓塑膠培養皿變形。
- (二)、改為在燒杯內裝濃硫酸，然後裝針頭在針筒，然後快速注水之後，發現針頭附近直接冒小泡泡，雖然沒有噴濺現象，但冒泡泡的速度卻非常快。
- (三)、改為未裝針頭，然後將針筒沉入濃硫酸中，然後正常速度注水，發現燒杯沸騰了一下，接近突沸的現象。

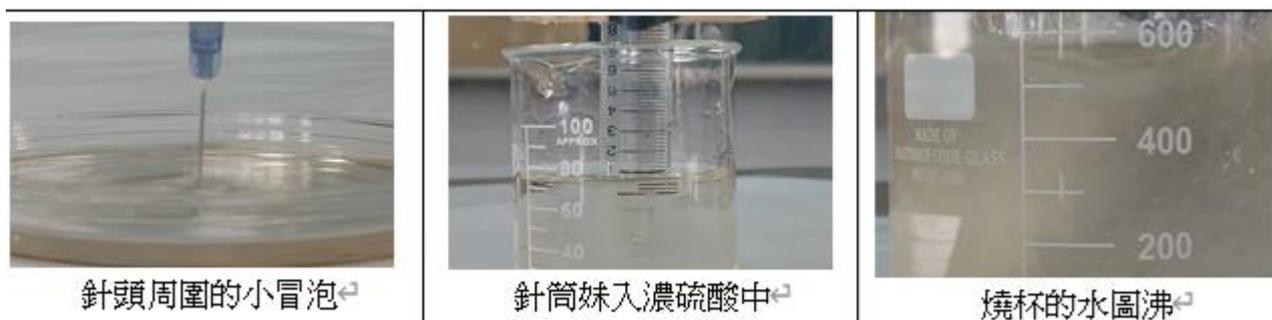


圖 26 為不同的注水方式，觀察水的沸騰

- 六、若注水的方式只是在表面，雖然會造成部分的水沸騰冒白煙，但卻不會造成水的突沸現象。因為水很快和濃硫酸混合成稀硫酸並放熱，而放出的熱在下一滴水的落下時，使這滴水受熱沸騰。但畢竟量少，無法造成突沸狀態。
- 七、若注水的方式是在濃硫酸內部，則在注水之後水很快和濃硫酸混合成稀硫酸並放熱，而放出的熱在下一注水的到來而使其沸騰，達到突沸狀態。但如過注入的水量小又緩慢，則只會造成沸騰的小蒸氣泡，並不會造成想像中的**爆炸性突沸**。
- 八、在將飽和氫氧化鈉水溶液注入濃硫酸之中，因為放出的熱量太多，但是並沒有讓水產生突沸狀況，因為我們是緩慢的注水。但也讓水沸騰的泡泡變多了一些，同時我們也發現了兩個有趣的現象。一是針頭的針被腐蝕變黑了，二是溫度太高，塑膠培養皿受熱變形了。這也是我們不再繼續往下做這個實驗的主要原因之一，因為結果有點不可控制。
- 九、在所有的實驗都完成之後，我們並未發現將水加入濃硫酸中後的**爆炸式**噴濺，即使是我們將水改為飽和氫氧化鈉時，也只是發現溫度上升很高，但有沒有噴濺得很誇張。而在我們所觀察的影片中，又實實在在的看到有**爆炸式**噴濺，所以我們結合影片和實驗的結果作了以下結論：
- (一)、要**爆炸式**噴濺，必須有大量的水瞬間沖入濃硫酸之中。而且是在濃硫酸還未被稀釋的太淡之前才可能發生的一種情況。
- (二)、水和濃硫酸的**接觸面積**才是關鍵。若接觸面所產生的熱，足夠讓這些水在被濃硫酸稀釋前沸騰，則會噴濺；若是接觸面所產生的熱，不足夠讓這些水在被濃硫酸稀釋前沸騰，而水已經變成稀硫酸的一份子了，則不會有噴濺情況發生，只是溫度上升而已。

柒、參考資料及其他

- 一、翰林出版社，自然科學 2 下，第 3 章 電解質和酸鹼鹽。
- 二、南一出版社，自然科學 2 下，第 3 章 酸、檢、鹽。
- 三、維基百科，硫酸。
取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A1%AB%E9%85%B8>
- 四、影片：「水倒進濃硫酸」化學實驗網友罵翻。
取自：https://www.youtube.com/watch?v=1VwQq_hFcnI
- 五、影片：稀釋濃硫酸的錯誤操作可能造成的危害。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=19enoilV7aE>
- 六、影片：化學實驗：模擬強酸和強鹼的危險情境。
取自：https://www.youtube.com/watch?v=1Vag_bUKdN8
- 七、影片：硫酸的危害到底能有多大。
取自：<https://www.youtube.com/shorts/ZKohyOiMt0I>
- 八、影片：硫酸的脫水反應。
取自：https://www.youtube.com/shorts/1VV020_33hs
- 九、影片：硫酸的腐蝕性為如何強悍。
取自：<https://www.youtube.com/shorts/k-w24TAJ5xQ>
- 十、影片：沒事做實驗 - 水加濃硫酸(危險錯誤示範)
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=g0jiveilWvU>
- 十一、影片：硫酸到底多可怕？衛生紙「碳化」超恐怖！三立新聞網
取自：https://www.youtube.com/watch?v=N_Z1zQDsago
- 十二、影片：方糖遇上濃硫酸。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=Ady6AY300x8>
- 十三、影片：硫酸加水試驗。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=oA4wEapVeDM>
- 十四、當雞蛋遇上濃硫酸，結果不敢直視，緩過神來才後怕！
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=xt1UEi980co>
- 十五、稀釋濃硫酸的方法是什麼？
取自：<https://zhuanlan.zhihu.com/p/165885581>
- 十六、硫酸稀釋，正確：硫酸加入水中 錯誤：水加入硫酸中。
取自：<https://www.tiktok.com/@pacorock6666/video/7406269834956131589>
- 十七、國二理化_實驗安全_稀釋強酸_稀釋濃硫酸【國中理化】。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=9wRyBtTWr0c>