

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

第三名

080201

淨「塑」撇離 「鐵」定「油」效

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者：	指導老師：
小六 薛宇竣	李孟娟
小六 李柏諺	蔡佳錚
小六 張巧蓁	
小六 陳玥吟	
小六 吳政穎	

關鍵詞：塑膠微粒、鐵磁性、鐵氧化物

## 摘要

水中塑膠微粒嚴重危害生物的生存，本研究擬探討清除水中塑膠微粒的方法與原理，以制定清除的參考流程。先用油料吸附水中塑膠微粒，再利用鐵磁性吸油劑吸附含塑油料，最後用磁鐵吸起清除。研究分為兩部分探討，一、油料與塑膠吸附的情形與影響因素；二、吸油劑與油料的吸附效果。為了放大觀察塑膠微粒與油吸附的情形，用塑膠小圓片模擬塑膠微粒，並作為吸附效果的量化數據；用油層高度比例法來量化吸油劑的吸油效果；以燃燒法和促鏽法自製鐵磁性吸油劑，與市售鐵氧化物比較。結果發現，塑膠種類、油酸價、水溶液種類會影響塑膠與油料的吸附。以燃燒的鋼棉、鐵粉、四氧化三鐵作為吸油劑，進行三階段多層次處理可以節省成本，也減低水污染。

## 壹、研究動機

2017 年世界海洋日的主題為「我們的海洋、我們的未來(Our Oceans, Our Future)」，呼籲對海洋塑膠的重視。塑膠在海洋中裂解成粒徑小、約二十至五十微米的塑膠微粒。被海洋生物誤食，再隨食物鏈被人類食用，且污水處理設施也無法有效去除，致排入水中、飲用進入人體，造成健康危害。本研究想探討簡易清除塑膠微粒的方法。

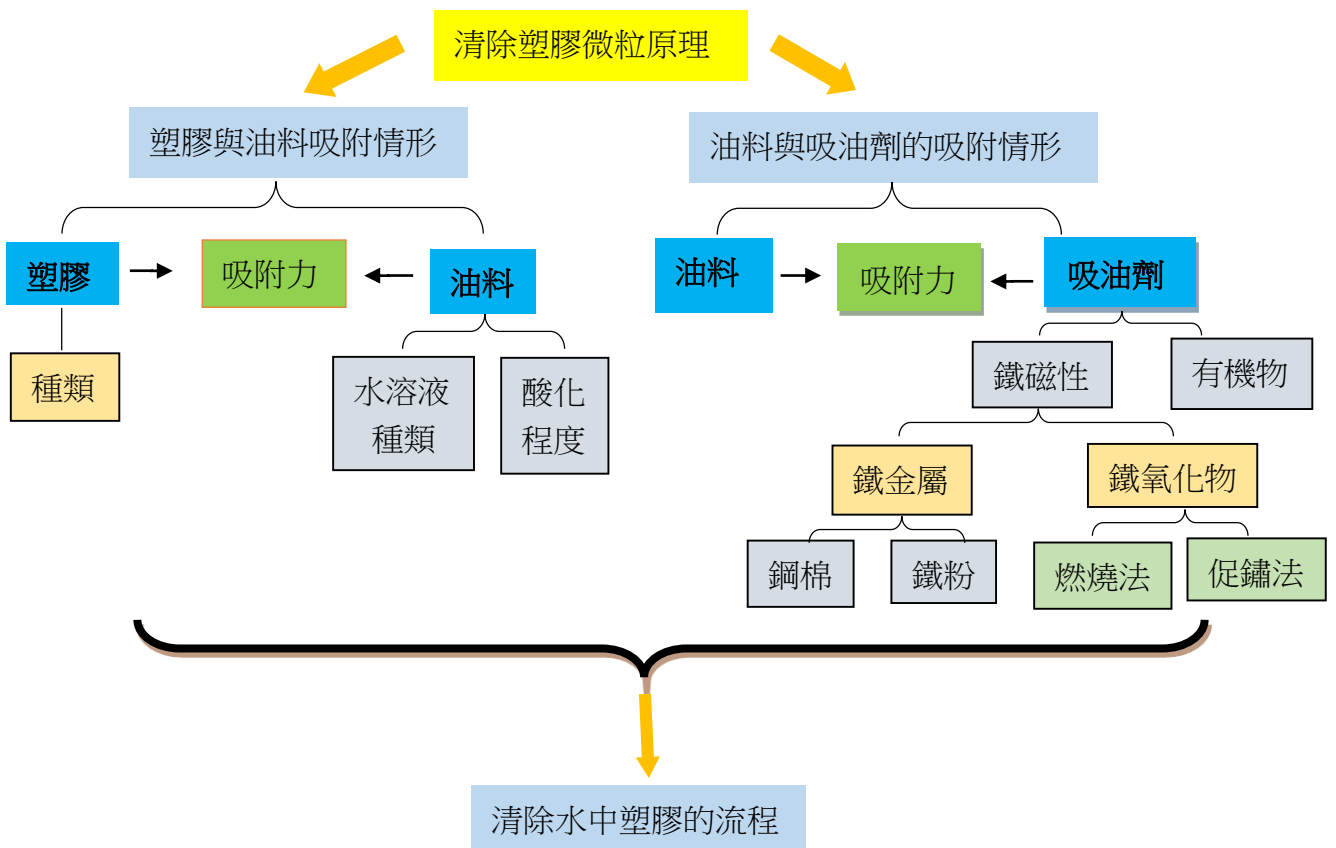
2019 年 Google 全球科學展中，愛爾蘭青年費雷拉 (Fionn Ferreira) 用鐵磁流體抽取水中塑膠微粒。先利用疏水性流體，將微粒加以吸附、收集，再利用鐵磁性物體將廢塑油料回收。本研究深入探討影響油料與塑膠吸附力的因素；鐵磁性物質與油料的吸附力以及其他非鐵磁性吸油劑與油料的吸附力。

在量化塑膠清除效果的方法上，先前研究採用尼羅紅染劑，將塑膠細粉染色再透過光譜儀測量，這種高價儀器不適用國小學生。本研究以小圓片模擬塑膠微粒，清楚觀察塑膠與油料的吸附情形，計算油層吸附的塑膠片數，將油料對塑膠的吸附機制可視化並量化。另外，在吸油劑吸油效果的量化上，研發油層比例法及殘油固化法，制定清除水中塑膠的流程。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同分類塑膠在油中的吸附情形
- 二、探討影響塑膠與油吸附效果的因素
  - (一)、不同分類塑膠的親油性
  - (二)、油料的酸化程度
  - (三)、不同水溶液
- 三、探討如何清除已吸附塑膠的油廢料
  - (一)、不同有機物吸油劑吸附油料的效果
  - (二)、不同鐵磁性吸油劑吸附油料的效果
    - (二)-1 不同金屬類吸油劑的效果
    - (二)-2 不同燃燒法的鐵氧化物吸油劑的效果
    - (二)-3 不同促鏽法的鐵氧化物吸油劑的效果
- 四、鐵氧化物的磁性變化與吸油效果分析
- 五、探討油凝固劑對清除殘餘油料的效果
- 六、制定清除水中塑膠微粒的流程

## 參、研究架構圖



## 肆、研究原理

### 一、塑膠

#### (一)塑膠分類

塑膠為碳、氫兩種原子及其他原子的高分子合成樹脂。塑膠的種類層出不窮，也可透過許多不同的方式進行分類，如組成原子種類、凝聚方式、結構排列方式、可否油化…等，而在本研究中採用的六類塑膠如下：

編號	成分縮寫	學名	用途	本研究的材料
第 1 類	PET	聚對苯二甲酸乙二酯 Polyethylene Terephthalate	聚脂纖維 膠帶 寶特瓶	
第 2 類	HDPE	高密度聚乙烯 High-Density Polyethylene	瓶子 購物袋 回收桶	
第 3 類	PVC	聚氯乙烯 Polyvinyl Chloride	水管 保鮮膜 手套 沐浴用品瓶	
第 4 類	LDPE	低密度聚乙烯 Low-Density Polyethylene	軟管容器 藥瓶	
第 5 類	PP	聚丙烯 Polypropylene	食物盒 咖啡杯蓋 餐具	
第 6 類	PS	聚苯乙烯 Polystyrene	透明食物盒 托盤 冰淇淋盒	

## (二)塑膠微粒

微塑膠 (microplastics) 的主要來源是因塑膠製品的裂解形成更小的碎片，美國國家海洋及大氣管理局 (簡稱 NOAA) 定義微塑膠是長度小於 5 毫米的塑膠碎片。微塑膠是指直徑或長度小於 5 毫米的塊狀、細絲或球體塑膠粒子。可分為二種，有一種是塑膠原料 (在製造時會先被塑形，成為其他塑膠製品的顆粒原料)，另一種是塑膠碎片 (指那些大塑膠因暴露風、浪和紫外線下而分解或脆化，成為碎片)。

## 二、塑膠與油的吸附作用

有些塑膠是長碳鏈分子，具有親油性，可以吸附油分子。不過，也不是所有塑膠製品都能通用，像是寶特瓶蓋上的塑膠黏膜，屬於低密度聚乙烯(4號 LDPE)，吸油效果就比較差。吸油效果比較好的是 PVC，本研究擬進一步驗證不同塑膠的親油性。

## 三、鐵磁性吸油劑

**鐵磁性** (Ferromagnetism)，指的是一種材料的磁性狀態，具有自發性的磁化現象。金屬及它們的合金和化合物所具有的磁性叫做鐵磁性，各材料中以鐵最廣為人知，故名之。磁粉有氧化物磁粉和金屬磁粉兩大類。

鐵氧化物是指鐵的氧化物，包括氧化亞鐵 (FeO)、氧化鐵 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 和四氧化三鐵 (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)。

氧化亞鐵 FeO 是黑色粉末。三氧化二鐵，就是「鐵氧化物」的又名，是鐵鏽的主要成分，紅棕色粉末，又稱鐵紅、鐵丹。可以做為鐵磁性的吸油劑，用於進行油汙的處理。Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 四氧化三鐵，別名：磁性氧化鐵，吸鐵石，具有磁性的黑色晶體，自然界中存在於磁鐵礦中。

## 四、鐵生鏽

鐵會生鏽的原因是鐵分子與空氣中的氧產生化學反應。當鐵分子被氧化的時候，就會出現鐵鏽。「鏽」是金屬表面因氧化而產生的氧化物或是氫氧化物。如果有酸性物質存在，則會加速生鏽，也會產生不同的鐵化合物。另外，鐵在氯化鈉溶液中更容易生鏽。當水裡溶解有氯化鈉時，離子濃度大大提高，轉移電子的速度也變快，所以氧化加速。

## 五、歷屆相關科展作品分析與本作品的特色和創新





- (一)見「微」知「塑」：利用自製設備取代螢光顯微鏡，進行微塑膠螢光染色檢測。發現到文蛤及牡蠣中含有微塑膠，藉由海水上層撈除及在溪流製造泡泡牆產生向上水流，用以清除水中的微塑膠。
- (二)精鹽變驚鹽-食鹽中的塑膠微粒檢驗及清除機制：使用螢光顯微鏡，以尼龍紅將塑膠染色觀察，發現在海鹽中含有大量塑膠微粒。利用密度分別塑膠種類，並製作樂高積木、玻璃片、馬達組成的自動塑膠清除機，可清除 77%的塑膠。
- (三)降塑「油」解！清除水中塑膠微粒的方式：結合塑膠和磁粉來吸油，並以磁鐵去除水中塑膠微粒，運用光譜儀測量塑膠微粒濃度，設計自動清除機，也可重複利用磁粉。

我們的研究，擬放大塑膠微粒以清楚觀察塑膠與油吸附的機制，利用塑膠小圓片模擬，使其變得可「視化」及「量化」。研究影響塑膠和油的吸附力的原因，再加入有機物及鐵磁性的吸油劑，制定出能夠簡易清除水中塑膠微粒的流程。

## 伍、研究方法

### (一)、油料與塑膠吸附機制的可視化與吸附效果的量化

為了使油與塑膠的吸附情形可以放大觀察。以打孔機將塑膠片打成小圓片，以相同片數的塑膠加入水溶液中，再加入油料，計算油層中吸附的塑膠片數，作為吸附效果的量化數據。分別觀察塑膠圓片在水溶液中的分散情形以及加入油料之後，在油層中的凝聚情形。

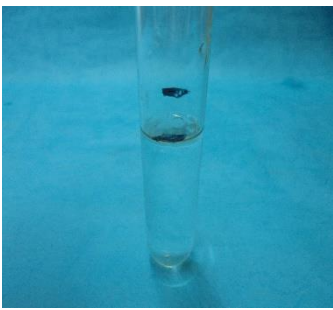
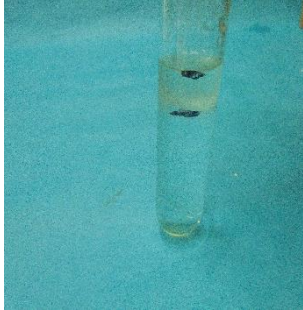

			
打孔機將塑膠剪成圓片	塑膠圓片加入水中 再加入油	用電動攪拌器攪拌	計算油層中凝聚的 塑膠片數

### (二) 油料與吸油劑的吸油效果量化

#### 1. 吸油劑吸油率

1. 準備相同管徑的試管，試管內加入 10ml 的水，並在試管壁的水位上標出一橫線。
2. 水位的橫線上方，再標畫出高度 1cm 的橫線。在兩橫線中加滿油，起始油層的高度皆設定 1cm。
3. 加入吸油劑，用尺來測量油層前、後高度，換算成百分比，做為吸油效果值(吸油率)

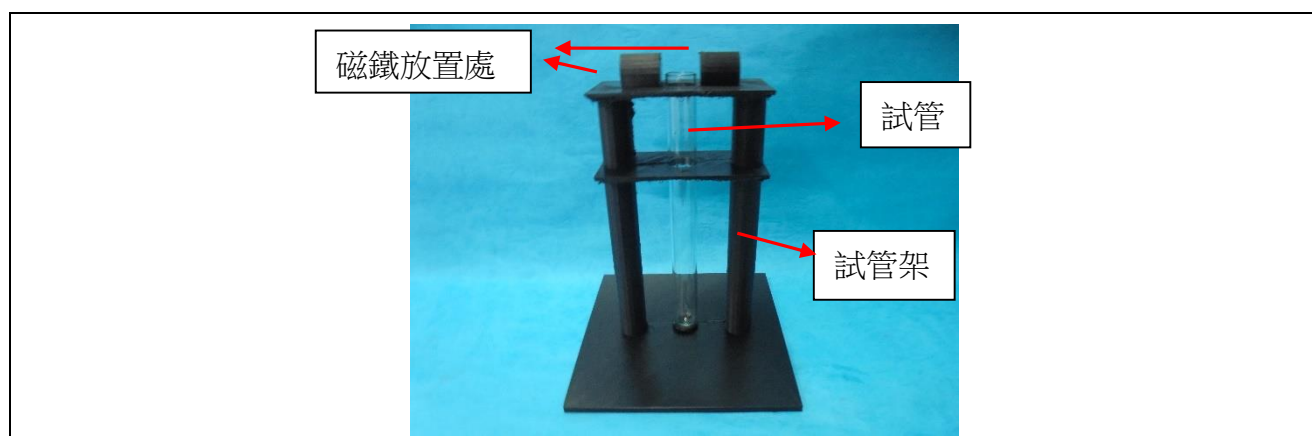
$$\text{吸油率} = (\text{起始油層的高度} - \text{吸油後的油層高度}) \div \text{起始油層的高度} \times 100\%$$

		
試管內加入 10ml 的水， 並標畫出高度 1cm 的橫 線	將油加滿 1cm	加入吸油劑測量油層高度

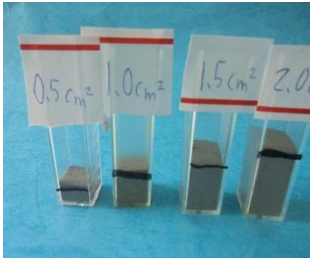
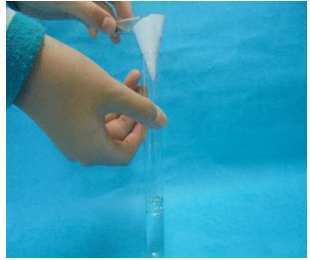
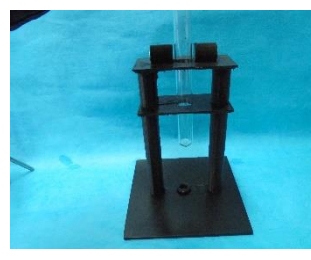
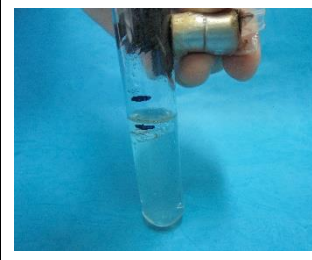
### (三) 吸附鐵磁性吸油劑的方法

#### 1. 磁鐵外吸法

- (1) 3D 列印製作出試管架，並在上方試管內加入 10ml 的水，並在試管壁的水位上標出橫線。
- (2) 水位的橫線上方，再標畫出高度 1cm 的橫線。在兩橫線中加滿油，起始油層的高度為 1cm。試管口徑 1.8cm，油量約 2.5ml。
- (3) 加入不同體積的鐵磁性吸油劑後，用尺來測量油層的高度，起始油層減去油層的高度，換算成吸油率，為吸油劑吸油效果。
- (4) 利用磁鐵隔著試管吸取鐵磁性吸油劑，測量吸油率，為磁鐵吸取鐵磁性物質的吸油率。




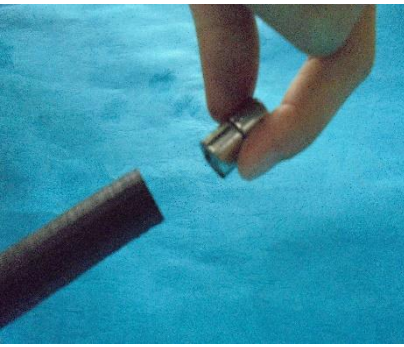

利用 3D 列印技術自製試管架

			
量取不同體積吸油劑	利用紙自製漏斗 倒入鐵粉	利用磁鐵從試管外壁 吸取鐵粉	吸去鐵粉，測量計算 油層高度、吸油率

#### 2. 磁鐵內吸法 磁鐵放入長型棒，再將長型棒放入吸管，吸取吸油劑。

磁鐵外吸法不適合四氧化三鐵、三氧化二鐵和次氯酸生鏽物、醋酸生鏽物、鹽水生鏽物，因為這些粉末吸附油後會黏在管壁上，不易被磁鐵吸出，改良成以下的磁鐵內吸法。

- (1) 利用 3D 列印技術，製作出一個可以放入磁鐵的長型空心棒。
- (2) 將磁鐵裝入自製長型棒內，並放入試管，將吸油劑吸出：
  - A. 將長型棒放入試管內。
  - B. 將長型棒左右旋轉，使其能夠利用磁力吸附水中的吸油劑。
- (3) 將長型棒移出水後，清除長型棒周圍的吸油劑，將強力磁鐵倒出。
- (4) 最後將吸油劑清除；測量油層高度，換算吸油率。

		
3D 列印出的長型空心棒	將磁鐵放入空心棒	有磁鐵的長型棒放入試管內 將吸油劑吸出

## 陸、研究設備和材料

### 一、實驗器材：

量筒、針筒、篩子、打洞機、滴管、鑷子、游標尺、培養皿、鉢、電子秤、刮杓、3D 列印機、蠟燭、酒精燈、垃圾夾。

### 二、實驗材料：

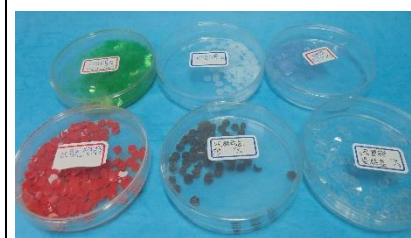
油(葵花油、大豆沙拉油、花生油、橄欖油、新機油、舊機油)、蒸餾水、各種類塑膠、蝦殼、活性碳、橘子皮、花生粉、鐵粉、四氧化三鐵、三氧化二鐵、鋼棉、食鹽、糖、石灰粉、醋酸、次氯酸、檸檬酸、小蘇打、澄清石灰水。

## 柒、研究過程與結果

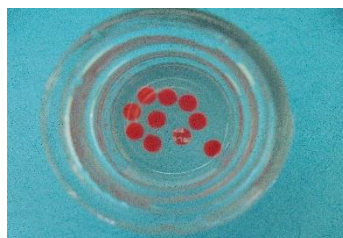
### 研究一、不同分類塑膠在油中的吸附情形

#### (一)、實驗步驟：

1. 加入 30ml 蒸餾水至樣品瓶中，放入 10 片同種類塑膠圓片，利用攪拌機將水溶液加以攪拌，觀察記錄塑膠片沉浮情形。
2. 再加入 5ml 葵花油，以攪拌機攪拌後，觀察記錄油與塑膠的吸附情形。



將不同種類塑膠製為小圓片



將 10 片小圓片放入樣瓶中







將 5ml 的葵花油加入水中



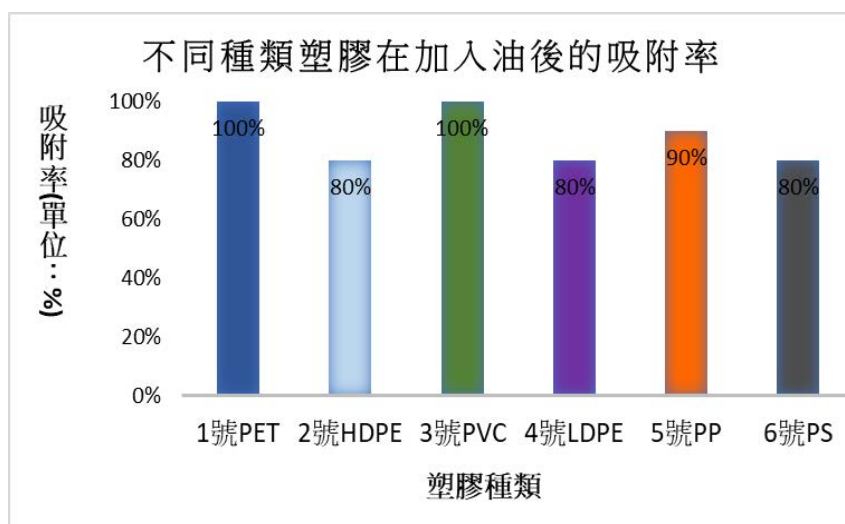
(二)、實驗結果：

表一—1、不同種類塑膠在水中與油中的情形

在水中		在油中	
			
浮在水面的塑膠	沉在水下的塑膠	塑膠吸油凝聚在油層	塑膠吸油凝聚下沉

表一—2、不同類塑膠的吸附情形

吸附結果 塑膠編號	純水		飽和鹽水		與油吸附情形		凝聚片數	吸附率
	沉	浮	沉	浮	原本沉在水裡分散的塑膠片聚集成一團凝聚下沉(需搖晃)	原本浮在水面分散的塑膠片聚集成一團凝聚在油層		
1 號 PET	✓		✓		✓		10	100%
2 號 HDPE		✓		✓			8	80%
3 號 PVC		✓		✓		✓	10	100%
4 號 LDPE		✓		✓		✓	8	80%
5 號 PP		✓		✓	✓	✓	9	90%
6 號 PS		✓		✓	✓	✓	8	80%



### (三)、發現與討論：

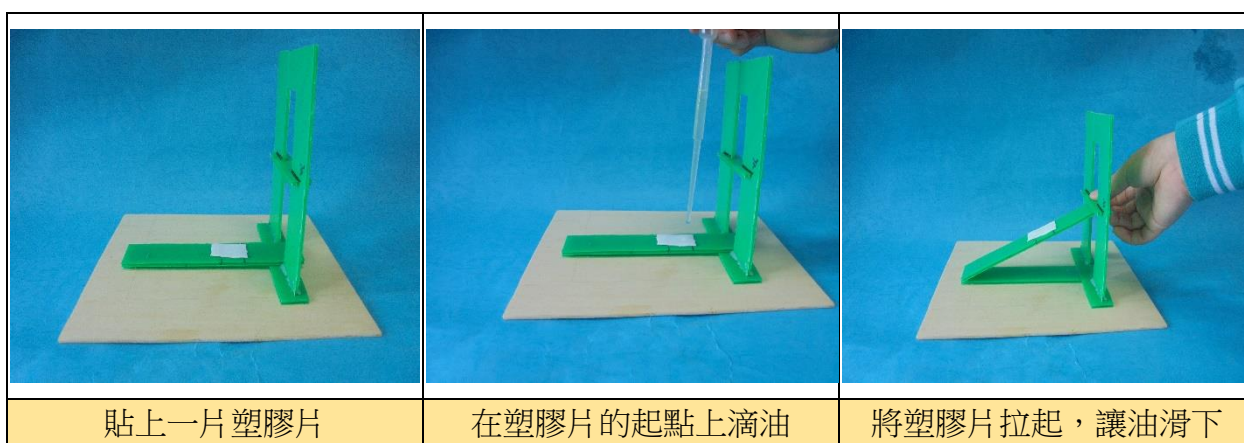
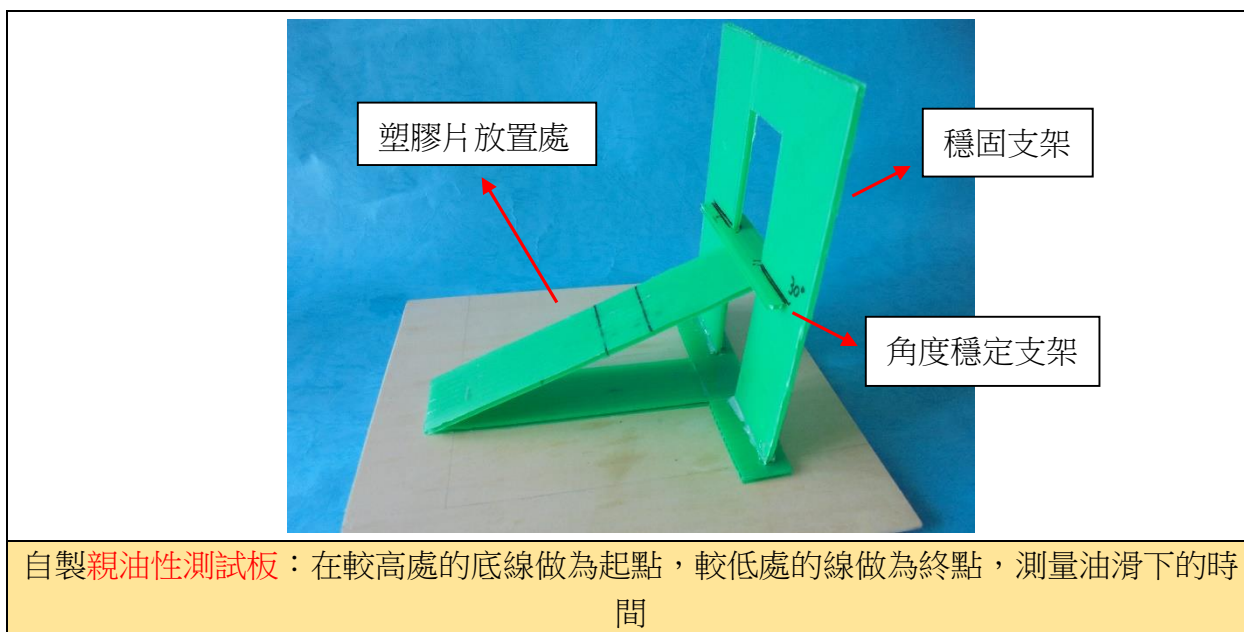
1. 塑膠圓片加入水中後的沉浮情形，取決於塑膠的密度與水的比較。當塑膠密度比水小時，會浮在水面上；當塑膠密度比水大時，則會沉在水中。
2. 在純水中除了 1 號 PET 會沉在水下，其他的塑膠種類都會浮在水面上；而在鹽水中的情形也是相同，只有 1 號 PET 沉下。
3. 在水中加入油後，塑膠圓片會凝聚在一起。1 號 PET 和 5 號 PP、6 號 PS 的塑膠凝聚團會沉到水下，且須搖晃才能使圓片凝聚；2 號 HDPE 和 3 號 PVC、4 號 LDPE 則是加入油後，會被吸附在油層中。
4. 當塑膠成團後能聚在油層中，會較容易進行處理；下沉後的塑膠圓片，則較難處理，需要再攪動，使油和水相互混合。
5. 1 號 PET 和 3 號 PVC 的凝聚率是 100%，在全部中是最高的；5 號 PP 則是 90% 次之，2 號 PET、4 號 LDPE 和 6 號 PS 是 80% 效果較差。
6. 不同種類塑膠和油的吸附力各有不同，推測其一因素是塑膠和油料的親油性不同；因此設計以下實驗進行驗證。

## 研究二、探討影響油料與塑膠吸附效果的因素

### 實驗二-1：比較不同分類塑膠對油料的親油性

#### (一)、實驗步驟：

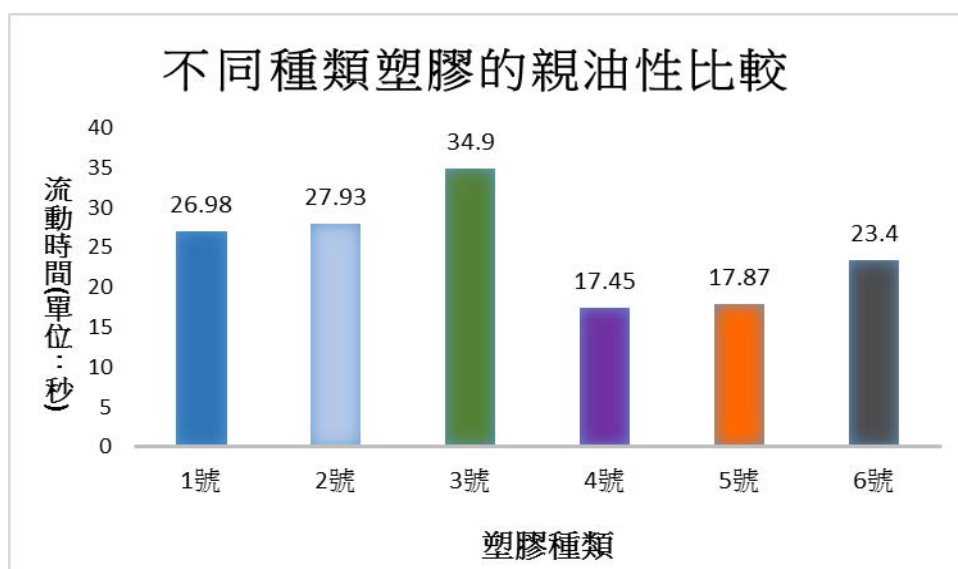
1. 自製親油性測試板(如圖)。
2. 將油滴在測試板上的起點，等待十秒鐘，讓油吸附在測試板上。
3. 把測試板一端向上抬起到 30 度的位置。
4. 看油從起點到終點(2cm)共花多少時間，時間越長，表示塑膠的親油性越好。



(二)、實驗結果：

表二-1、不同類塑膠的親油性

測試時間 塑膠種類	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均時間	排名
1 號 PET	25 秒 57	26 秒 35	29 秒 03	26 秒 98	3
2 號 HDPE	26 秒 50	28 秒 22	29 秒 06	27 秒 93	2
3 號 PVC	35 秒 22	34 秒 57	34 秒 91	34 秒 90	1
4 號 LDPE	16 秒 57	18 秒 69	17 秒 10	17 秒 45	6
5 號 PP	17 秒 28	17 秒 6	18 秒 72	17 秒 87	5
6 號 PS	22 秒 50	25 秒 69	22 秒	23 秒 4	4



(三)、發現與討論：

- 3 號 PVC 的流動秒數是全部之中最長的，因此 3 號 PVC 的親油性最佳。
- 4 號 LDPE 和 5 號 PP 的測試秒數十分相近，也是在全部分之中親油性最差的。
- 塑膠流動的秒數表示親油性，與塑膠加入油後的凝聚率相符。因此，塑膠種類的親油性會影響凝聚情形。
- 除了不同塑膠種類會影響油的吸附力之外，油料的酸化程度可能也是導致結果的因素之一，因此進行以下探究。

### 實驗二-2：油料的酸化程度對塑膠吸附力的影響

(一)、實驗步驟：

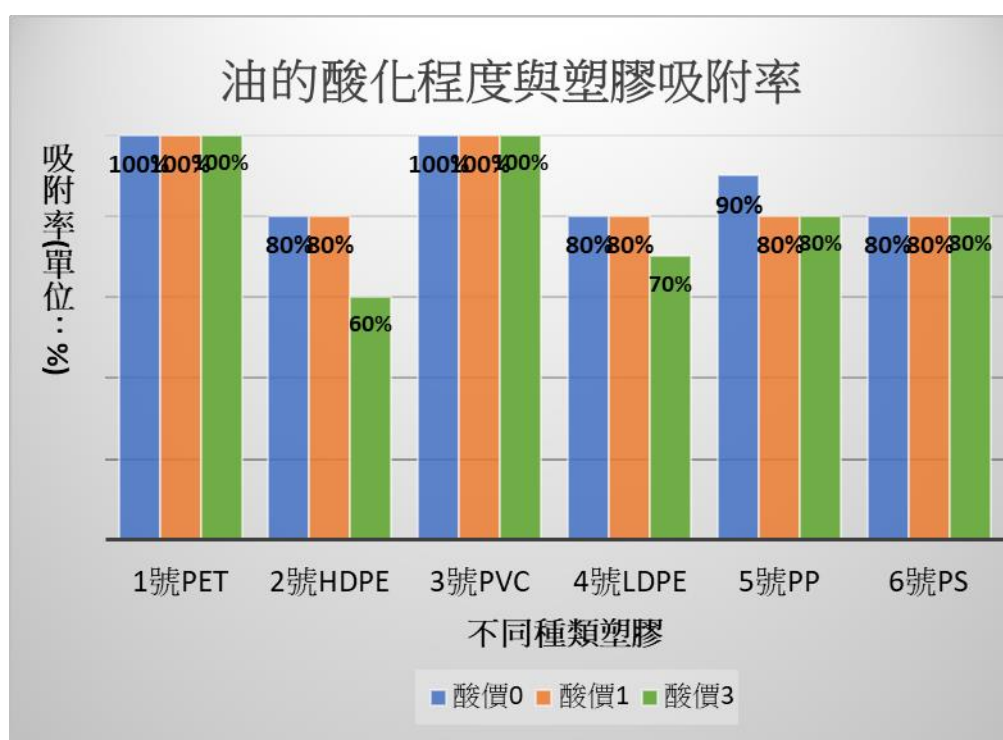
- 葵花油分別加熱至油發煙後，各取 35ml 的酸化油測量溫度
- 以滴管吸取少量油，測量油酸價，依據使用說明的顏色指示判定。
- 在樣品瓶中倒入 30ml 的水後，加入 10 片相同大小的塑膠圓片，再倒入 5ml 的油，搖晃瓶身，使油能與塑膠圓片充分混合。
- 觀察不同酸化值的油中，塑膠圓片的凝聚情形。



(二)、實驗結果：

表二－ 2、不同類已酸化葵花油對塑膠的吸附情形

葵花油		項目	1 號 PET	2 號 HDPE	3 號 PVC	4 號 LDPE	5 號 PP	6 號 PS
吸 附 率	酸價 0	凝聚片數	10	8	10	8	9	8
		凝聚率	100%	80%	100%	80%	90%	80%
	酸價 1	凝聚片數	10	8	10	8	8	8
		凝聚率	100%	80%	100%	80%	80%	80%
	酸價 3	凝聚片數	10	6	10	7	8	8
		凝聚率	100%	60%	100%	70%	80%	80%



(三)、發現與討論：

- 1.1 號 PET、3 號 PVC 和 6 號 PS 在不同油酸價的葵花油中，吸附率都相同；因此，油的酸化程度對於這三種塑膠，並沒有太大的影響。
- 2.2 號 HDPE 和 4 號 LDPE，在酸價 1 的油中，吸附率呈現維持狀態；而在酸價 3 的油中，吸附率則是有降低的趨勢。
- 3.5 號 PP 在未酸化的油中，吸附率則是較佳；在酸價 1 和酸價 3 的油中，凝聚率則都較低。
- 4.在酸化油中，各塑膠種類的凝聚率普遍較未酸化油低，尤其是酸化程度較高的由酸價 3，吸附率則有明顯較低。
- 5.酸化後的葵花油，對於塑膠的吸附效果也不會比較顯著。

### 實驗二-3：探討水溶液對油料吸附塑膠(1 號 PET)的影響

**研究構想：**把水換成不同水溶液，是否會影響油料吸附塑膠的效果?1 號塑膠加油會凝聚成團，以塑膠團聚的球形度代表吸附效果，塑膠凝聚愈成球形，吸附效果愈好。

(一)、實驗步驟：

- 1.加入 30ml 各種水溶液至樣品瓶中。
- 2.放入 0.5g 的 1 號 PET 塑膠。
- 3.再加入 5ml 葵花油。
- 4.觀察凝聚情形與片數。
- 5.測量塑膠成團後的長、寬、高，計算球形度，作為凝聚效果的數值，以量化吸附力。  
(長高的比例+寬高比例+長寬比例)/3 為球形度，數值愈接近 1 表示晶球形狀愈接近球形。

(二)、實驗結果：

表二-3、塑膠在不同水溶液中與油的吸附情形

水溶液效果	飽和鹽水	澄清石灰水	食用白醋	小蘇打水	檸檬酸	糖水
凝聚情形	成團且成球	未成團 未成球	成團且成球	未成團 未成球	成團且成球	成團且成球
長(cm)	1.3	0	1.3	0	1.5	0.6
寬(cm)	1.4	0	1.2	0	0.9	1.0
高(cm)	1.0	0	1.2	0	1.0	1.0
球形度	1.23	0	1.05	0	1.35	0.73
效果排名	2	5	1	5	3	4

(三)、發現與討論：

1. 在澄清石灰水和小蘇打水中，塑膠圓片凝聚後卻未成團也未成球，；而在其他的水溶液中，圓片都有成團且成球。
2. 食用白醋的效果最佳，飽和鹽水則是第二，檸檬酸第三、糖水第四，澄清石灰水和小蘇打水則是效果最差。因此，酸性水溶液會較中性、鹼性水溶液的效果佳。
- 3.推論水質偏鹼性，使用油吸附除塑膠的效果較差；酸性或含鹽的水質效果較好。

### 研究三、探討如何清除已吸附塑膠的油料

### 研究構想：

使用吸油效果好的吸油劑，將已吸附塑膠的油料吸附，經文獻探討後發現有兩類吸油劑，分別是有機物吸油劑和鐵磁性吸油劑。

### 實驗三-1：不同有機物吸油劑對吸附油料的效果

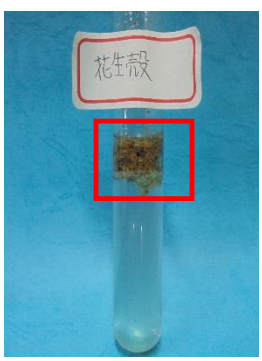



#### (一)、實驗步驟：

- 1.將花生殼、蝦殼、橘子皮，經日照曬乾，並利用剪裁、研磨機做成粉劑。
- 2.將活性碳顆粒用研鉢磨成粉劑。
- 3.準備相同管徑的試管，試管內加入 10ml 的水，並在試管壁的水位上標出一橫線。
- 4.水位的橫線上方，再標畫出高度 1cm 的橫線。在兩橫線中加滿油，起始油層的高度即為 1cm。
- 5.加入有機物吸油劑 0.5 克，用尺來測量油層高度，計算吸油率。

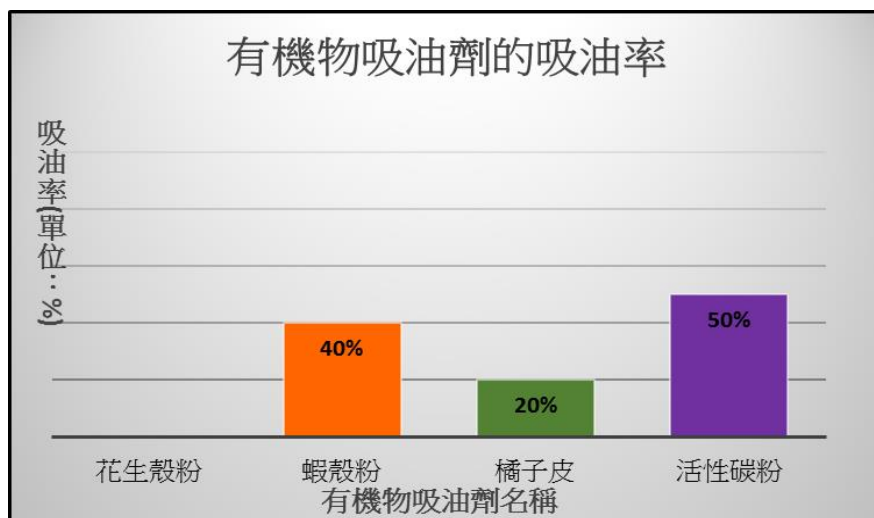
			
花生殼	蝦殼	橘子皮	活性碳
			
花生殼粉	蝦殼粉	橘子皮	活性碳粉

#### (二)、實驗結果：

表三-1、不同類有機吸油劑的吸油情形

種類	花生殼粉	蝦殼粉	橘子皮	活性碳粉
吸油情形				

	花生殼吸油後漸漸下沉到油層內部。當搖晃試管後，花生殼會從水面下方再浮上油層，且使水變得混濁，而油層跟花生殼混和後，油層會變得難以觀察。	當蝦殼粉碰到油層時，將油層吸附，下沉至試管底部。	橘子皮，吸附油後，以慢速逐漸下降。因油層與水的顏色過於相近，因此不易觀察。	當活性碳粉加到油層時，慢慢的下沉到試管底部。油層中溶有一些活性碳
吸油率	無法觀察	40%	20%	50%



### (三)、發現與討論：

- 1.四種有機物吸油劑的效果排名是活性碳粉>蝦殼粉>橘子皮，而花生殼粉則是因難以觀察而無法測定數據。
- 2.有機物機油劑的吸油率在 50%以下，而且吸油後不易取出，因此不採用。

### 實驗三-2：不同鐵磁性吸油劑的吸油效果

研究構思：從文獻中了解鐵磁性吸油劑分為金屬和金屬氧化物兩大類。金屬材料選定鐵粉和鋼棉，金屬氧化物選用鐵粉和鋼棉的自製氧化物，以及市售的鐵氧化物。

#### 實驗三-2-1 不同金屬類吸油劑的吸油效果

##### (一)、實驗步驟：

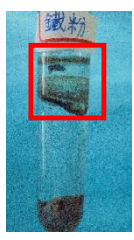
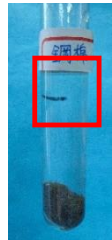
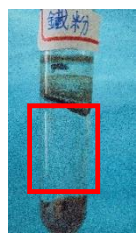



- 1.準備為金屬類鐵磁性吸油劑：鐵粉、鋼棉
- 2.使用油層比例法及磁鐵外吸法測試吸油效果



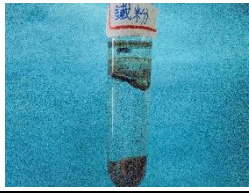
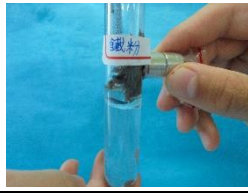

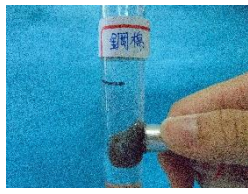


(二)、實驗結果：

表三－2-1-1、不同類金屬鐵磁性吸油劑的吸油性狀

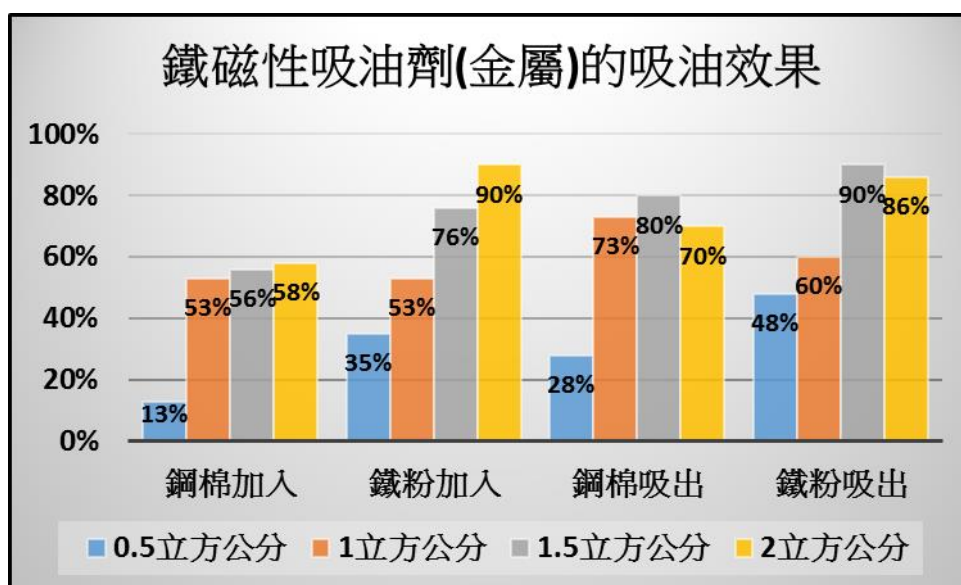
粉劑		水質	油泡	磁鐵清除	
溶於油層	不溶於油層	清澈	沒有	完全	不完全
					

表三－2-1-2 磁性吸油劑(金屬)的吸油情形

類別	項目	吸油劑加入	磁鐵吸出	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
				溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
金屬	鐵粉			✓		✓				✓	✓
	鋼棉				✓	✓				✓	✓

表三－ 2-1-3 不同量金屬吸油劑的吸油率

吸油劑體積 金屬名稱	0.5 cm <sup>3</sup>		1 cm <sup>3</sup>		1.5 cm <sup>3</sup>		2 cm <sup>3</sup>	
	加入粉劑	磁鐵吸出	加入粉劑	磁鐵吸出	加入粉劑	磁鐵吸出	加入粉劑	磁鐵吸出
鐵粉	35%	48%	53%	60%	76%	90%	90%	86%
鋼棉	13%	28%	53%	73%	56%	80%	58%	70%



(三)、發現與討論：

- 1.當金屬吸油劑的量增加愈多，吸油率會愈高，但是超過 1.5 cm<sup>3</sup>吸油反而不佳。
- 2.以油量約 2.5ml(油層高度為 1cm，試管口徑 1.8cm)而言，加入 1.5cm<sup>3</sup>吸油劑(鐵粉和鋼棉)的量，效果會最好。
- 3.金屬吸油劑加入後具有吸油效果，利用磁鐵吸出後，效果更明顯。
- 4.鐵粉的效果比鋼棉顯著，然而磁鐵吸出後，兩者的吸油率趨於相近。
- 5.鐵粉和鋼棉從試管底部被磁鐵吸起通過油層時，原本已吸附的油會被油層拉回，吸油劑的量愈多，這種情形愈明顯，所以吸油效果降低。

**實驗三-2-2：自製不同燃燒法的鐵氧化物吸油劑的吸油效果**

**研究構思:**燃燒是氧化作用，燃燒鋼棉可以製成鋼棉的氧化物，蠟燭燒鋼棉可以附著奈米碳，由研究三-一發現活性碳吸油效果佳，所以蠟燭燒鋼棉應該可提升吸油效果。

(一)、實驗步驟：

- 1.剪取一小塊鋼棉，把鋼棉用鬆，用垃圾夾夾住。

- 2.分別用蠟燭、酒精燈燃燒，燒至鋼棉無法起火即可停止。
- 3.從不同燃燒法量取  $1.5\text{ cm}^3$ ，使用磁鐵外吸法進行吸油效果測量。



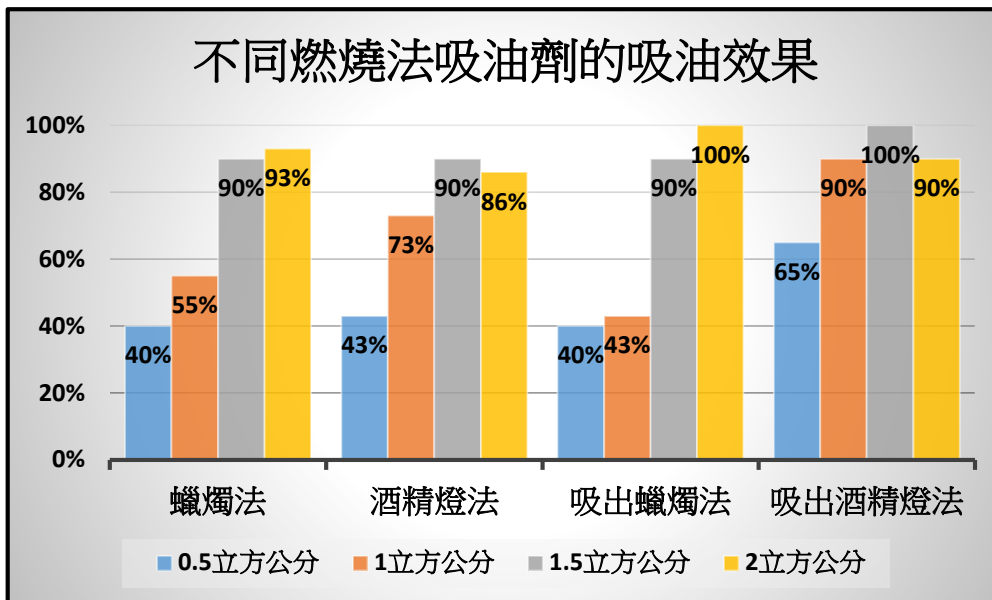
(二)、實驗結果：

表三－2-2-1、不同燃燒法的鐵氧化物吸油劑的吸油情形

類別	項目	吸油劑加入	磁鐵吸出	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
				溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
燃燒鋼棉	蠟燭燒鋼棉				✓	✓			✓	✓	
	酒精燈燒鋼棉				✓	✓			✓	✓	

表三－2-2-2、不同燃燒法的鐵氧化物吸油劑的吸油效果

項目	體積		$0.5\text{ cm}^3$		$1\text{ cm}^3$		$1.5\text{ cm}^3$		$2\text{ cm}^3$	
	吸油率		加入氧化鋼棉	磁鐵吸出	加入氧化鋼棉	磁鐵吸出	加入氧化鋼棉	磁鐵吸出	加入氧化鋼棉	磁鐵吸出
蠟燭燒鋼棉	40%	40%	55%	43%	90%	90%	93%	100%		
酒精燈燒鋼棉	43%	65%	73%	90%	90%	100%	86%	90%		



(三)、發現與討論：

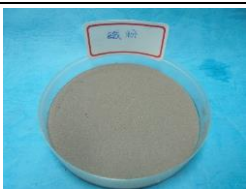
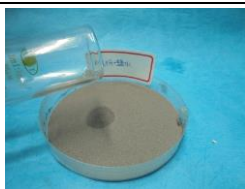






1. 不同燃燒方法的氧化鋼棉放進油層中，油層高度變化量相近，表示吸油效果相近。
2. 利用磁鐵吸出已吸油的氧化鋼棉時，蠟燭燃燒後的氧化鐵與酒精燈燃燒後的效果相近。
3. 當吸油劑維持於 1.5cm<sup>3</sup> 以下時，酒精燈燃燒後的氧化鐵效果比蠟燭燃燒的較佳；然而當吸油劑體積為 2cm<sup>3</sup> 時，蠟燭燃燒的氧化鐵就會比酒精燈的效果佳。根據我們的推論，蠟燭的鋼棉上附著足夠量的奈米碳粒，有助於提升吸油效果。

**實驗三-2-3 不同促鏽液製成的氧化鐵鏽粉的吸油效果**

**研究構思:** 鐵生鏽是氧化作用，自然課程教過酸性溶液和鹽水可以加速生鏽，於是想到利用不同溶液加速鐵生鏽，製成鐵氧化物。

(一)、實驗步驟：

1. 促鏽法：取四份重量相同的鋼棉，分別加入 30ml 醋酸、次氯酸水(市售消毒液)、鹽水等三種不同的促鏽液浸泡鋼棉，置放在相同地點等待生鏽。
2. 生鏽後，等促鏽液乾之後，用研鉢研磨成細粉。





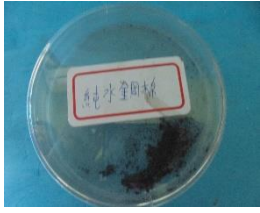


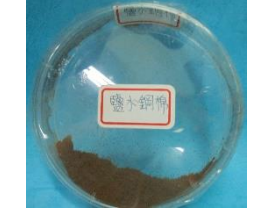







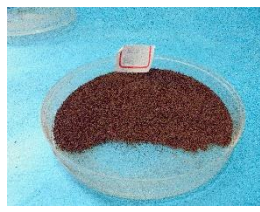
			
4 份重量相等的鐵粉	加入 30ml 的促鏽液	浸泡並置放等待生鏽	用研鉢磨成細粉
			
純水促鏽鋼棉	醋酸促鏽鋼棉	次氯酸促鏽鋼棉	鹽水促鏽鋼棉

### 3.準備市售鐵氧化物和自製的氧化鐵做比較


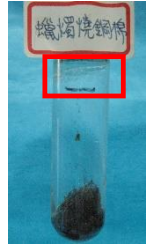
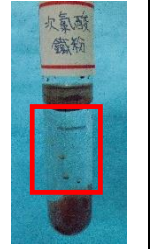





市售鐵氧化物		
名稱	三氧化二鐵	四氧化三鐵
顏色	紅色	黑色

(二)、實驗結果：


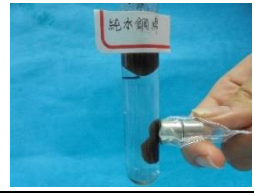
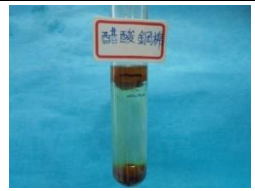

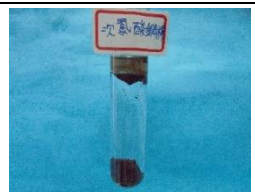
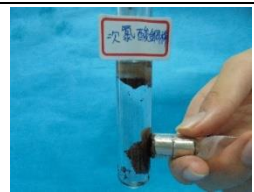
表三-2-3-1、不同促鏽液生鏽的鐵氧化物

促鏽液	純水	醋酸	次氯酸	鹽水
鋼棉生鏽過程				
鋼棉生鏽粉劑				
顏色	淺灰色	淺棕色	咖啡色	咖啡色
鐵粉生鏽過程				
鐵粉生鏽粉劑				
顏色	淺灰色	淺棕色	淺灰色	紅棕色

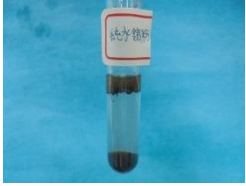

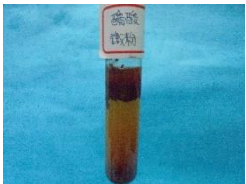

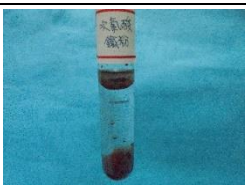


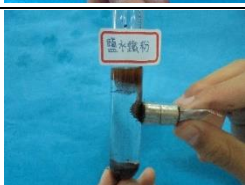
表三-2-3-2、不同促鏽法鐵氧化物吸油劑的吸油性狀

粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
							

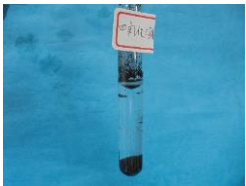

表三-2-3-3、不同促鏽法的鋼棉氧化物吸油劑的吸油情形


類別	項目	吸油劑加入	磁鐵吸出	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
				溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
促鏽鋼棉	純水鋼棉			✓		✓		✓			✓
	醋酸鋼棉			✓			✓		✓		✓
	次氯酸鋼棉			✓		✓			✓		✓
	鹽水鋼棉			✓		✓		✓			✓

表三－2-3-4、不同促鏽法的鐵粉氧化物吸油劑的吸油情形

類別	項目	吸油劑加入	磁鐵吸出	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
				溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
促鏽鐵粉	純水鐵粉			✓		✓		✓			✓
	醋酸鐵粉			✓			✓		✓		✓
	次氯酸鐵粉			✓		✓		✓			✓
	鹽水鐵粉			✓		✓		✓			✓

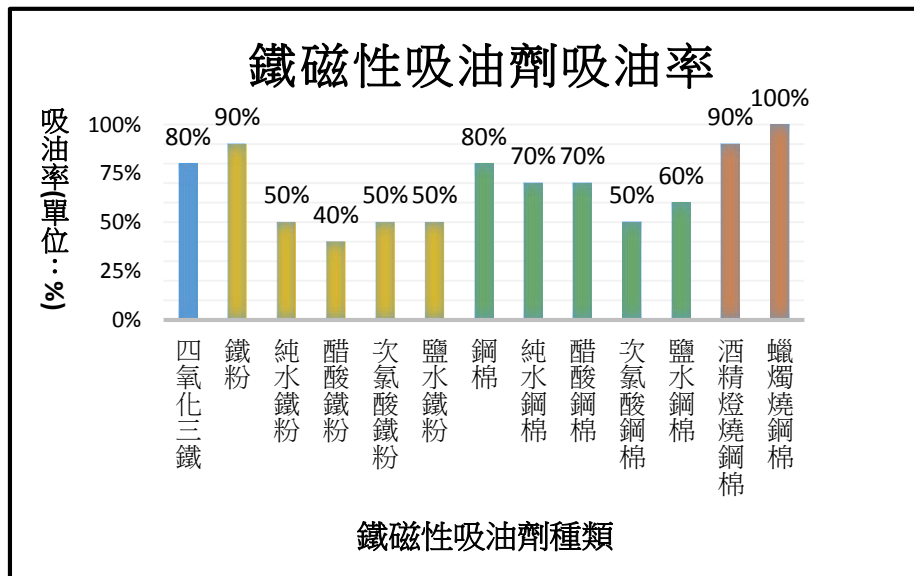
表三－2-3-5、各種鐵氧化物吸油劑的吸油率

類別	項目	吸油劑加入	磁鐵吸出	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
				溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
市售鐵氧	四氧化三鐵			✓		✓		✓			✓

化物	三氧化二鐵			✓	✓	✓	✓
----	-------	---	---	---	---	---	---

表三－2-3-6、各種鐵氧化物吸油劑的吸油率

種類	市售		促鏽鐵粉					促鏽鋼棉					燃燒鋼棉	
	四氧化三鐵	三氧化二鐵	鐵粉	純水鐵粉	醋酸鐵粉	次氯酸鐵粉	鹽水鐵粉	鋼棉	純水鋼棉	醋酸鋼棉	次氯酸鋼棉	鹽水鋼棉	酒精燈燃燒鋼棉	蠟燭燃燒鋼棉
項目														
吸油率	80%	X	90%	50%	40%	50%	50%	80%	70%	70%	50%	60%	90%	100%



(三)、發現與討論：

- 1.不同促鏽液製成的鋼棉鐵氧化物吸油效果排名：純水、醋酸生鏽鋼棉>鹽水生鏽鋼棉>次氯酸生鏽鋼棉。而促鏽法製成的鐵粉鐵氧化物吸油效果排名則是：純水、次氯酸、鹽水生鏽鐵粉>醋酸生鏽鐵粉。
2. 促鏽鋼棉的粉劑比促鏽鐵粉的粉劑好。
- 3.以鐵鏽粉劑與市售粉劑比較，四氧化三鐵吸油效果最佳，推測是因為四氧化三鐵屬於奈米級粉劑的關係，能夠提升油的吸附力。
- 4.四氧化三鐵經過磁鐵吸附後，會有大量的粉劑殘留在試管管壁，因此要改用磁鐵內吸法；



三氧化二鐵則因為磁力較差，即使利用磁鐵內吸法，也難以使用磁鐵吸出。

5.以整體鐵磁性吸油劑的效果來看，蠟燭燒鋼棉、鐵粉、四氧化三鐵是三種最佳的吸油劑，可以分別處理顆粒大到小的塑膠微粒。

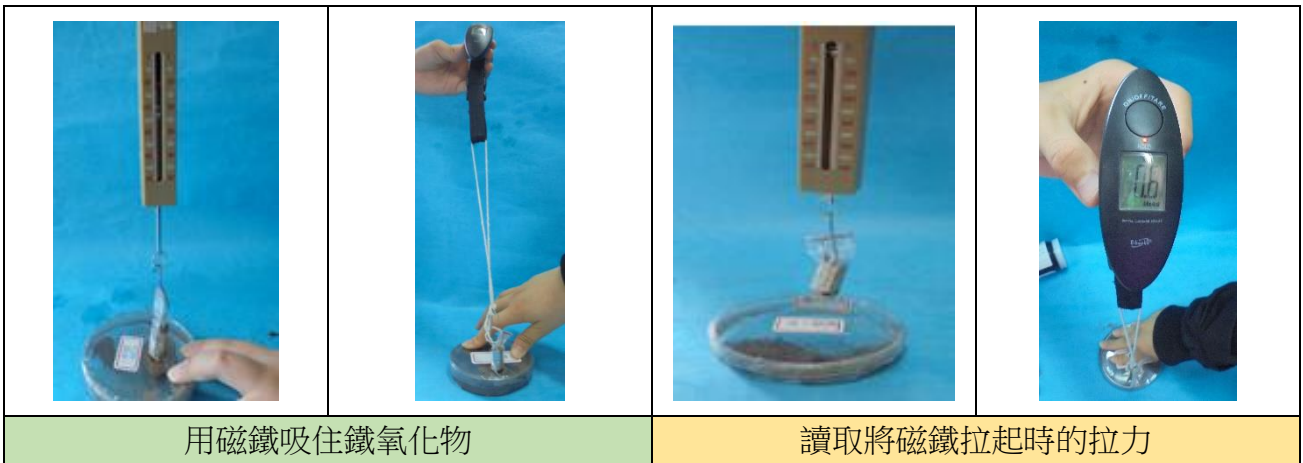
#### 研究四、鐵氧化物的磁性變化與吸油效果分析

**研究構思：**鐵磁性吸油劑要用磁鐵吸出，才算完成清除塑膠微粒，所以研究鐵氧化物的磁性變化是否影響吸油效果。

(一)、實驗步驟：

磁性測量

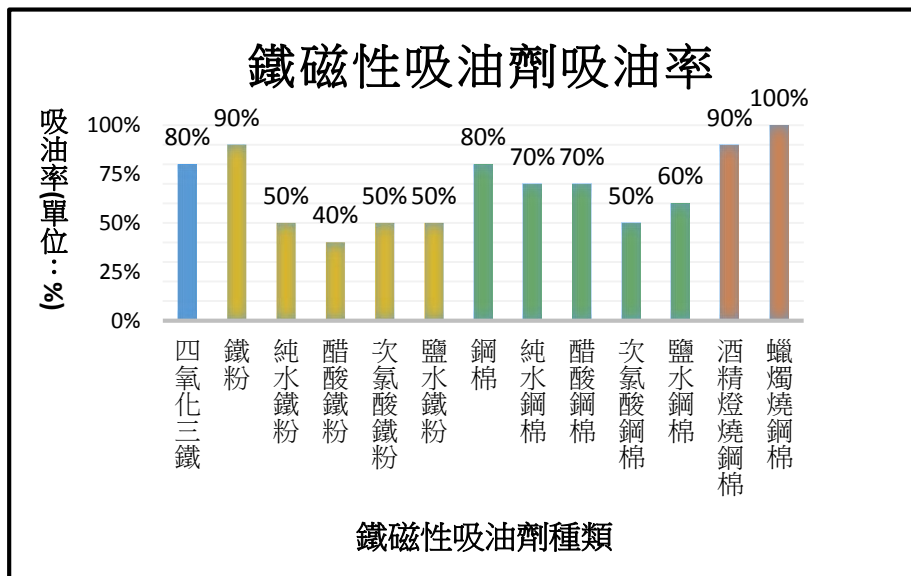
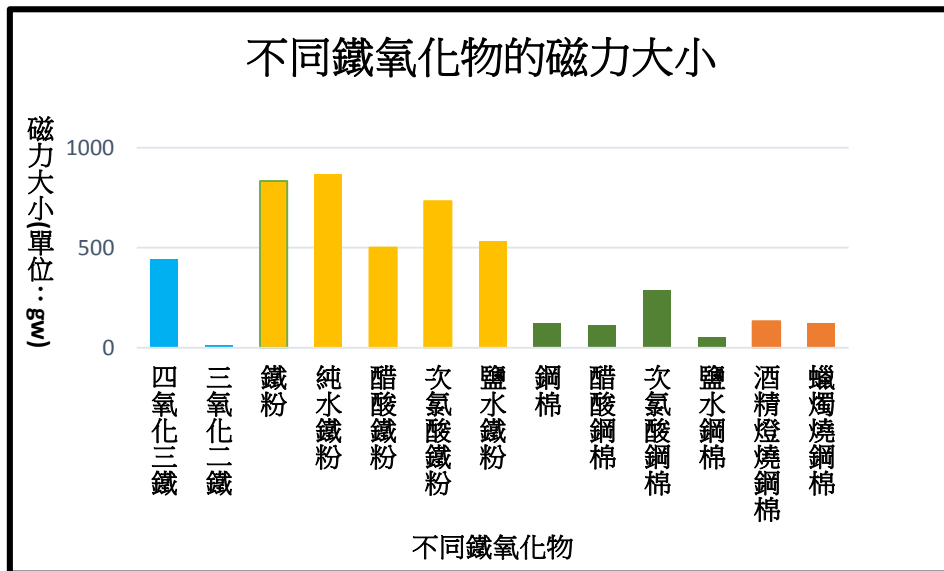
1. 將各種鐵氧化物測試粉劑 50 克裝在培養皿中，用膠帶密封。
2. 將磁鐵由培養皿底盤吸住鐵氧化物，並將培養皿倒過來。
3. 用彈簧秤勾住磁鐵，然後向上拉，直到磁鐵與粉劑分離，讀取彈簧秤的拉力，即為磁性大小。磁力較強的鐵氧化物，即利用行李秤測量。



(二)、實驗結果：

表四-1、不同鐵磁性吸油劑的磁力大小

種類 項目	市售		促鏽鐵粉					促鏽鋼棉					燃燒鋼棉	
	四 氧 化 三 鐵	三 氧 化 二 鐵	鐵 粉	純 水 鐵 粉	醋 酸 鐵 粉	次 氯 酸 鐵 粉	鹽 水 鐵 粉	鋼 棉	純 水 鋼 棉	醋 酸 鋼 棉	次 氯 酸 鋼 棉	鹽 水 鋼 棉	酒 精 燈 燒 鋼 棉	蠟 燭 燒 鋼 棉
磁力 大小 (gw)	450	10	800	800	500	800	500	120	150	110	300	50	140	120
	440	10	900	900	500	700	600	120	140	110	280	55	130	120
	440	10	900	900	500	700	500	120	140	120	280	50	130	120
平均	443	10	833	867	500	733	533	120	143	113	287	52	133	120
吸油 率	80%	X	90%	50%	40%	50%	50%	80%	70%	70%	50%	60%	90%	100 %



(三)、發現與討論：

- 1.促鏽後鐵粉類的磁力較大，其中以純水鐵鏽粉磁力最大，其次是鐵粉、次氯酸鐵鏽粉、鹽水鐵鏽粉、醋酸鐵鏽粉。
- 2.鋼棉鏽粉的磁力以次氯酸鋼棉鏽粉最大，其次是純水鋼棉鏽粉、鋼棉、醋酸鋼棉鏽粉、鹽水鋼棉鏽粉。
- 3.三氧化二鐵是全部之中磁力最弱的，只需要 10gw 的力就能拉起吸附的強力磁鐵。
- 4.全部鐵氧化物磁力排名如下：純水鐵鏽粉>次氯酸鐵粉>鹽水鐵粉>促酸鐵粉四氧化三鐵>次氯酸鋼棉>打火機燒鋼棉>酒精燈燒鋼棉>鋼棉、蠟燭燒鋼棉>醋酸鋼棉>鹽水鋼棉>三氧化二鐵。
- 5.鐵氧化物的磁力與吸油力沒有絕對的關係。次氯酸促鏽液生鏽的鋼棉比沒生鏽的鋼棉增加磁性，卻沒有增加吸油力。醋酸促鏽液生鏽的鋼棉比沒生鏽的鋼棉減少磁性，也減少吸油力。

## 研究五、油凝固劑對不同種類油的凝固效果

**研究構思：**要清除殘餘的油料，加入油凝固劑，使油固化後取出。



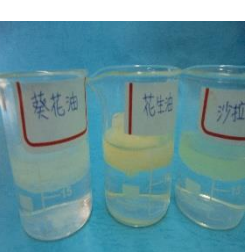

(一)、實驗步驟：

1. 在燒杯中加入 25ml 的水，分別加 5 種不同種類的油 5ml。
2. 利用酒精燈加熱直到沸騰後，冷卻後加入 0.2g 的油凝固劑。
3. 觀察水面上層的油是否凝固。

		
利用酒精燈加熱油	油降溫後加入油凝固劑	等待油凝固

(二)、實驗結果：

表五-1、不同種類的油凝固的情形

			
不同種類的油凝固後情形	機油沒完全凝固	食用油凝固情形 (有凝固)	取出的固化油塊

表五-2、不同種類的油凝固的情形

類別	項目	可凝固	不可凝固
食用油	花生油	✓	
	葵花油	✓	
	沙拉油	✓	
非食用油	新機油		✓
	廢機油		✓




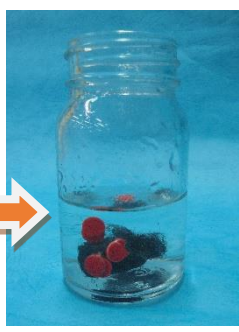



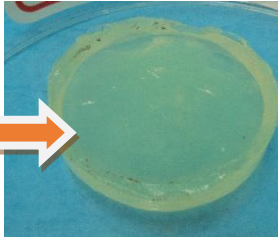
(三)、發現與討論：

1. 植物性食用油在加熱後，加入油凝固劑，都有凝固現象；而非食用油則是都沒有凝固。所以去除水中塑膠時，加入的油要使用「植物性食用油」。

## 研究六、制定清除水中塑膠微粒的流程

依據以上實驗結果建立清除水中塑膠微粒的參考流程如下：

1. 將含有塑膠的水質加入油料吸附塑膠，用攪拌器攪拌使沉入水中的塑膠也可以與油混合
2. 加入燃燒後的鋼棉吸附油料和顆粒較大的塑膠
3. 以磁棒吸起油料和塑膠
4. 加入鐵粉吸附油料和顆粒較小的塑膠
5. 以磁棒吸起油料和塑膠
6. 加入四氧化三鐵吸附更小的塑膠微粒
7. 以磁棒吸起油料和塑膠
8. 油凝固劑凝固殘留的油料

照片				
步驟	含有塑膠的水質	加入油料	電動攪拌棒攪拌	加入燃燒後的鋼棉
目的	模擬水中含有塑膠微粒的情形	用以吸附塑膠	油與塑膠充分接觸	吸附油料和顆粒較大塑膠
照片				
步驟	放入磁棒	加入四氧化三鐵	以磁棒吸起	使用油凝固劑
目的	吸起油料和塑膠	吸附塑膠微粒	清除油料 吸油劑與塑膠	凝固殘留的油料

依序使用**燃燒過的鋼棉**、**鐵粉**、**四氧化三鐵**三種吸油劑，因為這三種吸油劑的孔隙和顆粒大小不同，可以依序處理顆粒大的到顆粒小的塑膠微粒，採用這種**三階段多層次處理**可以使用較**便宜的材料**，像燃燒過的鋼棉、鐵粉，**節省成本**，也**減低水汙染**，像四氧化三鐵比較貴，而且比較會讓水染色，若是先用燃燒過的鋼棉、鐵粉處理過，就可以減少四氧化三鐵的用量。

## 捌、討論與結論

本研究的重要發現:

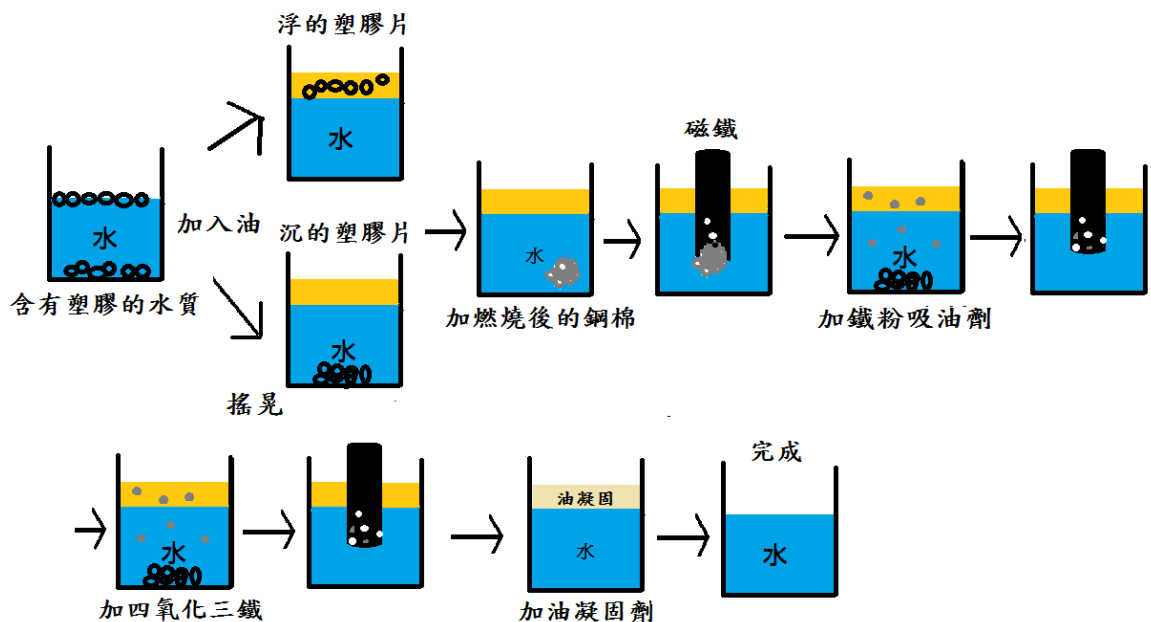
- 一、本研究利用塑膠圓片模擬塑膠微粒，可以觀察到塑膠微粒與油吸附的情形，也可以用圓片凝聚的片數來量化吸附效果。
- 二、利用塑膠圓片模擬微粒加入水中後的沉浮情形，其主要因素在於塑膠的密度與水的密度。當塑膠密度小於水時會浮在水上，密度大於水時則會沉在水中。在純水和鹽水中，除了 1 號 PET 會沉在水下，其他的塑膠種類都會浮在水面上。
- 三、當在水中加入油，塑膠圓片會凝聚在一起。只有 1 號 PET 塑膠凝聚後會沉到水下，其他塑膠種類則是會被吸附在油層中。當塑膠凝聚在油層中，只要找到吸油劑，就可以進行清除。
- 四、影響塑膠和油的吸附效果的因素:  
塑膠和油的吸附力各有不同，影響因素包括塑膠的親油性與油料的酸化程度，以及水溶液種類。3 號 PVC 的親油性最佳，4 號 LDPE 和 5 號 PP 則是親油性最差。酸化後的葵花油，對於塑膠的凝聚效果比較不好。鹼性的水溶液會破壞塑膠的親油性，酸性水溶液會提高親油性，鹽水較不會影響。
- 五、有機物吸油劑中，以活性炭的效果最佳，再來則是蝦殼粉和橘子皮，花生殼由於無法觀察油層而導致缺乏測量之數據。
- 六、各種鐵磁性吸油劑的類別、特性和吸油效果

鐵磁性種類		項目	顏色	磁性排名	吸油效果排名
市售鐵氧化物		四氧化三鐵	深黑色	6	4
		三氧化二鐵	紅色	14	X
自製鐵氧化物	鐵粉 生鏽	鐵粉	灰色	2	4
		純水鐵粉	淺灰色	1	6
		醋酸鐵粉	淺棕色	5	6
		次氯酸鐵粉	淺灰色	3	9
		鹽水鐵粉	紅棕色	4	8
	鋼棉 生鏽	鋼棉	灰色	10	2
		純水鋼棉	淺灰色	8	9
		醋酸鋼棉	淺棕色	12	13
		次氯酸鋼棉	咖啡色	7	9
		鹽水鋼棉	咖啡色	13	9
	燃燒 鋼棉	蠟燭燃燒鋼棉	灰黑色	10	1
		酒精燈燃燒鋼棉	灰黑色	9	2

1. 金屬吸油劑，**鋼棉和鐵粉**加入油中具有吸油效果，利用磁鐵吸出後，吸油效果更明顯。鐵粉的效果比鋼棉顯著，然而磁鐵吸出後，兩者的**吸油率趨於相近**。
2. 兩種**不同燃燒方法的氧化鋼棉吸油效果相近**。當吸油劑為  $1.5\text{cm}^3$  以下時，酒精燈燃燒的效果比蠟燭燃燒的佳；當吸油劑體積為  $2\text{cm}^3$  時，蠟燭燃燒的就會比酒精燈的效果佳。推測蠟燭的鋼棉上附著足夠量的奈米碳粒，有助於提升吸油效果。
3. 不同促鏽液生鏽的鐵氧化物的吸油劑，鋼棉鏽粉吸油效果比鐵粉生鏽粉好。而市售的四氧化三鐵吸油效果雖然不是最佳，但是因為屬於奈米級粉劑，能夠吸附顆粒小的塑膠微粒。
4. **純水促鏽後的鐵氧化物**，相較其它促鏽液形成的鏽粉，吸油效果較佳。原因在於其他促鏽液生鏽後的鐵粉與鋼棉，屬於鐵與促鏽液中的元素形成的鐵「化合物」，非單純的「鐵氧化物」，因此吸油效果也會較鐵氧化物差。
5. 鐵氧化物的**磁力與吸油力沒有絕對的關係**。次氯酸促鏽液生鏽的鋼棉比沒生鏽的鋼棉增加磁性，卻沒有增加吸油力。醋酸促鏽液生鏽的鋼棉比沒生鏽的鋼棉減少磁性，也減少吸油力。

七、**植物性食用油**在加熱後，**加入油凝固劑**，都有**凝固現象**；而非食用油則是都沒有凝固，所以去除水中塑膠時，要使用「植物性食用油」。

八、依據實驗結果建立去除水中塑膠微粒的參考流程：



1. 在需要處理的水中加入油，依序使用**燃燒過的鋼棉**、**鐵粉**、**四氧化三鐵**三種吸油劑，因為這三種吸油劑的孔隙和顆粒大小不同，可以依序處理顆粒大的到顆粒小的塑膠微粒，採用這種**三階段多層次處理**可以使用較**便宜的材料**，**節省成本**，也**減低水污染**。

2.此裝置可用為汙水處理廠的淨水處理流程，或將此裝置設置在海上，採用移動式淨水場，引進海水清除塑膠微粒。

## 玖、參考資料

南一書局(民 110)，自然與生活科技 6 下，教師手冊 p. 215-216。

聯合新聞網（2018）全球市售瓶裝水大檢驗 9 成竟含微小塑膠顆粒。

窺奈米碳的奇妙現象 國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 「鏽」出色彩

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 降塑「油」解！清除水中塑膠微粒的方式

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 見「微」知「塑」

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 精鹽變驚鹽-食鹽中的塑膠微粒檢驗及清除機制

## 【評語】 080201

海洋中的塑膠廢棄物是近年來日益嚴重的重要環保問題。本研究用油料吸附水中塑膠微粒，再利用鐵磁性吸油劑吸附含塑油料，然後用磁鐵吸起清除，深具環保概念。利用塑膠小圓片模擬塑膠微粒，得出數據，是一個有創意的實驗。實驗的內容詳實完整。有以下幾點建議提供作者參考：

1. 研究的變因與實驗結果應該加強說明，例如：選用六類塑膠的親油性、密度，水溶液的酸鹼性，以及海洋環境的鹽類含量。
2. 回收塑膠微粒的溶劑、磁性粉末可否重複使用，應該加強探討，以達到真正綠色環保的目標。
3. 此實驗方法是否適用於海水中大量的塑膠微粒的回收。



## 作品簡報

淨「塑」撤離

「鐵」定「油」效

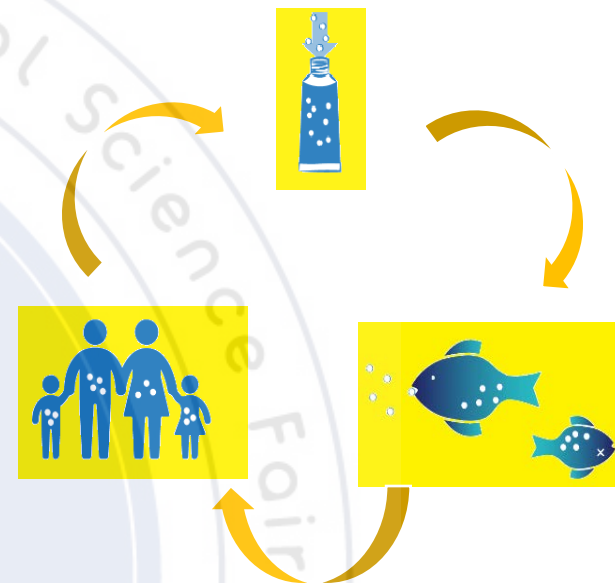
組別：國小組

科別：化學科

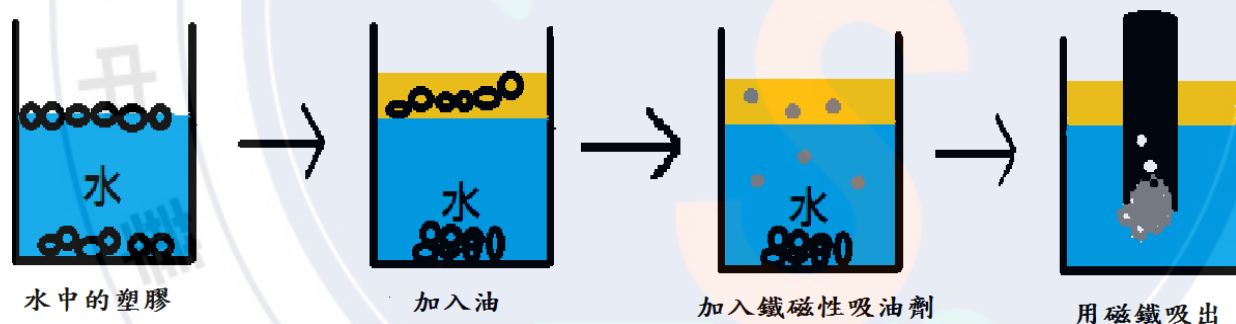
# 研究動機

## 塑膠的危害:

- ◆ 在海洋中裂解成約20~50微米的塑膠微粒。
- ◆ 被海洋生物誤食，透過食物鏈進入人體。
- ◆ 汙水處理設施無法有效去除。



2019 年 Google 全球科展得獎作品  
用鐵磁流體抽取水中塑膠微粒。



## 本研究的目的:



# 研究架構圖

清除塑膠微粒原理

塑膠與油料吸附情形

油料與吸油劑的吸附情形

塑膠

吸附力

油料

油料

吸附力

吸油劑

六種  
塑膠

水溶液  
種類

酸化  
程度

鐵磁性

有機物

鐵金屬

鐵氧化物

鋼棉

鐵粉

燃燒法

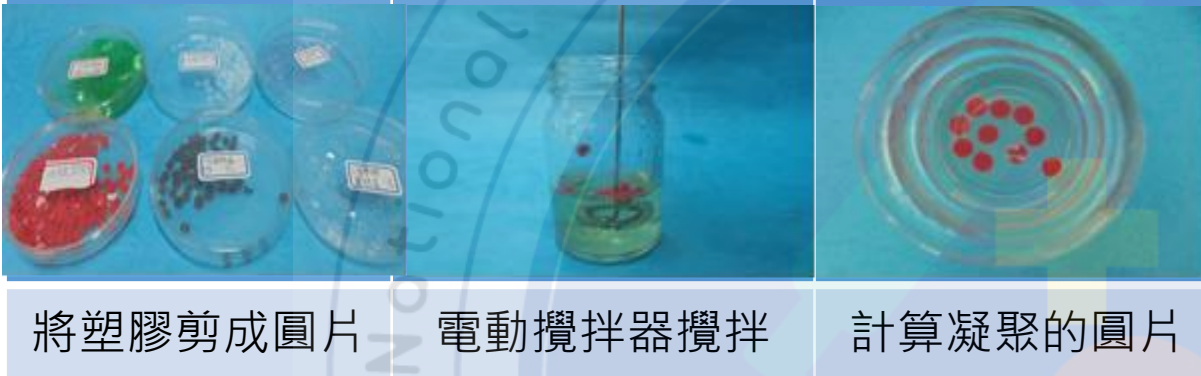
促鏽法

清除水中塑膠的流程

# 研究方法

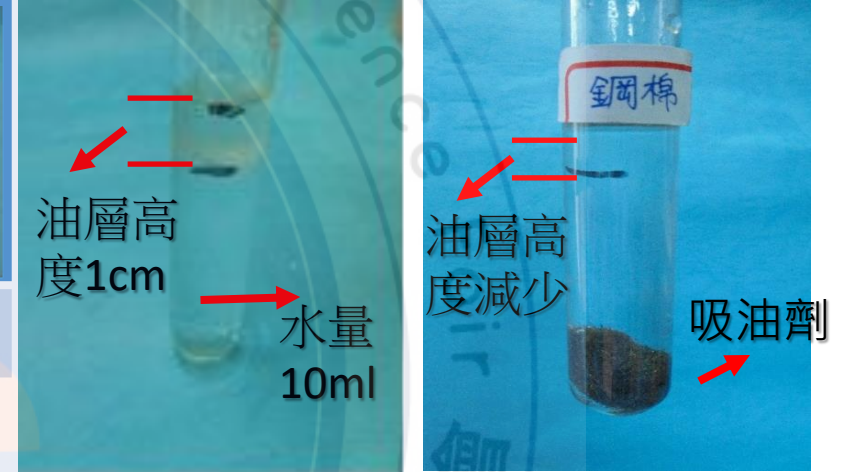
## (一) 油料與塑膠吸附的可視化與量化

凝聚率： $100\% \times (\text{凝聚片數}/10)$



## (二) 油料與吸油劑的吸油效果

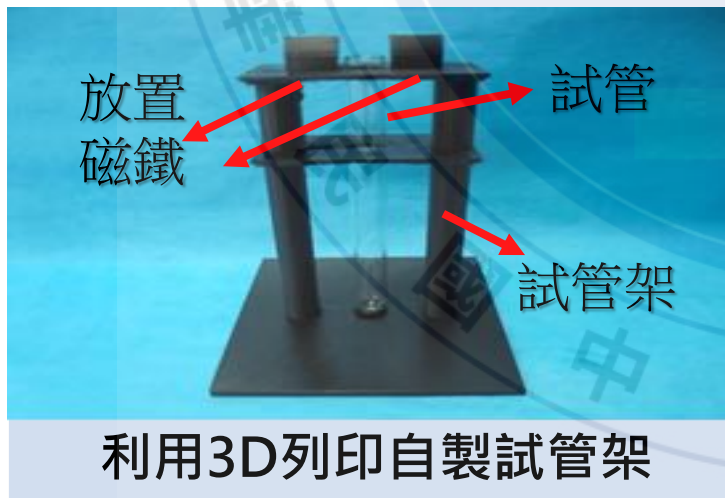
吸油率： $(\text{起始的油層高度} - \text{吸油後的油層高度}) / \text{起始的油層高度} \times 100\%$



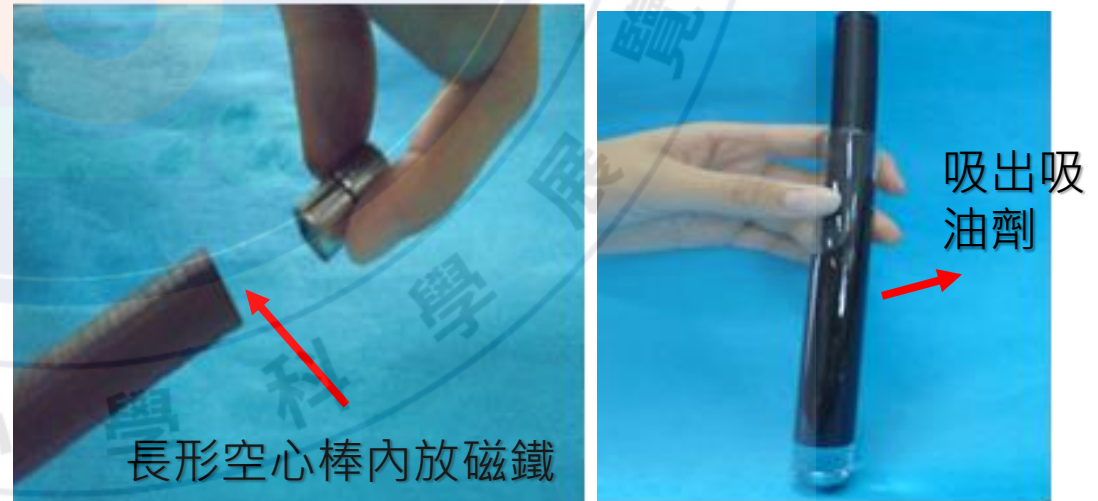
油層高度變化率

## (三) 吸附鐵磁性吸油劑的方法

### 1. 磁鐵外吸法



### 2. 磁鐵內吸法



# 研究過程與結果

## 研究一、不同分類塑膠在油中的吸附情形

### 【實驗一】、模擬塑膠微粒在水中和海水中的情形

(一)、實驗步驟：

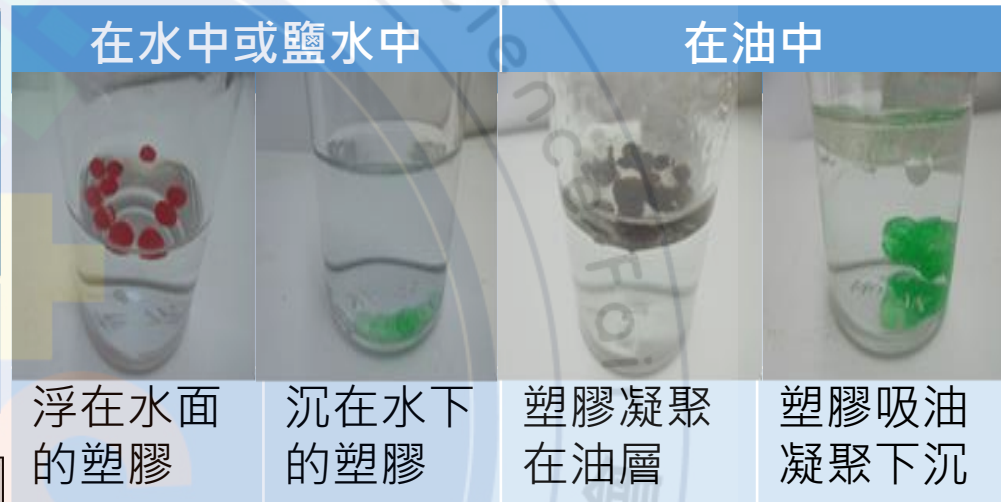
(二)、實驗結果：



將各種塑膠裁為小圓片

將10片小圓片放入樣瓶中

將5ml的葵花油加入水中



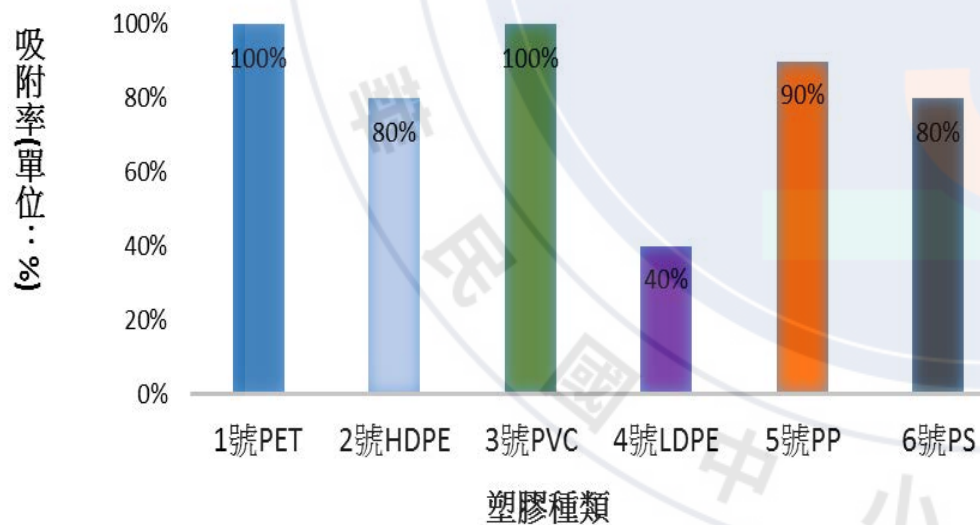
浮在水面的塑膠

沉在水下的塑膠

塑膠凝聚在油層

塑膠吸油凝聚下沉

不同種類塑膠在加入油後的吸附率



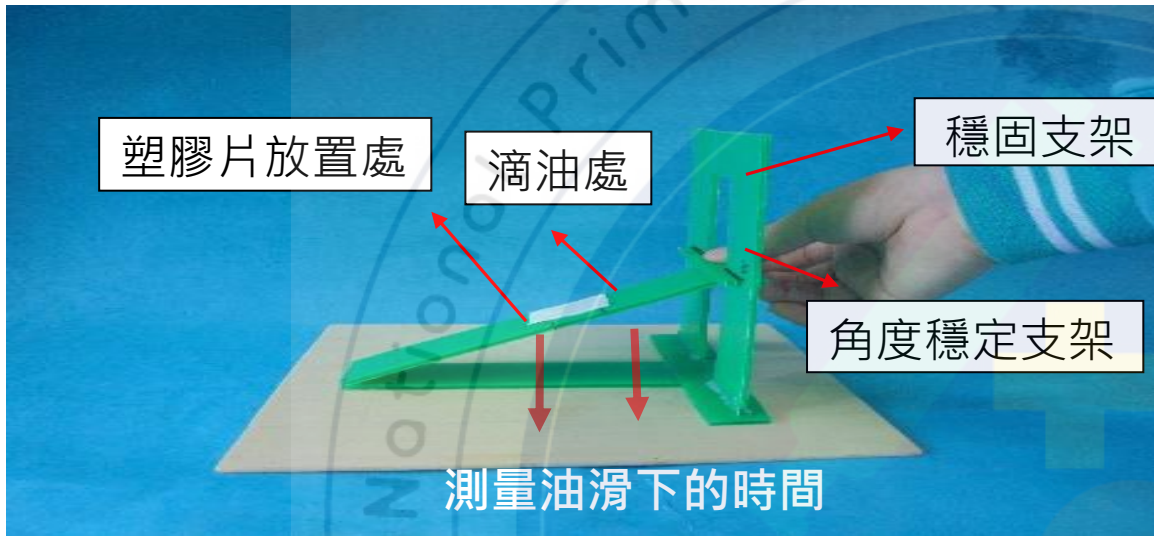
### ◎ 結果:

1. 只有1號PET會下沉，其他的塑膠都浮在水面上。
2. 1號PET和3號PVC的凝聚率最好，4號LDPE凝聚率最差。
3. 下沉的塑膠圓片較與油吸附，需要攪動，使油和水相互混合

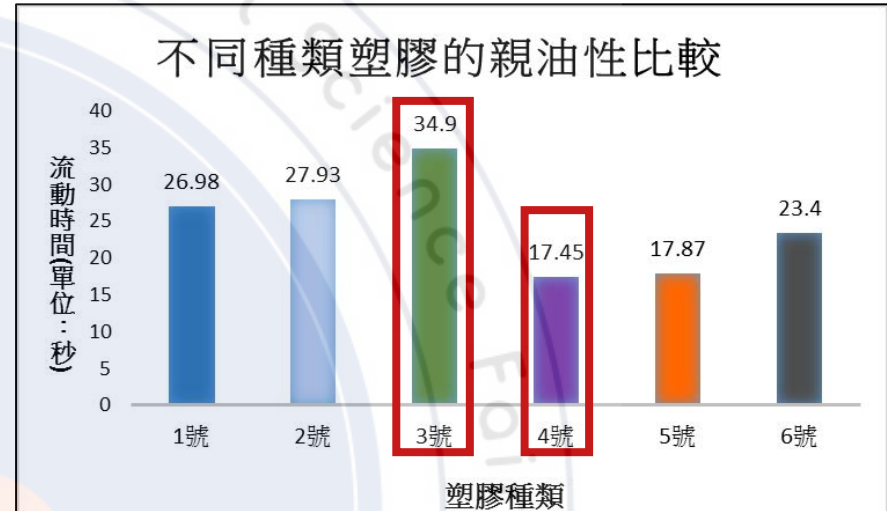
# 研究二、影響油料與塑膠吸附效果的因素

## 【實驗二-1】、比較不同種類塑膠的親油性

(一)、實驗步驟：



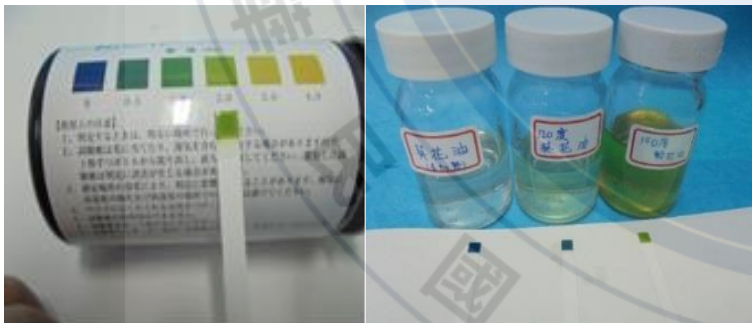
(二)、實驗結果：



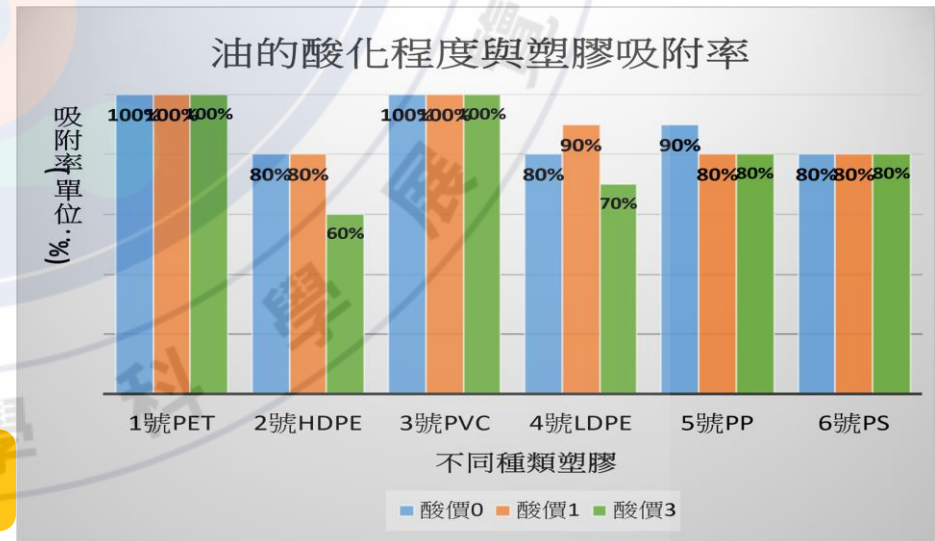
結果: 3號塑膠親油性最強、4號塑膠最弱

## 【實驗二-2】、油料的酸化程度對塑膠吸附力的影響

(一)、實驗步驟：



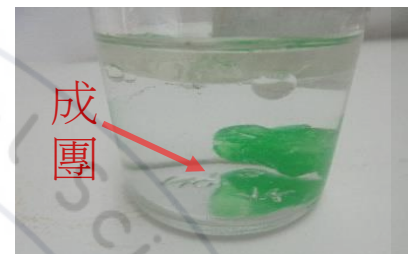
(二)、實驗結果：



結果: 油酸價愈高使2號、4號塑膠的吸附效果變差

## 【實驗二-3】：不同水溶液對油料吸附塑膠的影響

類別	飽和鹽水	糖水	食用白醋	檸檬酸	小蘇打水	澄清石灰水
凝聚情形	成團且成球	成團且成球	成團且成球	成團且成球	未成團 未成球	未成團 未成球
球形度	1.23	0.73	1.05	1.35	0	0
效果排名	2	4	1	3	5	5



◎結果：

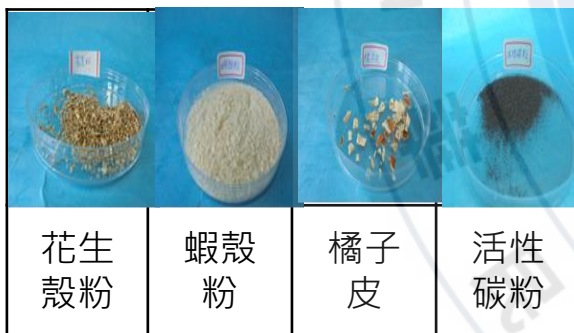
1. 水質偏鹼性除塑膠的效果較差。
2. 酸性或含鹽的水質效果較好。

## 研究三、探討如何清除已吸附塑膠的油料

### 【實驗三-1】：不同有機物吸油劑對吸附油料與清除塑膠的效果

(一)、實驗步驟：

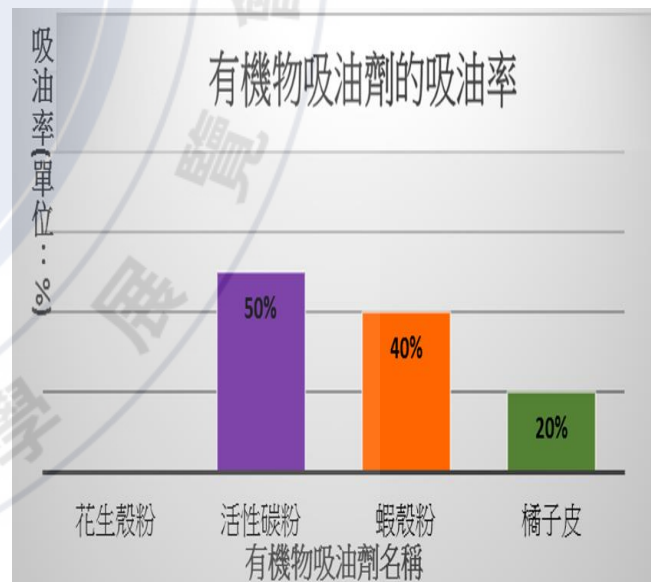
(二)、實驗結果：



種類	花生殼粉	活性碳粉	蝦殼粉	橘子皮
吸油情形				
吸油率	無法觀察	50%	40%	20%

◎結果：

有機物吸油劑不從水中取出，因此不採用作為吸油劑。





# 【實驗三-2】：不同鐵磁性吸油劑的吸油效果

## 【實驗三-2-1】：金屬類

(二)、實驗結果：

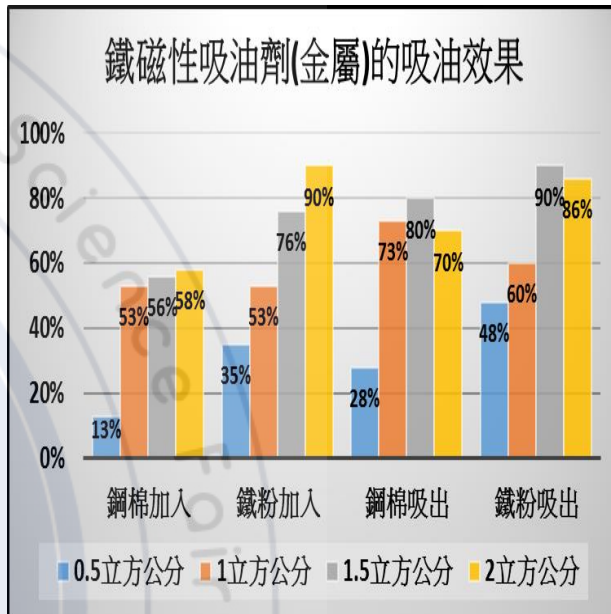
(一)、材料：



★吸油效果判斷依據★

粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全

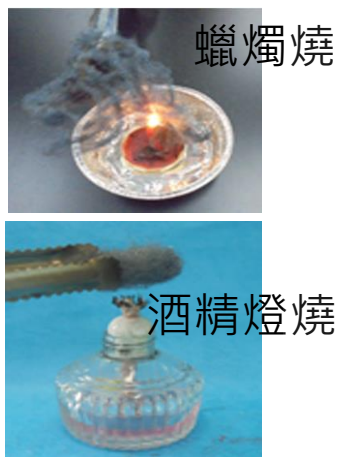
項目	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
	溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
鐵粉	✓		✓			✓		✓
鋼棉		✓	✓			✓		✓



結果: 鐵粉優於鋼棉，吸油劑的量在1.5立方公分最佳

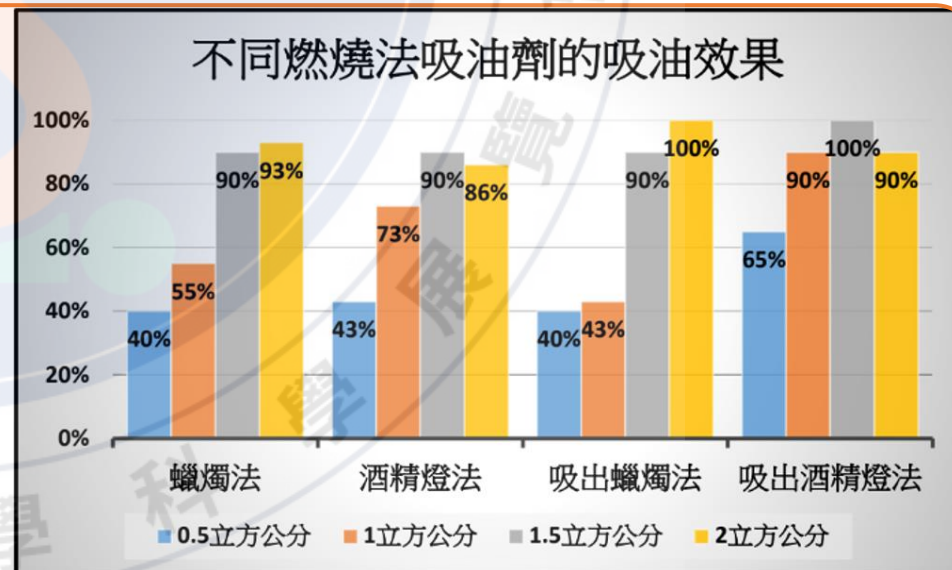
## 【實驗三-2-2】：鐵氧化物之燃燒法

(一)、材料：



(二)、實驗結果：

項目	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
	溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
蠟燭燒鋼棉		✓	✓			✓	✓	
酒精燈燒鋼棉		✓	✓			✓	✓	



結果: 蠟燭燃燒鋼棉吸油效果在2立方公分最佳

# 【實驗三-2-3】：鐵氧化物之促鏽法

(二)、實驗結果：

(一)、材料：

## 1. 四種促鏽液：

純水、醋酸  
次氯酸、鹽水



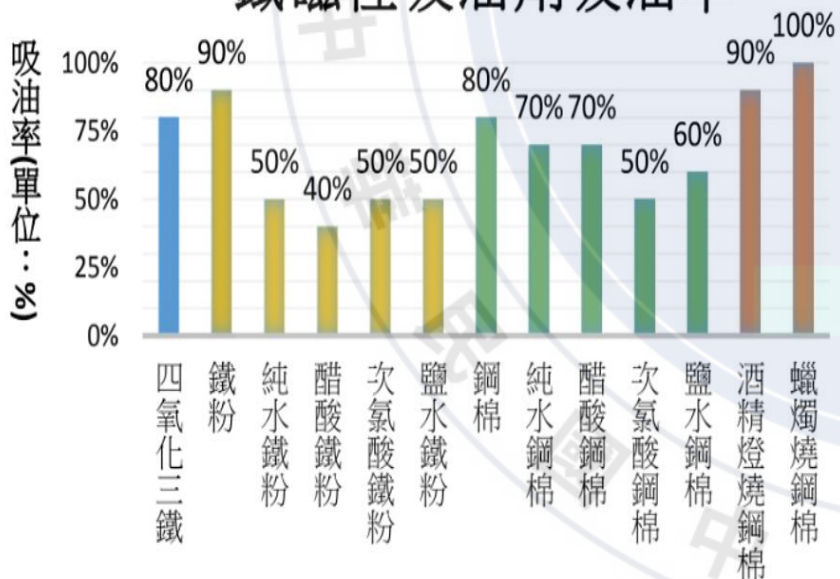
## 2. 市售鐵氧化物：



三氧化二鐵 四氧化三鐵

項目	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除		項目	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
	溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全		溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
純水鐵粉	✓		✓		✓		✓		純水鋼棉	✓		✓		✓		✓	
醋酸鐵粉	✓			✓		✓	✓		醋酸鋼棉	✓		✓		✓		✓	
次氯酸鐵粉	✓		✓		✓		✓		次氯酸鋼棉	✓		✓		✓		✓	
鹽水鐵粉	✓		✓		✓		✓		鹽水鋼棉	✓		✓		✓		✓	

## 鐵磁性吸油劑吸油率



鐵磁性吸油劑種類

項目	粉劑		水質		油泡		磁鐵清除	
	溶於油層	不溶於油層	清澈	混濁	有	沒有	完全	不完全
四氧化三鐵	✓		✓		✓			✓
三氧化二鐵	✓		✓			✓		✓

1. 燃燒法優於促鏽法

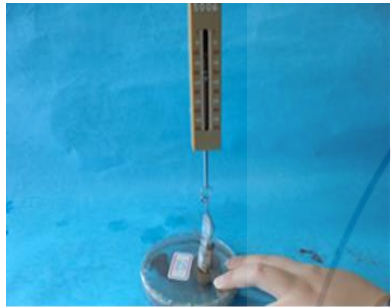
2. 促鏽鋼棉粉劑優於促鏽鐵粉

3. 促鏽液以純水較佳

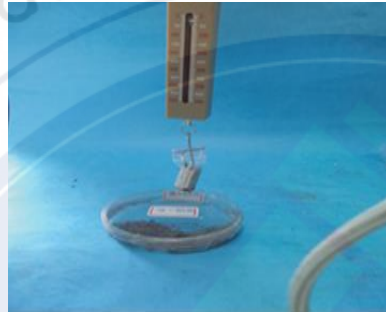
4. 蠟燭燒鋼棉、鐵粉、四氧化三鐵可分別處理顆粒大到小的塑膠微粒

# 研究四、鐵氧化物的磁性變化與吸油效果分析

## (一)、磁力的測量方法：



用磁鐵吸住鐵氧化物

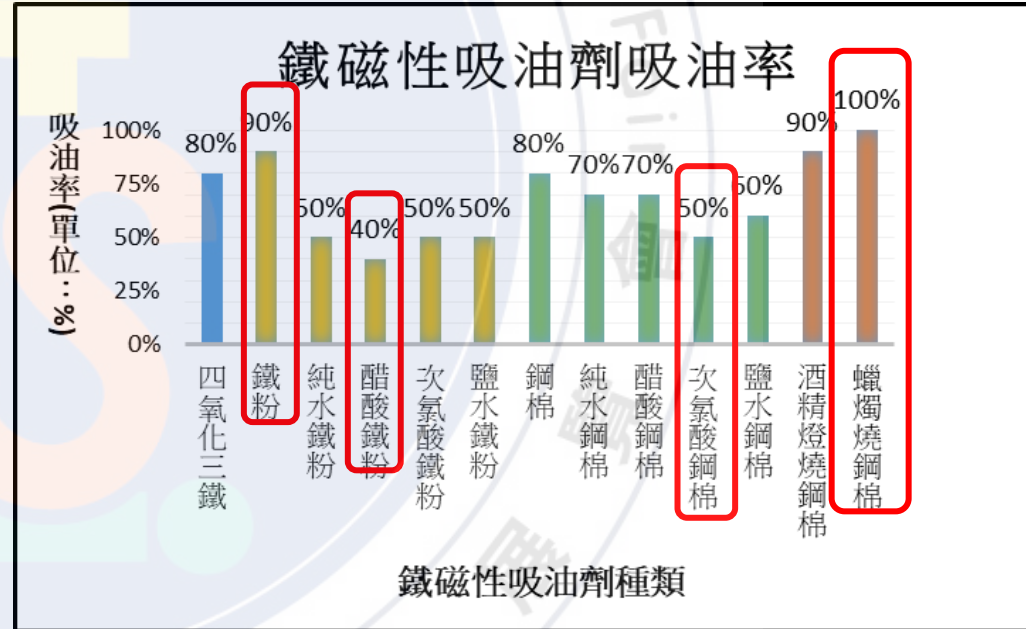
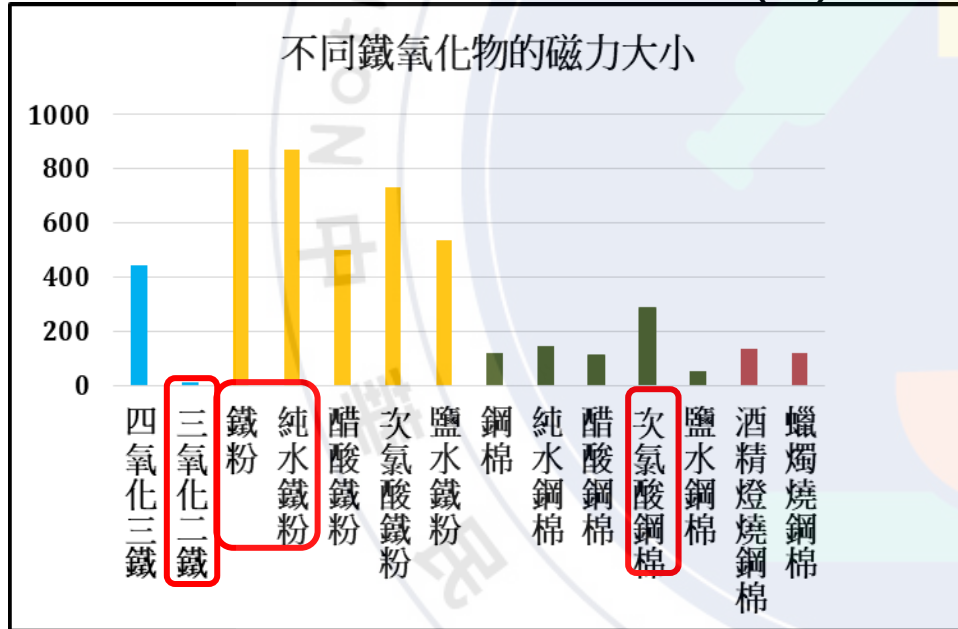


讀取磁鐵拉起的拉力



磁力強的用行李箱秤測量

## (二)、實驗結果：



1. 鐵粉促鏽類的磁力較鋼棉促鏽類大，但吸油效果沒有比較好。
2. 鐵粉和純水鐵粉磁力最強；鋼棉鏽粉以次氯酸鋼棉鏽粉最強。
3. 吸油效果是燃燒氧化的鋼棉優於金屬類的鐵粉，優於促鏽的鐵粉。
4. 鐵氧化物的磁力與吸油效果沒有正相關。

# 研究五、油凝固劑對不同種類油的凝固效果

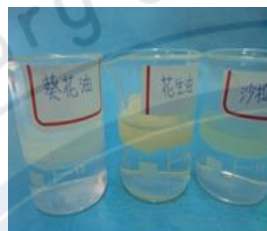
(一)、實驗步驟：



加熱油料



加入油凝固劑

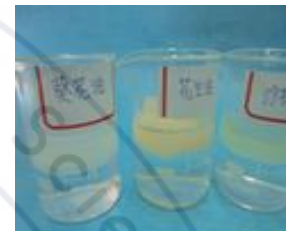


等待油凝固

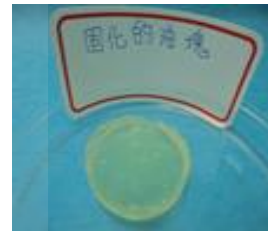
(二)、實驗結果：



機油沒有凝固






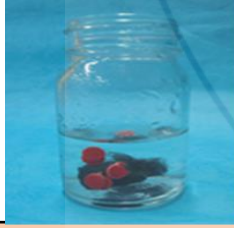
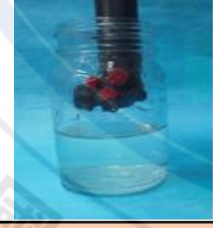


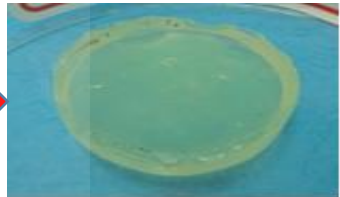


食用油有凝固



固化的油塊

# 研究六、制定清除水中塑膠微粒的流程

照片					
步驟	含有塑膠的水質	加入油料	電動攪拌棒攪拌	加入燃燒後的鋼棉	放入磁棒
目的	模擬水中含有塑膠微粒情形	用以吸附塑膠	油與塑膠充分接觸	吸附油料和顆粒較大塑膠	吸起油料和塑膠
照片					
步驟	加入鐵粉	以磁棒吸起	加入四氧化三鐵	以磁棒吸起	使用油凝固劑
目的	吸附較小塑膠	吸起油料、塑膠	吸附塑膠微粒	清除油料 吸油劑與塑膠	凝固殘留的油料

## □ 研究結論

- 1.研發簡易觀測法，使用**塑膠小圓片**能清楚看見塑膠與油的吸附情形及量化吸附效果。
- 2.**不同種類**塑膠有**不同的親油性**，以4號、5號親油性最差，最不易清除。
- 3.鹼性水溶液會破壞塑膠的親油性。
- 4.鐵磁性物質的吸油效果是，**燃燒氧化的鋼棉**優於金屬類的鐵粉，優於促鏽的鏽粉。
- 5.鐵磁性吸油劑的磁力與吸油效果**沒有**正相關。
- 6.促鏽液中以**純水促鏽**後的吸油效果最佳，應該是純水鐵鏽是**單純的鐵氧化物**，而其他促鏽液形成的鏽粉，則是含有除了氧之外的其他元素的鐵化合物。
- 7.在水中加入油，再依序加入燃燒的鋼棉、鐵粉、四氧化三鐵作為的吸油劑，進行**三階段多層次處理**，能達到清除塑膠的效果。

## □ 參考文獻

- 1.第 55 屆全國中小學科學展覽會 國小組化學科 「鏽」出色彩
- 2.第60屆全國中小學科學展覽會國小組生應二科 降塑「油」解！清除水中塑膠微粒的方式
- 3.第61屆全國中小學科學展覽會國小組生應二科 精鹽變驚鹽-食鹽中的塑膠微粒檢驗及清除機制
- 4.第61屆全國中小學科學展覽會國中組化學科 見「微」知「塑」
- 5.南一書局(民 110)，自然與生活科技6下，生鏽與防鏽
- 6.聯合新聞網 ( 2018 ) 全球市售瓶裝水大檢驗 9 成竟含微小塑膠顆粒
- 7.窺奈米碳的奇妙現象 國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室