

自製鐵磁流體磁性之探討

投稿類別：自然科學類

篇名：

自製鐵磁流體磁性之探討

作者：

陳宇紘。縣立自強國中。八年一班
徐宥豐。縣立自強國中。八年一班
葉 澄。縣立自強國中。八年一班

指導老師：

郭千睿老師
徐彥哲老師

壹、前言

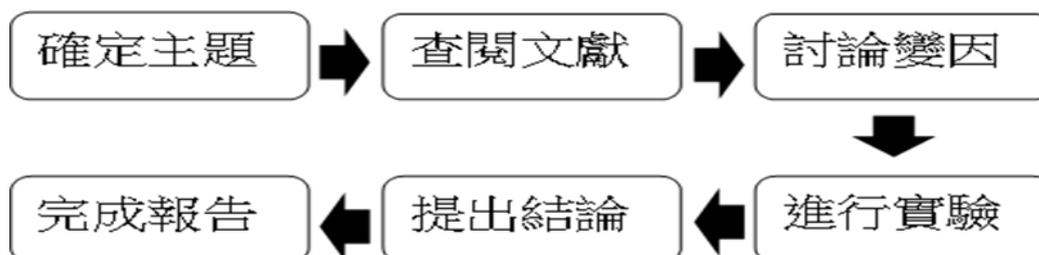
一、研究動機

因為在網路上看到奈米鐵磁流體的製作之影片，於是啟發了我們對於自製鐵磁流體的好奇心。我們參考文獻，選擇化學共沉法自製鐵磁流體，也成功自製出鐵磁流體，並且找出最佳比例及氨水滴定時間。於是我們進一步思考，合成出來的鐵磁粒子利用蒸餾水多次稀釋鐵磁粒子表面的蒸餾水後，是要先瀝乾再加界面活性劑，還是先加界面活性劑再瀝乾呢？這樣會不會影響鐵磁粒子的磁性呢？而在飽和葡萄糖水中，磁流體的磁性會不一樣嗎？於是我們想探討合成後的鐵磁粒子在自然瀝乾或烤箱不同溫度烘烤乾燥，它們的磁性有什麼差別嗎？

二、研究目的

- (一)化學共沉法自製磁流體
- (二)比較不同乾燥方式下鐵磁流體的磁性探討

三、研究流程與架構



- (一)確定主題：和老師討論題目方向並確認研究主題。
- (二)查閱文獻：查詢各種有關磁流體以及其製作方法的資料。
- (三)討論變因：我們討論要改變那些變因。
- (四)設計實驗：我們設計了整個實驗的流程。
- (五)進行實驗：我們將製作好的磁流體烘乾後並比較。
- (六)提出結論：統整實驗結果。
- (七)完成報告：寫成結果報告。

貳、正文

一、文獻探討

- (一)磁性物質：具有鐵、鈷、鎳的材質或其合金，能被磁鐵所吸引的物質。
磁性物質不一定具有磁性，但是靠近磁鐵後，會被磁鐵磁化，而具有磁性。

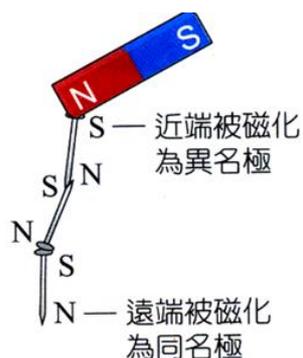


圖 1：磁性物質被磁化

來源 <https://reurl.cc/XqoLOj>

(二) 磁流體合成方法

製備方式	概述
水熱法	是一種在密封的壓力容器中，以水作為溶劑、粉體經溶解的製備材料的方法。
化學共沉法	把含鐵和亞鐵離子的液體混在一起，再加入鹼性的溶液，經過水洗和沉降，烘乾成粉末。
粉碎法	用磁性粒子和界面活性劑混合並磨碎。
氣相沉積法	是一種用於製造高純度、高性能固態材料的技術，常用於生長薄膜。
溶膠凝膠法	先混合化學物質形成液體，然後讓它變硬成固體。最後經過烘烤，可以製造出很多不同的高純度材料。
熱分解法	將磁性原材料溶入有機溶劑，加熱分解出游離金屬後加入分散劑後分離，溶入載液。

表 1：磁流體合成方法

(三) 磁流體介紹：磁流體是懸浮於載體中的奈米級的磁微粒組成；而載體通常為有機溶液或水。

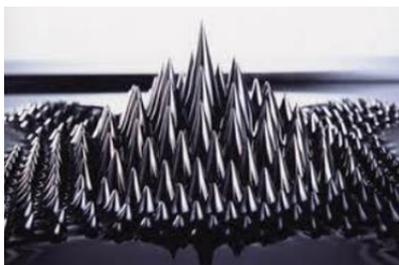


圖 2：鐵磁流體 來源 <https://reurl.cc/krmXV9>

(四) 化學共沉法反應式如下：



Fe_3O_4 原為不溶於水之黑色晶體，但藉由前驅物與沉澱劑快速反應，形成可溶之「奈米粒子」，將其懸浮於載液中形成膠體溶液時，當有外來磁場時，磁矩會規則排列，而具有順磁性。

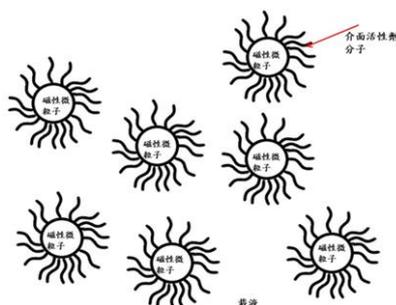


圖 3：磁性分子溶於載液中示意圖

(資料來源：錳鋅鐵氧化物磁流體製備及分散研究，顏雅命，2002)

(五) 順磁性：當以磁鐵靠近某物質時，若物質產生和磁鐵磁場相同方向磁性的稱該物質具有「順磁性」。

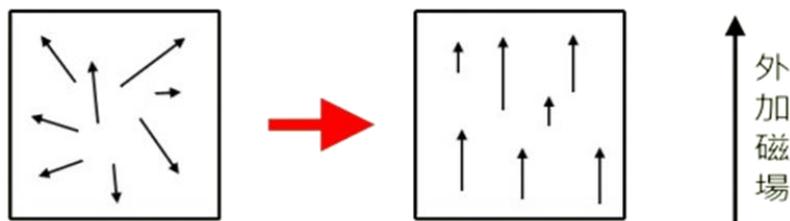


圖 4：順磁性 來源 <https://reurl.cc/krmXV9>

(六) 界面活性劑：是一種同時可以將水跟有機物質結合的分子，界面活性劑是兩端具有不同特性的分子，一端是親水端，另一端則是親油脂端。當磁性微粒子由界面活性劑包覆時，可以使磁性微粒子不會因為彼此凡德瓦力或彼此磁力作用而發生凝聚現象，同時被界面活性劑包覆的磁性微粒子外圍一圈是具有帶電的原子團。

二、研究內容：

(一)實驗器材及藥品

			
燒杯	量筒	氯化鐵	硫酸亞鐵
			
葡萄糖	油酸	鹽酸	氨水
			
玻璃瓶	玻棒	烤箱	電子攪拌器

表 2：實驗器材

(二)磁流體製作過程及條件

磁流體製作過程中包含幾部分，首先是前驅物的比例配置(鐵離子及亞鐵離子濃度比例)、沉澱劑(濃度及體積量)、攪拌速率(rpm)、界面活性劑及載體。

1. 藥品配置

鹽酸稀釋：吸取 12M 濃鹽酸 20ml，緩慢加至 100ml 水中，調配成 2M 鹽酸 120ml。

氨水稀釋：吸取 15M 濃氨水 10ml，緩慢加至 140ml 水中，調配成 1M 氨水 150ml。

飽和葡萄糖水：將 85g 葡萄糖加水 100ml 配製成飽和葡萄糖水溶液。

2. 前驅物配製

(1)配置 1M $FeCl_3$ 氯化鐵溶液

①取 5.4g $FeCl_3$ 溶於體積莫耳濃度 2M HCl 20ml 中(使之完全溶解)。

②得到橙色氯化鐵溶液(如圖 5)，溶液中含有 Fe^{3+} 鐵離子。

(2)配置 2M $FeCl_2$ 氯化亞鐵溶液

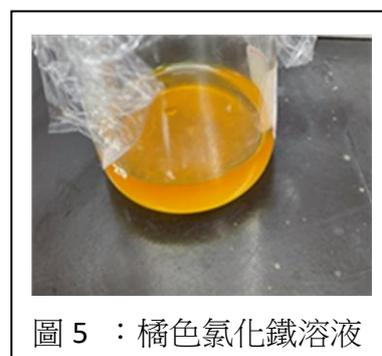


圖 5：橘色氯化鐵溶液

- ①取 5.56g 硫酸亞鐵 溶於體積莫耳濃度 2M HCl 10ml 中(使之完全溶解)
- ②得到淺綠色 $FeCl_2$ 氯化亞鐵溶液 (如圖 6)，溶液中含有鐵離子 Fe^{2+}

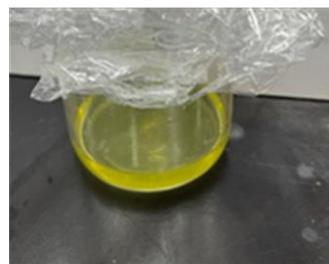


圖 5：淺綠色氯化亞鐵溶液

(三)化學共沉法合成磁流體

- (1)取濃度 1M NH_4OH 50ml 加進滴定管中。
- (2)吸取 1M Fe^{3+} 4ml 及 2M Fe^{2+} 1ml 於燒杯中形成混合液(圖 7)。
- (3)設定電磁自動攪拌器的轉速，於 5min 將 50ml 的 NH_4OH 滴定 Fe^{3+} 及 Fe^{2+} 混合液。
- (4) NH_4OH 滴定過程中，混合液顏色改變(圖 7)。



圖 7：化學共沉法滴定裝置

- (5)滴定完成後，將燒杯放置於磁鐵之上靜置 3 分鐘，利用磁鐵磁性吸附沉澱物，使燒杯中磁流體聚集。(如圖 8a~8b)
- (6)將多餘上清液倒掉，再用純水沖洗沉澱物，重複 3 遍。(如圖 8c~8d)

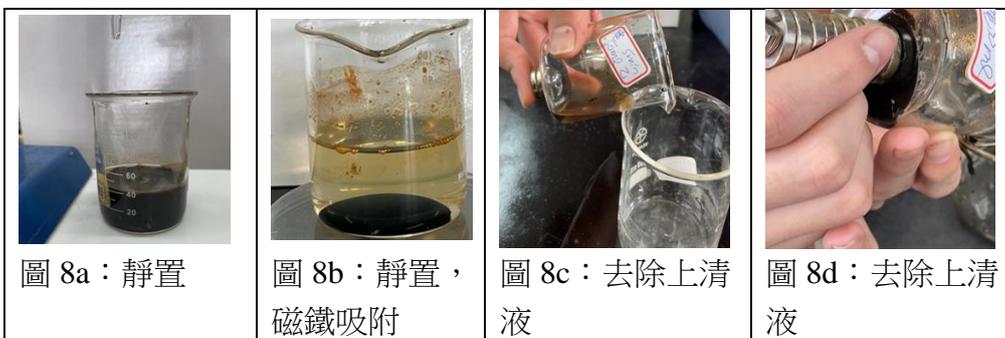


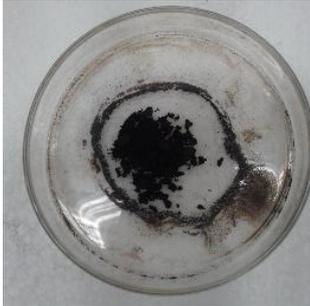
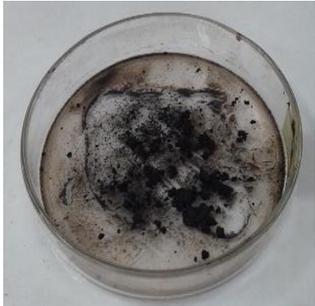
圖 8：靜置去除上清液

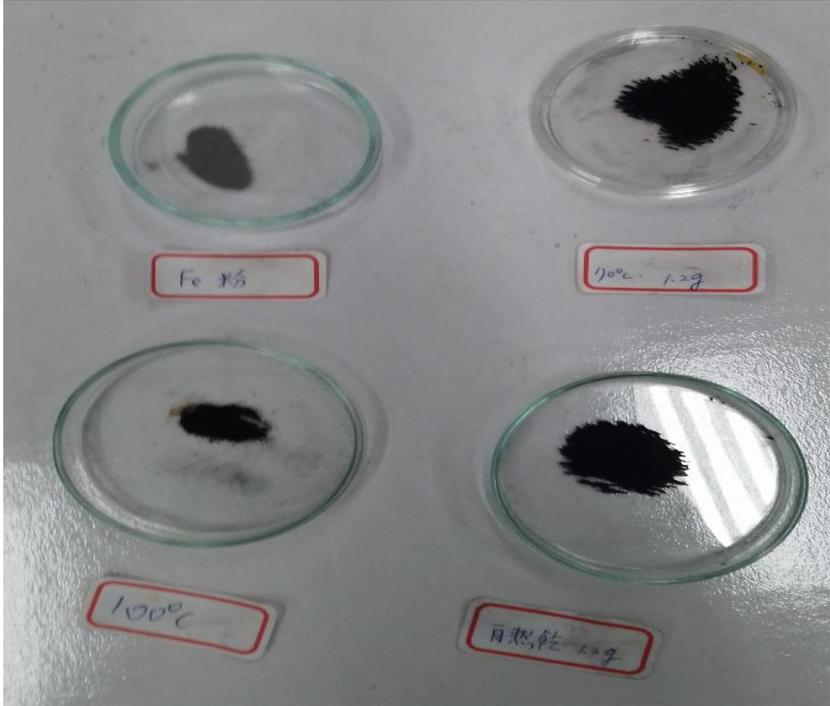
(四)研究結果

1.不同方式下將磁流體乾燥

合成後的磁流體，利用純水多次稀釋掉磁流體表面殘留的氨水，此時所得的磁流體具有磁性會被磁鐵所吸引，但為了讓所合成的磁流體更具有磁性，於是我們想如果先乾燥再添加界面活性劑會不會更具有磁性？於是探討了三種方式將磁流體乾燥並將其磨成粉後與鐵粉先進行磁性之比較。

(1) 烘乾後磁流體外觀比較

乾燥方式	自然晾乾	烤箱烘乾 70°C	烤箱烘乾 100°C
乾燥後結果	 <p>圖 9a</p>	 <p>圖 9b</p>	 <p>圖 9c</p>

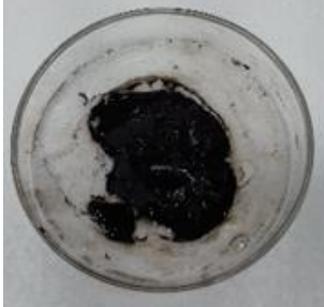
磨成粉後結果	 <p>圖 10</p>
--------	--

(2)磁流體磨成粉後與鐵粉比較磁性大小

將乾燥後的鐵磁粒子放置於玻璃培養皿中，利用磁鐵可以吸附鐵磁粒子，紀錄不同方式乾燥後的鐵磁粒子與鐵粉被磁鐵吸附之比較

	自然晾乾	烤箱烘乾 70°C	烤箱烘乾 100°C	鐵粉
磁鐵 吸附 情形				
	圖 11a	圖 11b	圖 11c	圖 11d

2.合成後油酸在烘烤前後添加鐵磁粒子性質之比較

鐵磁 粒子 性質 比較	自然晾乾	烤箱烘乾 70°C	烤箱烘乾 100°C
烘乾 前加 油酸			
烘乾 後加 油酸			

3.比較在飽和葡萄糖水中磁流體磁性情形

鐵磁 粒子 性質 比較	自然晾乾	烤箱烘乾 70°C	烤箱烘乾 100°C
烘乾 前加 油酸			
烘乾 後加 油酸			

參、結論

一、滴油酸後烘烤不乾之問題

- 1.我們發現未加油酸的磁流體在 70°C 及 100°C 的烘乾過程中，僅需 15 分鐘即可完全乾燥，研磨後呈現顆粒狀。
- 2.先進行滴油酸的磁流體，再進行相同溫度的烘乾，即使烘乾 15 分鐘，磁流體仍然保持濕潤且黏稠的狀態。烘烤 60 分鐘後，雖然外表略微乾燥，但內部依然顯得十分潮濕，最終研磨後呈現泥狀。
- 3.在自然瀝乾的情況下，未加油酸的磁流體在 3 天內即可完全乾燥，研磨後同樣呈現顆粒狀。
- 4.先經行油酸處理後的磁流體，經過 3 天的自然瀝乾，仍然保持著高度的濕潤狀態，無法進行研磨。

二、70°C、100°C 自然瀝乾的磁流體鐵粉磁性之比較

- 1.我們取 70°C、100°C 及自然瀝乾的磁流體和鐵粉各 1.2 克分別放置於玻璃培養皿中，磁鐵從玻璃培養皿下方進行吸引。
結果顯示，70°C、100°C 及自然瀝乾的磁流體被磁鐵吸引時，呈現豎立的

尖刺狀；而鐵粉則形成煙火狀，末端略微垂下，因此自製鐵磁粒子磁性比鐵粉強。

- 我們將磁鐵由上而下往玻璃培養皿中的磁流體進行吸引，記錄全部磁流體何時會被磁鐵吸引。100°C 烘烤的磁流體在距離磁鐵約 4.2 公分時便全部會被吸引；70°C 的磁流體在約 4.0 公分時會全部被吸引；自然瀝乾的磁流體在約 3.5 公分時會全部被吸引；而鐵粉則在約 3.0 公分時才會全部受到磁鐵的吸引。

三、我們可以得出結論，100°C 烘烤的磁流體擁有最佳的磁性，70°C 烘烤的磁流體磁性次之，而自然瀝乾的磁流體磁性較弱，但自製的磁流體磁性都比鐵粉的磁性強。

四、條件不同之六組磁流體加入載體葡萄糖水後的效果

我們將 70°C、100°C 及自然瀝乾的磁流體，分別在烘烤和自然瀝乾的前後分別加入油酸，共六組樣本。每組取 0.5 克磁流體加入載體葡萄糖水中，比較磁性效果。

結果顯示，70°C 及 100°C 烘烤的磁流體因無法完全烘乾，導致呈現塊狀，無法有效顯示磁力線。

自然瀝乾的磁流體在加入油酸後，因無法完全乾燥並呈現黏稠且充滿水分的泥狀，倒入載體中後立即散開，造成載體的混濁，而用磁鐵吸引時，磁力線也極為不明顯。

五、磁流體混和液出現油膜之問題

在磁流體混和液上方，我們發現一層薄薄的透明油膜，指細觀察，發現在滴定磁流體實驗中，混和液變為較深的澄色時，油膜就已經出現了，但目前我們還未知到這層油膜產生的原因和其性質。

肆、參考資料及其他

1. Ferrofluid——流體與磁場之研究

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2021/pdf/030025.pdf>

2. 『題西林壁』新解 — 應用鐵磁流體作為磁力線觀測器之研究

3. 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會 鐵磁流體之製備與研究

<https://reurl.cc/QeKR9q>

4. 仿生科學實驗 奈米鐵磁流體 <https://reurl.cc/YVKEjD>

5. 100 年磁性與磁懸浮-演示看版 <https://reurl.cc/krmXV9>

6. 振振有磁 https://science.cyc.edu.tw/upfile/science101/work_files/12261806508133.pdf

7. 磁性 <https://reurl.cc/LleVra>