

【2022 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中(職)組 成果報告表單

題目名稱：同「流」合「烏」。簡易磁流體合成方式之探究

壹、探究題目與動機

近幾世紀以來，世界各地皆朝向工業化和高科技領域發展。而磁流體自 1963 年由 NASA 工程師發明後，便因具有「超順磁性」之無法取代的性質，從原本作為無重力狀況下的油品輸送方案，到被廣泛運用在高科技領域方面，如：資訊儲存、生醫、醫療及環境工程等。基於自身對於磁流體的好奇，以及延續高中所學，為了研究深度及廣闊程度，且懷抱對自身科學素養提升的期望，使磁流體提高學術及應用層面之價值，使其走入世人們的生活。

貳、探究目的

- (一) 研究磁流體合成方法。
- (二) 改良實驗步驟並設定實驗器材。
- (三) 嘗試使用簡易方式製作磁流體。

參、探究方法與驗證步驟

一、了解實驗原理

1、化學共沉法

經過文獻探究，洪若瑜（2008）指出合成磁流體主流方式，分別是水熱法、化學共沉法、粉碎法、氣相沉積法、溶膠凝膠法和熱分解法，表 1 簡述各合成方法之特點。本次實驗採用化學共沉法，控制難溶鹽類生成的速率以製作奈米粒子，反應式如下：

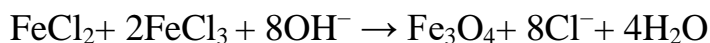


表 1：奈米粒子合成方法

製備方式	概述
水熱法	在高溫及高壓環境下合成磁性粒子，在水溶液或蒸汽等流體中合成。
化學共沉法	利用氯化鐵及氯化亞鐵混合並倒至鹼液（沉澱劑）中。加入界面活性劑然後水洗及沉降，再分散到分散劑中。
粉碎法	將磁性粒子和界面活性劑混合並磨碎。
氣相沉積法	利用揮發性金屬化合物蒸氣來合成奈米粒子。特點為大小分佈均勻。
溶膠凝膠法	以易水解的金屬結合物為原料，使之在某種溶劑中與水發生反應，經過水解和縮聚過程逐漸膠化，再經乾燥和鍛燒得到所需氧化物奈米粉末。
熱分解法	將磁性材料的原料融入有機溶劑，加熱分解出游離金屬，並在溶液中加入分散劑後分離。溶入載液後即得到鐵磁流體。

資料來源：洪若瑜（2008）。**磁性納米粒和磁性流體：製備與應用**。化學工業出版社。

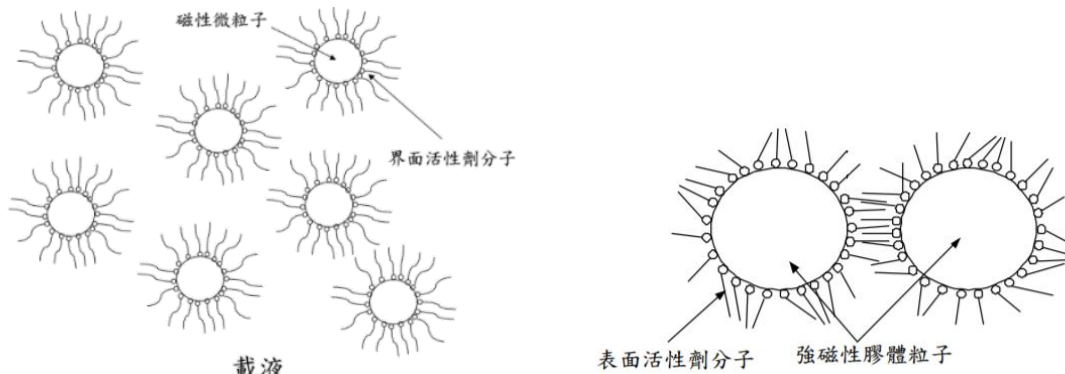
由文獻可了解，化學共沉法是利用 Fe^{3+} （氯化鐵）與 Fe^{2+} （氯化亞鐵）作為鐵源，鐵磁流體的原料，混合並加入鹼液中進行沉澱。加入界面活性劑（油酸）並進行水洗及沉降等純化步驟，最後加入分散劑（煤油）使粒子分散。化學共沉法為目前合成鐵磁流體最主要的方法，且合成過程淺顯易懂。本次探究採用氯化鐵及硫酸亞鐵銨作為鐵源，鹼液使用氫氧化鈉進行實驗。

2、關於磁流體

Fe_3O_4 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」，如圖 1（a），將其懸浮於載液形成膠體溶液時，由於本身粒子極小，熱運動使磁矩排列混亂，總磁矩為零。但當有外來磁場時，磁矩會規則排列，而具有順磁性。

圖 1（a）：磁性分子溶於載液示意圖

圖 1（b）：磁性分子示意圖



資料來源：顏雅倫（2002）。**錳鋅鐵氧化物磁性流體之製備及其分散研究**。國立成功大學資源工程研究所：碩士論文。

二、準備實驗器材

需要的研究器材及藥品如表 2，共要準備 6 種藥品跟 9 種器材。

表 2：所需研究器材表

藥品	器材
0.8 氫氧化鈉	玻棒
醋酸乙酯	藥勺
油酸	滴管
0.1 硫酸亞鐵銨	定量瓶
0.1 氯化鐵	漏斗
蒸餾水	洗滌瓶
	磁攪拌子
	燒杯
	電磁加熱攪拌器

三、製作磁流體原料

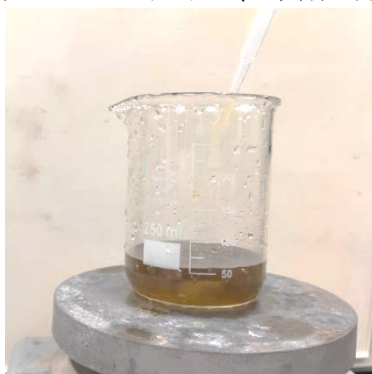
- 1、取氫氧化鈉、氯化鐵、硫酸亞鐵銨各 32 g、2.7 g、39.2 g。
- 2、氫氧化鈉加水配成 0.8 M 的氫氧化鈉水溶液。
- 3、配置氯化鐵 0.1 M 的水溶液。
- 4、配置硫酸亞鐵銨 0.1 M 之水溶液。
- 5、最後取氯化鐵溶液 6 mL 與硫酸亞鐵銨水溶液 6 mL 混合為鐵源溶液。

四、合成磁流體

- 1、取氫氧化鈉水溶液 6 mL 倒入燒杯並加水至 50 mL。
- 2、加入磁攪拌子並開啟攪拌。
- 3、將鐵源溶液以固定速率滴燒杯，如下方圖 2 所示。

- 4、攪拌 2 分鐘後，將磁攪拌子取出，並倒掉多餘廢液。
- 5、加入 0.08 g 油酸(約 4 滴)，並持續攪拌。
- 6、用去離子水和醋酸乙酯多次清洗後，加入煤油，即完成磁流體。

圖 2：以固定速率添加鐵源



肆、探究分析與結果

一、探討油酸加入的最佳時機

1、與鹼液一起混合

根據上述進行實驗步驟的改變，發現實作之成品雖有黑色粒子產生，但無法受磁鐵吸引，且無法沉澱於燒杯底部。推測是因為油酸加入鹼液中產生化學變化，故無法或難以與磁性粒子進行結合，成品如圖 3 (a)。

2、於磁性粒子形成後加入

如圖 3 (b)，磁性粒子形成時機在於鐵源與鹼液充分混合之時，在此時機加入油酸後可以觀察到黑色粒子懸浮於液體中，可沉澱於杯中，但僅有些許磁性粒子可受磁鐵吸引，因此樣品磁力較弱，品質較差。

3、於廢液移除過後加入

如下方圖 3 (c) 所示，最後在磁性粒子形成後，將廢液與黑色物體分離，加入油酸後發現其成品流體性質最均勻，且能受磁場感應，為本次觀察中最佳之變因，因此我們之後採用這個方法進行後續研究。

圖 3：不同油酸加入時機形成樣品之比較，(a) 無法沉澱至燒杯底部、(b) 可沉澱於燒杯底部、(c) 流動性佳具磁性的樣品



二、探討鹼液與鐵源之添加步驟

1、鹼液加入鐵源中

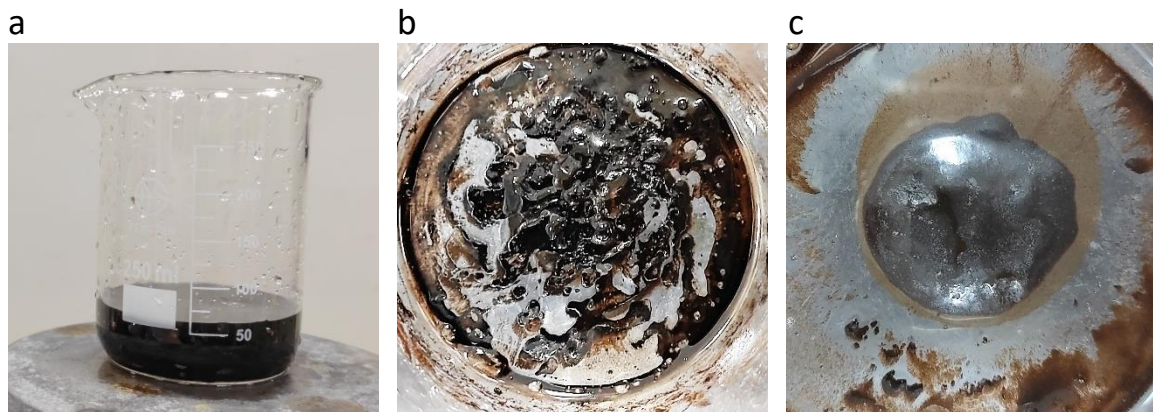
如圖 4 (a)，鹼液加入鐵源後，雖有黑色物質之產生，但將磁鐵置於燒

杯下方吸引時，無任何反應。推測是因為此製作方式使反應空間過小，其製作成品顆粒過大，因此無法受磁場感應產生變化，成品如下方圖 4 (b) 所示。

2、鐵源加入鹼液中

依據實驗結果，下方圖 4 (c) 為鐵源加入鹼液所製成樣品，可以發現在鐵源加入鹼液中，可以成功製成具有流變現象且受磁鐵吸引之鐵磁流體樣品，流體性質較鹼液加入鐵源中好，。

圖 4：不同鐵源與鹼液添加順序形成樣品之比較，(a) 黑色磁性粒子產生、(b) 鹼液加入鐵源中、(c) 鐵源加入鹼液中的樣品



三、研究高、低轉速的差異

1、高轉速

據實驗結果發現，轉速過高進行溶液混合時，會產生較差的磁流體分子，推測是因為過高的攪拌速率會導致溶液與空氣有大量的接觸，進而使生成的黑色粒子與空氣作用，使分子氧化成 Fe_2O_3 。間接降低磁流體品質，讓分子失去磁場感應的能力。

2、低轉速

經實測結果可發現，適當的降低轉速能使四氧化三鐵粒子在不氧化的情況下生成，轉速調低有助於降低粒子氧化之風險，避免產生黃棕色之氧化固體，進而有良好的磁場感應能力。

伍、結論與建議

根據研究結果，能發現最佳鐵磁流體製作過程須注意之事項如下：

- 1、由結果一可知，油酸的最好添加時機為倒掉磁流體廢液過後，與鹼液一起混合或是於磁性粒子剛形成時加入油酸，其成品大多呈黑色顆粒狀，具有不受磁場吸引，以及會懸浮在廢液中之特質。
- 2、依據結果二的內容，鐵源與鹼液最好的混合方式是以鐵源加入鹼液，並透過添加去離子水的步驟加大其反應空間，此方法所製成磁流體成品成功率較高。
- 3、透過實驗三結果知，過高的轉速會使磁流體樣品氧化風險提高，低轉速會使磁性粒子更容易生成。由於時間的關係，無法對轉速進行更精確的調整，也無法針對磁流體的品質進行進一步的比較與分析，未來希望能探討轉速與鐵磁流體品質間的關係。

陸、參考資料

顏雅侖（2002）。**錳鋅鐵氧化物磁性流體之製備及其分散研究**。國立成功大學資源工程研究所：碩士論文。

曾國輝（2005）。**化學（上冊）（第二版）**。藝軒圖書出版社。

洪若瑜（2008）。**磁性納米粒和磁性流體：製備與應用**。化學工業出版社。

Kalubowilage, M., Janik, K., & Bossmann, S. H. (2019). Magnetic Nanomaterials for Magnetically-Aided Drug Delivery and Hyperthermia. *Applied Sciences*, 9(14), 2927.

Ho, J., & Young, H. T. (2009). Measuring the Magnetization of Nano Ferro-Fluid with D.C Electromagnetic Application. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 9(7), 4293–4297.