

【2021 國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：遊子吟 2.0

一、大意：

所謂的磁流體是指磁場存在時強烈極化的液體。由約 10 奈米大小的磁性顆粒、界面活性劑及溶劑載體所組成的一種懸浮液體；奈米磁性顆粒以鐵基性為主，如 Fe_3O_4 ，外加磁鐵時，超順磁性的磁流體會被磁場吸引，並沿著磁力線方向，產生各種突刺峰，磁場越強，突出峰越明顯。當磁力消失時，磁流體會恢復成一般流體。

本研究

- (1)學習利用共沉澱法製備磁流體
- (2)製備的磁流體在不同界面活性劑及基載液下，比較磁場存在時所產生突刺峰的能力。
- (3)學習使用磁流體製作 ferrocell，觀察磁鐵在 ferrocell 及 led 光下所產生的磁力線。

二、創作背景

[慈母手中線，遊子身上衣] - 遊子吟，教室中的琅琅書聲，我回想起了那一天.....。看著實驗室裡那老舊電視的新聞時，突然，一則關於磁流體的新聞讓我們興致勃勃，目不轉睛地看著裡面介紹著有關磁流體的用途，像是：玩具、磁場的檢驗裝置、破壞腫瘤等。磁鐵就像是個慈母，有各種用途，但卻只有磁流體（也就像是自己的小孩）可以任意的使喚，這關聯使我們開始有了興趣。因此，我們開始上網研究磁流體的原理以及用途後，覺得非常的有趣，而且也很實用，但目前的生活幾乎沒有看到過磁流體的影子，因此我們決定以磁流體當作研究的題目，並決定利用它產生許多你意想不到的用途，例如：可以應用在教具以及科學實驗的磁鐵上，可以測量其周圍的磁力線，也有可能可以拿來做成小孩隨手可得的玩具，不只可以玩得開心也可以讓小孩精神百倍，迫不及待地想要研究這十分有趣的玩具，將科學與玩具融為一體，真是「一兼二顧，摸蜆仔兼洗褲。」

三、創作原因和目的

- (1)認識磁流體組成成分、性質及製備方法
- (2)探討當相同氨水分子數時，氨水濃度及滴定速率對四氧化三鐵生成之影響
- (3)在不同界面活性劑及載液下，磁流體在磁場存在時所產生突刺峰的比較
- (4)學習如何製作 ferrocell，觀察磁鐵在 ferrocell 及 led 光下所產生的磁力線。

四、創作方法和語意

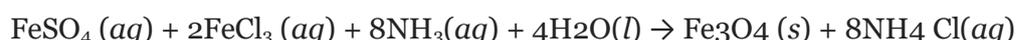
(一) 研究設備及器材

玻璃棒、燒杯、滴定管、滴管夾、電子秤、加熱攪拌器和磁石、吸量管、氯化鐵、氯化亞鐵、氨水、油酸、機油、檸檬酸、聚乙二醇(PEG400)、Tween80、去離子水、玻璃皿、磁鐵

(二)實驗原理

本實驗是利用共沉澱法，將氯化亞鐵（或硫酸亞鐵）與氯化鐵依 1:2 的比例混合後，加入過量的氨水，製備奈米級的四氧化三鐵顆粒。藉著油酸等界面活性劑的吸附、包覆，形成穩定的膠體粒子。

反應方程式：

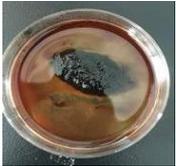
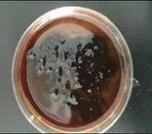
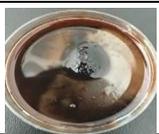
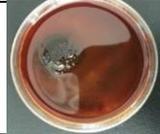


寫作草稿一：相同氨水莫耳數下，探討氨水濃度及滴定速率對四氧化三鐵生成之影響

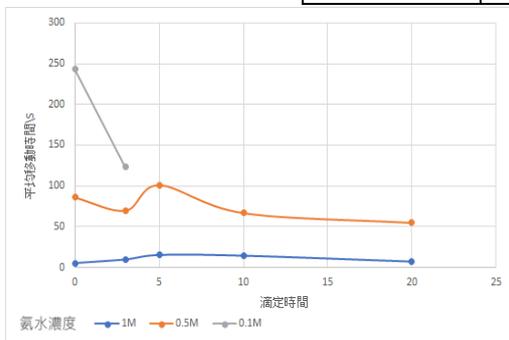
一、實驗步驟:

- (1)取 16.6ml 的鹽酸(12M)加水至 100ml，調配出 2M 的鹽酸。
- (2)a.取 16.8ml 的濃氨水加水至 250ml，調配出 1M 的氨水。b 取 8.4ml 的濃氨水加水至 250ml，調配出 0.5M 的氨水。c.取 1.68ml 的濃氨水加水至 250ml，調配出 0.1M 的氨水
- (3)取 5.56g 的硫酸亞鐵，加 10ml 的 2M 鹽酸，攪拌溶解配成 2M 的亞鐵離子水溶液。
- (4)取 5.4g 的氯化鐵，加 20ml 的 2M 鹽酸，攪拌溶解配成 1M 鐵離子水溶液。
- (5)取 4ml 鐵離子和 1ml 亞鐵離子混合後攪拌，並以不同速度滴入 35ml 1M 氨水，70ml 0.5M 氨水，350ml 0.1M 氨水(溶液慢慢轉為暗紅色一邊稱成黑色粉末直到充滿整瓶液體)。
- (6)用去離子水清洗產物後靜置倒出雜質溶液(淡淡的黃色加一些未完全過濾掉的黑色顆粒)3次(每次靜置沉澱約 20 秒)。最後以丙酮清洗兩次並乾燥一天後，測量產生四氧化三鐵的重量。
- (7)取乾燥的四氧化三鐵，加入油酸 5ml，攪拌使四氧化三鐵完全溶入油酸中形成磁流體，拿強力磁鐵靠近磁流體，觀察受磁力吸引移動的時間及產生突刺峰的能力。

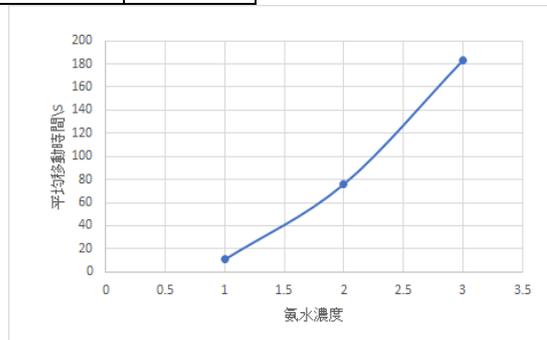
二、草稿記錄

氨水濃度/滴定時間	1M /0min	1M/ 3min	1M /5min	1M /10min	1M /20min
氨水 PH 值	PH 值 11.25	PH 值 11.25	PH 值 11.25	PH 值 11.25	PH 值 11.25
Fe ₃ O ₄ 重	0.26g	0.32g	0.32g	0.32g	0.32g
受磁力吸引移動時間	5s	10s	16s	15s	7s
突刺峰	有	有	有	有	有
照片					
氨水濃度/滴定時間	0.5M /0min	0.5M/ 3min	0.5M /5min	0.5M /10min	0.5M /20min
氨水 PH 值	PH 值 11.05	PH 值 11.05	PH 值 11.05	PH 值 11.05	PH 值 11.05
Fe ₃ O ₄ 重	0.30g	0.38g	0.26g	0.28g	0.28g
移動時間	86s	70s	101s	67s	55s
突刺峰	有	有	有	有	有
照片					
氨水濃度/滴定時間	0.1M 0min	0.1M 5min	0.1M 10min	0.1M 20min	
氨水 PH 值	PH 值 10.88	PH 值 10.88	PH 值 10.88	PH 值 10.88	
Fe ₃ O ₄ 重	0.32g	0.14g			
移動時間	243s	123s			
突刺峰	不明顯	不明顯			
照片			沖洗時因磁力過小而被沖洗掉		沖洗時因磁力過小而被沖洗掉

滴定時間	氨水濃度		
	1M	0.5M	0.1M
0min	5s	86s	243s
3min	10s	70s	123s
5min	16s	101s	X
10min	15s	67s	X
20min	7s	55s	X
平均移動時間	10.6s	75.8s	183s



圖一:不同氨水濃度、滴定時間產生的四氧化三鐵受磁化後被磁鐵吸引的移動時間



圖二:不同氨水濃度產生的四氧化三鐵受磁化後被磁鐵吸引的平均移動時間

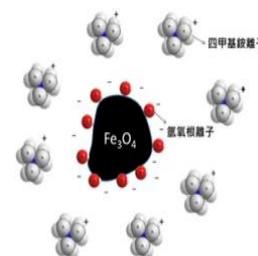
三、寫作成果

- (1) 實驗數據及圖一中觀察自製磁流體受磁力吸引移動時間，觀察到氨水濃度 $>0.5M$ 時，不論何種滴定速度都能產生可磁化的四氧化三鐵，但氨水濃度小於 $0.1M$ 或 PH 小於 11 時，滴定速度越慢，越不容易產生可磁化的四氧化三鐵。
- (2)圖二，將每個濃度，自製的磁流體所測得受磁力吸引移動時間求平均，可觀察到，平均移動時間： $1M > 0.5M > 0.1M$ ，代表氨水濃度越大，產生的四氧化三鐵越多且磁力越強。
- (3)所以我們利用 $1M$ 氨水滴定反應以製造磁流體。

寫作草稿二：不同界面活性劑及載液下，磁流體在磁場存在時產生突刺峰能力的比較

一、介面活性劑的作用

奈米磁性顆粒以鐵基性為主，如四氧化三鐵；當奈米磁顆粒加入水中時，它們會因凡得瓦力的吸引，凝聚成較大、較重的團塊體，因而無法藉由布朗運動而懸浮在水中，此時界面活性劑會發揮作用，包覆磁性顆粒（日冕效應），抵弱凡得瓦力，進而穩定粒子，避免凝聚效應發生，一般適用界面活性劑通常可分成兩大類，一是具親水端、親油端型的，如油酸；另一種是具陰、陽離子型的，如氫氧化四甲



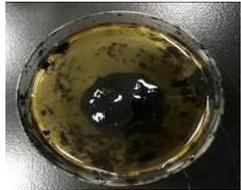
鉅。油酸會利用親水端向內包圍奈米磁顆粒，長鏈狀的親油端向外，形成油膩狀的包覆層，油膩狀的包覆層會拉開奈米顆粒間的距離，避免凝聚現象四甲鉅離子的包覆作用，穩定了磁顆粒，形成水性的磁流體。

介面活性劑	性質	載體
油酸	黃色油狀液體 不溶於水，可溶於乙醇、乙醚等許多有機溶劑。	酒精水溶液
機油	黑色黏稠液體	酒精水溶液
檸檬酸	白色晶體 水溶性	乙酸乙酯加酒精
聚乙二醇(PEG400)	無色液體	酒精水溶液
Tween80	琥珀色油狀液體 水溶性	酒精水溶液

二、寫作過程與紀錄：

(1) 取自製 Fe_3O_4 1g，加入不同界面活性劑，攪拌至溶解，用磁鐵吸引並觀察其變化。

(2) 再加入載體（酒精、水、乙酸乙酯），用磁鐵吸引並觀察其變化。

溶液成分	油酸	油酸+酒精水溶液	檸檬酸	檸檬酸+乙酸乙酯加酒精
突刺峰	不明顯	明顯	不明顯	明顯
圖片				
溶液成分	Tween80	Tween80+酒精水溶液	聚乙二醇	聚乙二醇+酒精水溶液
突刺峰	明顯	明顯	明顯	明顯
圖片				
溶液成分	機油	機油+酒精水溶液		
突刺峰	明顯	明顯		
圖片				

三、寫作成果

1. 油酸+磁流體的突刺峰並不明顯，可能是因為油酸較重，而使得突刺峰不明顯，但放入酒精水溶液時，可看出突刺峰比較明顯，代表油酸磁流體在酒精水溶液中有較好的伸展性。
2. 磁流體(界面活性劑+載體液)比磁流體(只加界面活性劑)的突刺峰明顯，可能因為磁流體(被界面活性劑包圍)中的界面活性劑和載體液間的作用下，使得磁流體可穩定的懸浮在載體中，磁場作用下突刺峰更明顯，針針分明
3. 磁流體在各種界面活性劑產生突刺狀的快慢: Tween80 > 聚乙二醇、機油 > 油酸、檸檬酸
4. 我們表現較好的三種自製磁流體裝入瓶子中，如下圖。



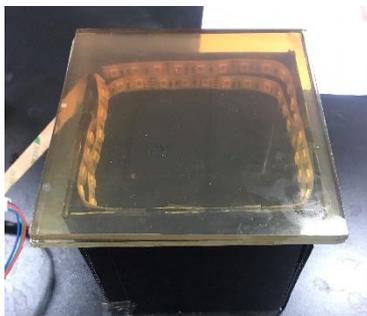
寫作草稿三：學習利用磁流體製作 ferrocell，觀察磁鐵在 ferrocell 及 led 光下所產生的磁力線。

偶然機會下在 youtube 看到 ferrocell 的影片，它是由兩片玻璃中放入磁流體，因為磁流體是奈米級大小，具有流體及固體的特性。在磁鐵的磁場下，磁流體會被極化而具磁性，並因磁場作用會排列出磁力線，在 led 燈照射下，磁流體會反射光線，而呈現出可觀察的磁力線。

我們希望能利用我們所製備的磁流體來製作 ferrocell，如果成功，代表我們所製備的磁流體也具有奈米級大小，而且能呈現出課堂上難以呈現的磁力線。

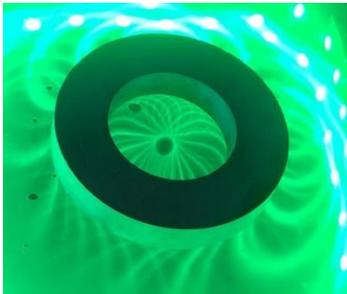
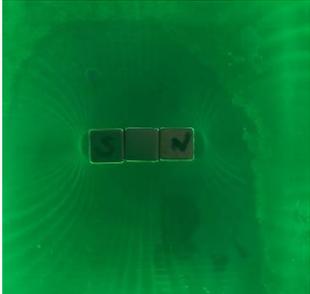
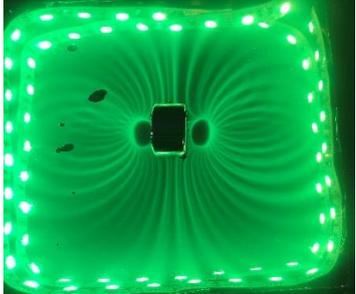
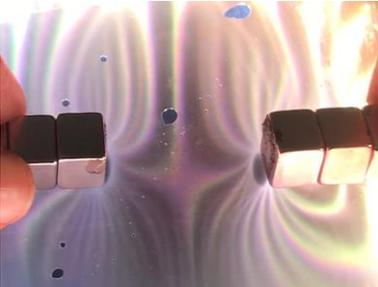
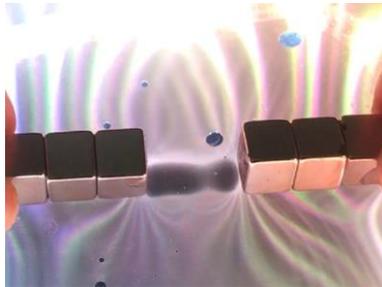
一、實驗步驟：

1. 取 1g 自製的四氧化三鐵和二十毫升的機油放入超音波震盪機內，在 70 度 c 下持續超音波震盪三小時。
2. 取步驟 1 的磁流體六毫升和 WD-40 潤滑劑 1ml，並均勻混和。
3. 準備兩片 20cm x 20cm 的玻璃，吸取步驟 2 的磁流體滴在玻璃中央，讓它擴散至 2/3 時，再將另一片玻璃片蓋上並消除氣泡。
4. 將玻璃放在我們自製的 LED 箱上，打開 LED 後，在玻璃上放上磁鐵，觀察是否有磁力線產生。



我們自製的 LED 箱

二、成果觀察：

圓環形磁鐵的磁力線	長條磁鐵的磁力線	圓形磁鐵的磁力線	
			
	<p>兩極互相吸引時: 兩極中間有明顯的 磁力線</p>		<p>兩極互相排斥時: 兩極中間有一團明 顯的黑色區域</p>

三、觀察結果

我們成功的利用我們製備的磁流體，製作出 Ferrocell，feroocell 受磁鐵吸引排列出磁力線，在 LED 光照射下可清楚看到磁力線。

1. 當磁鐵相吸引的兩極互相靠近時，兩極中間有明顯的磁力線，中間有白色十字。
2. 當磁鐵相排斥的兩極互相靠近時，兩極中間有明顯的黑色區域。

3.所以，我們推論，磁流體排列成磁力線時，受光照會反射光線而產生較亮的區域，所以磁鐵相吸引的兩極互相靠近時，中間有明顯的白色十字，代表磁流體在此區域聚集較多；當磁鐵相排斥的兩極互相靠近時，兩極中間有明顯的黑色區域，代表磁流體在此區域沒有聚集。

五、賞析與生活應用

我們成功利用共沉澱法製作微米級的 Fe_3O_4 ， Fe_3O_4 在介面活性劑包圍下形成磁流體，當外加磁場時，磁性流體會隨著磁力的大小，產生高低不等的突出峰，我們成功做出市面上很熱門的減壓小玩具；我們還利用自製的磁流體來製作 ferrocell，feroocell 受磁鐵吸引排列出磁力線，在 LED 光照射下可清楚看到磁力線。

而磁流體主要使用於電子業、機械業等精密儀器上，如馬達的旋轉軸承的真空軸封。磁流體對旋轉軸不產生機械性的摩擦，具有低磨損、無碎屑汙染、高速低滯等優點，廣泛地應用在自動化機械手臂製造上。

在醫學領域上，鐵磁流體可被用於癌症檢測以及抗癌的臨床實驗上。鐵磁流體可以被注入腫瘤體並被置於快速變化的磁場當中，由於鐵磁流體在腫瘤中運動，會產生摩擦熱，從而破壞腫瘤。

因為鐵磁流體在磁場變化下會運動，會產生摩擦熱，往後，我們想利用微波爐加熱 Fe_3O_4 來製作可重複利用的暖暖包、熱敷包。

參考資料

- 1.趣味化學玩具：神奇鐵磁流體的玩法與合成 / 黃蕙君、邱姿蓉 《臺灣化學教育》第五期 2015.1
2. 你知道磁流體很好玩嗎？永春高中 李宜鎧、李蘭正 【2020 全國科學探究競賽 這樣教我就懂】
3. 鐵磁流體之製備與研究 臺中縣立神岡國民中學 姜甜香、吳怡臻、蔡筱萱 49 屆中小學科學展覽會
4. How To Build A Simple Ferrocell
<https://www.youtube.com/watch?v=jF1SbMU6FLM&list=PL7z7a5KOF-kUTlhv8nA6r0sLhy7PAXzHa&index=1&t=421s>
5. DIY Ferrocell, View Magnetic Fields with Ferrofluid | Magnetic Games
<https://www.youtube.com/watch?v=x8zEWJzglN0&list=PL7z7a5KOF-kUTlhv8nA6r0sLhy7PAXzHa&index=3>