

# 新竹市第43屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

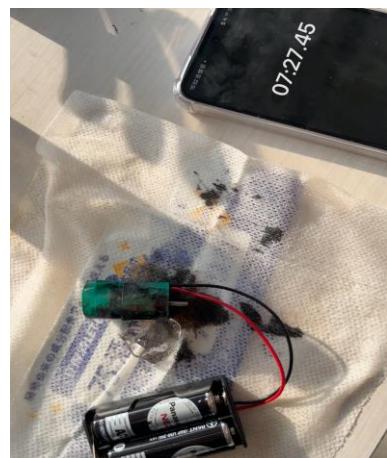
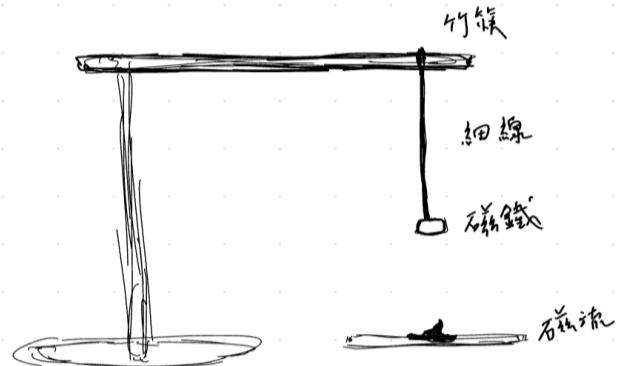
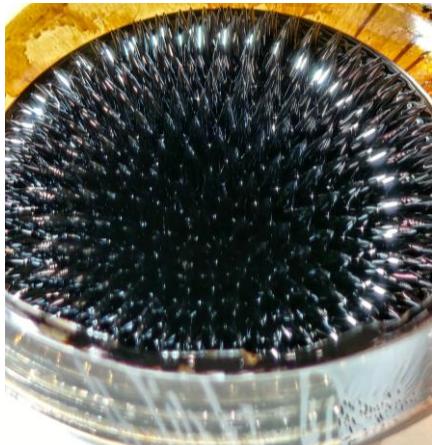
科別：生活與應用科學(一)

組別：國中乙組

作品名稱：熱與磁的雙重試煉：探討不同鐵磁流體的導熱效果

關鍵詞：鐵磁流體、熱傳導、表面活性劑

編號：114JB-I002



# 目錄

<b>摘要.....</b>	<b>1</b>
<b>壹、前言.....</b>	<b>1</b>
一、研究動機 .....	1
二、研究目的 .....	3
三、研究架構 .....	3
<b>貳、研究設備及器材.....</b>	<b>4</b>
一、實驗耗材 .....	4
二、其他 .....	5
<b>參、研究過程或方法.....</b>	<b>7</b>
一、文獻探討 .....	7
二、研究過程 .....	9
三、鐵磁流體的製作 .....	10
四、簡易測量長度的裝置 .....	13
五、小型測量熱傳導裝置的製作 .....	15
<b>肆、研究結果.....</b>	<b>18</b>
(一)鐵磁流體製作結果 .....	18
(二)小型測量熱傳導裝置的製作 .....	25
<b>伍、討論.....</b>	<b>27</b>
問題:.....	27
心得與改善:.....	27
<b>陸、結論.....</b>	<b>28</b>
<b>柒、參考文獻資料.....</b>	<b>29</b>

## 摘要

本探究中探討了如何製作出流動長度最長以及隔熱效果最好的鐵磁流體，我們分別應用不同的材料做出差異。首先找出最適合的**鐵粉**來製作，做出第一代鐵磁流體，再**調整比例**，接者挑選**基載液體**，再來嘗試放入**表面活性劑**，最後是**洗潔鐵磁流體的液體**。經實驗發現以鐵粉為四氧化三鐵，表面活性劑為大豆卵磷脂，基載液體為煤油，以及洗潔鐵磁流體的液體為酒精所做的流動效果為最佳。我**自製了一台簡易測量裝置**，以此更加便利於測量鐵磁流體的最高長度和影響鐵磁流體的最高距離。而後**為確認最終各項鐵磁流體的傳導效果**，我製作了**簡便小裝置計算冰塊融化的時間**，以此分辨出最佳的鐵磁流體。**最後的成果也能顯現出鐵磁流體擁有的防導熱效果遠比我想像中的大。**

## 壹、前言

### 一、研究動機

起初是在 youtube 上看到有人在玩一團黑色像黏土的東西，只要將磁鐵移到一邊，鐵磁流體也會移動過去，也有用鐵磁流體放進音響裡，隨著音樂的頻率而移動。也在我玩的電玩遊戲中看到類似的設定，還有在猛毒這部電影中看到注意到主角的技能與鐵磁流體有幾分神似。由此吸引我濃厚的興趣。於是我在網路上找了更多有關鐵磁流體的內容，越看越發現這個小東西原來蘊藏著如此深奧的道理及原理，搜尋了鐵磁流體的價格後也是倍感驚訝，為了玩到真的鐵磁流體趕緊去搜尋了製作方法，挑戰看看，卻不曾想越看越混亂，步驟繁多，所需的材料以及能否理解這個步驟的用意都令我暈頭轉向，也在影片中學到了四氧化三鐵的製作方式，只是我選擇的不是自製四氧化三鐵，而是直接採購，或許能減少所需的開銷與花費的時間。經歷了一番搜索的我因此想說做出這個東西，以挑戰自我。

我也在製作鐵磁流體的過程中思考著除了玩樂以外，它能否創造出更好的價值。也正是在此時間，我注意到在寒冷的冬天，我的保溫瓶不怎麼保溫，於是喝到了的不是想像中溫熱的水，而是凜冽的冰水。它也給了我一個靈感，就是鐵磁流體能否阻隔熱傳導，以此來達到保溫的效果呢？因此我進行了我的研究。

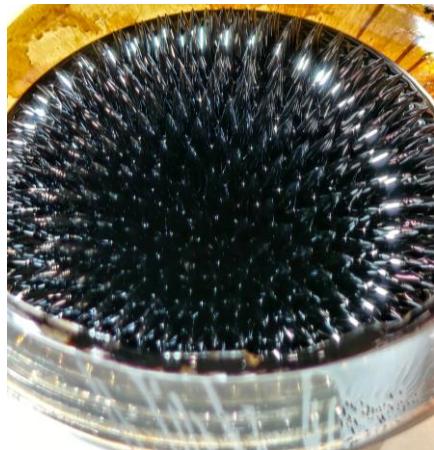


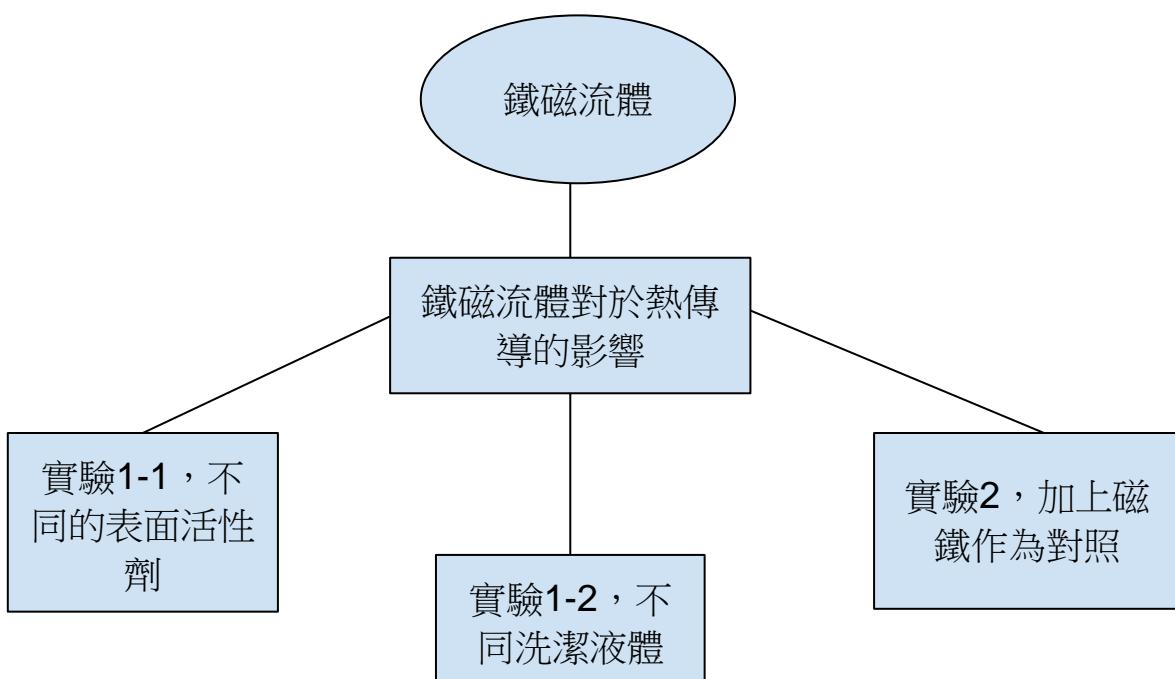
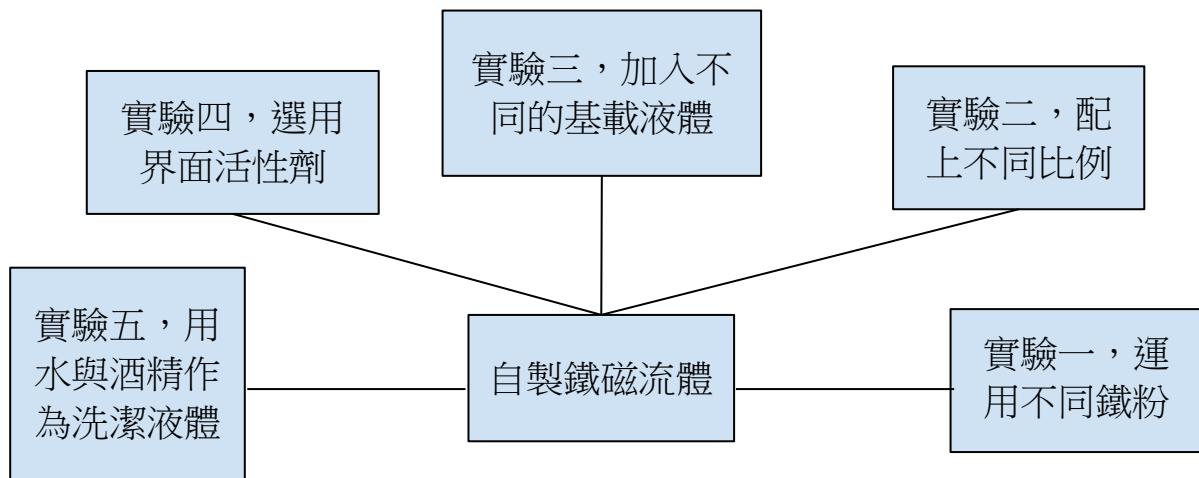
圖1 鐵磁流體的尖刺狀

## 二、研究目的

本探究的目的主要圍著兩點展開，首先就是做出流動力最佳的鐵磁流體，並探究為何會是這項材料所做出的鐵磁流體效能最好，再者是探討鐵磁流體的最大影響距離對阻隔熱傳導有什麼影響。

1. 探討鐵磁流體的**特性**，及分析材料用意
2. 探討不同材料下的**顆粒排列**
3. 探究最適合做出**流動效果**最佳的鐵磁流體
4. 研究材料的黏度是否會影響到鐵磁流體流動的長度？
5. 自製一個成本低廉，創作簡易的小型裝置測量出各項材料下的傳導效果
6. 探討有無**磁性**對熱傳導的影響
7. 了解最高影響距離對於熱傳導的影響
8. 思考如何運用鐵磁流體阻隔熱傳導的效應應用在生活中

### 三、研究架構



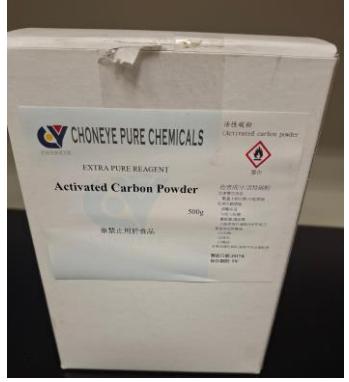
## 貳、研究設備及器材

### 一、實驗耗材

鐵粉	四氧化三鐵粉	三氧化二鐵

煤油	汽油5w30	去離子水

大豆卵磷脂	檸檬酸	酒精

	
冰塊	碳粉

## 二、其他

		
磁鐵	小罐裝瓶	滴管

		
電工膠布	一次性筷子	棉線

試管	電子秤	玻璃棒

小馬達	電池/電池盒	銅線

剪刀	剝線鉗	燒杯

	
電磁攪拌器	尺

## 參、研究過程或方法

### 一、文獻探討

#### (一)鐵磁流體

##### 1.鐵磁流體的定義

鐵磁流體是一種約10奈米大小的磁性超微粒子，若加入水或油之類的液體等成分而成的膠態溶液。且雖然稱為鐵，但因為在外部磁場不存在的情況下存在的情況下它本身無法表現出**鐵磁性**，這是由於它們的**高磁化率**，通常認為具有**超順磁性**。(來源:[chloeyachun.blogspot](#))

##### 2.鐵磁流體的產生方式

首先，通過化學方法（如共沉澱法）或物理方法（如激光蒸發法）合成鐵磁性顆粒，並且將顆粒的尺寸控制在奈米級，接著用**表面活性劑**或聚合物來包覆顆粒，防止其聚集並保持穩定分散。(來源:[chemed.chemistry](#))

##### 3.鐵磁流體和熱傳導在生活中的應用

根據鐵磁流體的**磁性與流動特性**，它可用在磁性密封（在不接觸的情況下提供有效的密封，防止液體或氣體洩漏，並減少摩擦與磨損。）和冷卻系統中（根據熱傳導的性質：磁場可控的特性，讓流體能夠在高效轉移熱量的同時，還能防止設備因溫度過高而過早損壞。）(來源:[rafago](#))

## (二) 热傳導

热傳導(Conduction)是指介質本身具有**溫度差異**，热能由高溫向低溫部分傳遞，透過分子傳遞振動能的現象。热傳介質可能是固體或是穩定不動的流體，不同的介質的热傳特性不同，一般來說固體>流體，固體之中又以金屬的热傳性能最好。(來源:[cooling house](#))

## (三) 表面活性劑

表面素(表面活性劑)因其卓越的表面活性能力而廣為人知，可以顯著降低表面張力，使其在乳化、清潔和起泡方面非常有效。此外，表面素(表面活性劑)還表現出強大的抗微生物、抗病毒和抗發炎特性，使其成為醫藥、環境管理和動物飼料添加劑等多個領域中的多功能化合物。由於其兩親性——具有親水和疏水區域，表面素(表面活性劑)能夠與脂質膜相互作用並破壞它們，這是其生物效能的關鍵。(來源:[liferainbow](#))

## (四) 表面張力

表面張力 (Surface Tension) 是液體表面的一種物理現象，主要是因為**液體分子之間的內聚力導致的**。液體表面的分子受到內部分子的吸引，但因為表面上方沒有更多的液體分子可以拉住它們，導致這些表面分子產生了一種「縮小表面積」的趨勢，形成一層類似彈性薄膜的效果。(來源:[twsf.ntsec.gov](#))

## (五) 磁場與磁性

磁場與磁性是物理學中密切相關的概念，描述了物質間的磁力作用及其產生的空間效應。磁鐵會在周圍的空間建立磁場，並藉由磁場對其他的磁性物質產生磁感應。磁性是物質在不均勻磁場中會受到磁力作用的一種屬性。 物質的磁性決定於自身原子磁矩的大小及排列方向。(來源:[phyworld](#))

## (六) 極性溶劑與非極性

極性溶劑與非極性溶劑是根據分子極性來分類的兩大類溶劑。分子的極性取決於其內部電荷分佈的不均勻程度，即正負電荷中心是否重合。這種極性影響溶劑的溶解能力，遵循「相似相溶原則」，即極性物質易溶於極性溶劑，非極性物質則易溶於非極性溶劑。

(來源:[wikipedia](#))

## (七) 磁熱效應

磁熱效應 (Magnetocaloric Effect, MCE) 是指磁性材料在磁場變化時，因其內部磁矩有序度的變化而引起的溫度變化現象。當磁性材料被磁化時，磁矩有序度增加，磁熵減小，材料會釋放熱量，溫度升高；相反，當磁場減弱或移除時，磁矩有序度降低，磁熵增加，材料會吸收熱量，溫度降低。 (來源:[bilibili](#))

## 二、研究過程

### 實驗壹：製作流動性最佳的鐵磁流體

提出問題	假說	實驗
利用哪個鐵粉所製作出的鐵磁流體的效果最好。	根據網路上都用四氧化三鐵，我認為四氧化三鐵的成果最好。	實驗一：設定不同的鐵粉，並觀察其顆粒的排列與流動性。
找出何種比例可以有最佳的流動力？	我認為最佳比例為四氧化三鐵5g、檸檬酸0.5g、機油90ml 為最佳的流動力。	實驗二：調整各樣材料的比例，找出何種比例可以有最佳的流動力
何種基載液體的流動效果最佳？	根據所搜尋的資料顯示，大部分人都用煤油，所以我想煤油所呈現的效果為最佳。	實驗三：研究何種基載液體流動效果最佳
哪種表面活性劑所能提供的潤濕性效果最好？	我認為大豆卵磷脂，雖然檸檬酸在抗氧化上有用，但作為表面活性劑，乳化作用可能不及大豆卵磷脂。	實驗四：研究最適合的表面活性劑
何種的洗潔液體能使鐵磁流體在裡面活動的更快？	我認為是水，因為水的黏度較酒精小，水的年齡為 $0.890 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (cP)，酒精的黏度則為 $1.200 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (cP)，由此可知水的流動性較高。	實驗五：找出售適的洗潔液體

## 實驗貳：找出阻熱性最佳的鐵磁流體

提出問題	假說	實驗
哪一種洗潔液體下的阻導熱效果最好？	我認為是水，因為熱傳導就使我想起比熱，而水的比熱較大，或許可以阻隔的熱越多。	實驗1 八種鐵磁流體的熱傳導速度
哪一種表面活性劑下的阻導熱效果最好？	我認為檸檬酸的阻隔導熱效果會最好	實驗1-2 八種鐵磁流體的熱傳導速度
加上磁鐵會不會使阻導熱效果更好？	我認為不一定，可能變差也可能變好，因為磁鐵顆粒的排列不一定是穩固的，有極大的變動性。	實驗2 探討加上磁鐵會不會影響傳導速度

### 三、鐵磁流體的製作

#### 實驗1 研究何種鐵粉更適合做成鐵磁流體

主要所需材料：

操縱變因：鐵粉，三氧化二鐵，四氧化三鐵，皆為5g。突發奇想：加入打印機碳粉

控制變因：檸檬酸0.5g(當作表面活性劑)、機油90ml(作為基載液體)、酒精(作為洗潔液體)

步驟：

1. 調配表面活性劑與各樣鐵粉，比例為1:10
2. 將此放到電磁攪拌器上，緩緩加入機油90ml
3. 將力度開到3，用手機計時15分鐘
4. 在下方放置磁鐵，等待磁力較強的鐵粉沉澱
5. 倒掉上方留下來的清液，反覆用水清洗此鐵磁流體
6. 放到試管中觀察

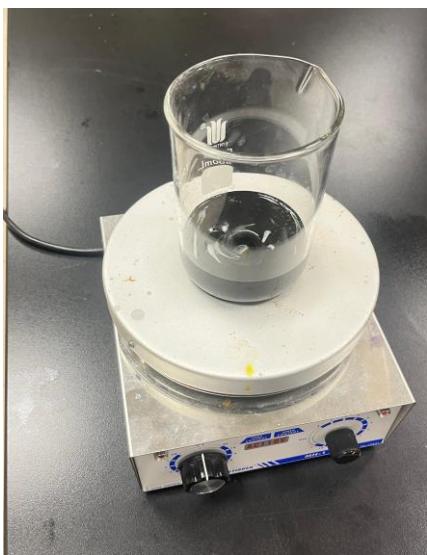


圖3-1加入四氧化三鐵



圖3-2加入打印機碳粉



圖3-3加入鐵粉

## 實驗2 調整各項的比例，找出何種比例可以有最佳的流動力

主要所需材料:

操縱變因:**四氧化三鐵、檸檬酸(當作表面活性劑)、機油(作為基載液體)**

控制變因:酒精(作為洗潔液體)

表3-1 三組的比例:

項目	四氧化三鐵	檸檬酸	機油
第一組	5g	0.5g	90ml
第二組	20g	0.5g	90ml
第三組	5g	0.5g	150ml

步驟:

1. 調配檸檬酸與四氧化三鐵，**調整不同比例**
2. 將此放到電磁攪拌器上，緩緩加入機油
3. 將力度開到3，用手機計時15分鐘
4. 在下方放置磁鐵，等待磁力較強的鐵粉沉澱
5. 倒掉上方留下來的清液，反覆用水清洗此鐵磁流體
6. 放到試管中觀察

## 實驗3 研究何種基載液體流動效果最佳

主要所需材料:

操縱變因:**機油90ml、水90ml、煤油90ml**

控制變因:檸檬酸0.5g、酒精(作為洗潔液體)、四氧化三鐵20g

1. 調配檸檬酸與四氧化三鐵鐵粉
2. 將此放到電磁攪拌器上，緩緩加入各項**基載液體**
3. 將力度開到3，用手機計時15分鐘
4. 在下方放置磁鐵，等待磁力較強的鐵粉沉澱
5. 倒掉上方留下來的清液，反覆用水清洗此鐵磁流體
6. 放到試管中觀察

## 實驗4 研究最適合的表面活性劑

主要所需材料:

操縱變因:**檸檬酸0.5g、大豆卵磷脂0.5g**

控制變因:機油90ml、酒精(作為洗潔液體)、四氧化三鐵20g

步驟:

1. 調配**表面活性劑**與四氧化三鐵
2. 將此放到電磁攪拌器上，緩緩加入煤油
3. 將力度開到3，用手機計時15分鐘
4. 在下方放置磁鐵，等待磁力較強的鐵粉沉澱
5. 倒掉上方留下來的清液，反覆用水清洗此鐵磁流體
6. 放到試管中觀察

## 實驗5 找出合適的洗潔液體

主要所需材料:

操縱變因:**酒精、水**

控制變因:機油90ml、檸檬酸0.5g、四氧化三鐵20g

步驟:

1. 調配大豆卵磷脂與四氧化三鐵鐵粉
2. 將此放到電磁攪拌器上，緩緩加入煤油
3. 將力度開到3，用手機計時15分鐘
4. 在下方放置磁鐵，等待磁力較強的鐵粉沉澱
5. 倒掉上方留下來的清液，反覆用**不同洗潔液體清洗**此鐵磁流體
6. 放到試管中觀察

#### 四、簡易測量長度和距離的裝置

主要所需材料：

一次性筷子4個、電工膠布、棉線、磁鐵

草圖：

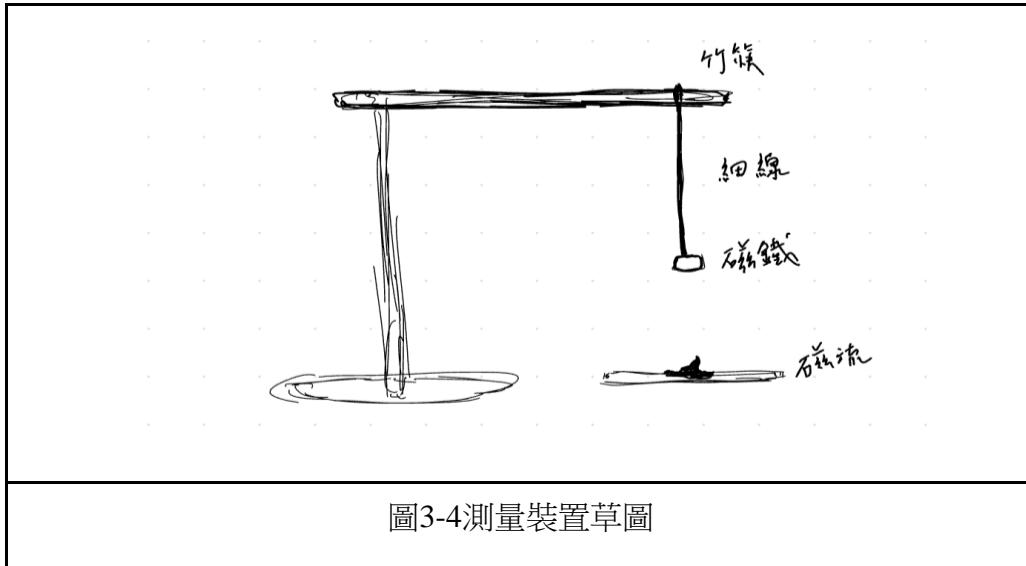


圖3-4測量裝置草圖

步驟：

1. 將三根筷子以三角狀連接在一起，並用膠布將其連接在一起
2. 裝上一根筷子，並確保其偏向左邊
3. 將棉線與磁鐵利用膠布黏在一起
4. 裝上已經黏好的棉線與磁鐵，確保其保持平衡

困難點：

要使三根筷子能夠直直站立，並要保證放上去的棉線與磁鐵不會偏向哪一邊。



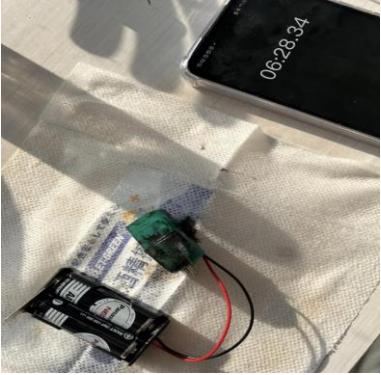
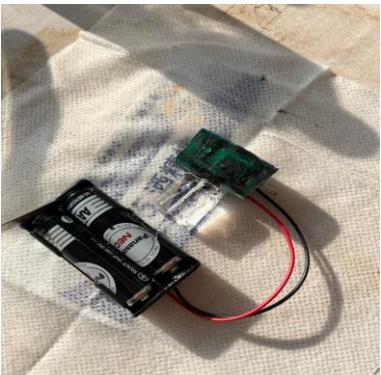
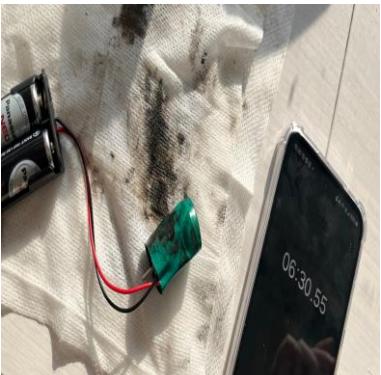
圖3-5使三根筷子能夠獨自站立

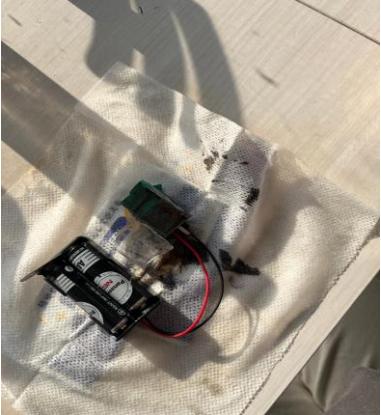
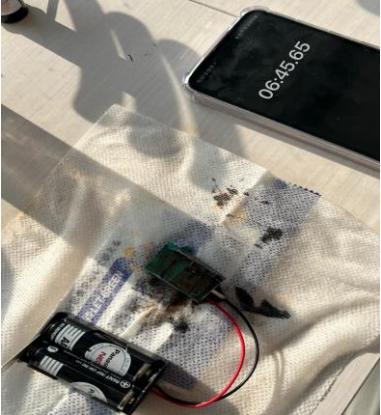


圖3-6測量裝置的成品

## 五、小型測量熱傳導裝置的製作

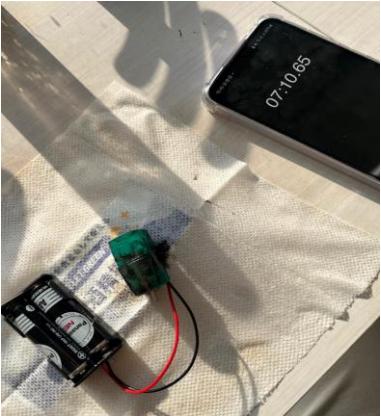
### 實驗1 八種鐵磁流體的熱傳導速度

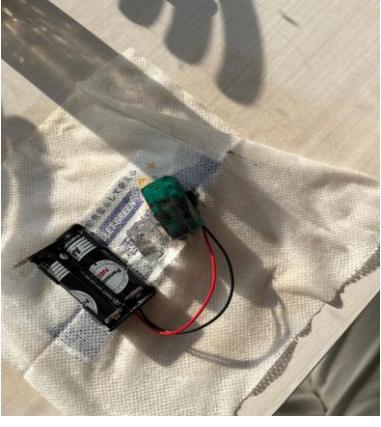
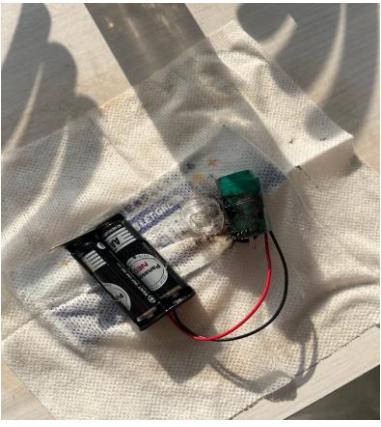
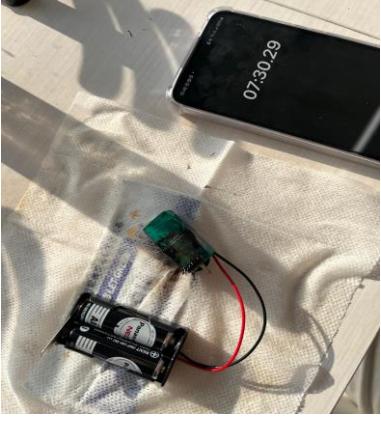
	
純冰	純冰融化時間
	
檸檬酸酒精沒磁鐵	檸檬酸酒精沒磁鐵（融化時間）
	
檸檬酸水沒磁鐵	檸檬酸水沒磁鐵（融化時間）

	
大豆卵磷脂水沒磁鐵	大豆卵磷脂水沒磁鐵（融化時間）
	
大豆卵磷脂酒精沒磁鐵	大豆卵磷脂酒精沒磁鐵（融化時間）

## 實驗2 探討加上磁鐵會不會影響傳導速度

(備註:磁鐵放在底下)

	
檸檬酸酒精有磁鐵	檸檬酸酒精有磁鐵（融化時間）

	
檸檬酸水有磁鐵	檸檬酸水有磁鐵（融化時間）
	
大豆卵磷脂酒精有磁鐵	大豆卵磷脂酒精有磁鐵（融化時間）
	
大豆卵磷脂水有磁鐵	大豆卵磷脂水有磁鐵（融化時間）

### 說明：

將大豆卵磷脂水有無磁鐵、大豆卵磷脂酒精有無磁鐵、檸檬酸水有無磁鐵與檸檬酸酒精有無磁鐵融化時間做比較。

## 步驟:

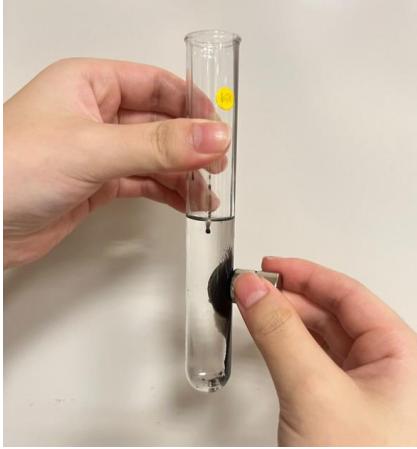
1. 先行測量冰塊的溶化時間
2. 裝備好馬達與電池，用銅線連接
3. 將馬達用防水電工膠布包起來
4. 將不同材料所致的鐵磁流體倒置上方
5. 開啟馬達等待3-4分鐘(溫度約30度)
6. 放入冰塊至馬達旁邊，與此開始測量冰塊融化時間

## 肆、研究結果

### (一)鐵磁流體製作結果

#### 實驗1 研究何種鐵粉更適合做成鐵磁流體

最後呈現效果:

	
圖4-1用磁鐵吸起的效果	圖4-2倒置試管中

加入鐵粉:

- 顏色與我們熟知的黑色鐵磁流體並不相像，偏灰色
- 顆粒感過於飽滿，用磁鐵吸出來的幾乎都是粉狀，不成流體
- 可被磁鐵吸起整塊粉狀物

加入三氧化二鐵:

- 能夠變成流體，被磁鐵吸起
- 流動性與顆粒大小較鐵粉大
- 顏色偏紅

加入四氧化三鐵:

- 吸引力強度比前幾個都大
- 顏色更加偏向市面上所販賣的鐵磁流體
- 顆粒更加細小，完整地融入基載液體

加入打印機碳粉:

最開始其實是想讓鐵粉的顏色更加像是市面上所販賣的鐵磁流體，所以將它加入做好的鐵粉中，結果意外發現碳粉居然自帶磁性，試了其他碳粉似乎無法被磁鐵吸起，但打印機的碳粉為了雷射效果，所以內含磁性，而後將其額外做一個實驗。

- 顏色十分相近市面上所販售的鐵磁流體
- 有一些殘留的顆粒
- 磁力效果並不怎麼強

總結:

四氧化三鐵>打印機碳粉>三氧化二鐵>鐵粉

問題:

此項結果也讓我思考為什麼網上皆是用四氧化三鐵而非鐵粉呢？鐵粉與氧化鐵的差距又在哪？為什麼鐵粉不能融入基載液體而氧化鐵卻可以？以及三氧化二鐵與四氧化三鐵的差距。

分析各項材料原因:

針對鐵粉與四氧化三鐵我想出了以下原因:

### 1.化學穩定性

四氧化三鐵早已經氧化，所以較鐵粉穩定。而鐵粉在氧化中的這個過程是不可控的，顆粒大

小會不平均，難以控制到奈米級，導致最終流體不穩定。再者，鐵粉是鐵磁性的，可能會有剩磁，所以會產生團聚。

## 2. 表面顆粒大小

鐵粉通常是微米級 ( $\mu\text{m}$ )，顆粒較大，且表面缺乏親水或親油性，難以均勻分散在基載液體(如油或水)中。四氧化三鐵顆粒的比表面積大，表面能高，容易修飾親水或親油。

針對四氧化三鐵與三氧化二鐵我想出了以下原因：

### 1. 三氧化二鐵的特性

三氧化二鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3^{2-}$ )主要是**反鐵磁性**，意思就是如果磁性離子與磁性方向相反就會與之互相抵銷。

### 2. 四氧化三鐵的特性

四氧化三鐵( $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4^{2-}$ )主要是**超順磁性**，在外加磁場時，表現出與鐵磁材料類似的強磁性，顆粒會被磁場吸引、排列整齊。但是一旦移開磁場就不會有任何剩磁。產生這種特性主要與顆粒大小有關。

此時顆粒會變成**單磁疇**。

### 3. $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 可以更容易與表面活性劑結合，使它能夠更穩定地分散在液體中。

表4-1 分辨多磁疇和單磁疇

特性	多磁疇(其他鐵粉)	單磁疇( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
顆粒的尺寸	$>100 \text{ nm}$	$<20 \text{ nm}$
磁場結構	有多個磁疇，方向不同	整個顆粒的磁矩統一
剩磁	較大	剩磁為零(超順磁性下)
鐵磁流體的能量	透過多磁疇降低磁能	只有單一磁方向，磁能較高

## 實驗2 調整各項的比例，找出何種比例可以有最佳的流動力

綜合平均呈現的結果是：

長度cm

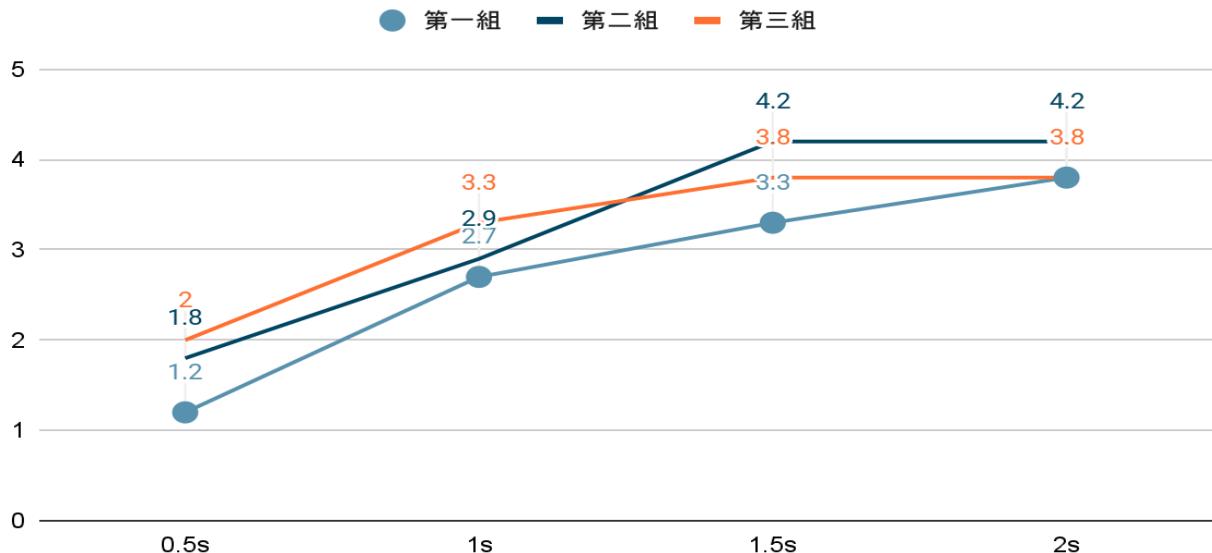


圖4-3 三組的不同長度與時間

結果分析:

第一組：從1.2 cm (0.5s) 增加到3.8 cm (2s)。

第二組：從1.8 cm (0.5s) 增加到4.2 cm (1.5s 和2s) 後平穩。

第三組：從2.0 cm (0.5s) 增加到3.8 cm (1.5s 和2s) 後平穩。這意味著，當時間達到1.5s左右時，第二組和第三組的測量值就接近平衡，而第一組則在2s 時達到平衡狀態。

於是依據上述資訊給出排名

1. 第二組:高磁性顆粒濃度 (20g/90mL) 使其最終平衡高度最高 (4.2 cm)，表示磁性驅動效果最強。
2. 第三組:雖然在初期反應上表現突出，但最終數值較低 (3.8 cm)，可能因為加入更多機油稀釋後磁性效果減弱。
3. 第一組:磁性顆粒濃度低 (5g/90mL)，無論在初期還是最終表現都落後於第二組和第三組。

也就是說可以得出顆粒濃度越高能夠流動的長度越長，但相對來講移動時間更加的慢。因為黏度加上摩擦力的關係，使得移動的時間會受到影響。

### 實驗3 研究何種基載液體流動效果最佳

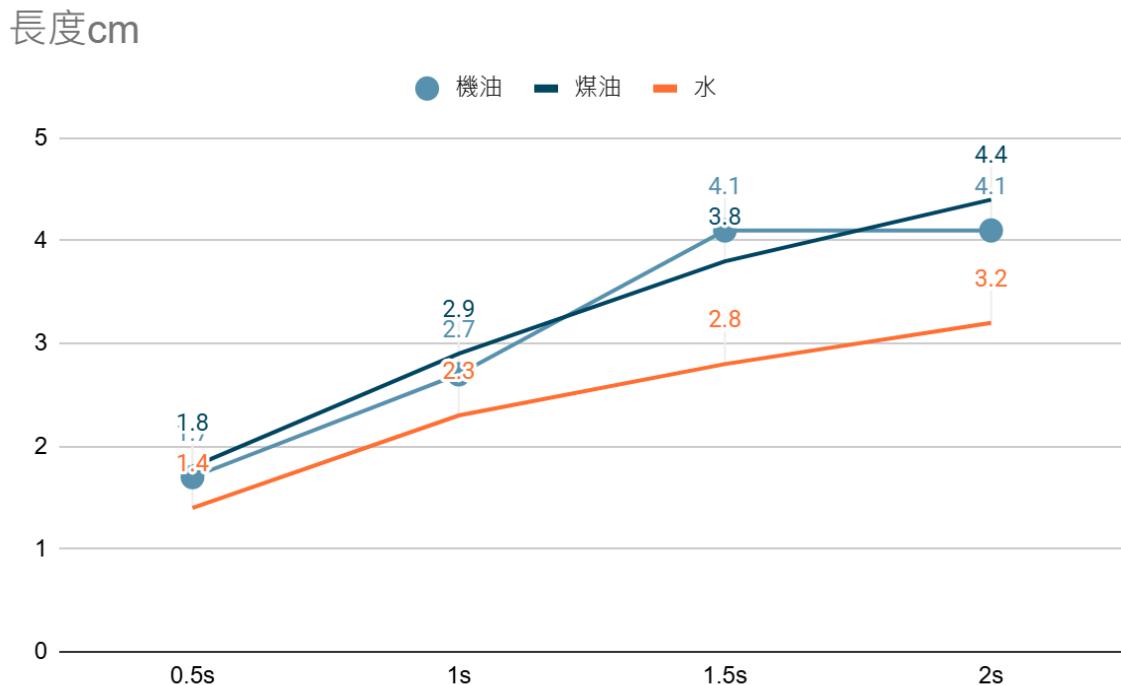


圖4-4 基載液體的鐵磁流體流動的不同長度與時間

需要基載液體的目的：

黏度與流動阻力：

1. 基載液體的物理性質（如黏度、表面張力和密度）會影響磁場下流體的推動效果。
2. 煤油可能具有較低的黏度和合適的表面張力，使磁場能更有效地驅動流體，從而在2秒時達到最大位移。
3. 機油的鐵磁流體則在初期可能受到**較大內部摩擦**或**黏性阻力**影響，導致在1.5秒達到較高位移後平衡。
4. 水基的鐵磁流體可能因表面效應或顆粒分散狀況不如油性基載液那樣理想，使得磁場作用下推動力較弱，最終移動距離也最小。

於是根據上述的結果給出排名

1. 煤油基：流動推進效果最佳，持續增長到2秒。
2. 機油基：在1.5秒時已達到高位並穩定。
3. 水基：整體較弱，移動距離最小。

## 實驗4與實驗5 探究適合的表面活性劑和找出合適的洗潔液體

### 表面活性劑:

表面活性劑我們採用方便取得的大豆卵磷脂與檸檬酸，主要目的在於防止顆粒與顆粒之間的聚集，以及提高分散性防止顆粒沉澱。

**這兩者的差異在於檸檬酸是固體粉狀，而大豆卵磷脂本身也是一個流體**，由此能夠對比出固體與液體的表面活性劑對於鐵磁流體有差異性。

### 洗潔液體:

洗潔液體是鐵磁流體最終所放的位置，由於需要觀察，要放置到不同的液體中看看保存效果如何，以及能否隨著時間不同的變化，於是使用了酒精與水這兩種較輕易取得的物品。

可以發現保存於酒精中的鐵磁流體有機率降低鐵磁流體的磁性。根據網路上的訊息可知**煤油是一種非極性載液，而水與酒精都屬於極性溶劑**。會影響表面活性劑的作用，無法有效將鐵磁流體的顆粒聚集，使產生不穩定性，也影響到其保存效果。再者，由於極性的不同，酒精十分有可能將對鐵磁流體裡的煤油與本體分離，於是無法長久保存。

至於水的作用會發現水與油相遇時會出現分層，密度大的水在下方，密度大的煤油則在上方。這也使我們的觀察難以進行。

### 結合實驗:

先讓不同的表面活性劑所做出的鐵磁流體放到不同的洗潔液體做觀察。接著運用不同的距離去做對比，以此看出哪種的表面活性劑配上洗潔液體的效果最好。

**檢測標準:固定的磁鐵作用下，最遠能夠影響到鐵磁流體的距離。**

最後呈現的效果是：

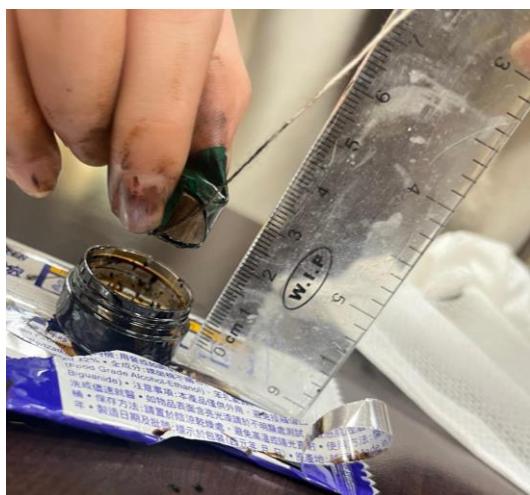


圖4-5 檸檬酸+酒精 3.1cm

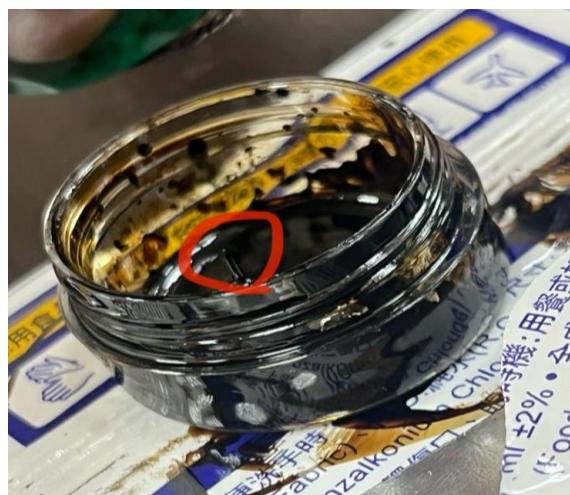


圖4-6 檸檬酸+酒精的尖刺狀



圖4-7 大豆卵磷脂+水 4.7cm



圖4-8 大豆卵磷脂+水的尖刺狀

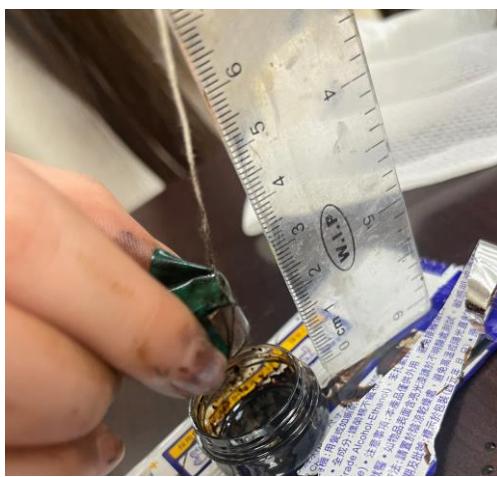


圖4-9 大豆卵磷脂+酒精 3.6cm



圖4-10 大豆卵磷脂+酒精的尖刺狀



圖4-11 檸檬酸+水 4.4cm



圖4-12 檸檬酸+水的尖刺狀

表4-2

項目	大豆卵磷脂	檸檬酸
水	4.7cm	4.4cm
酒精	3.6cm	3.1cm

由此可推斷在表面活性劑的部分差別並不太大

另外，洗潔液體的部分黏度越低，磁性顆粒更容易流動，磁鐵影響的距離更長。酒精與水的黏度皆低，但酒精比水略高，所以酒精能影響的最高距離較水少。

## (二)小型測量熱傳導裝置的製作

**實驗（一）與實驗（二）的綜合比較：**根據以上的實驗，可以看出加上磁鐵後會導致冰塊融化的速度變慢，也就是說，在沒有磁鐵的情況下，鐵磁流體的熱傳導速度會加快。

檸檬酸酒精沒磁鐵（融化時間06:28:34）< 檸檬酸酒精有磁鐵（融化時間07:10:65）

檸檬酸水沒磁鐵（融化時間06:30:55）< 檸檬酸水有磁鐵（融化時間07:20:44）

大豆卵磷脂酒精沒磁鐵（融化時間06:10:37）< 大豆卵磷脂酒精有磁鐵（融化時間07:20:45）

大豆卵磷脂水沒磁鐵（融化時間06:45:65）< 大豆卵磷脂水有磁鐵（融化時間07:30:29）

**這項實驗結果讓我想到為什麼加了磁鐵以後能夠阻隔的熱越大了？**

**因為在鐵磁流體的環境中，磁場可能會影響對流，使熱量的傳輸變慢。**

我的猜想是結構的問題，鐵磁流體會因不同的材料而產生不同的結構。結構愈穩定愈能阻隔熱傳導，由這點我也得出冰塊融化時間越多的結構更加穩定。

所以大豆卵磷脂加上水的結構是最穩定的。

另外也可以看出表面活性劑對於阻隔熱傳導沒什麼影響，反而是基載液體產生影響這點讓我不吃驚。後來我去探討了酒精與水的熱傳導有何影響，我的猜想是比熱的關係。水的比熱較大所以難升難降，而酒精的比熱較小所以易升易降，這也導致水所吸收的熱量會更多，酒精就相對較少了。

表4-3 沒磁鐵版:冰塊融化時間

項目\時間	水	酒精
檸檬酸	06:30.55	06:28.34
大豆卵磷脂	06:45.65	06:10.37

表4-4 有磁鐵版: 冰塊融化時間

項目\時間	水	酒精
檸檬酸	07:20.44	07:10.65
大豆卵磷脂	07:30.29	07:20.45

## 伍、討論

問題:

一、為什麼網上皆是用四氧化三鐵而非鐵粉呢？鐵粉與氧化鐵的差距又在哪？為什麼鐵粉不能融入基載液體而氧化鐵卻可以？以及三氧化二鐵與四氧化三鐵的差距？

從這次實驗，我發現針對四氧化三鐵與鐵粉的差距主要有兩個：化學穩定性與表面顆粒大小，它們會影響流體的表面性以及親油性或親水性。再者，三氧化二鐵較不穩固，並沒有完全氧化，整體而言的變化因素過多，因此我才選用四氧化三鐵。

二、為什麼加了磁鐵以後能夠阻隔的熱變大了？

因為在鐵磁流體的環境中，磁場可能會影響對流，使熱量的傳輸變慢，或者是磁場會改變電子的運動軌跡產生磁熱效應，這種效應會改變材料的熱傳導特性，進一步影響熱阻隔。

心得與改善:

在這次的鐵磁流體研究中，我成功地做出了屬於自己的鐵磁流體、自製小型的測量裝置以及研究出熱傳導與鐵磁流體的關係。中途也遇上了些許的困境與挑戰，幸虧能夠在有限的時間內找到成功的方法。就好比說一開始的我，對於很多專有名詞都不夠熟悉，很難在一開始查找資料的時候明白整個段落是甚麼意思，也會有實驗因此出錯的問題。直到後來，我自己動手做的時候才會明白資料上文字的涵義。這也讓我學到比起反覆地做著充足的準備，倒不如自己嘗試著動手去做，證實了百聞不如一見的道理。

我認為下次可以嘗試挑戰製作四氧化三鐵，再去結合原本做的鐵磁流體，希望鐵磁流體能透過四氧化三鐵呈現出更明顯的尖刺狀以及更穩定的磁性。同時觀察流速最快的比例和長度最長的比例，以及影響最大的距離，並且從中抓出一個平衡來達到更完美的效果。

下次也可以檢測製作好的鐵磁流體的穩定性，將鐵磁流體放在不同的基載液體裡，經過一段時間後，看看會不會產生不同的影響，例如會不會有長度、影響距離以及導熱速度的變化。

## 陸、結論

鐵磁流體除了觀賞作用外也是能夠為這個社會呈現不同的多樣化技術。就比如我在這次的實驗中發現了熱傳導與鐵磁流體中間產生的相互作用，也觀察到了在不同的變因之下會有的新奇影響。

- 一、最適合做鐵磁流體的粉狀物為四氧化三鐵，因為鐵的活性較大，導致後來成為氧化物後可以成安定狀，若用鐵粉，無法控制其氧化的速度與時間，且因鐵粉的密度與體積，導致無法溶於基載液體。
- 二、最佳的表面活性劑為大豆卵磷脂，檸檬酸因需要溶解，無法將整個鐵磁流體包覆，且大豆卵磷脂能使流體的行動更加活躍。
- 三、流動力最好的比例為四氧化三鐵20g、檸檬酸0.5g、機油90ml。
- 四、煤油基底為最好的基載液體，能夠使摩擦力減緩。
- 五、流動性最佳的洗潔液體為酒精。
- 六、洗潔液體會影響熱傳導的阻熱效果，像是水的比熱較大，酒精的比熱較小。
- 七、表面活性劑對熱傳導的影響不大。
- 八、磁鐵對於鐵磁流體在熱傳導的影響：排列形狀、顆粒大小、溫度影響。
- 九、影響的最大距離和防熱傳導呈現一同成長的趨勢，只要磁鐵對鐵磁流體的最大影響距離上升，防熱傳導效果也會跟著遞增。

未來展望：希望讓鐵磁流體成為不僅是觀賞用的小玩具，鐵磁流體是一個不容小覷的新材料，若能夠運用在更多的新設施上想必能夠製造出更多的價值。也能為運用自身特殊導熱的特性，幫助世界。像是使它成為一個隔熱設備，能夠像是保溫杯一樣，使熱傳導效果變慢。以此為這個尚在全球暖化的地球帶來一份抵抗力量。

## 柒、參考文獻資料

一、今年非看不可的視覺震撼！順便知道啥是 Ferrofluid。2012年12月 27日。

取自：<https://chloeyachun.blogspot.com/2012/12/ferrofluid.html?m=1>

二、神奇鐵磁流體的玩法與合成。2014年12月13日。

取自：<https://chemed.chemistry.org.tw/?p=4118>

三、【化學小教室】界面活性劑是什麼？2021年07月23日。

取自：<https://www.rafago.com.tw/blog/posts/blog-007>

四、表面素(界面活性劑) 是什麼？一篇文章搞懂其作用機制和好處。2024年9月2日

取自：<https://www.liferainbow.com.tw/zh-tw/blog/detail/51>

五、熱傳導 cooling house。

取自：<https://coolinghouse.com/thermal-knowledge/thermal-conductivity/?lang=zh-hant>

六、鐵磁流體之製備與研究

取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030213.pdf>

七、電流與磁場(一)

取自：[https://www.phyworld.idv.tw/Nature/Jun\\_3/B6\\_CH2/B6\\_2-1\\_POINT.pdf?utm\\_source](https://www.phyworld.idv.tw/Nature/Jun_3/B6_CH2/B6_2-1_POINT.pdf?utm_source)

八、維基百科極性

取自：[https://zh.wikipedia.org/zh-hant/%E6%9E%81%E6%80%A7?utm\\_source](https://zh.wikipedia.org/zh-hant/%E6%9E%81%E6%80%A7?utm_source)

九、什麼是磁制冷？磁制冷與它的原理

取自：[https://www.bilibili.com/read/cv186971/?utm\\_source](https://www.bilibili.com/read/cv186971/?utm_source)