

自製磁流體及散熱研究

摘要

看到網路影片磁流體的製作，覺得很簡單，於是想嘗試自己製作，沒想到用四氧化三鐵做成磁流體放入承載溶液後，所產生的效果大不同。於是利用生活中普遍拿得到材料進行自製磁流體，測試哪些組合的效果最好，並觀察被磁力作用時的樣貌。

從網路搜尋得知，磁流體被應用在散熱方面，藉由學過的電力產生磁力概念，以漆包線通電後的磁力試試能否吸引磁流體。馬達裝置有漆包線圈，因此成了最佳主角，它通電後既能產生磁力，運轉時又能產生熱度，是最理想的實驗對象。

經過不斷的嘗試發現，自製效果以植物油包覆，酒精當承載溶液最好。對馬達運轉所產生的磁力不足，我們就利用定點式的散熱及抽換磁流體的過程，證明能夠達到局部散熱與方便維護的目標。

壹、研究動機

在學習六年級上學期第四單元電與磁，老師播放網路磁流體的影片，引起我們的注意。一團黑色的液體被磁鐵吸引時，會滑來滑去，而且出現像山一樣的形狀，移開磁鐵則恢復成一團液體。很好奇的是，為何液體的磁流體在水中不會被分散？

當老師說：「這個好像很好玩！」我們提議把它做出來玩，於是開始一連串的實驗。首先，從網路得知製作的材料與方式：使用植物油包覆四氧化三鐵，攪拌後放入以水當承載溶液的瓶子就完成了。但是當我們拿磁鐵吸引時卻產生黏在玻璃壁上，感覺黑壓壓的一片，一點都不像網路介紹的那樣滑動。最後確定目標朝向改善磁流體產生的黏滯現象，而且以平常就能取得材料進行製作。

我們曾經使用糖與鹽加入水中改善磁流體的黏滯，但效果不佳；還曾經如果能想做出浮在水中間的磁流體，用磁鐵吸一定更好玩。可惜天不從人願，即使短暫出現浮在水中，用磁鐵一吸馬上黏在壁上，一移開磁鐵它就往水底部掉了，後來查了資料才知道由於比重不同，磁流體幾乎無法浮在水中間。

後來，老師帶領我們閱讀別人曾做過的比重實驗與自製磁流體相關實驗結果，搜尋網路相關資料，才瞭解磁流體被應用於高科技中，因為我們累積的知識不足，只能藉由課本相關的原理與知識現象對磁流體的測試。

於是，課本介紹利用漆包線的電生磁讓指北針產生偏轉現象，就成了我們想瞭解：多大的磁力才能吸引磁流體？知道磁流體可被應用在散熱方面，我們轉換成漆包線纏繞的鐵棒，通電會產生高熱的現象，磁流體對它能散熱嗎？後來老師要我們想想，有哪些物品既能產生磁力又產生熱？因此，小馬達成為最佳的實驗對象。

至於定點式的散熱作用，是因為小馬達製造的效果不佳，加上在自製磁流體過程中發現，被包覆的四氧化三鐵可能會散開。於是我們思考，機器使用磁流體來散熱，等哪一天磁流體散開無作用時，是不是能將磁流體做替換或補充呢？因此才有這個實驗的產生。

貳、研究目的

針對自製磁流體的實驗，我們想探究的目的如下

- (一) 製作磁流體，觀察在承載溶液中流動情形。
- (二) 利用漆包線通電產生的磁力測試吸引磁流體。
- (三) 利用馬達產生的磁力測試吸引磁流體。
- (四) 利用磁流體對運轉馬達的散熱作用。
- (五) 進行定點式散熱並嘗試抽換磁流體。

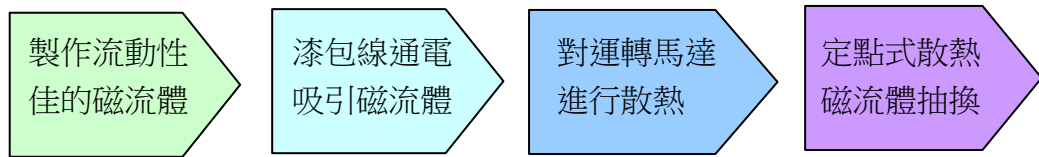
參、研究設備及器材

針對此實驗我們使用的設備與器材如下：

化學藥品	四氧化三鐵
包覆油質	植物油 煤油 針車潤滑油 機車潤滑油
承載溶液	水 酒精 醋
器具類	燒杯、滴管、溫度槍 湯匙、試管、磁鐵 試管架、攪拌棒 漆包線、鐵棒 3V 小馬達、電池盒 透明壓克力箱、電池

肆、研究過程或方法

以下為我們實驗的流程圖：



雖說自製，但其實我們使用最重要的材料(四氧化三鐵)，資料顯示它的磁化效果最好。上網搜尋資料後發現，極性與非極性的液體互不相溶，也就是我們常看到水和油分離，於是我們找到不同極性與非極性的材料，交叉製作的方式找尋流動性最佳的磁流體。

我們設定不同實驗對照組進行比較：以不同油體包覆四氧化三鐵製作磁流體，並放入承載磁流體的溶液中，以磁鐵吸引進行觀察黏滯現象。

利用學過漆包線通電產生磁力的概念，用來吸引磁流體是否有作用，並將製作出流動性較佳的磁流體，放入能產生磁力的電器設備(小馬達)，測試以小馬達的磁力對磁流體的影響。

小馬達既能產生磁力，長時間運轉又產生熱，因此我們設計一個壓克力做的透明箱，將馬達做好防水放入箱中，使用流動性最佳的磁流體材料，進行散熱實驗並測量溫度的差異程度。針對磁流體的抽換過程，如果它能順利進行，就能設計成做定點式的散熱。以下為我們探究的實驗過程：

- 一、使用不同油性包覆四氧化三鐵，製作磁流體。
- 二、使用不同的溶液承載製作完成的磁流體。
- 三、使用磁鐵吸引溶液中的磁流體，觀察出現尖端形狀。
- 四、使用磁鐵吸引溶液中的磁流體，觀察黏滯現象。
- 五、利用漆包線札線圈通電產生的磁力，吸引磁流體。
- 六、設計壓克力透明箱放置馬達與磁流體。
- 七、將小馬達通電產生磁力，觀察吸引磁流體情況。
- 八、將小馬達黏貼磁鐵當定點式的散熱，並觀察溫度變化。
- 九、進行壓克力箱中磁流體的抽換試驗。



伍、研究結果

我們將整個實驗過程分成三部份：一、利用不同材料製作磁流體並使用磁鐵吸引；二、利用馬達產生的磁力與熱測試磁流體的散熱效果；三、對馬達進行定點式的散熱並且對磁流體進行抽換。

一、利用不同材料製磁流體並使用磁鐵吸引的實驗結果：

自製磁流體與使用磁鐵吸引觀察紀錄	
第一組 內容物： 四氧化三鐵 包覆體：植物油	觀察(一)磁流體加入載體 (水) 。
	觀察(二) 用磁鐵吸引的情形。
	觀察結果：
	可被磁力吸引產生不明顯的皺摺，移動磁鐵時整團的磁流體移動會出現黏滯情形。
	 
	觀察(一)磁流體加入載體 (酒精) 。
	觀察(二) 用磁鐵吸引的情形。
	觀察結果： 發現黏滯現象不強，磁流體的滑動性好像用酒精當載體比較好。
 	
第二組 內容物： 四氧化三鐵	觀察(一)磁流體加入載體(水、酒精)的情形。
	觀察(二)用磁鐵吸引的情形。
	觀察結果：

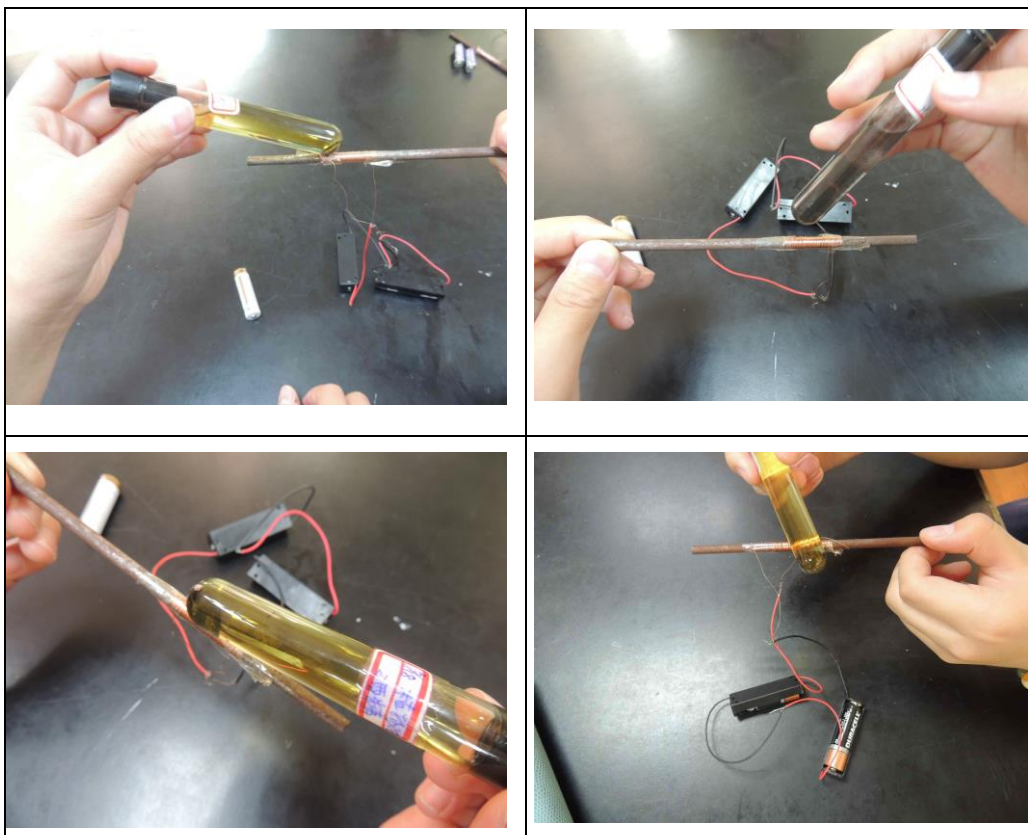
包覆體：煤油	可被磁力吸引產生明顯的皺摺，當磁鐵滑動帶動磁流體時產生的黏滯性減少，並且會成為一團；但是當磁力消失，磁流體則出現解離成小點往水面上升，一整團磁流體則分散成沙狀。
	
第三組 內容物： 四氧化三鐵 包覆體：針車潤滑油	觀察(一)磁流體加入載體(水)的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察(二) 用磁鐵吸引的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察結果：
包覆體：針車潤滑油	潤滑油好像不是很好的包覆體因為時間一久磁流體就會散掉。用磁鐵吸引能夠聚集磁化並形成尖端現象。
	
內容物： 四氧化三鐵	觀察(一) 磁流體加入載體(酒精、醋)的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察(二) 用磁鐵吸引的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察結果：
包覆體：針車潤滑油	潤滑油好像不是很好的包覆體，因為時間一久磁流體就會散掉，相較之下植物油的包覆效果較好。
	
第四組	觀察(一)磁流體加入載體(醋)的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察(二) 用磁鐵吸引的情形
內容物： 四氧化三鐵	觀察結果：
包覆體：機車潤滑油	滴入承載溶液時成一團，用磁鐵吸引時在試管壁上就出現很強

<p>滑油</p>	<p>的黏滯現象。</p>	
<p>突發奇想的第五組 內容物： 四氧化三鐵 包覆體：水</p>	<p>觀察(一)磁流體加入載體(植物油)的情形</p>	
	<p>觀察(二) 用磁鐵吸引的情形</p> <p>因為使用承載溶液是水，發現磁流體的黏滯現象較強，突然發想是否將極性與非極性的溶液對調所製作的磁流體效果會比較好？結果反而是更糟糕，因為用水包覆四氧化三鐵都直接沉底，水對於包覆的效果幾乎沒有作用。</p>	
	 <p>產生嚴重的黏滯現象</p>	 <p>使用 25%酒精當承載溶液在試管壁上產生黏滯現象</p>
<p>第六組使用強力磁鐵吸引磁流體： 1.測量產生明顯磁化現象的距離為 2~4 公分</p>	 <p>以不同方式測量距離</p>	 <p>磁鐵吸附磁流體</p>
<p>2.磁化後，移開磁鐵產生持續磁化的現象</p>	 <p>以不同方式測量距離</p>	 <p>受磁化後的持續性現象</p>

二、利用馬達產生的磁力與熱測試磁流體的散熱效果

我們利用六年級上學期所學到，漆包線通電會產生磁力影響指北針的偏轉，於是利用馬達通電產生的磁力，測試是否能吸引磁流體，我們增加圈數希望製造出更強的磁力吸引磁流體，以下為我們的實驗步驟：

- (一) 使用了 100 公分、150 公分、200 公分漆包線纏繞鐵棒。
- (二) 兩端各預留 10 公分並磨掉外層漆預備接電池盒的線。
- (三) 將電池盒串聯紅線（+極）接黑線（-極）成了有 3V 的電力。
- (四) 將漆包線與電池盒電線連接通電產生磁力。
- (五) 將磁流體的試管移近包漆包線的鐵棒測試，觀察產生磁化的現象。



結論：

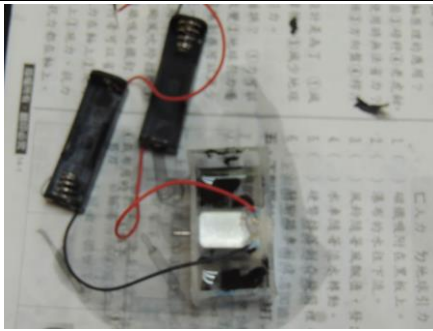
- 1、使用較細的漆包線 0.17mm、0.27mm 產生的磁力無法吸引漆包線，只有 0.5mm 漆包線所產生的磁力，能使磁流體有稍微滑動的現象發生。
- 2、我們推論：假設漆包線長度夠長應該可以吸引磁流體讓它移動範圍更大，也因為如此我們將實際使用小馬達進行磁流體散熱應用。

我們嘗試以馬達裡的漆包線線圈通電後產生的磁力進行實驗，主能是從網路獲得的知識它具有散熱功能，我們進一步假設因為磁流體具有流動性，因此可被附近強的磁力吸引而附著在物體表面，所以利用在實驗的第一部份，找到自製磁流體效果最好的組合進行散熱實驗，以下為我們的實驗步驟：

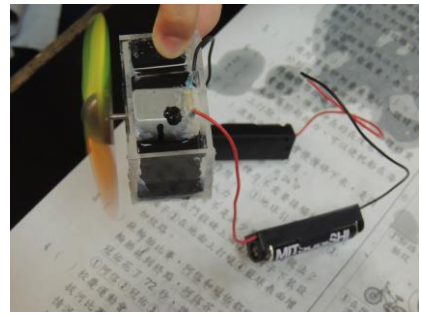
- (一) 討論及畫出如何安裝馬達與磁流體。
- (二) 使用透明壓克力板製作盛溶液的箱子。
- (三) 放置馬達的前後壓克力板挖洞，安裝馬達。
- (四) 使用矽利康膠將馬達及連接電池盒的電線做好防水。
- (五) 使用矽利康將壓克力板黏好成透明箱。
- (六) 將電池盒安裝電池通電並滴入磁流體測試，以及觀察紀錄。
- (七) 使用紅外線溫度槍測量表面溫度。
- (八) 以定點部份進行磁流體的散熱測試。
- (九) 在透明箱中進行磁流體的替換

以下為實驗結果：

項目	實驗內容	討論
第一次進行磁流體散熱實驗	1.使用透明箱進行實驗發現全部漏水，太嚴重的透明箱就不使用。 2.老師要我們調比較多的磁流體，四氧化三鐵 5 公克，與植物油 1：1 及 1：2 及 1：3 三種比例調製。 3.發現 1：1 的比例無法有效包覆四氧化三鐵。 4.磁流體放入運轉中的馬達透明箱中，無法被吸附。	1.改進壓克力透明箱的防水：塗較厚的矽利康膠 2.為何馬達通電後無法吸引磁流體： (1)表示馬達內的漆包線圈無法產生較強磁力。 (2)是否馬達與磁流體距離較遠呢？ 但是根據之前實驗結果發現，距離約 2~4 公分才有明顯的磁化現象(出現明顯尖端)，所以不是距離問題。
	 <p>按比例進行調製磁流體</p>	 <p>與植物油攪拌均勻</p>



將磁流體放入透明箱中



裝電池通電運轉發現漏水

第二次磁流體散熱	重新製作了透明箱，結果電池裝上卻不會運轉，不知道是什麼原因？我們去除包覆馬達的矽利康膠，發現有水從馬達內流出，應該是第一次實驗時進水，所以第二次失敗。	
第三次進行磁流體散熱實驗	<ol style="list-style-type: none"> 1.塗較多的矽利康膠加強防水層。 2.買了新的馬達安裝，磁流體製作使用 1：2 比例調製，放入一點點後通電，仍然無法被產生的磁力吸引 	<ol style="list-style-type: none"> 1.是否換較大的馬達？ 2.無法利用磁流體的流動特性進行散熱實驗，我們考慮就直接滴在馬達上進行實驗。
第四次進行磁流體散熱實驗	<p>為了節省時間，我們採取磁流體在不同狀況下所產生的效果。分成三組進行，並在不同時間測量表面溫度：</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1.在封閉的透明箱中，加入酒精與磁流體，通電讓馬達運轉，測試量溫度。 	<ol style="list-style-type: none"> 2.在馬達表面滴上的磁流體並讓馬達運轉，測量溫度。 	<ol style="list-style-type: none"> 3.不加任何物質讓馬達運轉。
<ol style="list-style-type: none"> 1.在封閉的透明箱中，加入酒精與磁流體，通電讓馬達運轉，測量溫度： 		
<p>溫度使酒精蒸發並產生凝結現象</p>	<p>測量溫度為 29.6 度</p>	

結論：(1) 圖中所得的溫度雖為 29.6 度，但我們會產生疑問：酒精在室溫中很容易揮發，難道是把它封閉所造成的現象？我們對這個溫度正確性有疑慮。

(2) 測試磁流體在透明箱中的流動性不佳，原因可能是表面塗有矽利康膠。

(3) 因為馬達所產生的磁力不足，所以改用在馬達下定點式（放置一小塊磁鐵來吸附磁流體）的散熱方式與抽換磁流體的實驗。

(4) 這次馬達運轉時間 2 小時，可再延長時間測試。

2.在馬達表面滴上的磁流體，通電讓馬達運轉，在測量溫度：



測量溫度為 26.5 度



測量溫度為 25.1 度

結論：(1) 表面溫度會隨著時間的增長而降低。

(2) 這次塗上少量的磁流體進行實驗，下次塗較多的量進行實驗。

(3) 馬達運轉時間左側圖是 2 小時，右側是 4 小時。

3.不加任何物質讓馬達運轉，測量溫度：



測量溫度為 26.3 度



測量溫度為 31.0 度

結論：(1) 馬達的溫度隨時間增長而升高。

(2) 馬達運轉時間左側為 2 小時，右側為 4 小時。

第四次進行磁流體散熱實驗總結論：

1. 磁流體有散熱效果，但不是很明顯。因為忘了測量室內的溫度進行比較。

2. 可再延長時間才能更確定磁流體的散熱效果。

進行四次磁流體散熱實驗後，為了確認散熱效果，這次我們採用在馬達表面滴上較多的磁流體，讓馬達長時間運轉，再測量溫度。以下為實驗步驟：

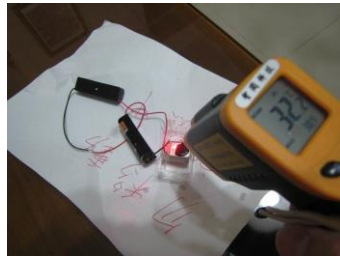
- (一) 將磁流體直接滴在馬達表面上。
- (二) 電池盒通電後讓馬達運轉直到沒有電力為止。
- (三) 使用紅外線溫度槍進行測量表面溫度。
- (四) 量測範圍為 1.磁流體表面、2.電線連接地方、3.其他未塗有磁流體的地方。

測量結果如下圖所示：

 <p>(1) 室溫 25.7 度</p>	 <p>(2) 馬達側面 26.5 度</p>	 <p>(3) 馬達側面 26.3 度</p>
 <p>(4) 磁流體表面 27.2 度</p>	<p>圖(1)~(4)紅外線溫度槍量測距離為 60~70 公分，發現磁流體反而高於側面溫度。這時候的馬達已運轉 7 小時。</p>	
 <p>(5) 馬達側面 26.8 度</p>	 <p>(6) 磁流體表面 31.2 度</p>	 <p>(7) 其他處 34 度</p>
 <p>(8) 電線連接處 35.2 度</p>	<p>圖(5)~(8)紅外線溫度槍量測距離為 6~8 公分，確認(1)馬達的側面溫度較低；(2)發現電線連接處溫度高出很多，表示馬達運轉時後端熱度較高。這時候的馬達已運轉 9 小時。</p>	
 <p>(9) 磁流體表面 29.6 度</p>	 <p>(10) 其他處 31.5 度</p>	 <p>(11) 電線連接處 33.0 度</p>



(12) 磁流體表面 30.3 度



(13) 其他處 32.2 度



(14) 電線連接處 34.9 度

圖 (9) ~ (14) 紅外線溫度槍量測距離為 6~8 公分，確認這三處有磁流體的表面溫度較低，約 2~4 度。這時候的馬達已運轉 10 小時。



(15) 磁流體表面 30.3 度



(16) 馬達後端塑膠處 34.8 度



(17) 電線連接處 34.7 度



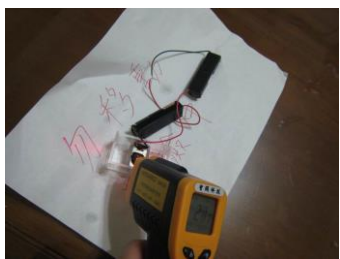
(18) 磁流體表面 26.1 度



(19) 馬達後端塑膠處 33.2 度



(20) 電線連接處 33.6 度



(21) 磁流體表面 27.0 度



(22) 馬達後端塑膠處 32 度



(23) 電線連接處 32.2 度

圖 (15) ~ (23) 為增加在馬達後端塑膠處與電線連接處塗上磁流體測試散熱。發現有磁流體的表面溫度皆比未塗磁流體前的溫度低約 3 度。這時候的馬達已運轉 11 小時。

三、進行定點式的散熱與透明箱中磁流體的抽換。

當我們透過實驗得知，磁流體在運轉的馬達上有散熱功能。如果想要針對物體的某部位進行散熱作用，或許可以使用磁流體的流動特性與受磁力作用產生磁化，進行定點式的散熱，因此成為我們所要測試的重點；至於當磁流體逐漸失去散熱效果時，如何將它抽換也是我們模擬的重點。以下為我們的實驗步驟：

- (一) 在馬達底部放置一小塊磁鐵，當成是部位散熱的定點。
- (二) 在透明箱中倒入酒精與滴入磁流體。
- (三) 在透明箱外部使用更強的磁鐵進行吸附。
- (四) 移動透明箱底部的外部磁鐵，沿著透明箱出口吸引出磁流體。

以下為實驗結果：

 <p>在透明箱中倒入酒精與滴入磁流體</p>	 <p>將磁流體滴入靠近底部的小磁鐵</p>	 <p>磁流體被吸附在馬達底部</p>
 <p>用磁鐵吸引依附在馬達的磁流體</p>	 <p>移動外部磁鐵吸引磁流體</p>	 <p>緩慢移動磁鐵吸引磁流體</p>
 <p>吸引磁流體至出口處</p>	<p>結論：</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 確實能將吸附在馬達底部的磁流體吸引至透明箱的出口。(2) 由於透明箱表面有矽利康膠凹凸不平的影響無法很順利的讓它完全引出。	

陸、討論

當我們在進行製作和測試磁流體的過程時，除了出現磁流體黏滯現象的情形，還另外發現某些現象，以下為我們製作過程中，為了改善理想磁流體所引發的討論問題：

一、 會影響磁流體流動性的素有哪些？

(一) 油的性質會影響

因為油本身的黏度不一，導致在包覆四氧化三鐵時會產生完整或鬆散，對於磁力的作用可能會產生反效果，出現尖端不明顯，例如煤油包覆會散掉，機車潤滑油就太黏。

(二) 磁力的大小會影響

剛開始我們拿一般磁鐵吸引時無法有較大的反應，直到使用強力磁鐵後反應變得更明顯，經過不同組合溶液的試驗，發現因為溶液有不同的黏度會影響黏滯的程度，即使用強力磁鐵去吸引。

(三) 不同承載溶液會影響

- 1.試了不同非極性(當包覆溶液)與極性(當承載溶液)的溶液實驗發現，用植物油包覆與酒精當承載體滑動的效果最好。
- 2.我們突發奇想用極性溶液包覆四氧化三鐵，非極性溶液當承載體，結果滑動效果相當不理想。
- 3.我們還調配 25%的酒精濃度當承載溶液，結果出乎意外的是磁流體黏在試管壁，因此我們認為承載溶液的不同的確會影響磁流體的滑動。

二、 為何包覆四氧化三鐵的油不會浮在水面上？

一般而言極性與非極性會分離，而油比較輕會浮在水面上。當我們使用暖暖包的鐵粉為實驗對象時，油容易浮在水面，但是使用四氧化三鐵為實驗對象較少發生。可能是四氧化三鐵是粉末狀容易與油結合，而油有黏度可充分包覆粉末，我們使用油與四氧化鐵的比例是 1：2，如果太多則可能會浮在水面上。

三、 為何當承載溶液為酒精時顏色會從白色變成黃色？

原本以為酒精可與植物油互溶，但實際上植物油包覆四氧化三鐵，卻是整團沒有分散，經過查證得知酒精它的特性，可溶解一些油的成分而已，所以在我們的實驗過程才會出現，原本是無色的酒精，經過二天後卻變成黃色的酒精，表示黃色的植物油與酒精互溶。

四、 為何使用強力磁鐵吸引磁流體時，必須相隔距離才能出現明顯的磁化現象？

磁鐵會在兩端點產生封閉的磁力線，而且是磁力最強的地方。因此我們認為

- (一) 可能強力磁鐵的磁力太強，如果太靠近管壁，整的磁流體被吸住四氧化三鐵之間產生磁化又互相吸引，導致整團出現尖端不明顯。
- (二) 2~4 公分的距離，兩端磁力線的強弱之分產生對磁流體的影響，才會出現中間有明顯尖端，周圍則不明顯。

五、 為何磁流鐵所產生的磁化現象(出現尖端)的時間不一致呢？

- (一) 根據實驗發現，被植物油包覆的四氧化三鐵比較容易持續磁化(出現尖端)，黏度性不佳的煤油包覆時容易散開，被磁化的現象也隨著磁鐵的移開而消失。
- (二) 植物油不會被磁化才對，那究竟是何因素造成磁化(出現尖端)能持續？我們獲得的資料為四氧化三鐵能被磁化，再者與包覆油的黏度有關。當磁化後尖端的形狀出現後，被油的黏度牽引，即使移走磁鐵也不會立即回復原狀與使用煤油的情形完全不同。

六、 對磁流體進行散熱實驗，可能影響測量的因素為何？

- (一) 我們認為透明箱必須是封閉狀態，才能確定不是外界室溫所導致降溫。
- (二) 承載磁流體的溶液本身就有降溫作用。
- (三) 我們採用單純以磁流體附著在運轉的馬達上測試降溫效果。
- (四) 在測量溫度時發現，使用紅外線溫度槍最好是近距離，因此我們後來在 10 公分以內進行量測，以免溫度槍因遠距離造成誤差太大。
- (五) 必須以長時間讓馬達運轉再測量溫度的差異程度，這次連續運轉時間為 11 小時，或許下次能運轉 24 小時。

柒、結論

對於磁流體的內容，受限於我們的知識無法太深入瞭解，但基於好玩及出現特殊造型卻能引起我們的興趣。大部份相關的知識，皆從網路搜尋得知，包含別人已做過相關磁流體的實驗與應用。以下是我們從實驗中所獲得的幾點結論：

- 一、 在自製磁流體的過程，從四氧化三鐵入手比較有信心，因為它是粉末狀與暖暖包的鐵粉差別很大。我們發現用植物油包覆四氧化三鐵與酒精當承載溶液擁有較佳的滑動性，是符合我們將來做散熱作用的標準。
- 二、 使用 25% 的酒精溶液當承載溶液效果很不好。
- 三、 要讓磁流體產生較明顯磁化現象（出現尖端），磁鐵的位置必須距離 2~4 公分。
- 四、 利用漆包線紮線圈通電能吸引磁流體移動，無法產生明顯磁化現象（出現尖端）。
- 五、 將極性（當承載磁流體溶液）與非極性（包覆磁流體溶液）調換使用是錯誤的。
- 六、 利用小馬達線圈產生磁力吸引磁流體，卻成為實驗的限制，結果實驗沒有成功。必須找更大的馬達試試看。
- 七、 使用紅外線溫度槍測量必須在近距離才比較準確，因為我們測的點的範圍小。
- 八、 在馬達上滴磁流體進行散熱實驗，測量結果是有降溫 2~3 度。
- 九、 基本上做定點式的散熱是可以成功的，但是抽換磁流體時，因器材製作的因素，導致無法很完整的抽換。

捌、 檢討與改進

對於散熱實驗，我們有獲得降溫的事實；而假設性的定點散熱應該也可以成功，只是礙於時間不夠沒有進行溫度的測量。以下是針對磁流體的實驗提出檢討與改進：

- 一、或許我們可以直接利用漆包線紮線圈所產生的磁力，來測試吸引磁流體的大小，更可利用通電時被纏繞漆包線的鐵棒所發的熱度，進行磁流體的散熱作用，但對於定點式的散熱可能沒有真實應用的感受。
- 二、馬達必須要換大顆才能產生足夠的磁力。
- 三、磁流體有流動的特性，有散熱作用，我們做定點式的散熱假設：是針對機械可能局部產生高熱須進行散熱，或者是小範圍的封閉空間散熱。在不拆除其他零件的情況下，會減少時間與人力的消耗，甚至藉由磁流體可受磁化作用，連帶一些可被磁化的物質，例如鐵屑，將它吸引出機械體外，避免累積形成故障的因素。
- 四、目前，我們從日常生活中容易找到的材料來進行實驗，或許將來我們可以製作高科技的奈米磁流體。
- 五、從開始進行實驗到目前為止，實驗的結果不如我們所預期，雖然如此，我們對於問題的提出與進行驗證的過程與方法總算有比較清楚的構想。目前受限於知識的不足，但是科學的探究是無限制的，只要遇到問題能自己先搜集資料多向別人請教，相信能獲得更多不同想法與視野的擴展。

玖、參考資料

史家瑩（民 103）。國民小學自然與生活科技。臺南市：翰林。

陳玉佩。奇妙的液體積木。國立臺灣科學教育館。民 91 年，取自：

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/c/1/080121.pdf>

張漢生。鐵磁流體之製備與研究。國立臺灣科學教育館。民 98 年，取自：

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030213.pdf>

如何在家自製鐵磁流體。Make：Taiwan。民 93 年 10 月 2 日，取自：

<http://www.makezine.com.tw/make2599131456/129>

水元素-磁性流體。國立臺灣科學教育館。民 99 年 11 月 24 日，取自：

<http://case.ntu.edu.tw/magichem/blog/?p=1054>