

超 導 磁 浮 一 實 驗 教 材

一、實驗目的：

- 1.學習透過不同的冷卻方法來產生磁浮的效果
- 2.利用超導體的特性來模擬飛輪儲能及超導列車。

二、原理：利用超導體的磁鎖效果來產生磁浮或磁懸浮等現象

磁浮：鎖磁力+重力=反磁力

磁懸浮：鎖磁力=重力+反磁力



磁浮



磁懸掛(magnetic suspension)

三、實驗步驟：

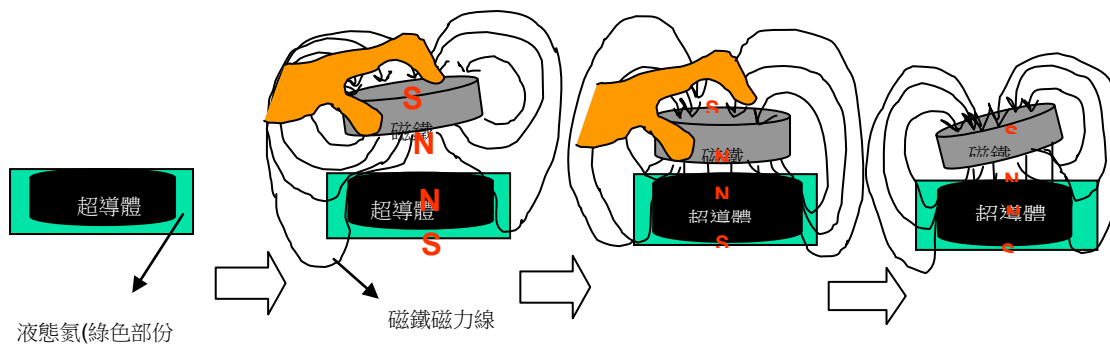
1. (a) 利用零場冷過程完成磁浮

先利用液態氮將超導體冷卻至超導臨界溫度以下

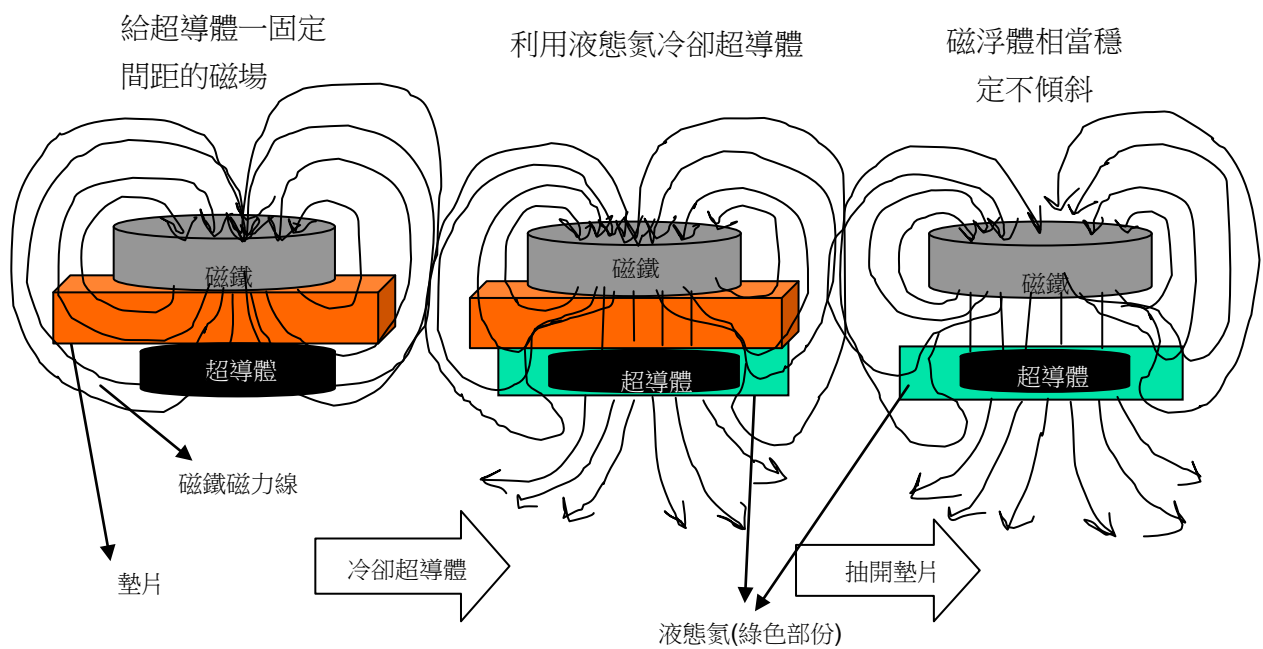
將磁鐵靠近超導體時，會感受到反磁作用力且磁束無法穿過超導體

迫使磁鐵靠近超導體使磁束貫穿超導體

手放開後，最後磁浮情況通常會傾斜



(b) 利用場冷過程完成磁浮



2. 取一鐵製物去吸引磁鐵，將磁鐵向上提起，同時亦將超導體提離液態氮，觀察磁懸浮現象

3. 將超導體旋轉，觀測其旋轉狀況（**模擬飛輪儲能**）

4. 取一容器將超導體及液態氮裝入容器中，以保持超導體的低溫，讓超導體變成磁懸浮的狀態

5.將此容器放置在特定的磁浮軌道上，推動此容器，觀察容器運動狀況（模擬超導磁浮列車）

四、問題討論：

1.磁浮和磁懸浮有何差別？

2.使用零場冷或場冷這兩種不同的冷卻方法其優缺點各為何？

3.如何利用磁浮或磁懸浮現象進而擴展到其他的應用？

4.如何提高磁浮的高度與磁浮的時間？

5. 在進行零場冷過程時，先以磁鐵的 N 極來接近超導體，待完成磁浮現象後，然後再將磁鐵反轉過來，即以 S 極接近超導體時，超導體會發生什麼事呢？

系列一：材料的探索

我最感興趣的材料種類	感興趣的原因	我想更深入研究的材料及原因

我想改良的材料	我要怎麼做 (列出具體方法)	資料來源 (作者/年代/出處)

系列二：生活中常見材料的探究

我家裏的腳踏車是由 哪些材料組成	我所希望的腳踏車 材質	原因	資料來源

系列三：高溫超導的探究

我所知道的高溫超導材料	我最想改良的高溫超導材料	我要怎麼做 (列出具體方法)	資料來源 (作者/年代/出處)

我最想應用的高溫超導特性	我要怎麼做 (列出具體方法)	資料來源 (作者/年代/出處)

※注意事項：

(1)磁鐵使用

- (a) 鈮鐵硼磁鐵有高磁場(為鈮鐵硼稀土材料、較一般鐵、鈷、鎳材料組成的磁鐵磁力來得強)，具磁性之物體或易被消磁之卡片勿靠近，如信用卡、提款卡、手錶、手機、硬碟。
- (b) 磁鐵強度在表面處約為 2000~2500(gauss) ，鐵磁物品需遠離強力磁鐵，避免周遭物品以相當的速度被吸附，人員如在附近可能有危險。
- (c) 強力磁鐵應遠離鐵磁性尖銳物，如鐵釘。
- (d) 應置放強力磁鐵於收納盒內，可包裹厚絕緣層（報紙、保麗龍或珍珠板），以避免周遭磁性物體的吸附。
- (e) 使用磁鐵時，應戴著手套，以防止夾傷。
磁鐵置放區要標示清楚(將數片磁鐵推疊在一起、磁鐵強度會增加，但並非是累加的效果)。
- (f) 使用磁鐵時，應於周圍設立警戒區，告知強力磁鐵之危險性。
- (g) 高磁場會引起心律調整器或是醫學植入裝置故障，需標明邊緣磁場範圍，限定特定的人進入範圍。

(2) 液態氮使用

- (a) 液態氮汽化是正常現象，所以將之舀至保溫杯後，切勿旋緊保溫杯蓋，以免氣體壓力過大，引起氣爆，發生危險。
- (b) 液態氮為低溫液體，溫度為 -196°C (77K)，為避免低溫凍傷，請小心使用，不能直接觸摸，建議老師從旁指導。
- (c) 不要拿金屬等導熱良好的物體，直接浸入液態氮，如此與金屬接觸的皮膚可能會因“黏住”而凍傷。
- (d) 請不要在密閉的空間下，長時間使用液態氮，以防止過多揮發的氮氣造成窒息的危險。

(3) 超導塊材使用~

高溫超導塊材為成功大學材料系費時耗力生產，其得之不易，請同學們要注意以下事項：

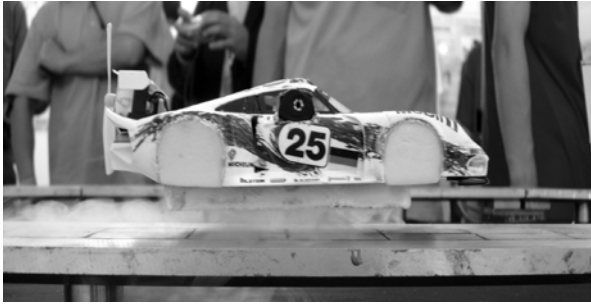
- (1)YBCO 超導塊材為一陶瓷材料，此材料**易脆**，使用時請小心，勿掉落造成塊材的損壞、破裂。
- (2)YBCO 超導塊材易受水氣侵蝕而裂化，故在實驗結束後盡速利用純度高的酒精浸泡,取出後再用吹風機吹乾，以增加超導塊材的使用壽命。

附注一：場冷比零場冷對超導體鎖磁效果好

除了冷卻的過程的差異之外，零場冷和場冷所引發的效果也不一樣。場冷狀態下冷卻的超導體，磁力線分佈於超導體內的對稱性與均勻性比較好；因而，它的磁鎖定效果、磁浮和懸浮穩定性都比較好。由於在冷卻前，已有外加的磁場介入，磁力線在超導現象未產生時，就已經穿透到超導體內了；即使在降到臨界溫度以下，產生超導現象時，穿透的磁力線會被均勻的釘扎在超導體內的一些特殊的微結構中，此時鎖磁效果較佳。

零場冷的鎖磁效果較差，因為在冷卻前沒有外加的磁場介入，高溫超導體內沒有釘扎的磁力線。在超導態時，把磁場強加壓迫進去，因為超導體有反磁力，磁場難以進入超導體內，只有少數磁束會被超導體內特殊的微結構釘扎住，所以在磁場進入超導體內的過程中，必定不會像場冷過程般的穩定、均勻磁束能否順利的被釘扎住，與兩個因素有關，包括超導體與磁鐵距離的大小，還有超導體內特殊的微結構分佈。因此，一般而言，場冷過程的磁浮狀況都會比零場冷過程來的效果較佳。

附注二：超導磁浮列車



國內自行研發之高溫超導磁浮列車模型，利用單晶粒 Y-Ba-Cu-O 高溫超導體塊材之擄獲磁通效應，可以完全無接觸地磁浮在空中，無需感測器、脈衝電磁線圈、動態伺服控制電路系統等，即可達到“穩定磁浮”之狀態。

保持液氮的冷卻條件，磁浮於 Nb - Fe - B 強磁鐵排列而成之橢圓形軌道之上。軌道長為=160 公分，寬=80 公分，軌寬=10 公分，因為強磁鐵和單晶粒 Y - Ba - Cu - O 超導塊材之間有擄獲磁通效應，可以保持固定的磁浮距離，以及無接觸、無磨擦的磁懸浮特性。因此超導磁浮列車模型可以完全無接觸地磁浮在空氣中。在模型車上加裝一遙控風扇，即可控制磁浮軌道車的速度及行進方向。

附注三：利用地球儀模擬飛輪儲能

單晶粒 Y-Ba-Cu-O 高溫超導體材料置於上端白色容器中，以保持液氮的冷卻條件。下方磁懸掛著一 Nd-Fe-B 強磁鐵及地球儀(重約一公斤)。因為強磁鐵和單晶粒 Y-Ba-Cu-O 超導塊材之間有磁力線鎖定效應，可以保持固定的距離，以及無接觸、無磨擦的磁懸浮特性。因此地球儀可以完全無接觸地懸掛在空氣中，並可以接近無摩擦、無接觸在空中旋轉(僅有與空氣之摩擦力)。

