

磁性與磁懸浮

與本主題有關的科學

一. 專有名詞介紹

1. 冷次定律

能夠找到由電磁感應產生的電動勢和感應電流的方向，對於電磁感應所涉及的非保守力，此定律可視為能量守恆定律的延伸。是由俄羅斯物理學家海因里希·冷次發現的，內容為由於磁通量改變而產生感應電流，其方向為抗拒磁通量改變的方向。

2. 剩磁

磁體經過磁化至飽和以後，撤掉外加磁場，在原來外磁場方向上仍可以保持一定的磁化強度。

3. 鐵磁性物質

鐵磁性物質有自發性磁化的現象(在外部磁場的作用下而磁化，即使外部磁場消失，依然能保持其磁化的狀態而具有磁性)，也就是說在居禮溫度以下，又沒有外加磁場的狀況下，就具有磁性的物質。當鐵磁性物質達到居禮溫度時會因為熱擾動破壞磁區而轉換成順磁性，如鐵、鋼、鎳、鈷。

4. 順磁性物質

物質本身沒有自發的磁性，當外加一個磁場時，而物質很容易被磁化而產生和磁鐵磁場相同方向的磁性，則稱該物質具有順磁性，如白金、錫、鋁、空氣。

5. 居禮溫度

又稱磁性轉變點，由法國科學家居禮 (Pierre Curie ， 1859~1906) 發現的。當磁性材料中自發磁化強度降到零時的溫度，是鐵磁性或亞鐵磁性物質轉變成順磁性物質的臨界點，而這個關鍵的溫度就是居禮溫度。常見材料的居禮溫度鐵(1043K)、鈷(1400K)、鎳(627K)。

6. 自旋電子學

自旋電子學 (Spintronics)，一個混成詞，意思是「自旋輸運電子學」)，也被稱為 spinelectronics 或 fluxtronics，是除了基本的電子電荷之外，在固態電子器件中電子內在自旋的及其關聯磁矩的研究。

自旋電子學與更舊的磁電子學的不同之處在於旋轉是既被磁場又被電場這兩個場操縱。

自旋電子學是利用創新的方法，來操縱電子自旋自由度的科學，是一種新興技術。應用於自旋電子學的材料，需要具有較高的電子極化率，以及較長的電子鬆弛時間。許多新材料，例如磁性半導體、半金屬等，近年來被廣泛的研究，以求能有符合自旋電子元件應用所需要的性質。

7. 磁阻效應

磁阻效應（英語：Magnetoresistance，簡稱 MR）是指材料之電阻隨著外加磁場的變化而改變的效應，其物理量的定義，是在有無磁場下的電阻差除上原先電阻，用以代表電阻變化率。有多種可以稱為磁阻的效應：一些發生在大量非磁性金屬和半導體中，例如幾何磁阻，舒勃尼科夫-德哈斯振盪或金屬中常見的正磁阻。其他的效應發生在磁性金屬中，例如鐵磁體中的負磁阻或各向異性磁阻（AMR）。

發現

磁阻效應最初於 1856 年由威廉·湯姆森，即後來的克耳文勳爵發現[3]，但是在一般材料中，電阻的變化通常小於 5%，這樣的效應後來被稱為「常磁阻」(ordinary magnetoresistance, OMR)。他嘗試了鐵片，發現當電流與磁力方向相同時，電阻增加，當電流與磁力成 90° 時，電阻降低。然後他用鎳做了同樣的實驗，發現它以同樣的方式受到影響，但效果更大。這種效應被稱為各向異性磁阻（AMR）。

關於磁阻發現的動畫圖

Corbino 圓盤。隨著磁場關閉，由於電池連接在（無限）電導率邊緣之間，徑向電流在導電環中流動。當沿著軸線的磁場接通時，洛倫茲力驅動電流的圓形分量，內外邊緣之間的電阻上

升。這種由於磁場引起的電阻的增加被稱為「磁阻」。

在 2007 年，阿爾貝·費爾和彼得·格林貝格共同獲得諾貝爾獎，因為發現巨磁阻效應

各種磁阻效應

常磁阻 (Ordinary Magnetoresistance, OMR)

對所有非磁性金屬而言，由於在磁場中受到勞侖茲力的影響，傳導電子在行進中會偏折，使得路徑變成沿曲線前進，如此將使電子行進路徑長度增加，使電子碰撞機率增大，進而增加材料的電阻。

巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR)

巨磁阻效應存在於鐵磁性(如：Fe, Co, Ni)/非鐵磁性(如：Cr, Cu, Ag, Au)的多層膜系統，由於非磁性層的磁交換作用會改變磁性層的傳導電子行為，使得電子產生程度不同的磁散射而造成較大的電阻，其電阻變化較常磁阻大上許多，故被稱為「巨磁阻」。1988 年由法國物理學家阿爾貝·費爾與德國物理學家彼得·格林貝格分別發現的巨磁阻效應，也被視為是自旋電子學的發源。

超巨磁阻 (Colossal Magnetoresistance, CMR)

超巨磁阻效應存在於具有鈣鈦礦(Perovskite)ABO₃ 的陶瓷氧化物中。其磁阻變化隨著外加磁場變化而有數個數量級的變化。其產生的機制與巨磁阻效應(GMR)不同，而且往往大上許多，

所以被稱為「超巨磁阻」。

異向磁阻 (Anisotropic magnetoresistance, AMR)

有些材料中磁阻的變化，與磁場和電流間夾角有關，稱為異向性磁阻效應。此原因是與材料中 s 軌域電子與 d 軌域電子散射的各向異性有關。

穿隧磁阻效應 (Tunnel Magnetoresistance, TMR)

穿隧磁阻效應是指在鐵磁-絕緣體薄膜(約 1 奈米)-鐵磁材料中，其穿隧電阻大小隨兩邊鐵磁材料相對方向變化的效應。此效應首先於 1975 年由 Michel Julliere 在鐵磁材料(Fe)與絕緣體材料(Ge)發現；室溫穿隧磁阻效應則於 1995 年，由 Terunobu Miyazaki 與 Moodera 分別發現。此效應更是磁阻式隨機存取記憶體 (MRAM) 與硬碟中的磁性讀寫頭的科學基礎。

二. 演示實驗項目

1. 渦電流

物理教學示範影片-渦電流

<https://www.youtube.com/embed/pJSYhDewTOE>

準備兩個一樣長度的空心鋁管以及一個未被磁化的螺絲、一個被磁鐵磁化的螺絲。將兩個鋁管放至相同高度，再將螺絲同時放入

鋁管中，可以發現被磁化的螺絲會較慢掉出鋁管。是因為冷次定律造成被磁化的螺絲在進入鋁管時，會造成磁場改變，而產生一個反方向的磁場抵抗螺絲進入鋁管；反之，在螺絲要離開鋁管時，也會造成磁場改變，產生一個磁場方向不讓螺絲離開鋁管，因此使被磁化的螺絲在鋁管內的時間較久。

2.磁滯曲線

[台大普物實驗下]磁滯曲線

https://www.youtube.com/embed/wXiT2w10l_Q

需要一台手機有 phyphox 程式使用磁力計測量以及一根被磁化的螺絲。先將手機 y 軸位置調整成 0，再將螺絲放在手機頂端(需要間隔一些距離，避免手機被磁化)，將螺絲等速移動遠離手機遠到測不到螺絲的磁力，此時可以看到手機量測到的數據不會等於 0，稱為剩磁；再將螺絲等速移動靠近手機，可以看到手機數據往另一方向的數值增大(因為磁鐵有 N、S 極)，重複此動作 2~3 次即可藉由手機數據繪製磁滯曲線。

3.居禮溫度

Curie Pendulum. How to Make a Heat Engine.

<https://www.youtube.com/embed/TRRyFZ6fwN0>

準備鎳棒、磁鐵、三用電表、酒精燈。將鎳棒吸附在磁鐵上，點燃酒精燈放在鎳棒下面加熱鎳棒，當鎳棒加熱超過某特定溫度，鎳棒就不會被磁鐵吸住，此時用三用電表量到的就是居禮溫度，讓鎳棒冷卻後，會逐漸被磁鐵吸引，就是整個實驗過程。
