

OS MATERIAIS E O MAGNETISMO

Quando um material é colocado sob o efeito de um campo magnético externo, o modo como o material é afetado por esse campo depende da estrutura atômica ou molecular e do momento magnético resultante de todos os átomos, moléculas ou iões que o constituem.

Origem do magnetismo

A corrente elétrica (I)¹, associada ao movimento do eletrão em torno do núcleo, dá origem ao momento magnético orbital $\vec{\mu}$, definido como:

$$\vec{\mu} = I \vec{A}$$

O vetor $\vec{A}$, é um vetor perpendicular à área delimitada pela órbita do eletrão e o seu módulo é numericamente igual à área A (figura 1).

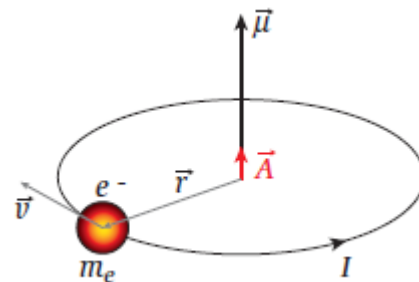


Figura 1 – Representação do momento magnético orbital do eletrão num átomo.

Além do momento magnético devido ao movimento orbital do eletrão, há um momento magnético intrínseco do eletrão devido ao seu spin, designado por momento magnético de spin ($\vec{\mu}_s$).

O momento magnético total do eletrão é resultante destas duas componentes (momento magnético orbital e de spin).

Tendo em conta todas as contribuições dos momentos magnéticos de todos os eletrões de cada átomo, obtém-se um momento magnético atómico resultante. Quando os eletrões de um átomo estão emparelhados, os momentos magnéticos destes eletrões têm sentidos opostos e anulam-se. Átomos que tenham os eletrões totalmente emparelhados apresentam um momento magnético nulo. Os átomos com eletrões desemparelhados, têm momento magnético resultante não nulo.

As características magnéticas de um material resultam das contribuições de cada átomo que forma o material.

Os materiais podem comportar-se distintamente relativamente a um campo magnético externo. Esse comportamento pode dividir os materiais em três categorias: **diamagnéticos**, **paramagnéticos** e **ferromagnéticos**.

Ferromagnetismo

Os átomos de materiais ferromagnéticos têm eletrões desemparelhados, e por isso, cada átomo possui momento magnético resultante não nulo. Os momentos magnéticos de átomos vizinhos tendem a alinhar-se formando **domínios** (figura 2). Contudo domínios vizinhos do material podem ter momentos magnéticos com

¹ Corrente elétrica associada ao movimento de um eletrão, com velocidade v , que descreve uma órbita de raio r e período T , em torno do núcleo: $I = \frac{e}{T} = \frac{e v}{2\pi r} = \frac{e m r v}{2\pi m r^2} = \frac{e L}{2\pi m r^2}$, em que L é o módulo do momento angular orbital do eletrão, sendo m a sua massa.

orientações diferentes.

Quando um material ferromagnético, como o ferro, o níquel e o cobalto, é colocado sob a influência de um campo magnético externo, os domínios tendem a alinhar os momentos magnéticos com o campo magnético externo, provocando um aumento significativo do campo magnético total (figura 3). Mesmo sem

externo aplicado, um material ferromagnético pode ter os momentos magnéticos alinhados. Isto acontece nos ímanes permanentes (ímãs). Se um material ferromagnético é colocado sob a influência de um campo magnético externo, pode manter o alinhamento dos domínios mesmo após ter sido retirado o campo magnético externo.

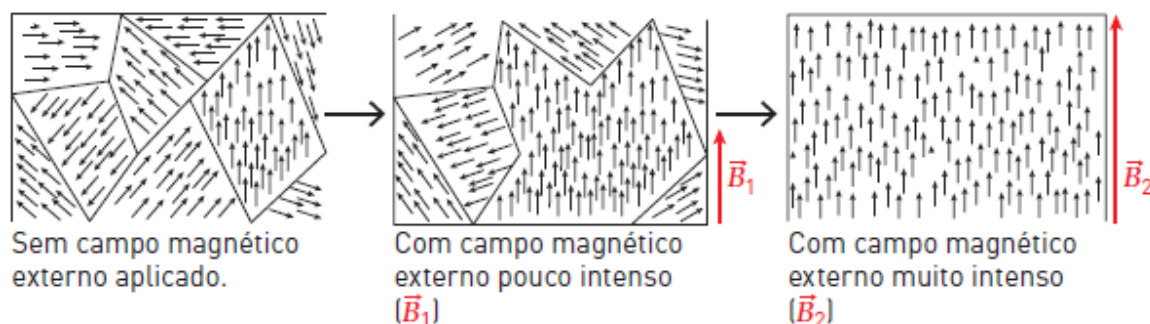


Figura 3 – Efeito do campo magnético externo num material ferromagnético.

Exemplos de materiais ferromagnéticos: ferro, níquel, cobalto, gadolínio.

Há materiais **ferrimagnéticos**. Um material deste tipo, normalmente é cristalino e possui duas sub-redes com alinhamentos de momentos magnéticos diferentes. O momento magnético resultante de uma das redes cristalinas é mais intenso e por isso, o material parece ser ferromagnético sem realmente o ser (figura 4). A magnetite era considerado um material ferromagnético até 1947 quando o físico francês Louis Néel forneceu a explicação teórica do que viria a ser conhecido como ferrimagnetismo.

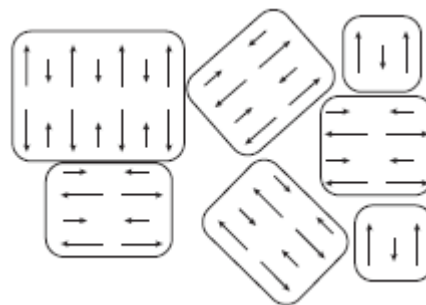


Figura 4 – Domínios num material ferrimagnético.

Paramagnetismo

Os átomos de materiais paramagnéticos têm eletrões desemparelhados, tendo portanto um momento magnético não nulo. Mas contrariamente aos materiais ferromagnéticos, não apresentam domínios com momento magnético com um sentido preferencial. Os momentos magnéticos têm uma orientação aleatória, o que faz com que o momento magnético total seja nulo. Mas se um material paramagnético ficar sob o efeito de um campo magnético externo, os momentos magnéticos tendem a alinhar-se com o mesmo sentido do campo magnético externo (são atraídos por magnetes permanentes fortes) (figura 5). No entanto, se o campo externo for retirado, o material perde a magnetização e os momentos magnéticos voltam a ficar orientados aleatoriamente.

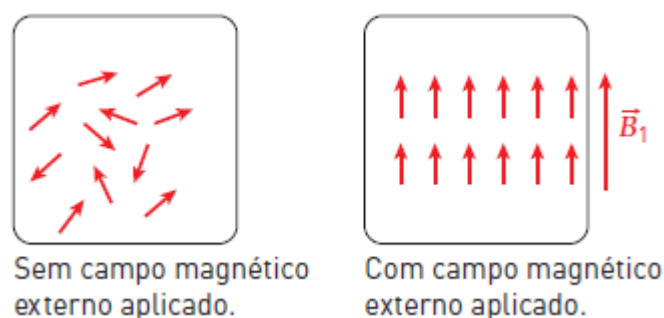


Figura 5 – Efeito de um campo magnético num material paramagnético.

Exemplos de materiais paramagnéticos: alumínio, titânio, magnésio, molibdénio, lítio, tântalo.

Diamagnetismo

Nos materiais diamagnéticos não há eletrões desemparelhados e portanto apresentam momento magnético nulo. Todos os materiais apresentam algum grau de diamagnetismo, porque todos têm orbitais completamente preenchidas, no entanto, se os materiais são ferromagnéticos ou paramagnéticos, o carácter diamagnético fica mascarado pelo carácter ferromagnético ou paramagnético, que é dominante.

Quando um campo magnético é aplicado a um material diamagnético, este tende a alinhar os momentos magnéticos dos seus átomos em sentido oposto ao campo externo (são repelidos por um campo magnético forte) – figura 6.

Este comportamento pode traduzir-se em efeitos como a levitação magnética, quando um material diamagnético estiver sujeito a um campo magnético forte.

No estado supercondutor os materiais comportam-se como diamagnetes perfeitos (figura 7).

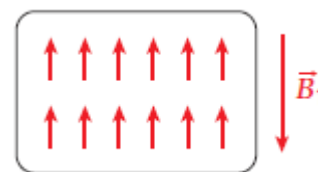


Figura 6 – Efeito do campo magnético num material diamagnético.

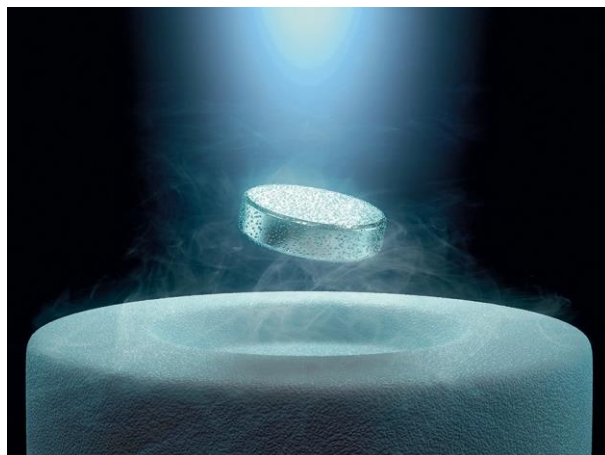


Figura 7 – Um supercondutor é um material diamagnético perfeito.

Alguns materiais diamagnéticos: carbono, cobre, prata, ouro.