



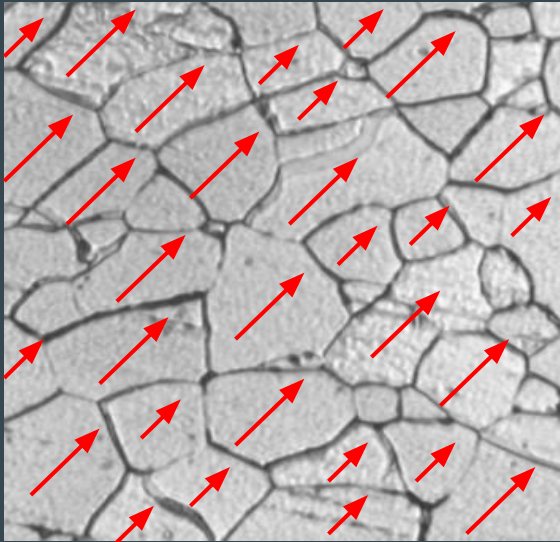
Materiais ferromagnéticos, antiferromagnéticos e ferrimagnéticos

...

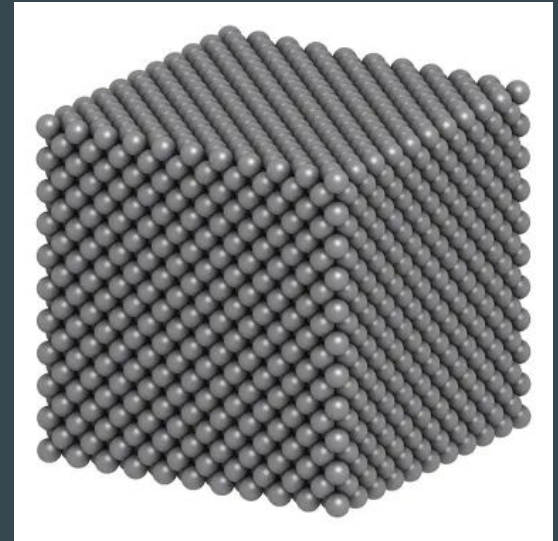
Apresentação: Rodrigo Sobral Nogueira

1. Ferromagnetismo

· É a capacidade que um material apresenta em fazer com que seus pequenos **domínios magnéticos** se alinhem todos em uma mesma **direção e sentido**.



· Estes domínios magnéticos têm da ordem de 10^{-6} m de comprimento, e podem ser influenciados por um campo externo, rotacionando no sentido do campo.



· Surge a partir da interação e troca de elétrons em sua estrutura atômica. A mecânica quântica força os momentos magnéticos adjacentes a se orientarem paralelamente uns aos outros, formando domínios magnéticos. Esse magnetismo é típico de materiais como o ferro.



Ferro (Fe)



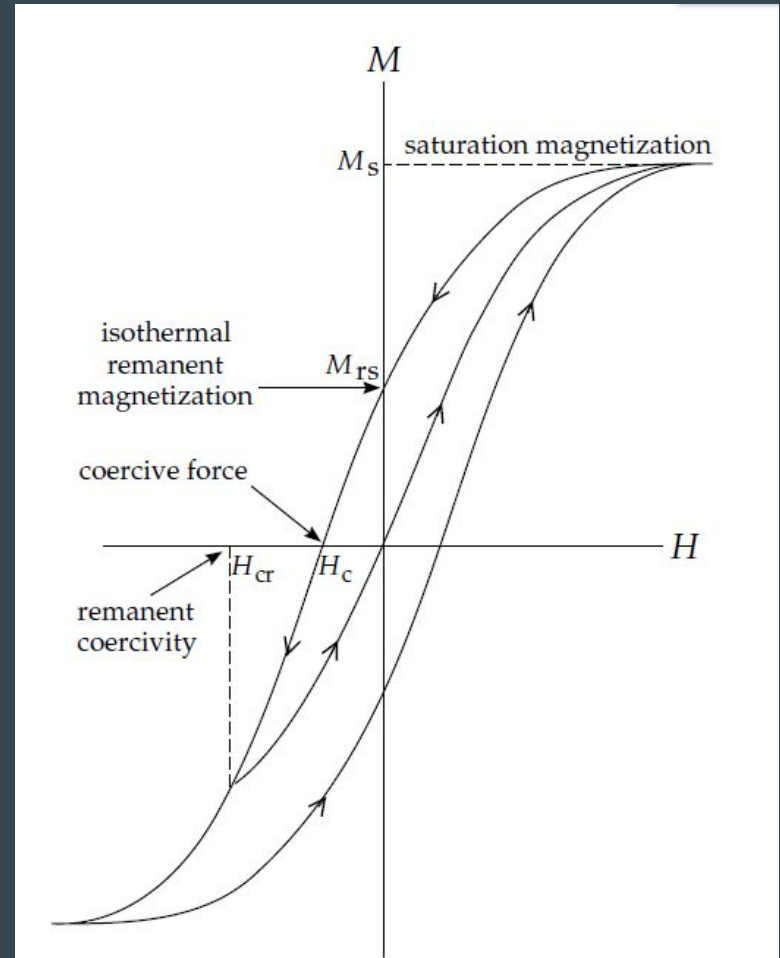
Níquel (Ni)



Cobalto (Co)

- A principal característica é a capacidade de guardar a orientação dos domínios magnéticos mesmo após o campo externo ter sido removido, como se fosse uma memória do campo do passado.

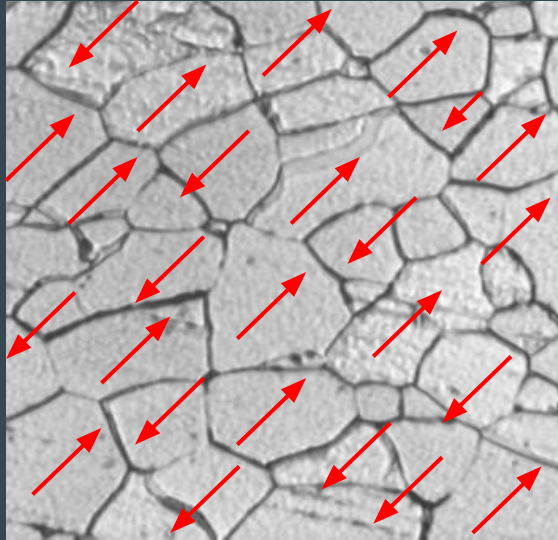
- Esta característica pode ser perdida a partir de uma certa temperatura (temperatura de Curie), adquirindo neste momento as características de materiais paramagnéticos.



2. Antiferromagnetismo

- É a capacidade do material apresentar seus **domínios magnéticos** alinhados na mesma **direção e intensidade**, mas **sentidos opostos**.

- Em cristais de óxido, o oxigênio geralmente mantém os íons metálicos distantes, de modo que a troca direta de elétrons não é possível.



- Em certos minerais, a interação entre os *spins* magnéticos é possível pela troca de elétrons entre íons metálicos através da nuvem eletrônica do íon oxigênio.

- Esse processo de troca indireta resulta em direções antiparalelas de momentos magnéticos atômicos adjacentes, formando sub-redes com momentos magnéticos intrínsecos iguais e opostos.

- Em alguns casos, defeitos na rede cristalina de materiais antiferromagnéticos típicos pode gerar um desemparelhamento de elétrons, capazes de gerar um pequeno efeito ferromagnético.

- A suscetibilidade de um cristal antiferromagnético é fraca e positiva, e a magnetização remanescente não é possível. O antiferromagnetismo se desfaz na temperatura de Néel, tornando-se paramagnético.

- A temperatura de Néel T_N de muitas substâncias antiferromagnéticas é menor que a temperatura ambiente, na qual elas são paramagnéticas.



Óxido de Manganês (MnO)



Fluoreto de Manganês (MnF_2)

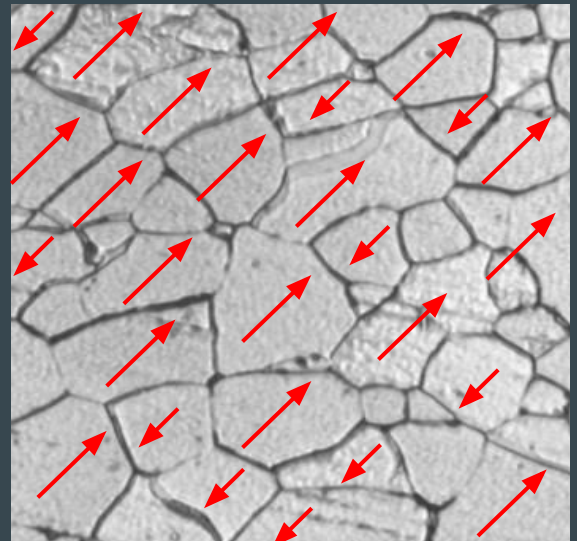


Óxido de Níquel (NiO)

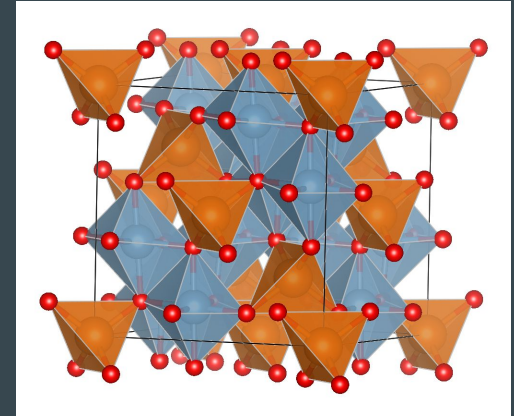
- Um exemplo comum de mineral antiferromagnético é a ilmenita (FeTiO_3), que tem uma temperatura de Néel de apenas 50 K.

3. Ferrimagnetismo

- É semelhante ao antiferromagnetismo: os momentos magnéticos adjacentes estão em **oposição**, mas em **intensidades diferentes**, resultando em um **momento magnético paralelo** ao campo magnético ambiente.
- Os materiais ferrimagnéticos, possuindo as propriedades das substâncias ferromagnéticas, são a fonte de praticamente toda a magnetização dos materiais terrestres.



- Os íons metálicos em um antiferromagneto ocupam os vazios entre os íons de oxigênio. Em certas estruturas cristalinas (ex. espinélio), os “sítios” dos íons metálicos diferem uns dos outros na coordenação dos íons de oxigênio.
- Os sítios tetraédricos têm quatro íons de oxigênio como vizinhos mais próximos e os sítios octaédricos têm seis. Os sítios tetraédricos e octaédricos formam duas sub-redes.
- Em um espinélio normal os sítios tetraédricos são ocupados por íons bivalentes e os sítios octaédricos por íons Fe^{3+} .





Ilmenita (FeTiO_3)



Titanomagnetita ($\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_2\text{O}_4$)



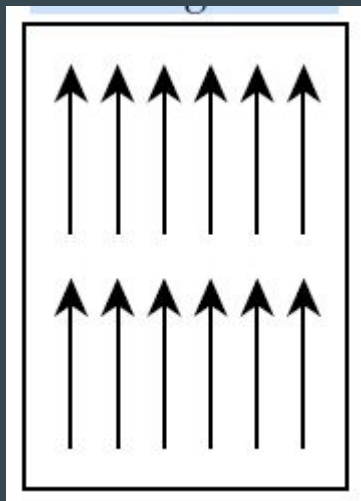
Óxido de Ferro-III (Fe_2O_3)

$k < 0$	Diamagnetismo
$k \equiv 0$	Vácuo
$0 < k < 10^{-6}$	Paramagnetismo
$10^{-6} < k < 1$	Ferrimagnetismo
$1 < k < 10^6$	Ferromagnetismo

4. Resumo

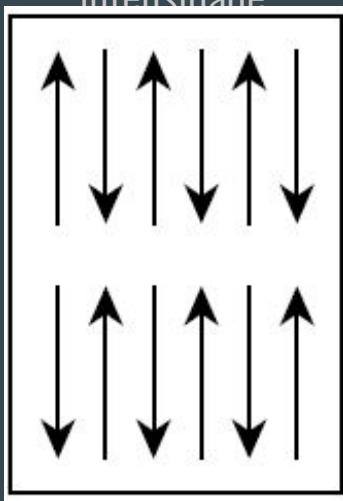
Ferromagnetismo

- domínios magnéticos alinhados na mesma direção e sentido.



Antiferromagnetismo

- domínios magnéticos opostos e com mesma intensidade



Ferrimagnetismo

- domínios magnéticos opostos, com intensidades diferentes.

