

# Metal Fiziđi

## Ders Notları

**Doç. Dr. Őinasi BarıŐ EMRE**

# Ders İçeriđi

- **Manyetik Malzeme**
- **Bir Atomun Manyetik Momenti**
- **Ferromıknatıslık**

# Manyetik Malzeme

- Demir gibi bazı malzemeler doğal şekilde manyettiktir. İçinde demir olan ve olmayan maddeleri birbirinden ayırmanın en kolay yolu, manyetik özelliklerini kıyaslamaktır.
- Demir gibi kuvvetli manyetik özelliğe sahip olan malzemeler Kobalt, Nikel ve Gadolinyum'dur. Bunların dışında bazı özel alaşımlar da önemli manyetik özelliklere sahiptirler.
- Birçok element azda olsa manyetik özelliğe sahiptir. Metallerin çoğu paramanyettiktir. (Mıknatıs tarafından zayıfça çekilirler.) Diğer metaller ile ametaller diamanyettiktir. (Mıknatıs tarafından zayıfça itilirler.) Paramanyetik ve diamanyetik malzeme, (demir-kobalt-nikel) grubuna kıyasla milyonda birden daha az etkili olduklarından mühendislik uygulamaları şimdilik çok azdır.

# Bir Atomun Manyetik Momenti

- Eğer bir manyetik alan katıyı etkilemişse, katı içindeki bir grup atom manyetik momente sahiptir. Bir küçük magnetin **M manyetik momenti**, manyetik olarak **I akımı taşıyan ve S yüzeyine sahip** olan bir akım halkasının manyetik momentine eşittir.

$$M = I \cdot S$$

- Atomik manyetik momentler, manyetizmanın temel verilerini oluştururlar. Bir atomdaki elektronu ele alalım: Atoma bağlı veya serbest bir elektron 1/2 spin'e sahiptir. Bunun anlamı, elektronun  $\hbar/2$  ve  $-\hbar/2$  değerinde iki açısal momentuma sahip olmasıdır.

$$\hbar = h/2\pi = 1.054 \times 10^{-34} \text{ J.sn}$$

Bu açısal momentum, elektrona **Bohr Magnetonu** olarak da bilinen bir manyetik moment verir.

$$\mu_B = e\hbar/2m_e = 9.27 \times 10^{-4} \text{ (MKSA)}$$

Herhangi bir doğrultuda elektronun manyetik momenti ölçülmek istendiğinde, açısal momentuma bağlı olarak  $+\mu_B$  ve  $-\mu_B$  değerlerini buluruz.

- ❑ Bir atomda elektronun yanında çekirdek ve onun içinde de parçacıklar vardır. Bu parçacıkların da spini olup atomik manyetik momente katkıları vardır. Yalnız bu manyetik moment, kütle ile ters orantılı olduğundan **çekirdeğin manyetik momenti, elektronların manyetik momentleriyle karşılaştırıldığında ihmal edilecek düzeydedir.**
- ❑ Bir atomik elektron, atomun manyetik momentine 2. bir katkıda daha bulunur. manyetik momente bu katkı, **elektronun yörüngesel açısal momentumundan** ileri gelmektedir. Bu açısal momentumun “z” eksenini üzerindeki izdüşümü ‘mħ’ dir. Bu açısal momentumun oluşturduğu manyetik moment ise ‘mμ<sub>B</sub>

$$\mu = -m\mu_B$$

### **Bir yörüngede hareket eden bir elektronun manyetik momentinin klasik yoldan hesabı:**

M noktasında bulunan m<sub>e</sub> kütleli bir elektronun O noktasından geçen bir eksen etrafında döndüğünü varsayalım.

$$\vec{J} = \vec{OM} \times m_e \vec{v} = m_e R \cdot v \hat{n}$$

$\hat{n}$  : Yörünge düzlemine dik birim vektör

- ❑ Yörüngede hareket eden bir elektron bir halka akımını oluşturur.

□ e yükü, bir devri  $t = \frac{2\pi R}{\vartheta}$  süresinde tamamladığına göre, oluşan elektrik akımı :

$$I = -\frac{e}{t} = -\frac{e\vartheta}{2\pi R}$$

□ Bir akım halkasının oluşturduğu manyetik moment ise :

$$\vec{\mu} = I \cdot S \cdot \hat{n} = -\left(\frac{e\vartheta}{2\pi R}\right)\pi R^2 \hat{n}$$

$$\vec{\mu} = -\frac{1}{2}e\vartheta R \hat{n}$$

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2m_e} \cdot \underbrace{m_e \vartheta R \hat{n}}_{\vec{J}}$$

$\vec{\mu} = \gamma \cdot \vec{J}$  olarak yazılabilir.

$\gamma = -\frac{e}{2m_e}$  olup, **Jiromanyetik oran** olarak da bilinmektedir

Eğer  $J = m\hbar$  olarak alınırsa  $\vec{\mu} = -\frac{e}{2m_e} \cdot m\hbar$

olarak bulunur. Buradaki (-) elektronun yükünden ileri gelmektedir.

- ❑ Elektronun yörünge ve spin manyetik momentleri birbiriyle kolaylıkla karşılaştırılabilir. Her iki nicelikte Bohr magnetonu ( $\mu_B$ )nu içermektedir. **Açısal momentumun  $\hbar$  boyutunda katkısı spin'e 1/2, yörüngesel momenti ise  $m$ 'dir.** Buna her iki manyetik momentte aynı bağıntıdan giderek türetilir.

$$\vec{\mu} = -\frac{g \cdot \mu_B \cdot (\text{açısal momentum})}{\hbar}$$

**Buradaki g- faktörü spin için 2, yörüngesel açısal momentum için ise 1 dir.**

- ❑ Bir elektron'un atomun manyetik momentine katkısı 2 etkinin toplamından giderek bulunabilmektedir. Bu iki katkının toplanmasındaki problem, **bunların birbirinden bağımsız olmamasıdır.** Çünkü elektronun yörüngesel hareketinden oluşan manyetik alan, elektronun spin açısal momentumunu, dolası ile de spin manyetik momentini etkilemektedir. Atomda birbirinden bağımsız olmayan elektronların katkıları birbirine eklenerek atomun manyetik momenti elde edilecektir.

Eğer bir toplam olarak  $j\hbar$  açısal momentuma sahipse manyetik momenti şuna eşittir.

$$\vec{\mu} = -g \mu_B \vec{j}$$

$g$ : Lande - $g$ - faktörü olup değeri 1 ile 2 arasındadır.  
Spin momentumu için: 1/2  
Yörüngesel "  $L$  " : 1 değerine sahiptir.

### **Atomik manyetik Momentlerin Değerleri :**

#### ***1° Serbest Atom:***

Pauli prensibi, bir atomda ancak zıt spinlere sahip olan elektronların aynı yörüngede bulunabileceklerini söylemektedir. Eğer yörünge dolu ise, bu elektron çiftinin spin açısal momentumu sıfırdır. Eğer bir kristaldeki manyetik momentler rastgele bir doğrultuya sahipse, bunların herhangi bir eksen üzerindeki izdüşümü sıfıra eşittir. Bunun kuantum teorisindeki karşılığı mJ'nin tüm değerlerinin eşit olasılıkla alınmasıdır.



# FERROMİKNATISLIK

Ferromıknatıslık, atomlar içinde elektronların yapısı sonucu oluşmaktadır. Bir atomda her enerji düzeyinde en fazla iki elektron bulunur ve bunların spinleri zıt yönlü olmalıdır. Böylece her dönen elektron düşük kapasiteli bir mıknatıs gibi davranır. Çünkü elektronun kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı bir manyetik momenti vardır. Bu manyetik moment maddenin manyetik özelliğini belirlemektedir.

Genel olarak, çift sayıda elektronu olan bir elementte,  $+1/2$  spine sahip elektron sayısı kadar,  $-1/2$  spine sahip elektron bulunduğundan  $\mu_+ \equiv \mu_-$  olduğundan toplam manyetik moment sıfırdır ve bu malzemede manyetik özellik gözlenmez.

□ Valans altı kabukları dolu olmayan elementlerde ise bir yöne dönen elektronların sayısı, diğer yöne dönenlerin sayısından farklı olduğundan,  $\mu_+ \neq \mu_-$  dir. Bu nedenle de, bu malzemelerde net bir manyetik moment oluşur ve madde bu manyetik momentin büyüklüğüne bağlı olarak manyetik özellikler gösterirler.

**Kobalt ve Gadolinyum'da** manyetik momentler yeterince güçlüdür. Bu manyetik momentler yakındaki manyetik momentlerde bir düzenleme oluştururlar.

Bu durum ferromıknatıslığı oluşturur. Yukarıdaki elementlerin yanında **Mn**, **MnBi** alaşımları da ferromanyetiktir. Aynı şekilde **NiFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, **BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>** gibi bazı seramik malzemeler de ferromanyetiktir.

## Bölme Yapısı :

Komşu ferromanyetik atomlar aynı yöne dönecek şekilde kendilerini ayarladıklarından kristallerde manyetik bölmeler oluşur. Bu manyetik bölmelerin boyutları **0,05 mm**'den büyük olmaz.

Bir ferromanyetik malzemedeki manyetik bölmeler rastgele yerleştirilmiştir. Bu nedenle etkileri birbirini yok eder. Bir dış manyetik alanla bunlar aynı yöne çevrilirse malzeme manyetik olur.

- Bütün manyetik bölmelerin bir yöne dönüşü malzemedeki öyle bir etki yapar ki, bu özellik manyetik alan kaldırıldıktan sonra kalıcı veya geçici olabilir.
- Malzemenin, **manyetik olarak sert veya yumuşak olması** manyetizmanın kalıcı olup olmamasına bağlıdır.
- Bir malzemenin manyetik özelliklerini araştırırken öncelikle diamanyetizma ve paramanyetizmayı incelememiz gerekmektedir.
- İncelememize diamanyetizmadan ve paramanyetizmadan başlayacağız.**