

MANYETİK MALZEMELER

Malzemelerin Manyetik Özellikleri

- ▶ Manyetik Parametreler
- ▶ Manyetiklik Türleri
 - ▶ 1) Diamanyetik malzemeler
 - ▶ 2) Paramanyetik malzemeler
 - ▶ 3) Ferromanyetik malzemeler
 - ▶ 4) Ferrimanyetik malzemeler
- ▶ Manyetizma
- ▶ Manyetik Özelliklerin Ölçümü
- ▶ Manyetik Malzemeler
 - ▶ Yumuşak manyetik malzemeler
 - ▶ Orta manyetik malzemeler
 - ▶ Sert manyetik malzemeler
- ▶ Manyetikliği Etkileyen Etkenler
- ▶ Manyetik Malzemelerin Kullanım Alanları



Manyetik Alan ve Manyetik Akı

- İçinden elektrik akımı geçen bir iletkenin çevresinde **manyetik alan (H)** oluşur. Bu manyetik alanın içine manyetiklik özelliğine sahip bir malzeme konacak olursa manyetik alan şiddeti daha da artar ve kuvvet çizgileri sıklaşır. Malzeme varlığından doğan ek manyetik alan artımına **“manyetik akı (B)”** denir.



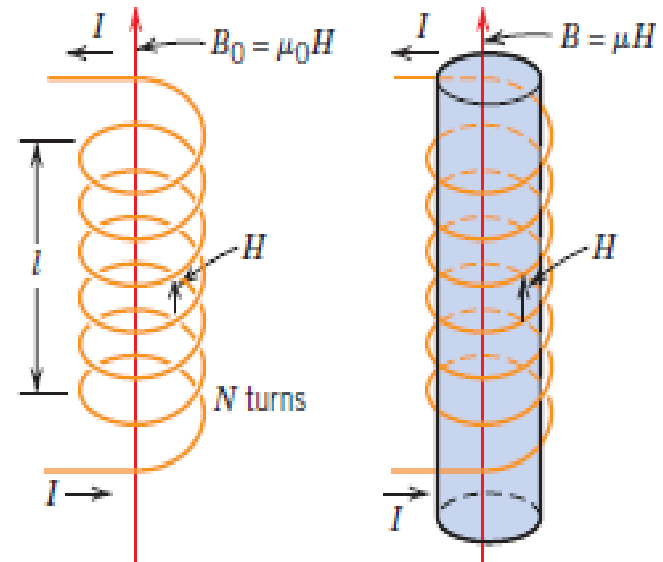
- $B = \mu H \quad (W/m^2)$

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (H/m)$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad (H/m)$$

- μ : Mutlak manyetik geçirgenlik katsayısı

- μ_r : Bağıl manyetik geçirgenlik katsayısı



Manyetik Alanla İlgili Birimler

Table 20.1 Magnetic Units :

<i>Quantity</i>	<i>Symbol</i>	<i>SI U</i>
		<i>Derived</i>
Magnetic induction (flux density)	B	tesla (Wb/m^2)
Magnetic field strength	H	amp-turn/m
Magnetization	M (SI) I (cgs-emu)	amp-turn/m
Permeability of a vacuum	μ_0	henry/m ^b
Relative permeability	μ_r (SI) μ' (cgs-emu)	Unitless

Manyetik Moment

Bir elektronun atom çekirdeği etrafındaki hareketi, tıpkı gezegenlerin Güneşin etrafında yaptıkları yörüngesel hareket gibidir.

Elektronlar bir elektrik yük taşıdıklarından, yörüngesel hareket yapan yük bir elektrik akımı doğurur. Bu elektrik akımı da bir *yörüngesel manyetik moment*'in oluşumuna neden olur.

Bilindiği gibi gezegenler kendi eksenleri etrafında da dönerler. Gezegenlerdeki bu hareket elektronlarda da görülür. Bu kendi eksen etrafında dönme hareketine *spin hareketi* adı verilir. Spin hareketi yapan elektrik yüklü elektron *spin manyetik moment* doğurur.

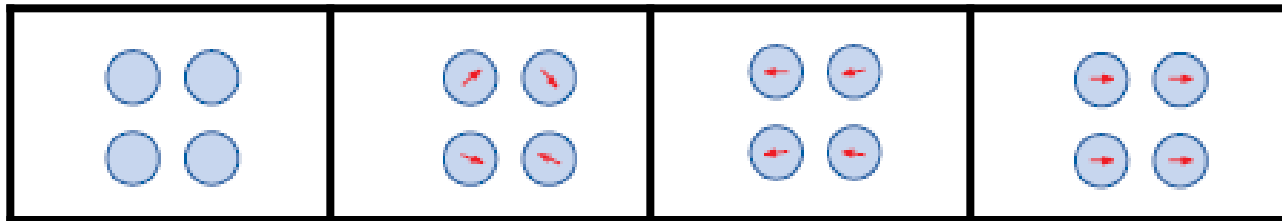
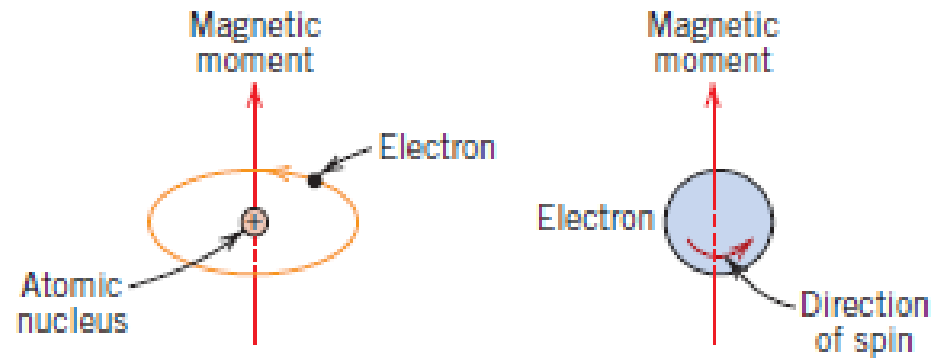


Manyetik Moment

Pauli prensibine göre; bir yörüngede en fazla iki elektron çift yapar. Eğer bir yörüngede iki elektron varsa, bu elektronların spin manyetik momentleri birbirlerine zıttır. Birbirlerine zıt spin manyetik momentler birbirlerinin etkisini yok ederler ve sadece yörüngesel hareketten kaynaklanan manyetik momentler kalır. Eğer yörüngede tek elektron varsa, elektronun hem spin ve hem de yörüngesel manyetik momenti mevcuttur. Bu temelden hareketle, atom içeren tüm maddelerin bir mıknatıslanma taşıdıkları anlaşılır. Ancak bir maddenin manyetik özelliği, onun atom veya iyonlarının yörüngelerindeki elektron sayısının çift veya tek olmasına, yörüngesel veya spin hareketinden kaynaklanan manyetik momentin baskın olmasına, kristal kafesinde atomik manyetik momentlerin birbirlerini etkilemelerine, atom veya iyonların kristal kafesindeki dizilişlerine bağlıdır.



Manyetik Moment



Manyetiklik Türleri

► 1) Diyamanyetik malzemeler

►

$$B = \mu H \quad (W/m^2)$$

► 2) Paramanyetik malzemeler

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (H/m)$$

► 3) Ferromanyetik malzemeler

► 4) Ferrimanyetik malzemeler



Manyetiklik Türleri

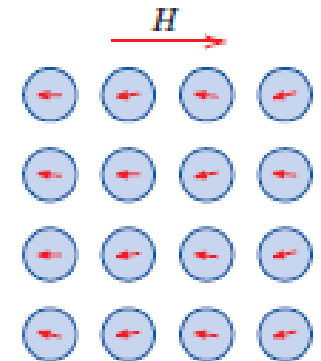
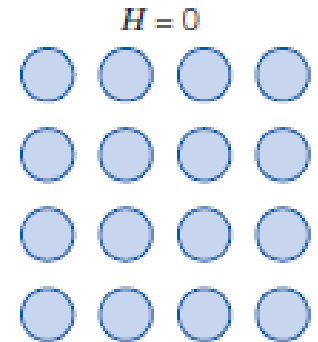
► **Diyamanyetik Malzemeler:** $\mu_r < 1$ 'dir. ($\mu_r = 0.998$ gibi)

► Diyamanyetik malzemelere bir manyetik alan uygulandığında çok küçük bir elektron hareketlenmesi oluşur.

► Diyamanyetik malzemelerde manyetik moment manyetik alana ters yönde oluşur.

► Diyamanyetik malzemeler kalıcı olarak mıknatıslanmazlar.

►



Manyetiklik Türleri

► **Paramanyetik Malzemeler:** $\mu_r > 1$ 'dir. ($\mu_r = 1.001$ gibi)

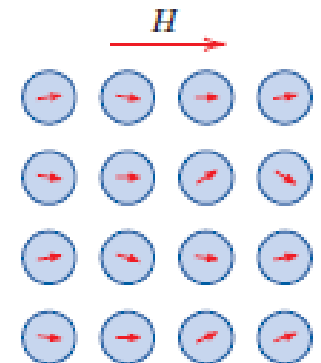
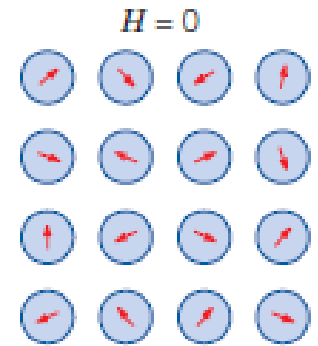
► Atomları daha önceden bir manyetik momente sahip olan cisimlere paramanyetik malzemeler denir.

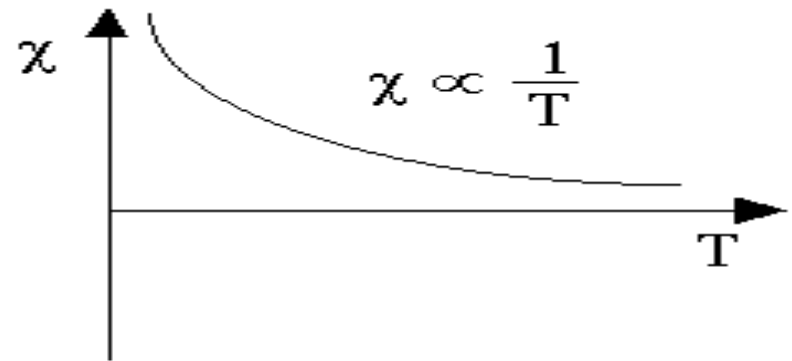
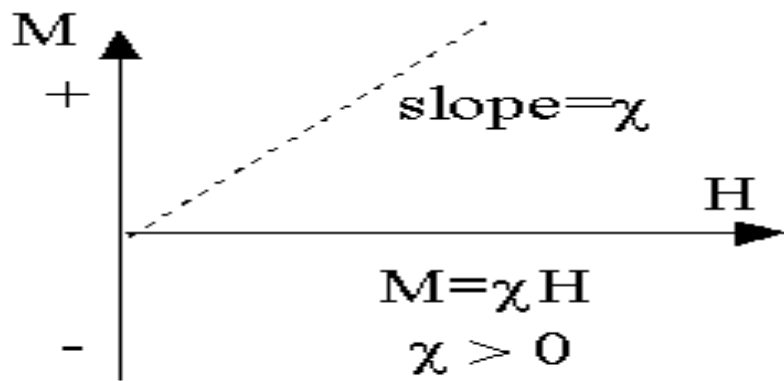
► Manyetik alan uygulandığında manyetik alan ile manyetik moment aynı yönde olur.

► Paramanyetik malzemeler kalıcı olarak mıknatıslanmazlar.

►

► **Örnek:** Cr ve Al





Paramagnetism

➤ **$M = C \cdot B_0 / T$**

- $B_0 = 0$ olduğunda mıknatıslanma sıfırdır; bu durum dipol momentlerin rastgele yönelmiş olmalarına karşılık gelir.
- Çok yüksek alanlarda ve çok düşük sıcaklıklarda, mıknatıslanma maksimum veya doyum değerine yaklaşır. Bu durumda, tüm manyetik dipol momentler uygulanan alan yönünde dizilmişler demektir ve eşitlik artık geçerli değildir

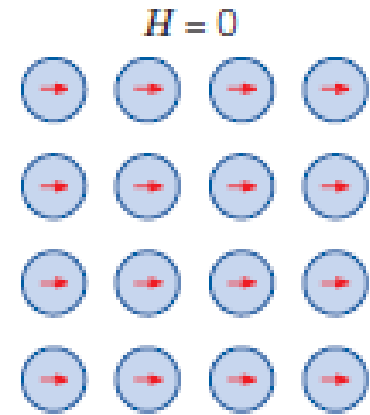
Manyetiklik Türleri

► **Ferromanyetik Malzemeler:** $\mu_r \gg 1$ 'dir. ($\mu_r = 10^6$ gibi)

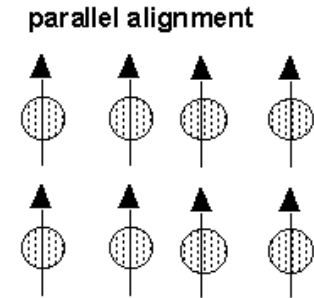
► İyonlarla serbest elektronlar bir arada bulunduğu ortamda elektronlarla komşu iyonlar arasında etkileşme olur.

► Ferromanyetik malzemelerde mıknatıslanma etkisi kuvvetlidir.

► Ferromanyetik malzemeler manyetik bir alana maruz kaldıklarında kalıcı olarak mıknatıslanabilirler.



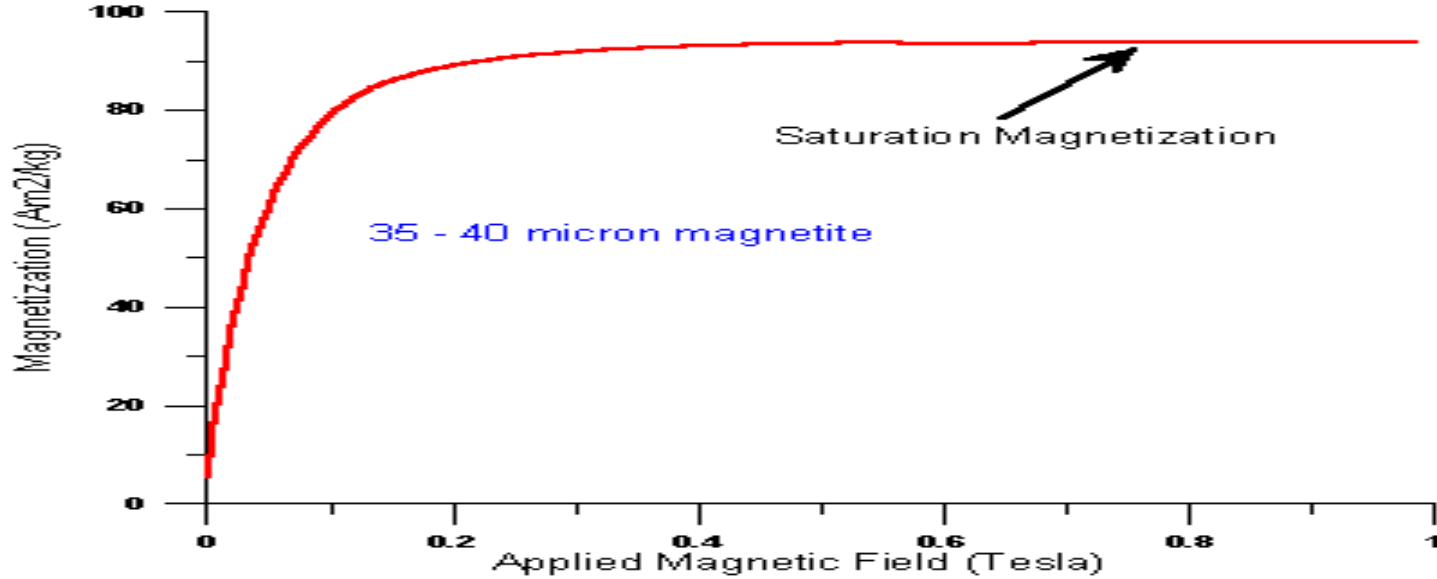
- ▶ Paramanyetik malzemelerin aksine ferromanyetik malzemelerin atomik momentleri çok güçlü bir etkileşim gösterirler. Bu etkileşimler elektronik değişim kuvvetleri tarafından üretilir ve atomik momentlerin paralel ya da antiparalel dizilimine yol açarlar. Değişim kuvvetleri çok büyüktür. Yaklaşık 100 Tesla' nın üzerinde bir alana eşdeğerdir ya da Dünya'nın manyetik alanından yaklaşık olarak 100 milyon kez daha güçlüdür. Ferromanyetik malzemelerin manyetik momentleri paralel dizilim gösterirler ve manyetik alanın yokluğunda dahi büyük bir net manyetizasyona yol açarlar.



Ferromagnetism

-
- ▶ Fe, Ni, Co elementleri ve birçok alaşımları tipik olarak ferromanyetik malzemelerdir. Ferromanyetik malzemelerin belirgin iki özelliği,
 - ▶ 1- Kendiliğinden (doğal) manyetizasyonu ve varlığı,
 - ▶ 2- Manyetik düzenlenme sıcaklığı' dır.





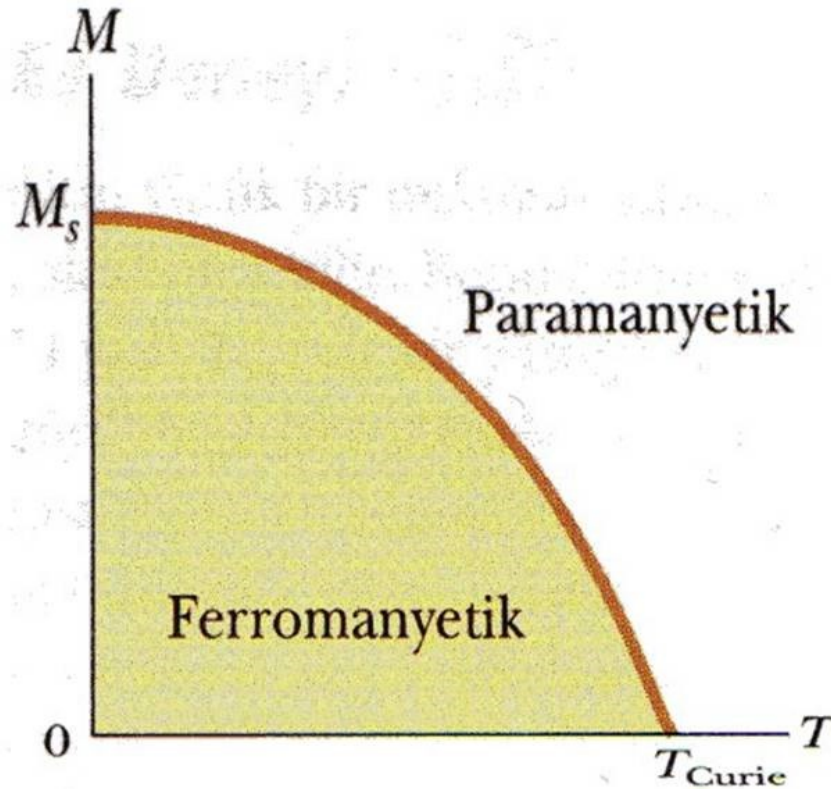
- Doyum manyetizasyonu parçacık boyutundan bağımsız ancak sıcaklığa bağlı yapısal bir özelliktir. Paramayetik ve ferromanyetik duygunluk arasında büyük bir fark vardır. Paramanyetik mazemelerle kıyaslandığında, ferromanyetik malzemelerin manyetizasyonu yüksek sıcaklıklarda (oda sıcaklığı) ve orta dereceli manyetik alanlarda doygunluğa ulaşır.

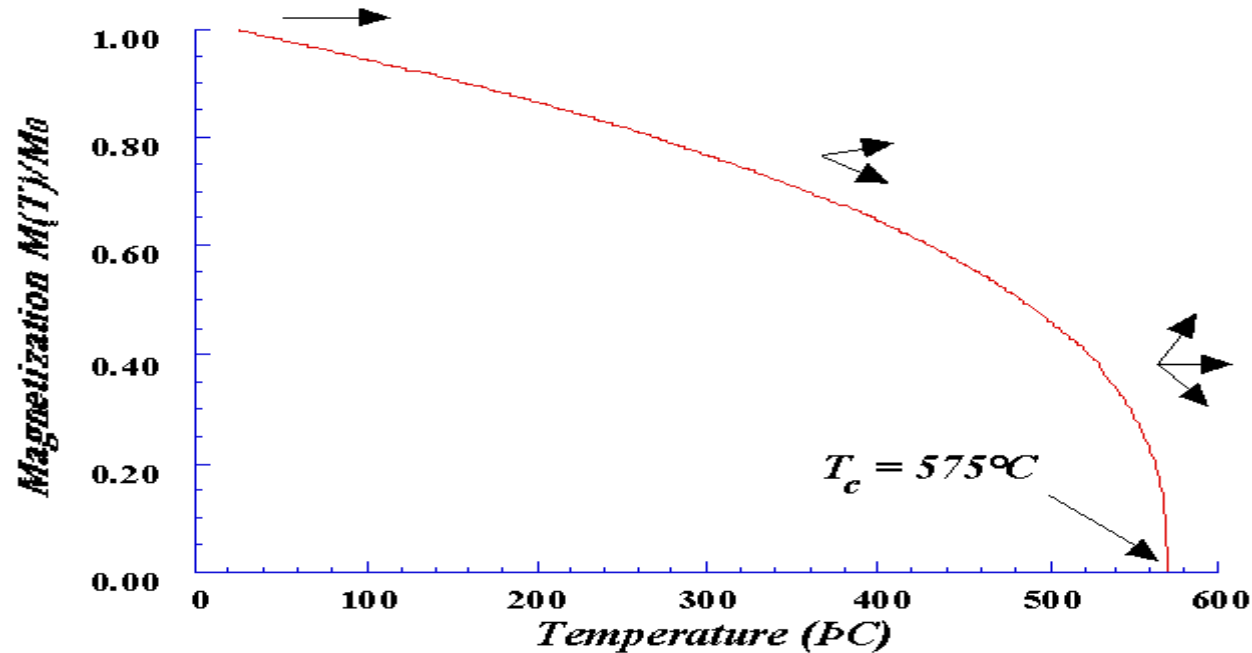
► **Curie Sıcaklığı**

- Ferromanyetlerin elektronik değişim kuvvetleri çok büyük olmasına rağmen termal enerjileri zamanla değişimin üstesinden gelir ve rastgele bir etki yaratır. Bu oluşan etki Curie sıcaklığı (T_c) olarak adlandırılan özel bir sıcaklıkta oluşur. Curie sıcaklığının altında ferromanyet düzenlidir, ve üstünde ise düzensizdir. Doyum manyetizasyonu Curie sıcaklığında sıfıra gider. Tipik olarak bir manyetizasyon (M)-sıcaklık(T) grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



- Ferromanyetik bir maddenin mıknatıslanmasının mutlak sıcaklıkla değişimi.



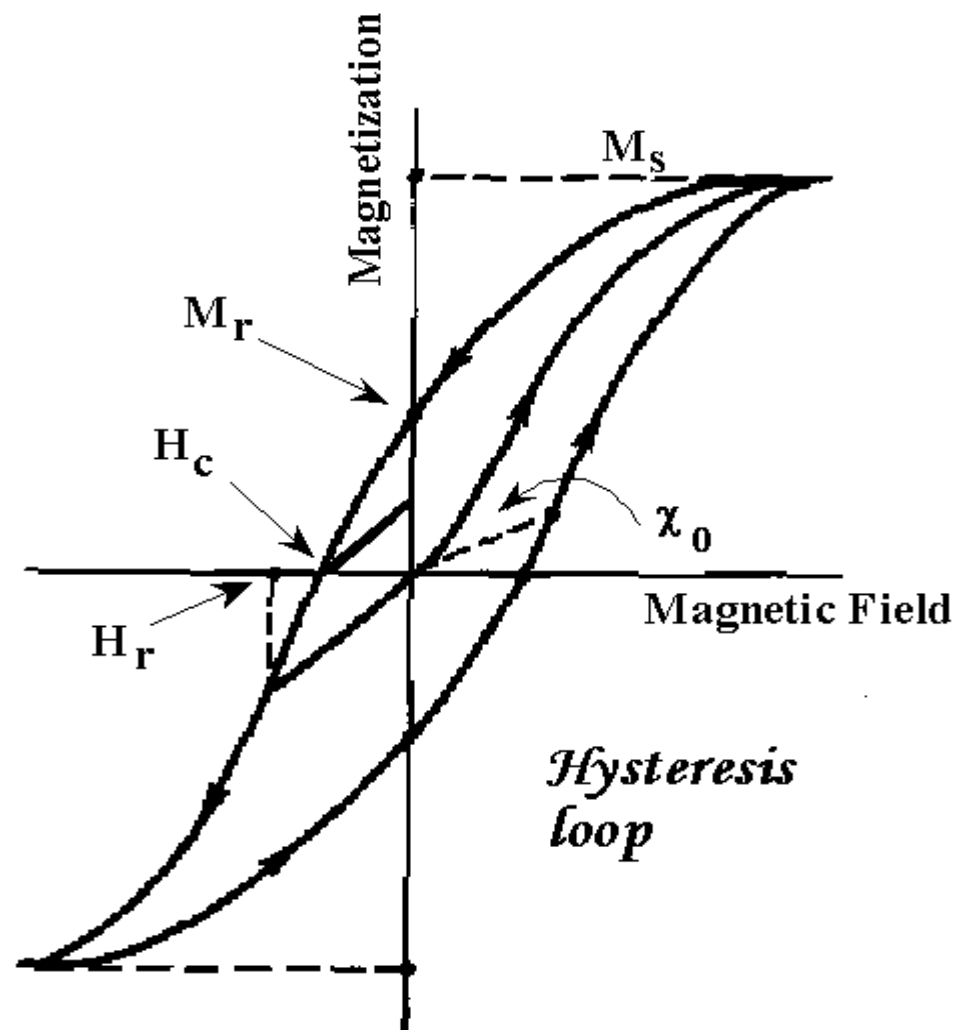


- ▶ Ayrıca Curie sıcaklığı minerallerin kimliğini belirlemek için kullanılabilen tanımlayıcı bir parametre ve yapısal bir özelliktir. Ancak, kusursuz değildir, çünkü prensipte farklı manyetik mineraller aynı Curie sıcaklığına sahip olabilir.

► **Histeresiz Eğrisi**

- Curie sıcaklığı ve doyum manyetizasyonuna ek olarak ferromanyetler uygulanan manyetik alan kaldırılrsa dahi manyetizasyonunu koruyabilir. Bu davranış Histeresiz olarak adlandırılır ve manyetik alan ile manyetizasyon değişiminin grafiği Histeresiz eğrisi olarak adlandırılır.



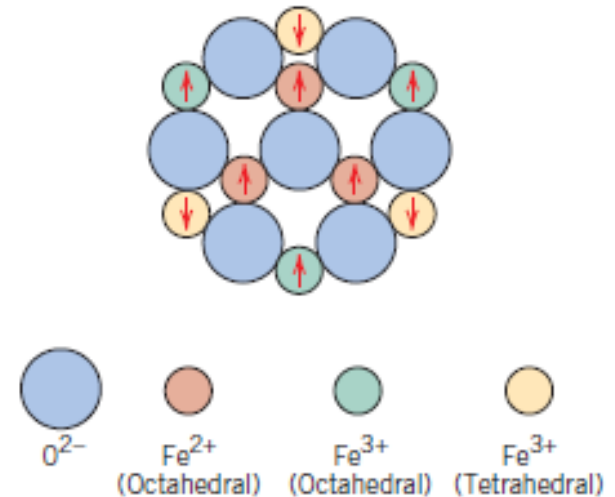


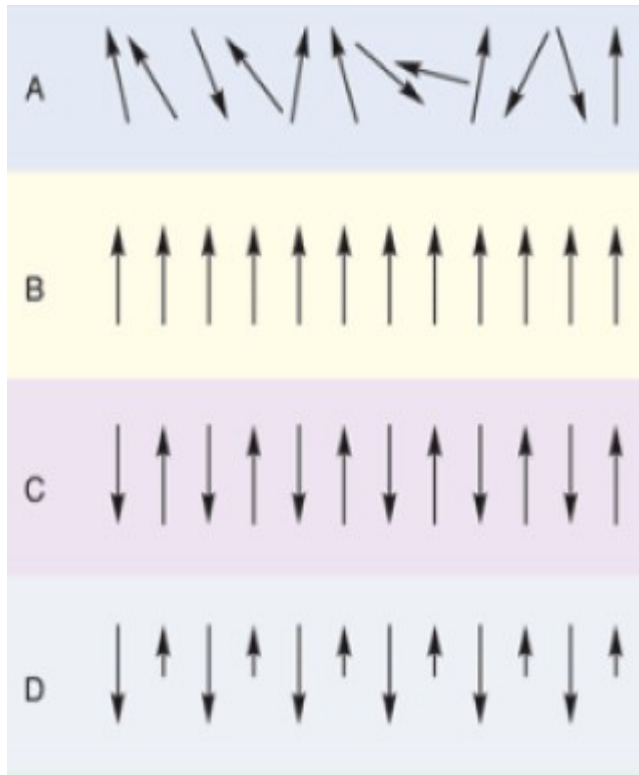
Manyetiklik Türleri

► **Ferrimanyetik Malzemeler:** $\mu_r \gg 1$ 'dir. ($\mu_r = 10^3$ gibi)

► Farklı manyetik momente sahip malzemeler, atomik mıknatısları birbirlerine paralel olmayıp, birbirlerini yok etmeyecek şekildedirler.

► **Örnek:** Manyetit(Fe_3O_4)+Ni karışımı





(A) paramanyetizma

(B) ferromanyetizma

(C) antiferromanyetizma

(D) ferrimanyetizma

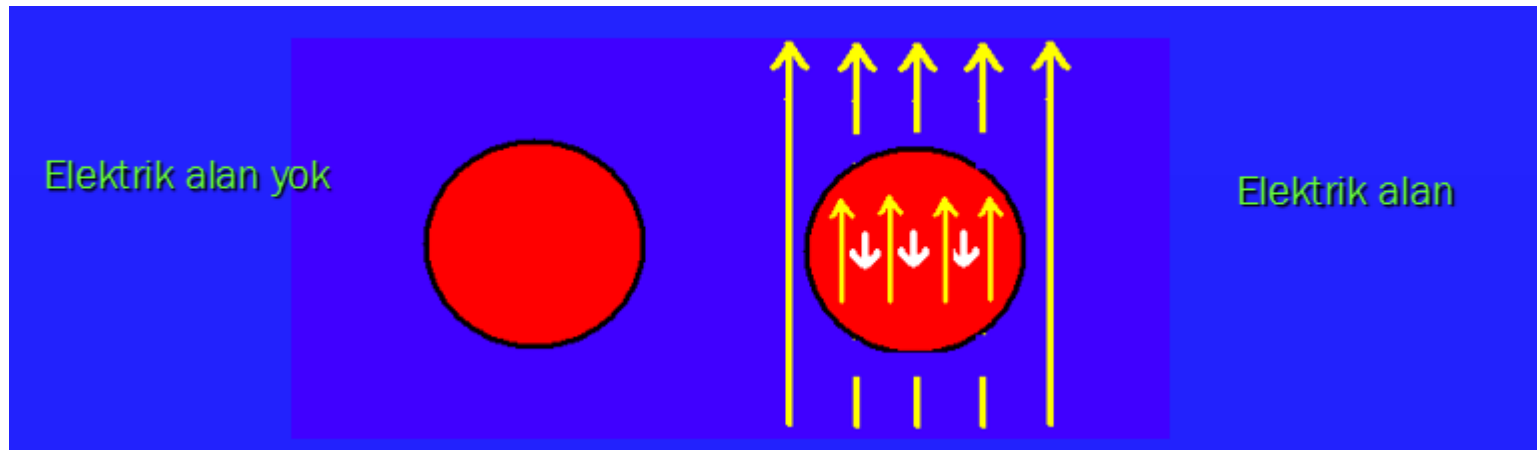


Manyetizma

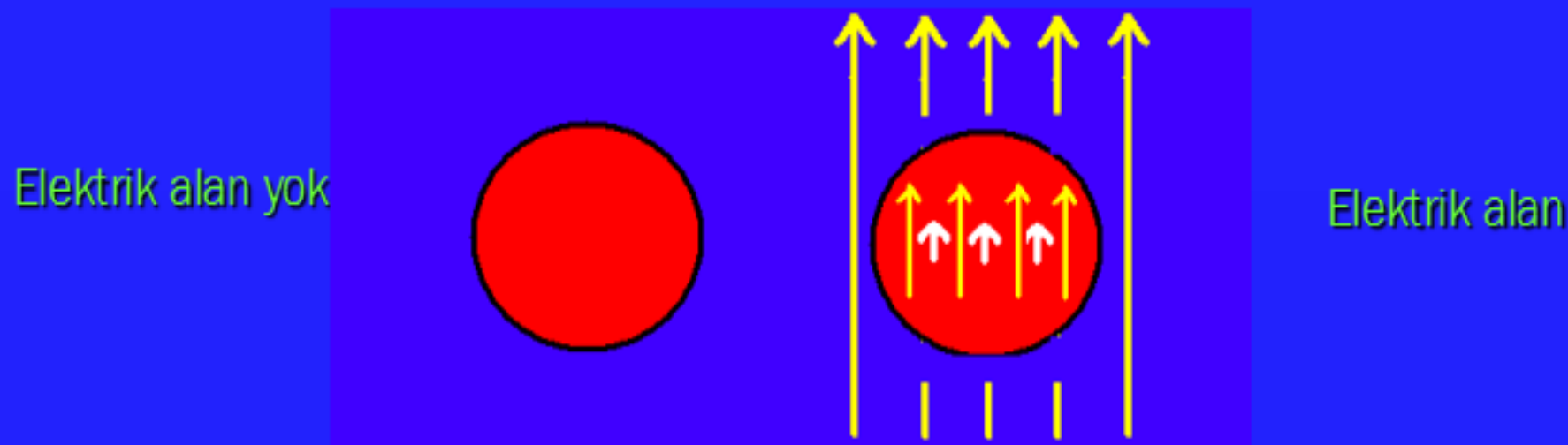
- ▶ Manyetizmanın kökeni elektronların yörüngesel hareketleri, spin hareketleri ve elektronların birbirleri ile nasıl etkileştiklerine dayanır. Farklı manyetizma tiplerini göstermenin en iyi yolu malzemelerin manyetik alana karşı nasıl tepki gösterdiğini tanımlamaktır. Bu şaşırtıcı olabilir, ancak bütün maddeler manyetik özellik gösterir. Yalnız, bazı malzemeler diğer malzemelerden daha çok manyetik özellik gösterirler. Bu malzemeler arasındaki temel ayrım, bazı malzemelerde atomik manyetik moment etkileşimi yoktur, oysa diğer malzemelerde atomlar arasında çok güçlü bir atomik manyetik moment etkileşimi vardır.



- *Diamanyetik Malzemeler* –elektrik alanın tersi yönünde küçük bir manyetik alan oluşturur .

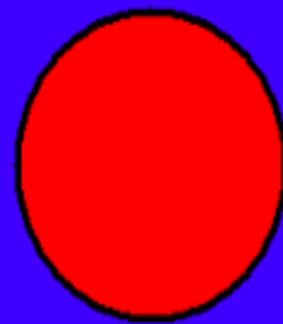


- *Paramanyetik*-elektrik alanla aynı yönde küçük bir manyetik alan oluşturur.
- *Süper-paramanyetizm* MR kontrast maddelerde kullanılan demir oksitin küçük partiküllerine atfedilir



- **Ferromanyetik** –güçlü bir şekilde manyetik Fe, Co, Ni, Gd. Manyetik alan yönünde devamlı bir manyetik etkiye sahiptir.

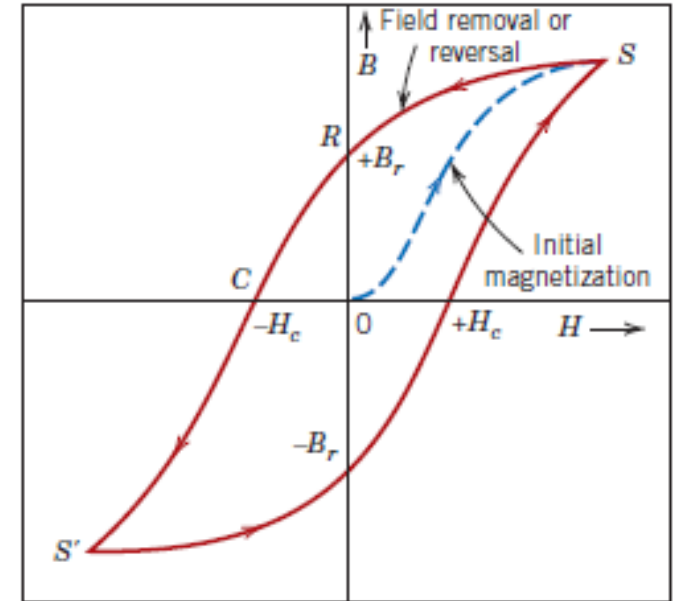
Elektrik alan yok



Elektrik alan var

Manyetik Özelliklerin Ölçümü

- ▶ Manyetik malzemelerin özellikleri malzemenin B-H histeresiz eğrisinden belirlenir.
- ▶ Malzemeye H alanı uygulanır ve bunun sonucu olan B ölçülür.
- ▶ **H_c**: Kalıcı manyetikliği yok etmek için ters yönde uygulanması gereken manyetik alandır.



Elektromanyetik Mıknatıslanma ve Manyetik Malzemeler

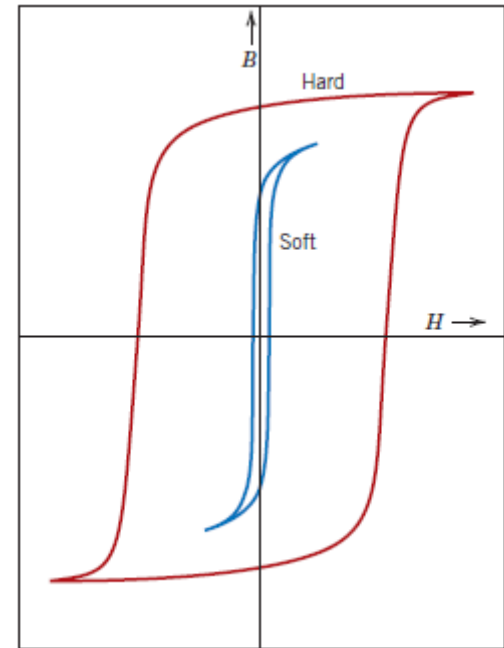
- ▶ Manyetik malzemeler aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi yok edici kuvvet (H_c) özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

Malzeme Tipi	H_c (A/m)	Uygulama
Yumuşak	$H_c < 1000$	Elektromıknatıs, trafo, motor, jeneratör
Orta	$10.000 < H_c < 100.000$	Manyetik kayıt
Sert	$50.000 < H_c$	Hoparlör, video kayıt cihazı, TV, saat



Yumuşak Manyetik Malzemeler

- ▶ Kolay manyetikleşirler.
- ▶ Manyetiklikleri kolay giderilir.
- ▶ Manyetik geçirgenlikleri yüksektir.
- ▶ Kalıcı manyetiklikleri düşüktür.
- ▶ Yok edici manyetik alan kuvvetleri küçüktür.



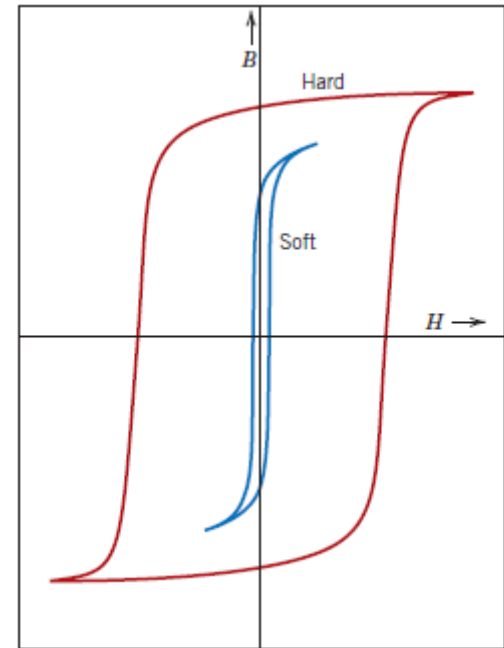
$$H_c < 1000 \text{ A/m}$$

Yumuşak Manyetik Malzemeler

- ▶ Demir, metal türü yumuşak manyetik malzemedir.

- ☐ Elektrik motoru
- ☐ jeneratör
- ☐ trafo
- ☐ elektromıknatısların çekirdekleri

- ▶ yumuşak manyetik malzemelerden yapılır.



$$H_c < 1000 \text{ A/m}$$

Yumuşak Manyetik Malzemeler

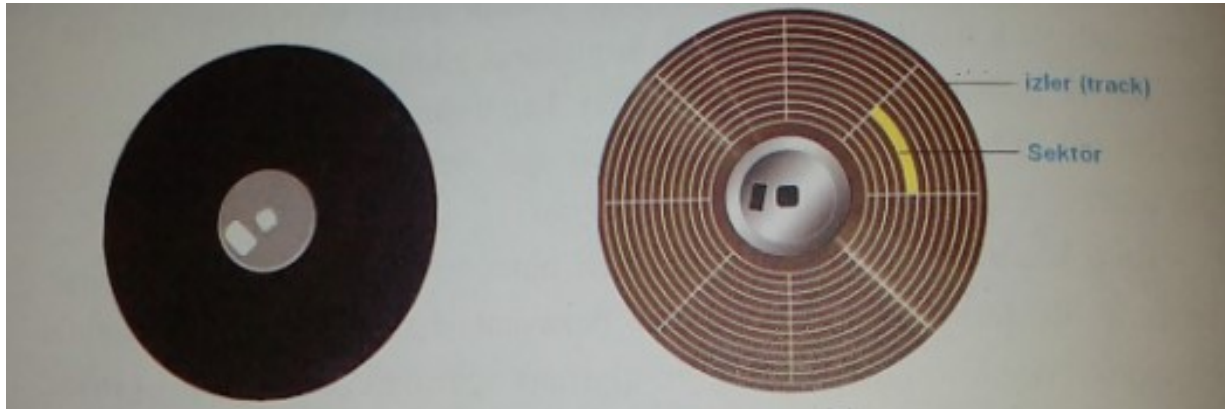
Table 20.5 Typical Properties for Several Soft Magnetic Materials

<i>Material</i>	<i>Composition (wt %)</i>	<i>Initial Relative Permeability μ_i</i>	<i>Saturation Flux Density B_s [tesla (gauss)]</i>
Commercial iron ingot	99.95Fe	150	2.14 (21,400)
Silicon-iron (oriented)	97Fe, 3Si	1400	2.01 (20,100)
45 Permalloy	55Fe, 45Ni	2500	1.60 (16,000)
Supermalloy	79Ni, 15Fe, 5Mo, 0.5Mn	75,000	0.80 (8000)
Ferroxcube A	48MnFe ₂ O ₄ , 52ZnFe ₂ O ₄	1400	0.33 (3300)
Ferroxcube B	36NiFe ₂ O ₄ , 64ZnFe ₂ O ₄	650	0.36 (3600)



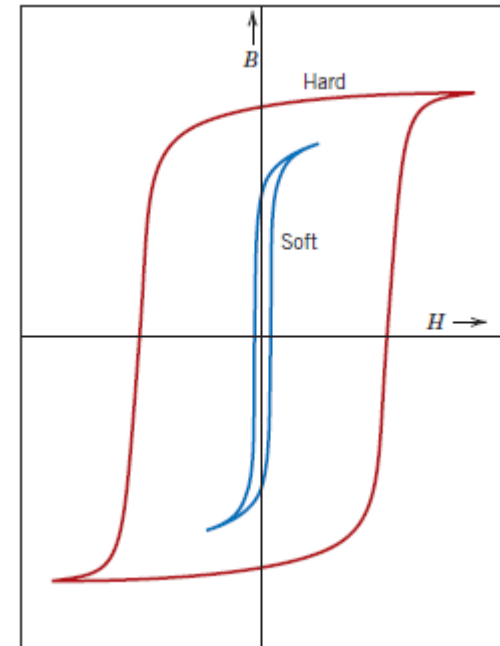
Orta Manyetik Malzemeler

- ▶ Orta manyetik malzemeler manyetik kayıt ortamlarında kullanılırlar.
- ▶ $10000 < H_c < 100000$



Sert Manyetik Malzemeler

- ▶ Kalıcı manyetiklikleri yüksektir.
- ▶ Yok edici manyetik alan kuvvetleri büyüktür.
- ▶ Histerezis eğrileri yüksek ve geniştir.



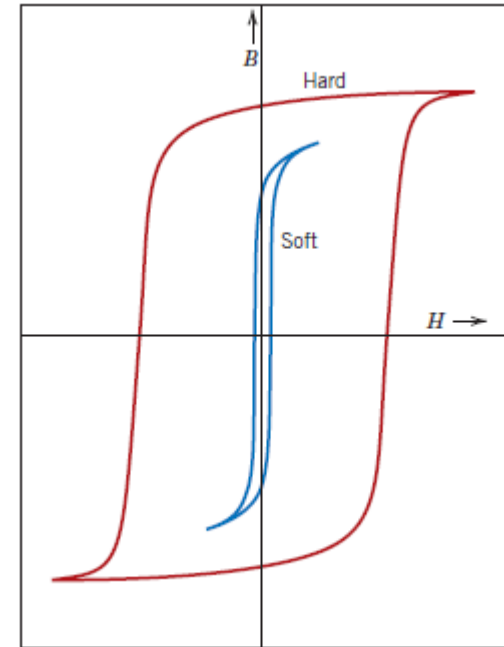
$$H_c > 50000 \text{ A/m}$$

Sert Manyetik Malzemeler

- ▶ Endüstride kullanılan en önemli sert ferromanyetik malzeme **alnico** alaşımlarıdır. (% 50'si Fe, %50'si de Al, Ni, Co, ve Cu).

- ▶ Kullanım alanları:

- ☐ Hoparlör
- ☐ Video kayıt cihazı
- ☐ TV



$$H_c > 50000 \text{ A/m}$$

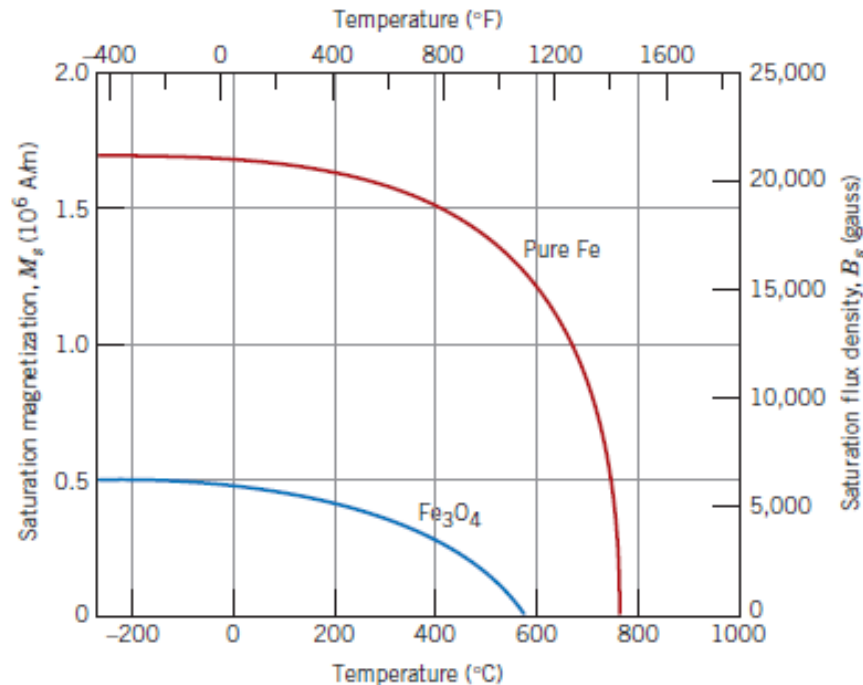
Sert Manyetik Malzemeler

Table 20.6 Typical Properties for Several Hard Magnetic Materials

<i>Material</i>	<i>Composition (wt %)</i>	<i>Remanence B_r [tesla (gauss)]</i>	<i>Coercivity H_c [amp-turn/m (Oe)]</i>
Tungsten steel	92.8 Fe, 6 W, 0.5 Cr, 0.7 C	0.95 (9500)	5900 (74)
Cunife	20 Fe, 20 Ni, 60 Cu	0.54 (5400)	44,000 (550)
Sintered alnico 8	34 Fe, 7 Al, 15 Ni, 35 Co, 4 Cu, 5 Ti	0.76 (7600)	125,000 (1550)
Sintered ferrite 3	BaO–6Fe ₂ O ₃	0.32 (3200)	240,000 (3000)
Cobalt rare earth 1	SmCo ₅	0.92 (9200)	720,000 (9,000)
Sintered neodymium-iron-boron	Nd ₂ Fe ₁₄ B	1.16 (11,600)	848,000 (10,600)

Manyetikliği Etkileyen Etkenler

- **I. SICAKLIK:** Malzemelerde sıcaklık arttıkça manyetiklik özelliği azalır. Kritik bir sıcaklığa erişilince manyetik özellik kaybolur. Bu sıcaklığa “*Curie sıcaklığı*” denir. (Demirin Curie sıcaklığı 770 °C, nikelinki 35 °C ‘dir.)



Manyetikliği Etkileyen Etkenler

► 2. İÇ YAPISAL ETKENLER:

- Kristal türü, distorsiyonlar gibi iç yapı kusurları manyetikliği önemli ölçüde etkiler.



Manyetikliği Etkileyen Etkenler

- ▶ **3. MEKANİK ETKİ:**
- ▶ Manyetik hale gelmiş bir malzemedeki manyetik momentler birbirlerine paralel durumdadır. Çarpma uygulanacak olursa manyetik momentlerin yönleri rastgele dağılır ve manyetiklik kaybolur.



Kalıcı Mıknatıslar

- ▶ Bu mıknatıslar hiçbir manyetik alan yardımı olmaksızın kullanılmak üzere yapılmışlardır.
- ▶ Kalıcı (sert) mıknatıslar ilk başta manyetik alan yardımıyla mıknatıslanırlar ve bu özelliklerini devam ettirirler.
- ▶ Kalıcı Mıknatıs Çeşitleri:
 - ▶ **Çelik:** Karbon, alaşım ve paslanmaz türde çeşitleri vardır.
 - ▶ **Alnico:** Alüminyum, Nikel ve Kobaltın demir esasıyla karıştırılması ile elde edilir.
 - ▶ **Ferrit:** Fe_2O_3 ihtiva eder. Manyetik özellikleri çok kolay bir biçimde kullanılmasını mümkün kılar.

