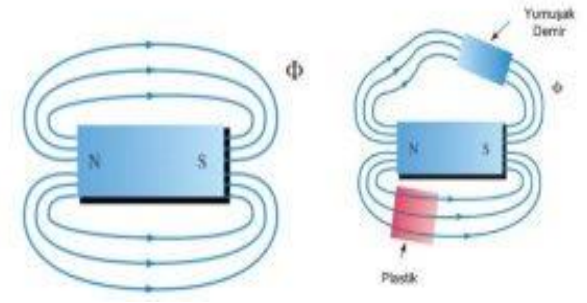


Manyetik malzemeler

Manyetik Alan ve Manyetik Akı

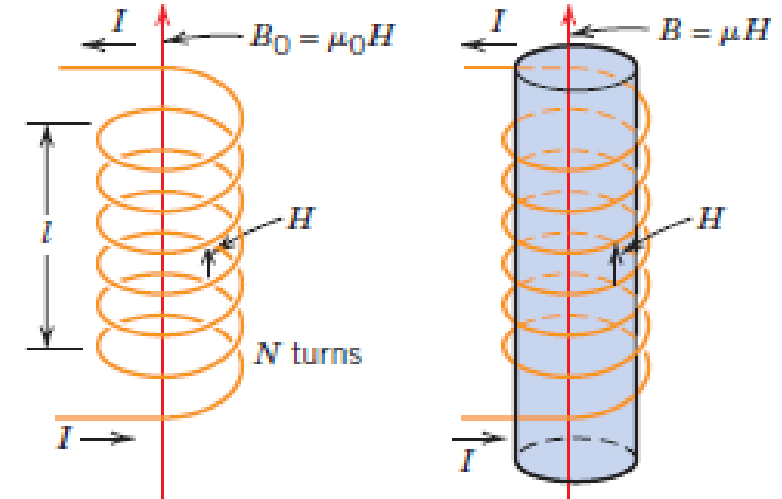


- Manyetik alan mıknatısların veya akım taşıyan bir telin civarında oluşan vektörel büyüklüktür. Manyetik alan şiddeti 'H' ile gösterilir. A/m olarak ölçülür.
- Bir manyetik alan içerisine manyetik özelliğe sahip bir malzeme konulursa, manyetik alan şiddeti artar veya azalır. Maddenin birim yüzeyine dik olarak geçen akı (kuvvet çizgileri) miktarına manyetik akı yoğunluğu denir. 'B' ile gösterilir. *Weber/m²* olarak ölçülür,

$$B = \mu H \quad (W/m^2) \quad \mu = \mu_0 \mu_r \quad (H/m)$$

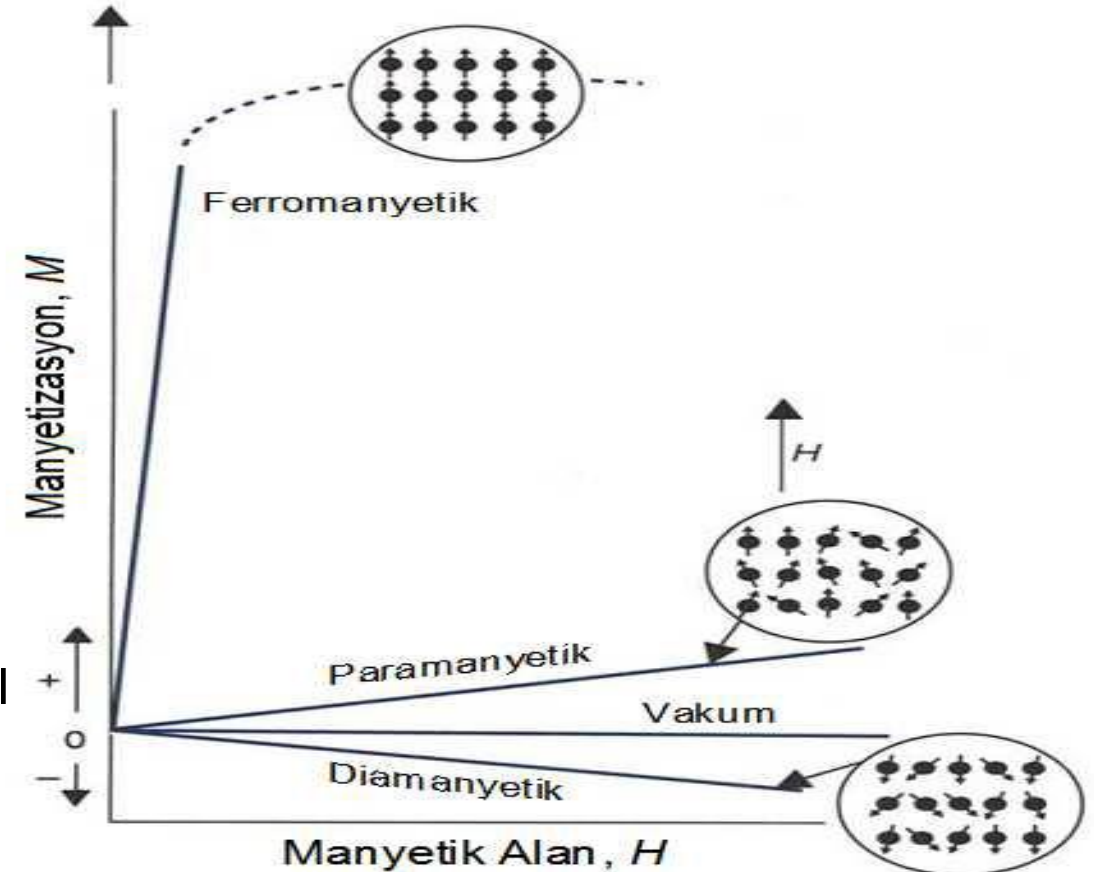
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad (H/m)$$

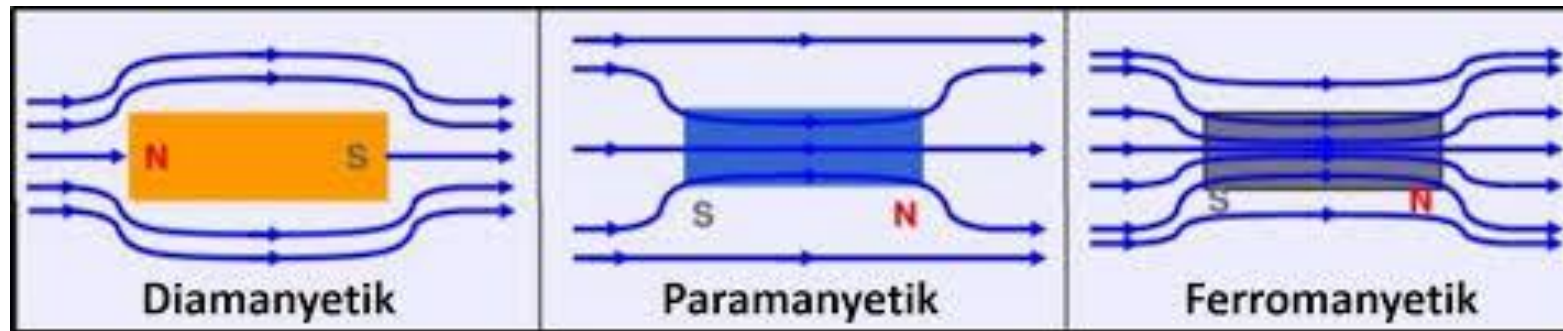
- μ : Mutlak manyetik geçirgenlik katsayısı
- μ_r : Bağıl manyetik geçirgenlik katsayısı



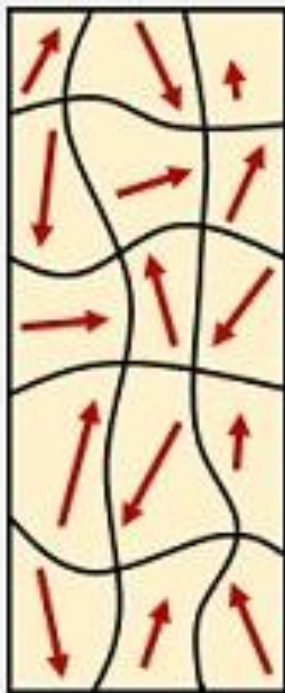
Manyetik özellik sınıfları

- Yapılan çalışmalar tüm maddelerin, manyetik alana bir tepki gösterdiğini dolayısıyla maddelerin üç grupta toplanabileceğini göstermiştir. Bu maddeler;
- Diamanyetik,
- Paramanyetik,
- Ferromanyetik, maddelerdir. Bunların dışında,
- Antiferromanyetik,
- Ferrimanyetik grupları da literatürde kullanılmaktadır

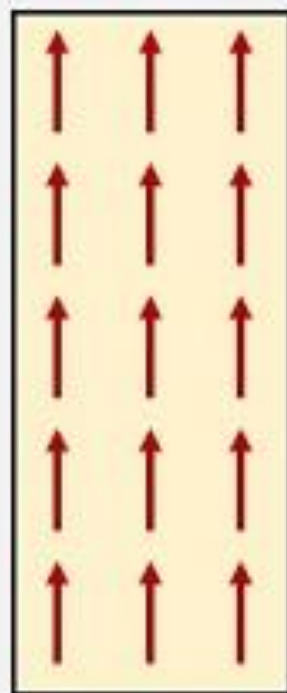




$$B_o = 0$$



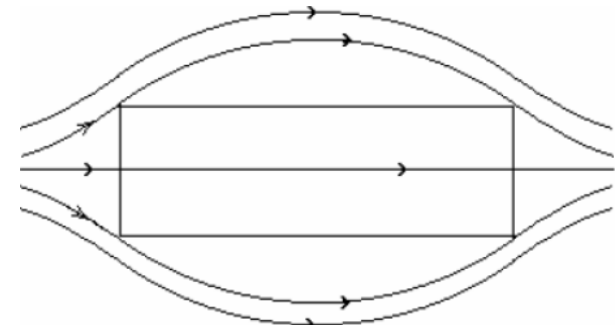
$$\vec{B}_o \uparrow$$



Diamanyetizma

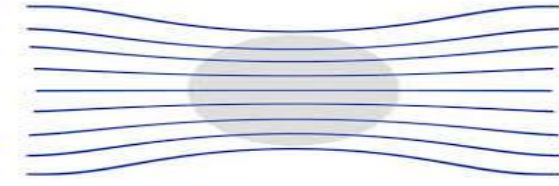
$\mu_r < 1$ 'dir. ($\mu_r = 0.998$ gibi)

- Manyetizmanın çok zayıf bir şeklidir.
- Kalıcı olarak mıknatıslanmazlar.
- Manyetik alan etkisi altında elektronların yörünge hareketlerinde bir değişiklik olması sonucunda ortaya çıkar.
- Bağıl geçirgenlik, $\mu_r < 1$ ve manyetik duyarlılık negatiftir.
- Radyum, potasyum, magnezyum, hidrojen, bakır, gümüş, altın ve su diamanyetiktir.



paramanyetizma

$\mu_r > 1$ 'dir. ($\mu_r = 1.001$ gibi)



- Bir dış manyetik alan bulunmadığında, atomik manyetik momentler gelişigüze'dir. Bu malzemeler net bir mıknatıslanma göstermez.
- Paramanyetik malzemeler sadece bir manyetik alanda mıknatıslanma gösterirler ve manyetik değildirler. Kalıcı olarak mıknatıslanmazlar.
- Bağıl geçirgenlik, $\mu_r > 1$ ve manyetik duyarlılıkları pozitiftir.
- Oksijen, alüminyum, tungsten, platin diamanyetik malzemelere örnek verilebilir.

Diamanyetik ve paramanyetik malzemeler

<i>Diamagnetics</i>		<i>Paramagnetics</i>	
<i>Material</i>	<i>Susceptibility χ_m (volume) (SI units)</i>	<i>Material</i>	<i>Susceptibility χ_m (volume) (SI units)</i>
Aluminum oxide	-1.81×10^{-5}	Aluminum	2.07×10^{-5}
Copper	-0.96×10^{-5}	Chromium	3.13×10^{-4}
Gold	-3.44×10^{-5}	Chromium chloride	1.51×10^{-3}
Mercury	-2.85×10^{-5}	Manganese sulfate	3.70×10^{-3}
Silicon	-0.41×10^{-5}	Molybdenum	1.19×10^{-4}
Silver	-2.38×10^{-5}	Sodium	8.48×10^{-6}
Sodium chloride	-1.41×10^{-5}	Titanium	1.81×10^{-4}
Zinc	-1.56×10^{-5}	Zirconium	1.09×10^{-4}

ferromanyetizma

$\mu_r \gg 1$ 'dir. ($\mu_r = 10^6$ gibi)

- Dış manyetik alanın yokluğunda bile kalıcı manyetik momentlere sahip malzemelere ferromanyetik malzemeler denir.
- Bir ferromanyetik malzeme mıknatıslanmamış durumda iken domenler rastgele bir düzendedir ve net manyetik alan sıfırdır. Mıknatıslayıcı bir kuvvet uygulandığında bölgeler düzene girerler ve kuvvetli bir manyetik alan üretirler.
- Demir, Kobalt, Nikel, Çelik, Alnico gibi maddeler örnek olarak verilebiri.

Ferrimanyetizma

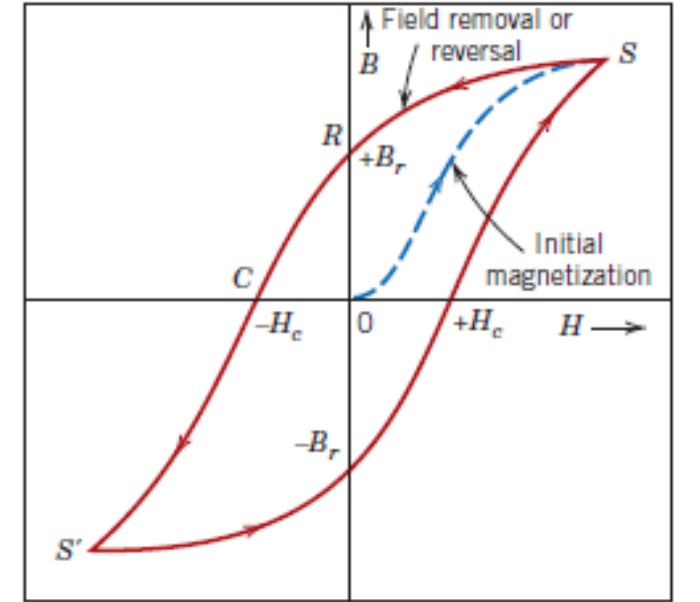
- Ferromagnetlerdeki gibi kendiliğinden mıknatıslanma gösteren malzemelerdir.
- Ancak doğal mıknatıslanmaları, ferromagnetlere göre daha küçüktür.

ANTİFERROMANYETİZMA

- Antiferromanyetizmada manyetik momentler eşit ve zıt şekilde yönelenerek birbirlerini yok ederler.
- Manyetik alan yokluğunda net mıknatıslanma sıfırdır.

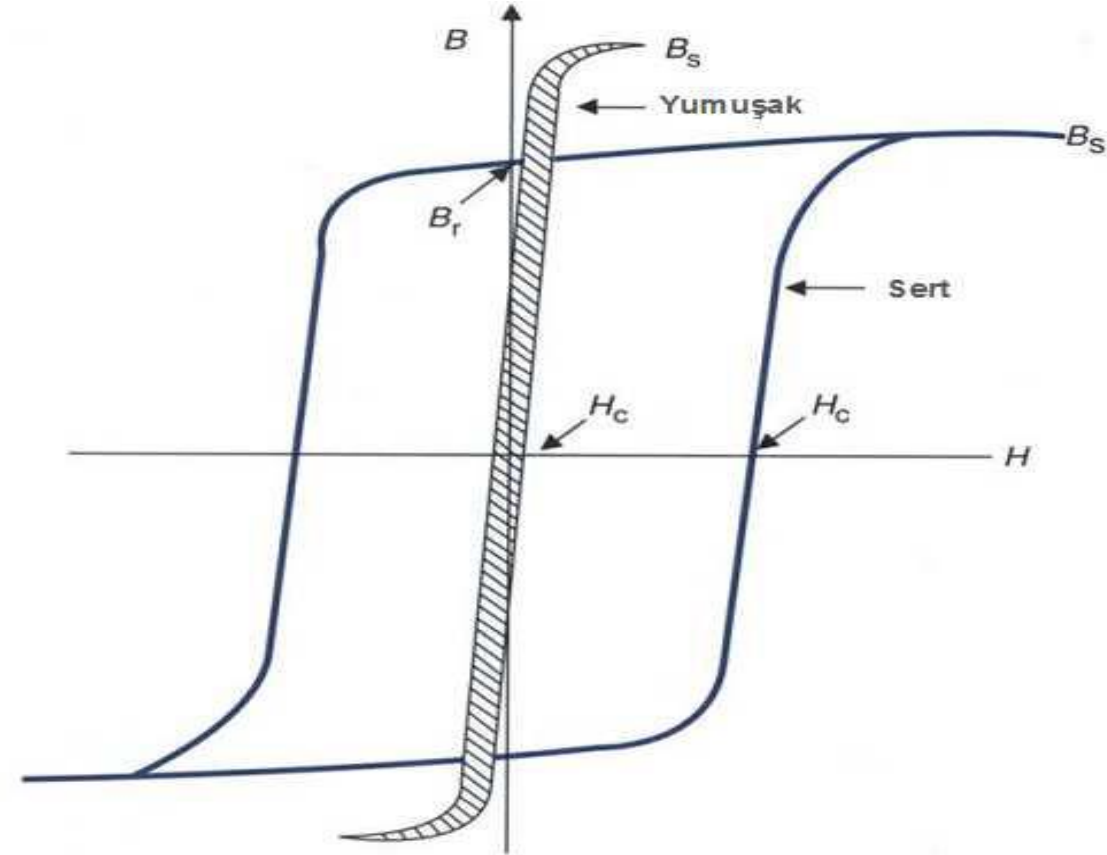
Manyetik Özelliklerin Ölçümü

- Manyetik malzemelerin özellikleri malzemenin B-H histeresiz eğrisinden belirlenir.
- Malzemeye uygulanan manyetik alan şiddetine(H) bağlı olarak değişen manyetik akı yoğunluğu(B) değerleri ölçülür. Bunun sonucunda maddenin B-H eğrişi elde edilmiş olur.
- **H_c**: Kalıcı manyetikliğı yoketmek için ters yönde uygulanması gereken manyetik alandır.



Manyetik Malzeme sınıfları

- H_c koersitif kuvvetinin değerine göre manyetik malzemeler, yumuşak ve sert manyetik malzemeler olarak sınıflandırılırlar.
- $H_c < 10 \text{ A/cm}$: Yumuşak malzeme
- $H_c > 10 \text{ A/cm}$: Sert malzeme şeklinde tanımlanır.



Yumuşak Manyetik Malzemeler

- Kolay manyetize olup aynı şekilde kolayca demanyetize olurlar.
- Bu özellikleri elektrik akımının değişmesiyle transformatörlerde ve indüktanslarda manyetik akının kontrolüne imkan sağlamaktadır.
- Düşük koersiviteden dolayı oluşan yüksek geçirgenlik değeri düşük enerji kaybını sağlamaktadır.
- Dar histerisiz çevriminin yanında yüksek B değeri yumuşak manyetik malzemelerin boyutunun küçülmesinde istenen bir özelliktir.

Yumuşak Manyetik Malzemeler

- Elektrik motoru, jeneratör, trafo, elektromıknatısların çekirdekleri yumuşak manyetik malzemelerden yapılır.



malzeme	bileşim	İlk bağıl geçirgenlik (μ_i)	Doygunluk akı yoğunluğu B_s (tesla)	Histerisiz kaybı (J/m^3)	Direnç ($\Omega.m$)
Ticari demir ingot	99.95 Fe	150	2.14	270	1.0×10^{-7}
Yönlenmiş Si-Fe	97Fe-3Si	1400	2.01	40	4.7×10^{-7}
45 permaloy	55Fe-45Ni	2500	1.60	120	4.5×10^{-7}
supermaloy	79Ni, 15Fe, 5Mo, 0.5Mn	75000	0.80	-	6.0×10^{-7}
Ferroxcube A	48 $MnFe_2O_4$, 52 $ZnFe_2O_4$	1400	0.33	~ 40	2000
Ferroxcube B	36 $NiFe_2O_4$, 64 $ZnFe_2O_4$	650	0.36	~ 35	10^7

Sert Manyetik Malzemeler

- Sert manyetik malzemeler zor manyetize olur ve manyetiklikleri zor giderilir.
- Bu malzemelerin yüksek B ve H değerlerinin büyüklüğünden dolayı kalıcı mıknatıs olarak kullanılırlar.
- Sert mıknatıslar motorlar, jeneratörler, manyetik ayırıcılar, tutacaklar, elektron tüpleri, manyetik rezonans görüntüleme sistemleri gibi sağlıktan elektroniğe, otomotivden madencilığe kadar pek çok alanda kullanılmaktadırlar.

Sert Manyetik Malzemeler

malzeme	bileşim	Remnans, Br, tesla	Koersivite, Hc, amp-sarım/m
Tungsten çeliği	92.8 Fe, 6W, 0.5Cr, 0.7C	0.95	5900
CuNiFe	20 Fe, 20 Ni, 60 Cu	0.54	44000
Sinter AlNiCo 8	34 Fe, 7 Al, 15 Ni, 35 Co, 4 Cu, 5 Ti	0.76	125000
Sinter ferrit 3	BaO-6Fe ₂ O ₃	0.32	240000
Co nadir toprak	SmCo ₅	0.92	720000
Sinter Nd-Fe-B	Nd ₂ Fe ₁₄ B	1.16	848000



Kalıcı Mıknatıslar

- Kalıcı mıknatıslar (sert manyetik malzemeler) ilk başta manyetik alan yardımıyla mıknatıslanırlar ve bu özelliklerini devam ettirirler.
- Kalıcı mıknatısların en önemli uygulama alanları elektrik motorları ve jeneratörlerdir.

Mıknatıs çeşitleri: Alnico

- İlk bulunan kalıcı mıknatıslardan biridir.
- Adını, demir metaline eklenti olarak kullanılan Alüminyum, kobalt ve Nikel'den almaktadır.
- 1930 larda popüler olmuştur.
- Kırılgandırlar.



Mıknatıs çeşitleri: Ferritler



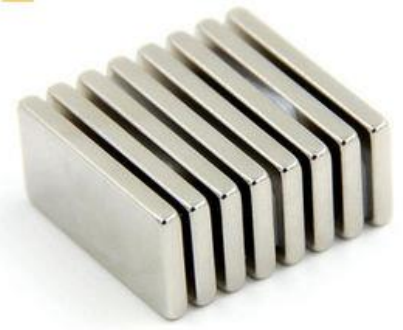
- En çok kullanılan kalıcı mıknatıslardır.
- Bu mıknatıslar Baryum ve Stronsiyum ferritlerden oluşmaktadırlar.
- Yapıları $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ve $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ şeklindedir.
- Diğer kalıcı mıknatıslara göre düşük enerji yoğunluğuna sahiptirler.
- Fakat, düşük maliyet, kısmen yüksek koersivite ve düşük yoğunluklarından dolayı motorlar, jeneratörler, hoparlör ve oyuncaklar gibi yerlerde çok geniş kullanım alanına sahiptirler.
- Dünyadaki kalıcı mıknatıs üretimin yarısından fazlası ferritlerdir.

Mıknatıs çeşitleri: Nadir Toprak Mıknatısları

- En önemli nadir toprak mıknatısı $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 'dir.
- Bu alaşımın maksimum normal enerjisi Alnico'dan altı kat, koersivitesi ise beş kat fazladır.
- Bu özelliği onu tıbbi nakil pompa ve vanalarında elektronik kol saati hareketleri için kullanılan minyatür motorlarda uygulama alanı bulmasına sebep olmaktadır.



Mıknatıs çeşitleri: Nadir Toprak Mıknatıs



- Kalıcı manyetik malzemelerde görülen en önemli gelişmelerden birisi 1984 yılında Neodyum-Demir-Bor (NdFeB) mıknatıslarının geliştirilmesiyle olmuştur.
- Bu mıknatısların maksimum normal enerjisi, $(BH)_{maks}$, 300 kJ/m³'den fazladır.
- Bu mıknatıslar düşük hacim ve ağırlık gerektiren yerlerde tercih edilmektedirler.
- Nadir toprak mıknatıslarının en büyük dezavantajı yüksek maliyetli olmalarıdır.

