

## 5 MANYETİK ALAN

$\vec{v}$  hızıyla hareket eden  $q$  yüklü bir parçacık olsun.

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

- Yüklü parçacık üzerine etkiyen manyetik kuvvetin büyüklüğü hız ve yükü doğru orantılıdır.
- Manyetik kuvvetin yönü ve büyüklüğü, hız ve manyetik alan vektörlerine bağlıdır.
- Hız vektörü manyetik alan vektörüne dik olduğu zaman manyetik kuvvet sıfır olur. Hız vektörü manyetik alan vektörü arasında bir açı olduğu zaman manyetik kuvvetin büyüklüğü bu açının sinüsü ile orantılıdır.
- Manyetik kuvvetin yönü yükün işaretine bağlı olarak yön değiştirir.

## Manyetik Alan

$$1\text{T} = \frac{\text{Newton}}{(\text{Coulomb})(\text{metre/s})} = \frac{\text{N}}{\text{Am}}$$

$$1\text{T} = 10^4 \text{Gauss}$$

Manyetik alan kuvveti parçacığın hızını dolayısıyla kinetik enerjisini değiştirmmez. Parçacığa bir hız kazandırmadığı veya kaybettirmediği için parçacık üzerine bir iř de yapmaz. Ancak manyetik kuvvet hızın yönünü değiştirir.

$$dW = \vec{F}_m \cdot d\vec{s} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \vec{v} dt = q(\vec{v} \times \vec{v}) \cdot \vec{B} dt = 0$$

## Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

Akım taşıyan tel manyetik alan içerisine konulduğunu düşünelim. Telden aşağıya doğru bir akım geçerken, tel sola doğru, yukarıya doğru akarken ise tel sağa doğru sapar. Tel üzerine etkiyen manyetik kuvveti bulalım.

## Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

Telin boyu " $\ell$ ", kesit alanı " $A$ " olsun. Manyetik alan kâğıt düzleminde içe doğru olsun. Yükler ortalama bir sürüklenme hızı ile  $\vec{v}_d$  sürüklenme hızı ile hareket ederlerse,  $n$  birim hacimdeki yük sayısı olmak üzere:

$$Q_{\text{toplam}} = q(nA\ell)$$

$$\vec{F}_m = Q\vec{v}_d \times \vec{B} = qnA\ell(\vec{v}_d \times \vec{B}) = I(\vec{\ell} \times \vec{B})$$

$$I = nqv_d A$$

## Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

Tel doğrusal değil de keyfi biçimde bükülmüş bir tel parçası olsun. Tel çok küçük "dl" parçalarından oluşmuş olsun. Manyetik kuvvet teli oluşturan bu küçük "dl" parçalarına etkiyen kuvvetlerin toplamından bulunur.

"dl" parçası üzerine etkiyen kuvvet

$$d\vec{F}_m = I d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Tel parçasına etkiyen toplam kuvvet,

$$\vec{F}_m = I \int_a^b d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Burada "a" ve "b" telin iki ucudur.

## Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

Tel, keyfi bir şekilde bükülerek kapalı bir ilmek şekline getirilirse, o zaman bu ilmek üzerine etkiyen kuvvet

$$\vec{F}_m = I \left( \oint d\vec{\ell} \right) \times \vec{B}$$

Çok küçük "dl" çizgi elemanları kapalı bir ilmek oluşturduğundan, vektörel toplamları sıfırdır

$$\oint d\vec{\ell} = 0$$

Dolayısıyla kapalı ilmek üzerine etkiyen net manyetik kuvvet sıfırdır.

## Tork

"xy" düzleminde I akım taşıyan dikdörtgen biçiminde bir tel olsun. Bu tel  $\vec{B} = B\hat{a}_x$  düzgün manyetik alanına konulmuş olsun. Tele etkiyen net manyetik kuvveti sıfır olsa bile y-ekseni civarında mevcut olan zıt yönelimli iki kuvvet, tel parçasının dönmesine sebep olacaktır. Tork:

$$\tau = I \vec{A} \times \vec{B}$$

Birimi N.m'dir. Burada A dikdörtgen telin alanıdır ve pozitif işaret y-ekseni civarında saat ibreleri yönünde dönmeyi gösterir. "n" halkanın düzlemine dik normal vektör olmak üzere  $\vec{A} = A\hat{n}$  yazılabilir.

## Tork

N tane sarımdan oluşan ilmek için torkun büyüklüğü

$$\tau = I N A B \sin(\theta)$$

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

$\mu$ , manyetik dipol moment olarak adlandırılır. Manyetik momentin yönü, yüzey vektörü ile aynıdır, birimi  $A \cdot m^2$ 'dir. Akım taşıyan halkaya etkiyen tork:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



## Manyetik Dipol Moment

Manyetik dipol momentini  $\theta_0$  açısından  $\theta$  açısına döndürmek için yapılan iş,

$$W_{\text{dış}} = \int_{\theta_0}^{\theta} \tau d\theta' = \int_{\theta_0}^{\theta} (\mu B \sin \theta') d\theta' = \mu B (\cos \theta_0 - \cos \theta) = \Delta U = U - U_0$$

Manyetik alan tarafından yapılan iş  $W$  olmak üzere

$$W_{\text{dış}} = -W$$

$\theta_0 = \pi/2$  iken  $U_0 = 0$  seçilirse dış alanın varlığında dipol, bir potansiyel enerjiye sahip olur.

$$U = -\mu B \cos \theta = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

## Manyetik Dipol Moment

- Manyetik moment potansiyel enerjiyi minimum yapacak şekilde manyetik alana paralel olarak yöneldiğinde düzenlenim kararlı olacaktır,  $U_{\min} = -\mu B$ .
- Diğer taraftan manyetik moment, manyetik alana anti paralel olduğunda, potansiyel enerji maksimumdur ve sistem kararsız halde olur,  $U_{\max} = \mu B$ .

## KAYNAKLAR

Bu ders notları aşağıda verilen kaynaklardan derlenmiştir. Detaylı bilgi için bu kaynaklara başvurulabilir.

- Elektrik ve Magnetizma - 2, Berkeley Fizik Dersleri Edward M. Purcell
- Elektromagnetik Teori / David J. Griffiths
- MIT "Physics 8.02 Electricity and Magnetism" ders notları

<http://web.mit.edu/viz/EM/visualizations/coursenotes/index.htm> (son eriřim tarihi:18 Kasım 2017)

- University of Colorado Boulder "PHYSICS 1120" Ders notları

[https://www.colorado.edu/physics/phys1120/phys1120\\_sp08/notes/scan\\_table.html](https://www.colorado.edu/physics/phys1120/phys1120_sp08/notes/scan_table.html) (son eriřim tarihi 18 Kasım 2017)

- Mühendislik Elektromanyetiđinin Temelleri David K. Cheng,
- Fen Bilimcileri ve Mühendisler iřin Fizik, D.G. Giancoli

FIZ205 - AYŞE KAŞKAS