

# ***FİZ102 FİZİK-II***

***Ankara Üniversitesi  
Fen Fakültesi Fizik Bölümü  
10. Hafta***

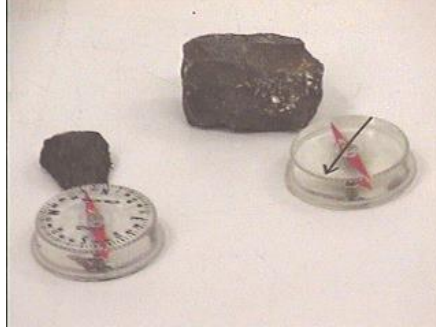
***Aysuhan OZANSOY***

## Bölüm 8: Manyetik Alan

1. **Mıknatıslar ve manyetik alan**
2. **Elektrik Yüküne Etkiyen Manyetik Kuvvet**
3. **Manyetik Alanda Yüklü Parçacığın Hareketi**
4. **Akım Geçen Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet**
5. **Akım Çerçevesine (Halkasına) Etkiyen Manyetik Kuvvet ve Tork**  
**-Manyetik Dipol Moment**

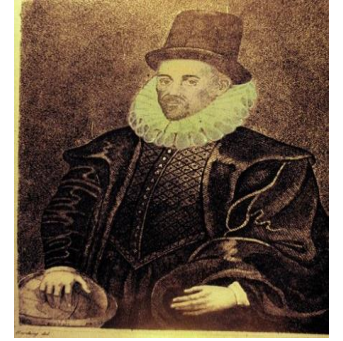
# 1. Mıknatıslar ve manyetik alan

- Manyetizma → M.Ö. 2000'li yıllarda Eski Yunan'da, **Magnesia** (bugün Manisa) bölgesindeki bazı gizemli kaya parçalarının metalleri çektiği gözlemlendi. (Bu kaya parçalarına manyetit( $Fe_3O_4$ ) adı verilir).

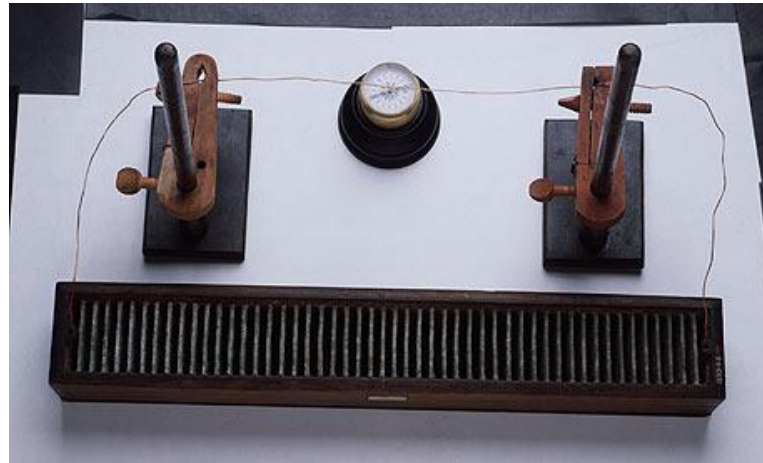


- Mıknatısın ilk kullanımı → pusulada!
- M.Ö. 1100'ler → Çinli gemiciler pusula kullanıyor.
- Manyetizmanın varlığı önceden beri biliniyor, ancak 17. yy başlarında anlaşılmaya başlandı.

→ Manyetizma olgusu üzerine ilk önemli yapının yazarı İngiliz bilim adamı **William Gilbert (1544-1603)**'dir. 1600 yılında yayınlanan "**De Magnet**" adlı yapıtında Gilbert dünyanın dev bir mıknatıs olduğunu ve pusulanın ibresinin dünyanın manyetik kutbunu gösterdiğini söyledi.

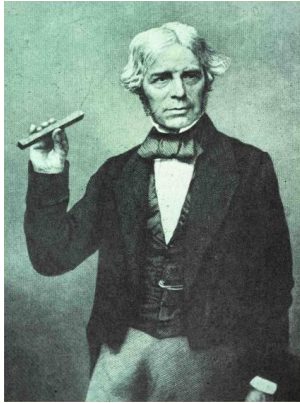


→ Manyetizmanın, elektrik ile ilgisi 1820 yılına kadar anlaşılamamıştır. 1820 yılında **Hans Christian Oersted (1775-1851)** pusula iğnesinin yakınındaki bir telden akım geçtiğinde pusula iğnesinin saptığını gördü. Oersted, bir telin içinden akım geçirildiğinde telin çevresinde manyetik alan oluştuğu sonucuna da vardı.

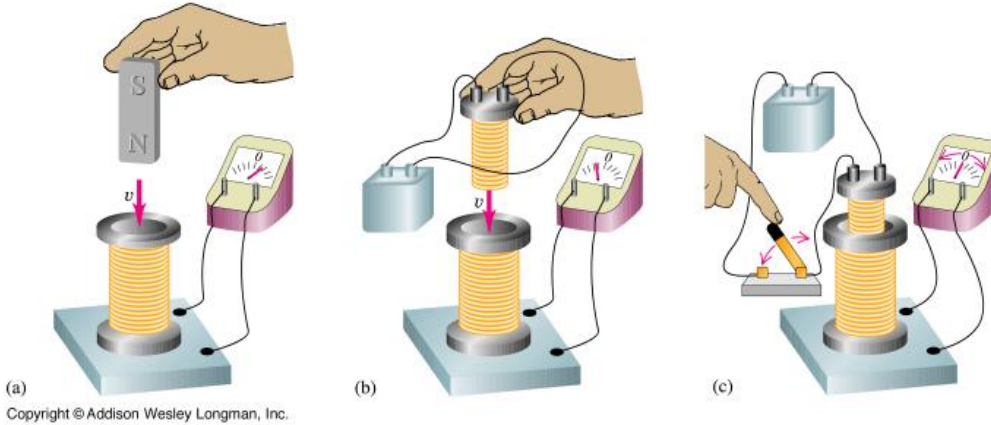


*Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.*

→ Yine aynı yıl Fransız matematikçi ve fizikçi **Andre Marie Ampere (1775-1836)** üzerinden akım geçen iki telin birbirlerine kuvvet uyguladığını gözlemledi. Ampere, manyetik alan ile bu alanı doğuran akım arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak formülize etmeyi başardı.



→ Oersted, elektrik akımının manyetik alan doğurduğunu bulmuştu. İngiliz kimyacı ve fizikçi **Michael Faraday (1791-1867)** mıknatısların elektrik akımı yarattığını ve değişen manyetik alanın elektrik alanı doğurduğunu buldu.



*Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.*

• Elektromanyetik kuramın kurucusu İskoç bilim adamı **James Clerk Maxwell**(1831-1879)



→ Elektrik + manyetizma → Elektromanyetizma: Elektrik ve Manyetizma farklı olgular değiller, aynı olgunun farklı görüngüleridir.

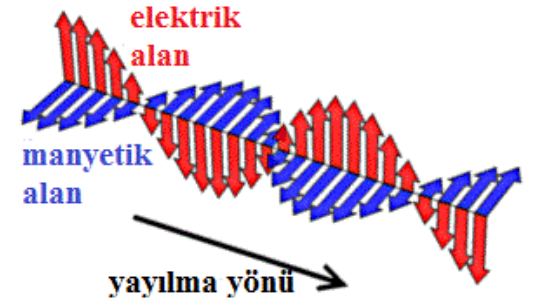
→ Maxwell, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu görüşünü benimsedi. Elektrik ve manyetizmanın temel kanunları Maxwell denklemleri olarak bilinen bir dizi integral denklemle ifade edilir. (Maxwell denklemleri 10. Bölüm sonunda ifade edilecektir.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{ic}}{\epsilon_0} \quad \text{Gauss Kanunu}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi_B}{\partial t} \quad \text{Faraday Kanunu}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \text{Manyetik monopol yoktur}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_{ic} + \epsilon_0 \frac{\partial \Phi_E}{\partial t}) \quad \text{Ampere - Maxwell Kanunu}$$



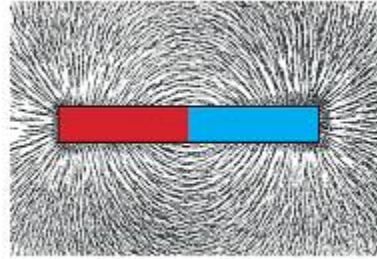
Elektromanyetik dalga

## 2. Manyetik Kuvvet



Elektriksel kuvveti doğuran elektrik yükleriydi. Benzer bir düşünce ile manyetik kuvveti doğuran bir manyetik yük var mıdır?

- Demir, nikel, kobalt gibi metalleri mıknatıs çeker. Mıknatıs çevresindeki demir tozlarının oluşturduğu şekil, manyetik alanın varlığına bir işarettir.

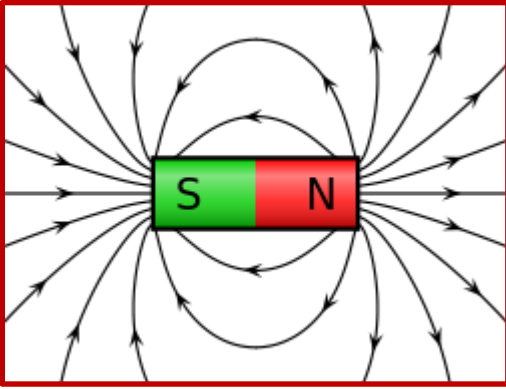


- Manyetik tek kutup (manyetik yük) yoktur. Bir mıknatısı ikiye böldüğümüzde her parçada yine iki kutup (N ve S kutbu) olur.



- Manyetik kuvvetin kaynağı akımlar ve temel parçacıkların manyetik dipol momentleridir.

*Şekiller Kaynak [3]' ten alınmıştır.*



1. Manyetizmin iki ucu kuzey (N) ve güney (S) kutbu olarak adlandırılır.
2. Her manyetin çevresinde manyetik alanı vardır. Manyetin manyetik alan çizgileri kuzey kutbundan çıkar, güney kutbunda son bulur.



3. Aynı kutuplar birbirini iter, zıt kutuplar birbirini çeker.
4. Manyetizmin sadece manyetik maddelere etkisi vardır.
5. Manyetik kuvvetler bir uzaklıkta etkilidir.  
(Manyetik alan kavramı)





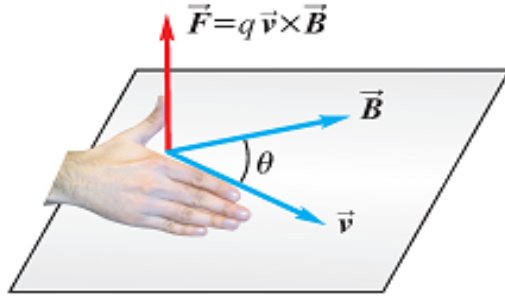
## **Tüm manyetik olaylar hareketli yüklerden kaynaklanır...!**

→Elektrik ile ilgili incelemelerimizi yaparken bir yük dağılımının uzayın herhangi bir noktasında  $E$  gibi bir elektrik alan oluşturduğunu ve bu alanda bir  $q$  yükü üzerine  $F=qE$  şeklinde bir kuvvet etkidiğini gördük. Benzer şekilde;

- *Bir elektrik akımı, bir mıknatıs ya da hareketli bir yük, kendisini çevreleyen uzayda  $B$  gibi bir manyetik alan oluşturur.*
- *Bu manyetik alanda, hareketli  $q$  yüklerine ve akımlara bir manyetik kuvvet etkiler.*

## 2. Elektrik Yüküne Etkiyen Manyetik Kuvvet

*Bu kesim Kaynak [3]' ten alınmıştır.*



$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

- Kuvvet  $q$  yüküyle,  $v$  hızıyla ve  $B$  manyetik alanıyla orantılı.
- Kuvvet  $\pm q$  için zıt yönlerde. ▼
- **Büyüklüğü:** Vektörel çarpım olduğundan:  $F = qvB \sin \theta$  ▼
- **Yönü:** Sağ-el kuralı: Dört parmak birinci vektör ( $\vec{v}$ ) yönünde, avuç içi ikinci vektör ( $\vec{B}$ ) yönünde uzatıldığında, başparmak  $\vec{F}$  yönünde. ▼
- **Manyetik alan birimi:**  $B = F/(qv \sin \theta)$  ifadesinden:

$$1 \frac{\text{N}}{\text{C} \times \text{m/s}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = 1 \text{ tesla} = 1 \text{ T}$$

**Lorentz kuvveti:** (noktasal  $q$  yüküne  $\vec{E}$  ve  $\vec{B}$  alanları içinde etkiyen kuvvet)

$$\vec{F} = q[\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}]$$

## Manyetik alan birimleri

**MKS**



**Tesla(T)**

(Nikola Tesla 1856-1943)

**CGS**



**Gauss(G)**

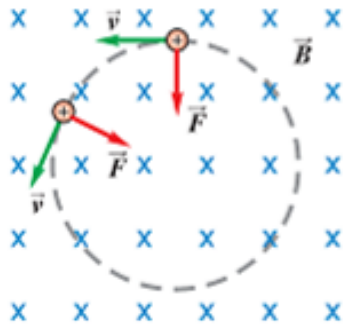
(Johann Carl Friedrich Gauss  
1877-1855)

$$[T] : [kg]/[C][s]$$

$$1T = 10^4 G$$

### 3. Manyetik Alanda Yüklü Parçacığın Hareketi

Kuvvet her zaman hıza dik olduğu için, hızın büyüklüğünü değiştirmez. Manyetik kuvvetin parçacığın hareket yönüne paralel bileşeni olmaz, **yani manyetik kuvvet yüklü parçacık üzerine iş yapmaz.**

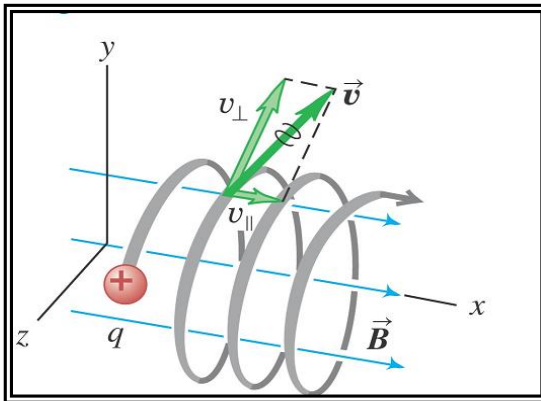


→ Parçacık manyetik alana dik olarak atılmışsa; manyetik kuvvet her zaman hız vektörüne diktir. Parçacık çembersel hareket yapar.

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$F_r = qvB = m \frac{v^2}{r} \quad \longrightarrow \quad r = \frac{mv}{qB}$$

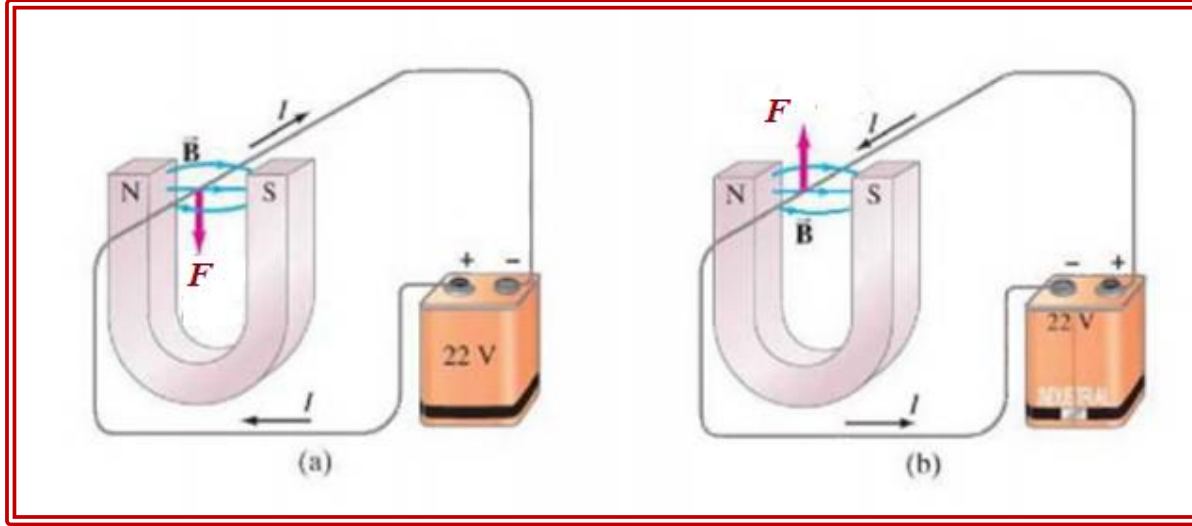
Şekil Kaynak [3]' ten alınmıştır.



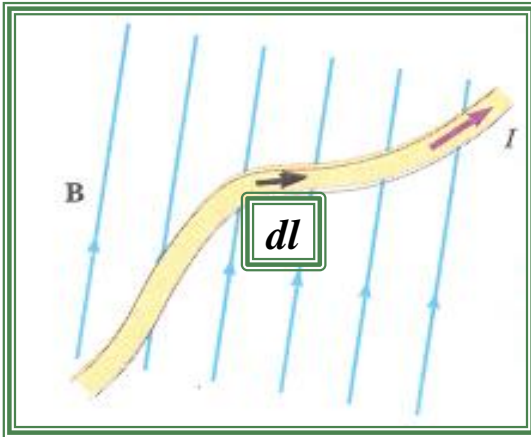
Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.

→ Eğer ilk hızın yönü alana dik değilse, hızın alana paralel bileşeni sabit kalır. Bu durumda parçacık helis şeklinde bir yörünge izler. Helisin yarıçapı yukarıdaki formülde hızın büyüklüğü yerine hızın alana dik bileşeni yazılarak verilir.

### 3. Akım Geçen Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet



Şekil , Kaynak [5]' ten alınmıştır.



$$d\vec{F}_B = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

Sonsuz küçük bir tel parçası üzerindeki manyetik kuvvet.  $dl$  akım yönünde.

$$\vec{F}_B = \int d\vec{F}_B$$

Şekil , Kaynak [4]' ten alınmıştır.

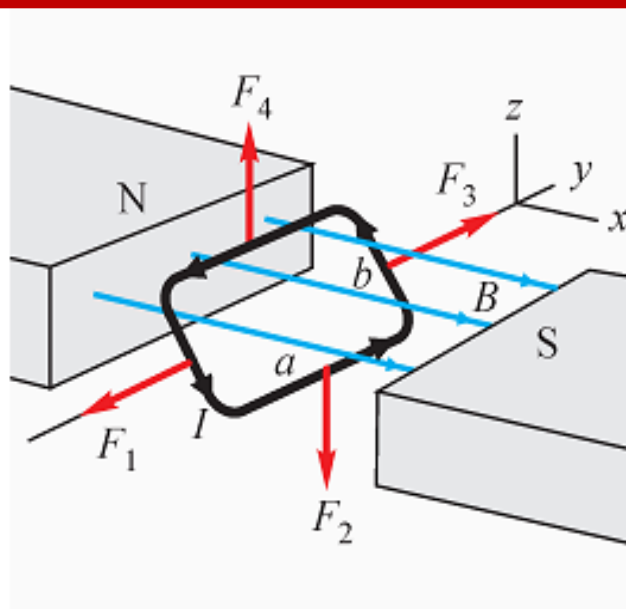
$$\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B}$$

Düz bir tel parçası üzerindeki manyetik kuvvet.  $L$  telin uzunluğudur ve yönü akıma paraleldir.

## 4. Akım Çerçevesine (Halkasına) Etkiyen Manyetik Kuvvet ve Tork

Akım taşıyan iletkenler genellikle kapalı halkalar oluştururlar, bu nedenle böyle bir iletkendeki toplam manyetik kuvveti ve torku bulmak önemlidir.

*Bu kesim Kaynak [3]' ten alınarak düzenlenmiştir.*



$B$  manyetik alanı içine konulan  $a \times b$  boyutlu dikdörtgen çerçeve. 1 ve 3 için  $B$  ve  $I$  arasındaki açı  $\theta$

Herbir kenar üzerinde  $\vec{F} = I (\vec{L} \times \vec{B})$  kuvveti:

$$F_1 = I b B \sin\theta \quad (-y \text{ yönünde})$$

$$F_2 = I a B \quad (-z \text{ yönünde})$$

$$F_3 = I b B \sin\theta \quad (+y \text{ yönünde})$$

$$F_4 = I a B \quad (+z \text{ yönünde}) \blacktriangledown$$



Kuvvetler karşılıklı olarak eşit ve zıt.

Net kuvvet sıfır  $\rightarrow$  Çerçeve öteleme hareketi yapamaz. Fakat dönebilir.

→ Bu kuvvetlerin dönme eksenini  $y'$  ye göre torklarını hesaplayalım:

$$\tau = F_1 \cdot 0 + F_2 (b/2) \sin \phi + F_3 \cdot 0 + F_4 (b/2) \sin \phi$$

$$\tau = I(ab)B \sin \phi = IAB \sin \phi \quad , \quad A = ab$$

$\mu$  : manyetik dipol moment

$$\mu = IA \quad (A : \text{alan})$$

$$\tau = \mu B \sin \phi$$

vektörel formda :  $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$

**Akım çerçevesine manyetik  
alandaki etkiyen tork**

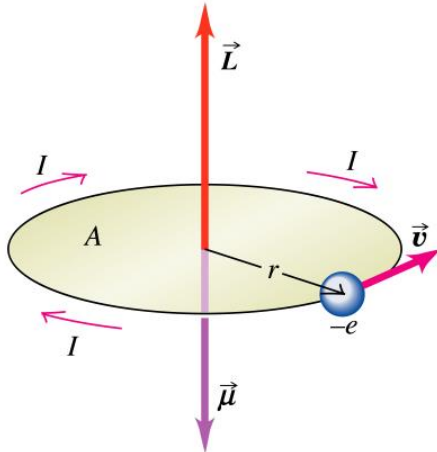
**Manyetik dipol:** Kapalı bir akım çerçevesi ile temsil edilebilir.

→ Her manyetik dipolün bir manyetik dipol momenti vardır ve  $\mu$  ile gösterilir.

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

→ Çerçeve N sarım varsa;

$$\vec{\mu} = NI\vec{A}$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

→ B manyetik alanı içinde akım halkasına etkiyen tork

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

( Şekilde elektron için manyetik dipol moment ve yörüngesel açısal momentum (  $L$  ) gösterilmektedir.)

→ Tork, akım halkasını,  $\mu$  ile  $B$  hizalanacak şekilde döndürür.

→ Dipolün sahip olduğu potansiyel enerjisi;

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

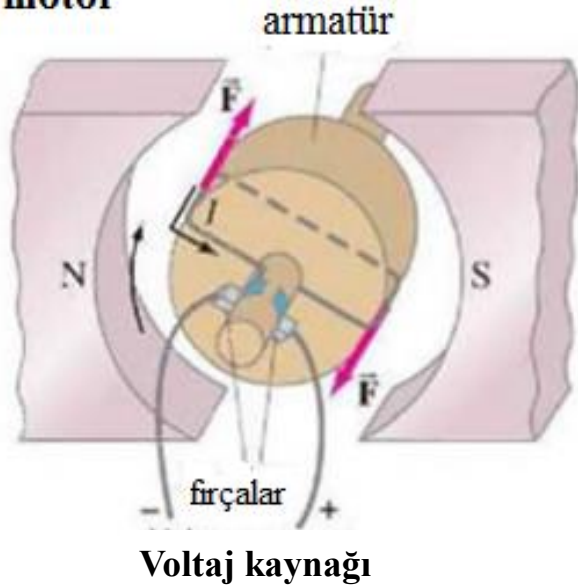
Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.



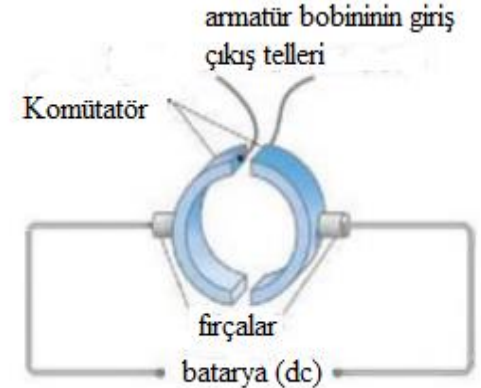
## Elektrik Motoru:

Bir manyetik alandaki iletken bir çerçeve manyetik torktan dolayı döner. Elektrik motorlarında elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüşmektedir. Bu bir elektrik motorudur. Günümüz teknolojisinde hemen her yerde elektrik motoru kullanılır. ( Büyük vinçlerden minik dişli matkaplarına, su pompalarından kol saatlerine, CD sürücülerden otomobillere elektrikle çalışan ve hareketli parçalara sahip her alette yer alır.)

dc motor



Mıknatısın manyetik alanında akım taşıyan bobine uygulanan tork ilkesine göre çalışır. Bobin rotor veya armatür denen büyük bir silindir üzerine monte edilmiştir. Armatür bir mil ya da shaft üzerindedir. Motorun bir yönde devamlı dönmesi için fırçalar ve komütatörler kullanılır. Komütatör motorla beraber döner ancak fırçalar sabittir.



*Şekiller, Kaynak [5]' ten alınmıştır.*

# Kaynaklar

1. <http://www.theguardian.com/news/datablog/2009/aug/14/hans-christian-orsted-science>.
2. *Üniversite Fiziği Cilt-I* , H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara
3. <http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887> ("Üniversiteler için Fizik", B. Karaoğlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
4. *Fen ve Mühendislik için Fizik, Cilt-2*, Serway&Beichner, Palme Yayıncılık, Ankara, 2002.
5. *Fen Bilimcileri ve Mühendisler için Fizik*, D. C. Giancoli, Akademi Yayıncılık, 2009.