

# FİZİK-II

## BÖLÜM 8: MANYETİK ALAN VE MANYETİK KUVVETLER

# GİRİŞ



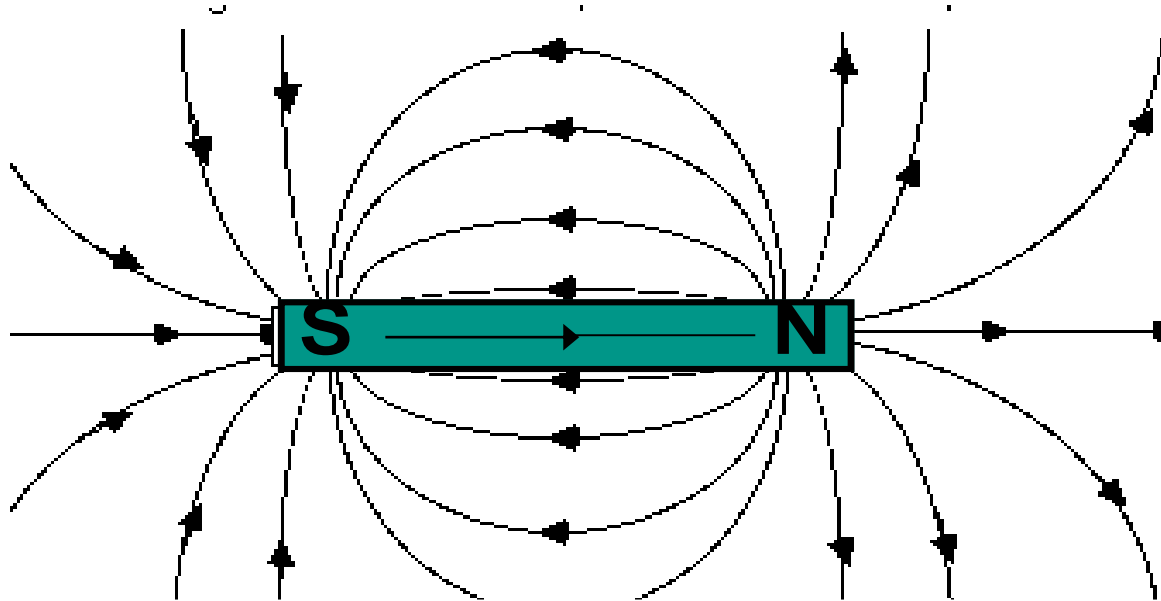
Manyetik veya mıknatıslık kavramlarının kökeni eski çağlara dayanmaktadır. Biliniyor ki bir mıknatıs ismini dünyanın coğrafi özelliklerinden aldığı Kuzey (N) ve Güney (S) olmak üzere çift kutupludur. Manyetik kutuplarda tıpkı elektrik yükleri gibi birbirileri üzerine itici ve çekici kuvvet uygular. Fakat arada önemli bir fark vardır;

Elektrik yükleri birbirilerinden ayrılabilirler (elektron veya proton gibi), fakat bugüne kadar *tek başına bir manyetik kutup oluşturulamadı*. Yani, *manyetik kutuplar her zaman çiftler halinde bulunurlar*. Bir mıknatısı kaç kere bölerseniz bölün, her parçasının bir kuzey ve bir de güney kutbu olacaktır.

Bu bölümün amacı, manyetik alanı tanımak, alan içerisinde hareketli yüklere ve akım taşıyan yüklere etkiyen kuvvetleri incelemektir.

# MANYETİK ALANLAR

Durgun veya hareketli bir elektrik yükü etrafında bir elektrik alanı oluşturduğu gibi, hareketli bir yük etrafında manyetik alan oluşturur. Aynı zamanda bir manyetik cisim de yine çevresinde manyetik alan oluşturur. Manyetik alan **B** ile gösterilir. Herhangi bir yerdeki manyetik alanın yönü o bölgeye konulan pusulanın gösterdiği yöndür. Bir mıknatısın manyetik alanı, mıknatısın kuzey kutbundan dışarı ve güney kutbundan içeri doğrudur.



# Manyetik alan ve kuvvetler

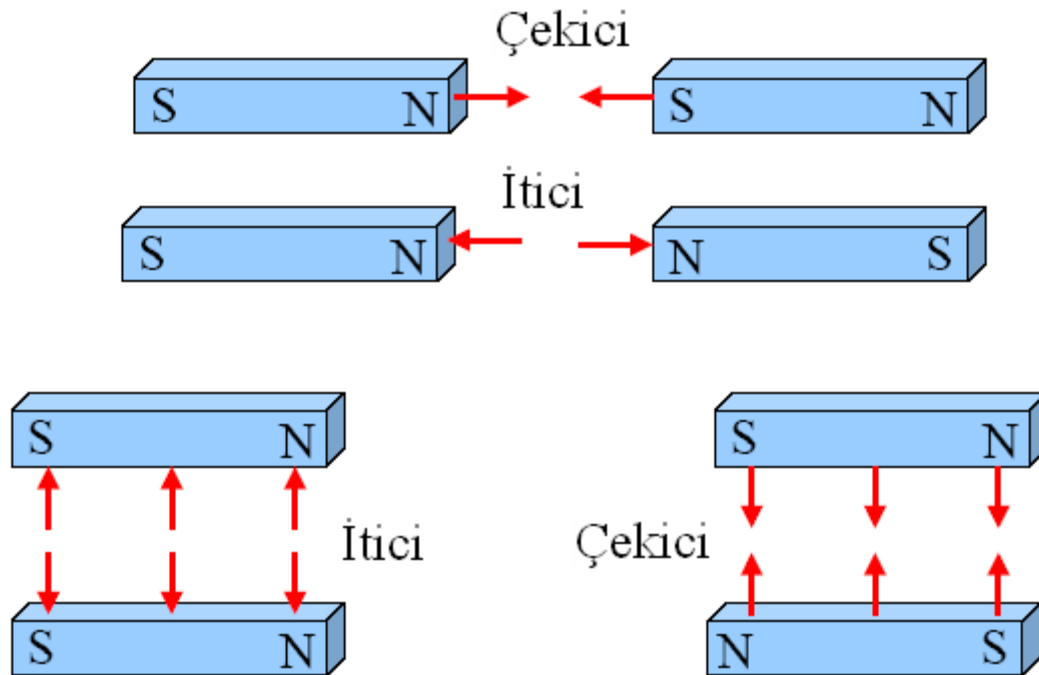
## □ Magnetler



- Bütün magnetler iki kutuba sahiptir: **G**üney ve **K**uzey
- Benzer kutuplar birbirlerini iterler.
- Farklı kutuplar birbirlerini çekerler.
- Manyetik kutuplar *daima* çift olarak bulunurlar.
- Hiçbir zaman yalıtılmış manyetik kutup bulunmaz.

# Manyetik alan ve kuvvetler

## □ Manyetik kuvvetler



# Manyetik kutuplar

Belki elektrik yükler gibi manyetik yüklerde vardır.

Bunun gibi bir varlık, manyetik kutup olarak adlandırılır. (yada manyetik yükler).

Bu manyetik yükü nasıl izole edersiniz?

Bir kalıp magneti yarıdan kesmeyi deneyelim:



Bir tek elektron bile  
bir manyetik “dipol”e  
sahiptir!

# Manyetik alan kaynağı

Şayet manyetik yük yoksa manyetik alan kaynağı nedir?

Cevap : Hareketli elektrik yükü!

Örneğin, Silindiri çevreleyen teldeki akım (solenoit) kalıp magnetekine çok benzer bir alan üretir.

Bu yüzden, kalıp magnet tarafından üretilen alan kaynağını anlamak, bulk madde içerisinde atomik seviyelerdeki akımı anlamakta yatar.



## Manyetik alan çizgileri

- Manyetik alan çizgileri magnetleri kuşatır.
- Manyetik alan daima manyetik alan çizgilerine teğettir.
- Birim alandaki çizgi sayısı manyetik alan gücü ile orantılıdır.
- Magnetin dışında manyetik alan çizgileri kuzey kutuptan(N) uzaklaşır ve güney kutuba (S) doğru ilerler.



# Manyetik Alan

## Yorumlar

- Yüklü parçacık manyetik alana paralel hareket ettiği zaman, yük üzerindeki manyetik kuvvet sıfırdır.
- Yüklü parçacık manyetik alana paralel olmayan yönde hareket ettiği zaman, manyetik kuvvet hem yükün hızına hem de manyetik alana diktir.
- Aynı yönde hareket eden pozitif ve negatif yükler zıt yönlerdeki manyetik kuvvetlere maruz kalır.
- Hız vektörü manyetik alan vektörü ile  $\theta$  açısı yaparsa manyetik kuvvet  $\sin \theta$  ile orantılıdır.

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

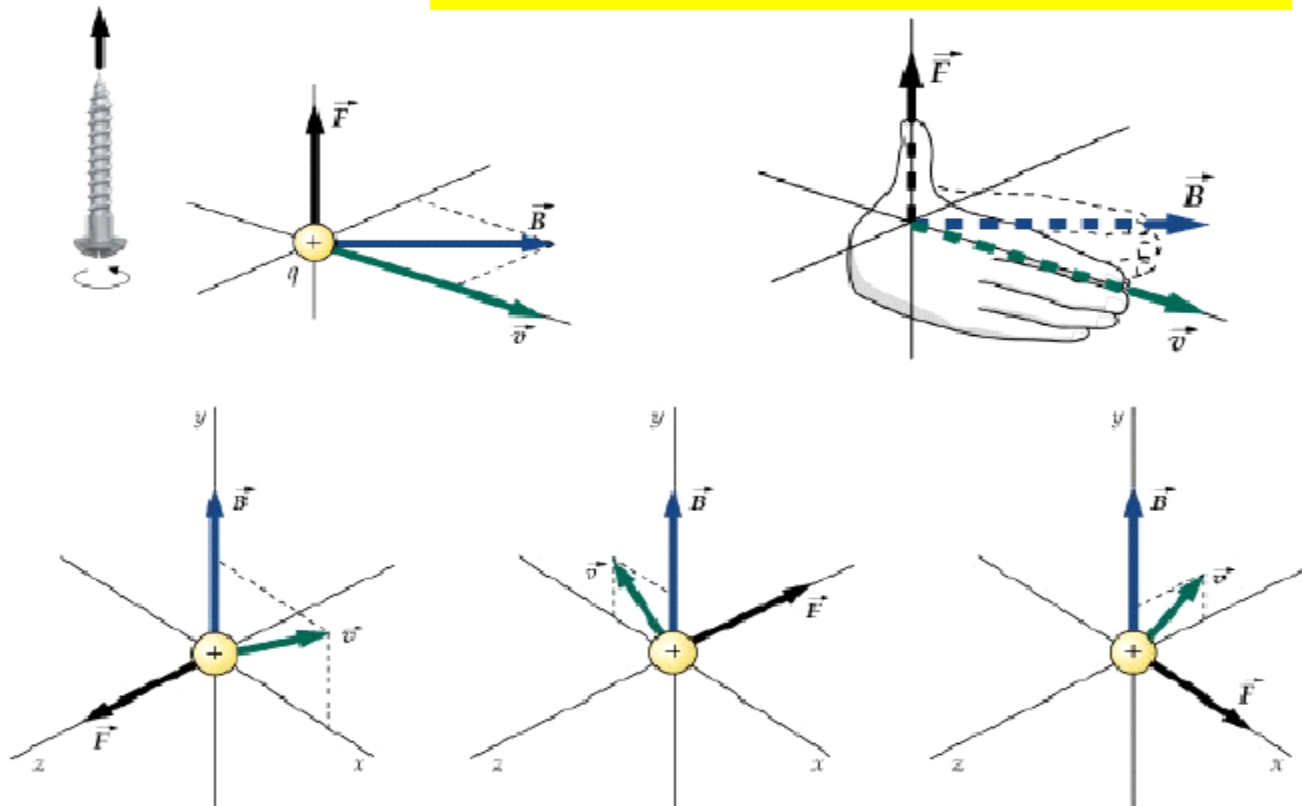
$$F_B = |q| v B \sin \theta$$

# Manyetik kuvvet (Lorentz kuvveti)

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

$\vec{F}$  Hem  $\vec{v}$  ye hem de  $\vec{B}$  ye diktir  $\Rightarrow$  Her iki vektörle tanımlanan düzleme diktir.

$\vec{F}$  nin yönü sağ el kuralı ile verilir.



# Manyetik kuvvet

Manyetik kuvvetlerin bileşenleri

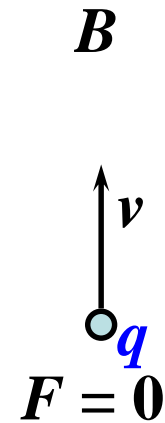
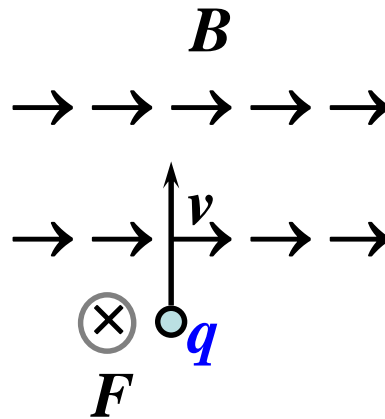
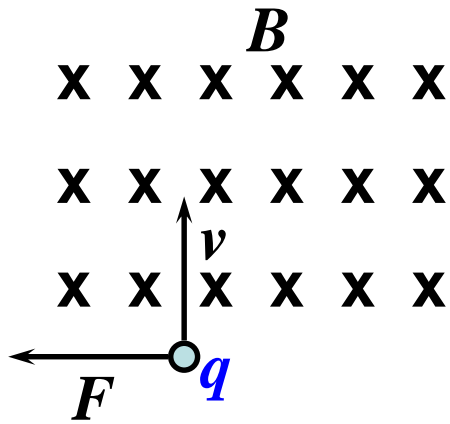
$$\vec{F} = \vec{i}F_x + \vec{j}F_y + \vec{k}F_z$$

$$F_x = q(v_y B_z - v_z B_y)$$

$$F_y = q(v_z B_x - v_x B_z)$$

$$F_z = q(v_x B_y - v_y B_x)$$

# Manyetik kuvvet



# Manyetik kuvvet

$$F_B = |q|vB \sin\theta \Rightarrow B = \frac{F_B}{|q|v \sin\theta}$$

Manyetik alanın birimi  $\frac{\text{N}}{\text{C} \cdot \text{m/s}}$  dir.

Manyetik alanın SI daki birimi **tesla(T)** olarak adlandırılır.

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

Alternatif olarak SI birimi olmayan **Gauss(G)** kullanılır

$$1\text{G} \equiv 10^{-4}\text{T}$$

$$B_{\text{earth}} = 1\text{G}$$

$$B_{\text{iron core mag}} = 0.1 - 0.5\text{T}$$

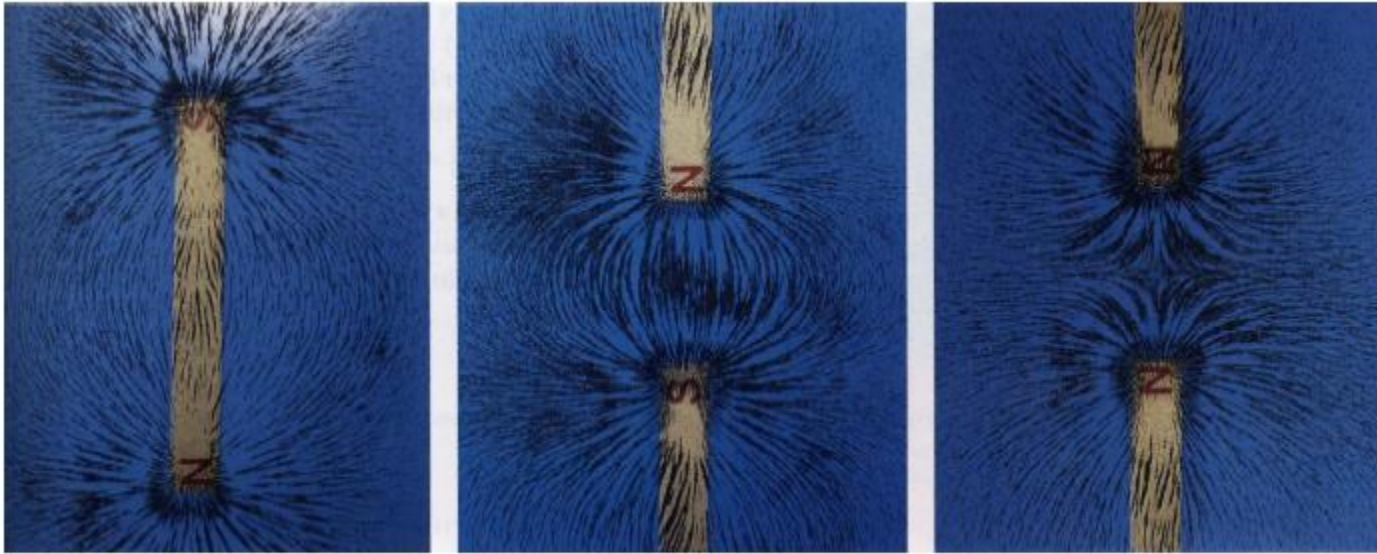
$$B_{\text{nuclei of ionised atom}} = 10^4\text{T}$$

# Manyetik kuvvet

## Manyetik kuvvet ve Elektrik kuvvet karşılaştırması

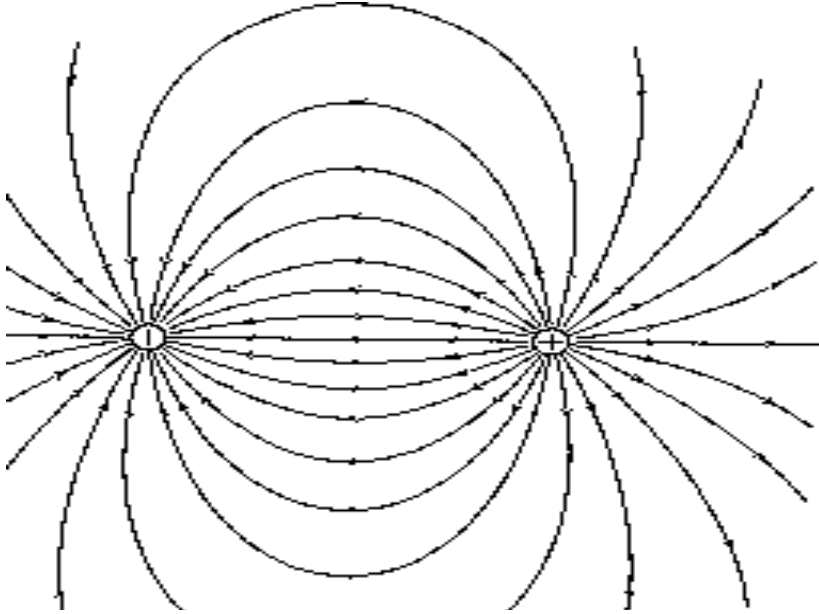
- Elektrik kuvvet elektrik alan doğrultusunda hareket eder fakat manyetik kuvvet manyetik alana dik hareket eder.
- Elektrik kuvvet hem hareketli hem de hareketsiz yüklü parçacıklar üzerine etki eder fakat manyetik kuvvet sadece hareketli yükler üzerine etki eder.
- Elektrik kuvvet yüklü bir parçacığın yerini değiştirirken iş yapar, fakat manyetik kuvvet yapmaz.

# Manyetik alan çizgileri ve Akı



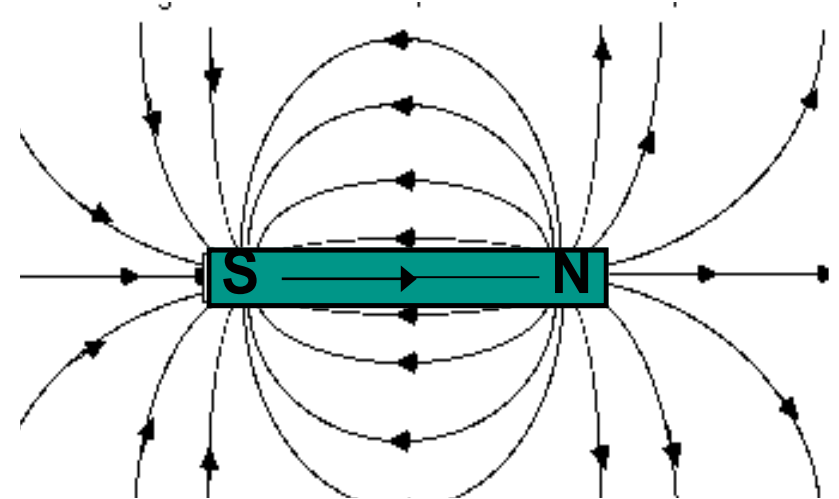
# Manyetik alan çizgileri ve Akı

## Manyetik alan çizgileri



Bir kalıp magnetin manyetik alan çizgileri

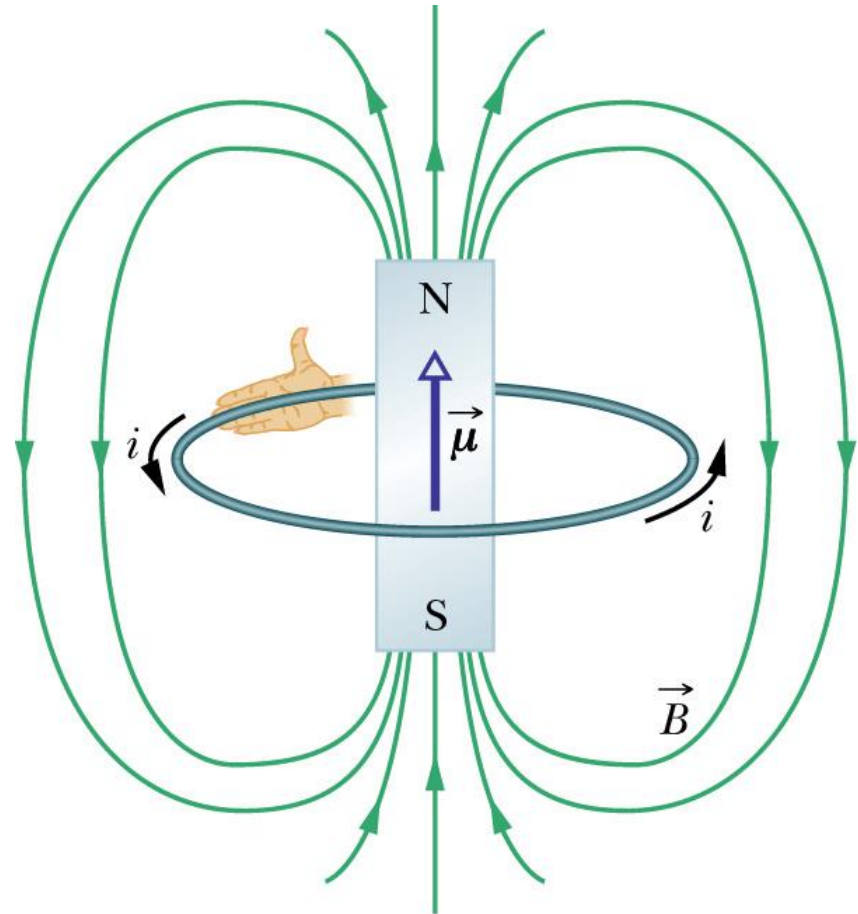
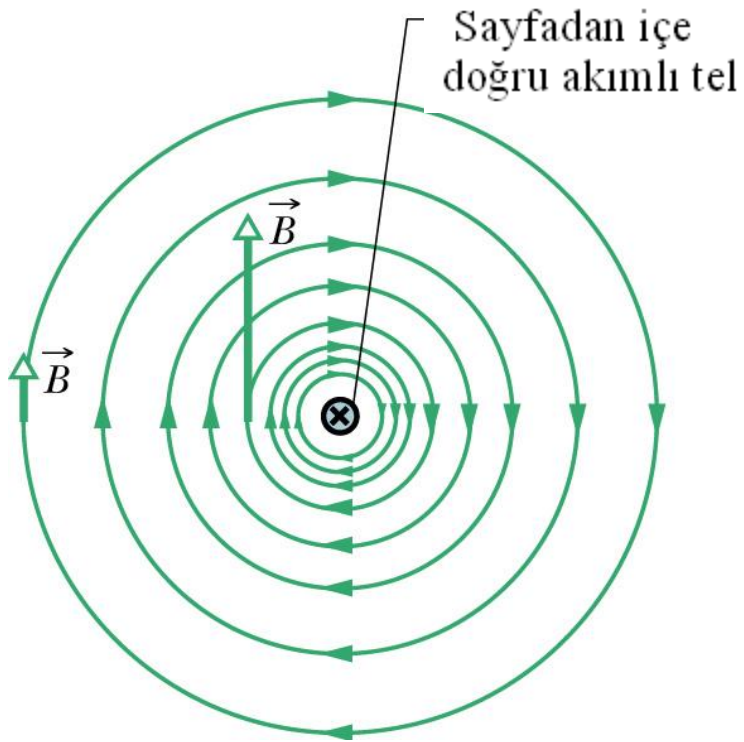
Bir elektrik dipolün elektrik alan çizgileri





# Manyetik alan çizgileri ve Akı

## □ Manyetik alan çizgileri



# Manyetik alan çizgileri ve Akı

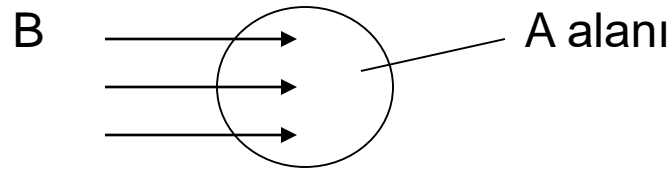
## Manyetik akı

$$d\Phi_B = B_{\perp} dA = B \cos \phi dA = \vec{B} \cdot d\vec{A} = \vec{B} \cdot \hat{n} dA$$

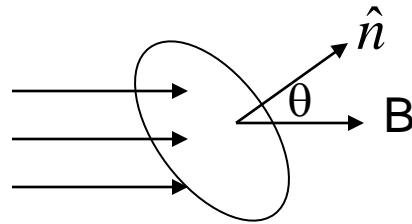
$$\Phi_B = \int B_{\perp} dA = \int B \cos \phi dA = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Bir yüzeyden geçen manyetik akı

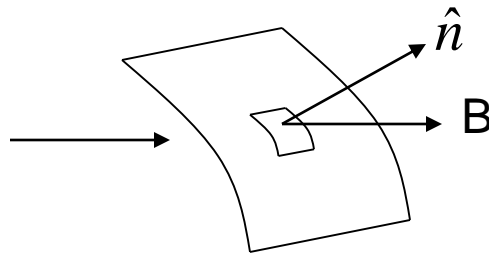
$$\bullet \Phi_B = BA$$



$$\begin{aligned} \bullet \Phi_B &= \vec{B} \cdot \hat{n} dA \\ &= \vec{B} \cdot d\vec{A} \\ &= B \cos \theta dA \end{aligned}$$



$$\bullet \Phi_B = \int \vec{B} \cdot \hat{n} dA$$



# Manyetik alan çizgileri ve Akı

## Manyetik akı

Birimler:  $1 \text{ weber} = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ Tm}^2 = 1 (\text{N/A})\text{m} = 1 \text{ Nm/A}$

### □ Manyetizma için Gauss yasası

  $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$  (herhangi bir kapalı yüzeyden geçen manyetik akı)

Bu yasa; yalıtılmış manyetik kutupların (yada tek kutupların) bu güne kadar algılanamadığı gerçeğine dayanır. Bu nasıl oluyor? (Ödev)

# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız

$\mathbf{v}$   $\mathbf{B}$  ye dik

Parçacık  $\mathbf{B}$  ye dik düzlemdeki bir yörüngede sabit  $v$  hızında hareket eder

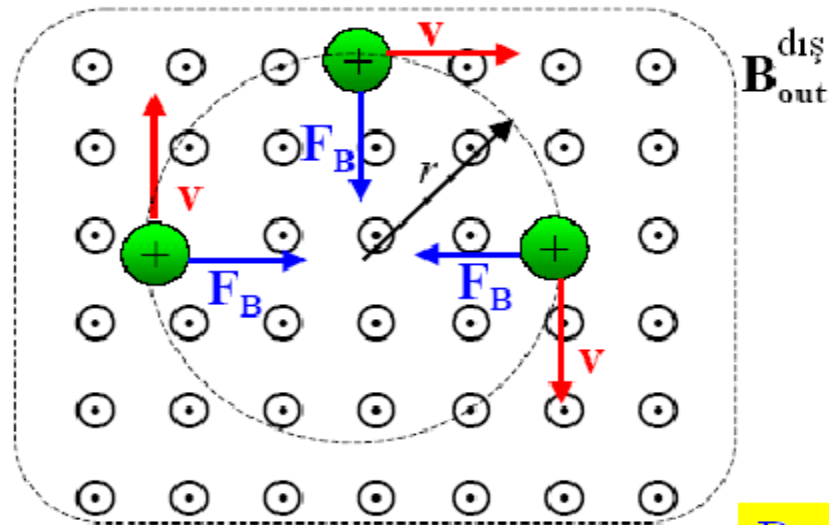
$F/m = a$  merkezci ivmeyi verir, böylece

$$\frac{F_L}{m} = \frac{q \mathbf{v} \times \mathbf{B}}{m} = a \quad \text{ve} \quad \frac{q v B}{m} = a = \frac{v^2}{R}$$

böylece 
$$R = \frac{m v}{q B}$$

# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız



- Kuvvet daima radyal yöndedir.
- $qvB$  büyüklüğüne sahiptir. Dairesel hareket için  $a = v^2/r$  dir. Böylece

$$F_B = qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \frac{qrB}{m} \quad ; \quad r = \frac{mv}{qB}$$

olur.

$T$  periyodu:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB} \text{ dir.}$$

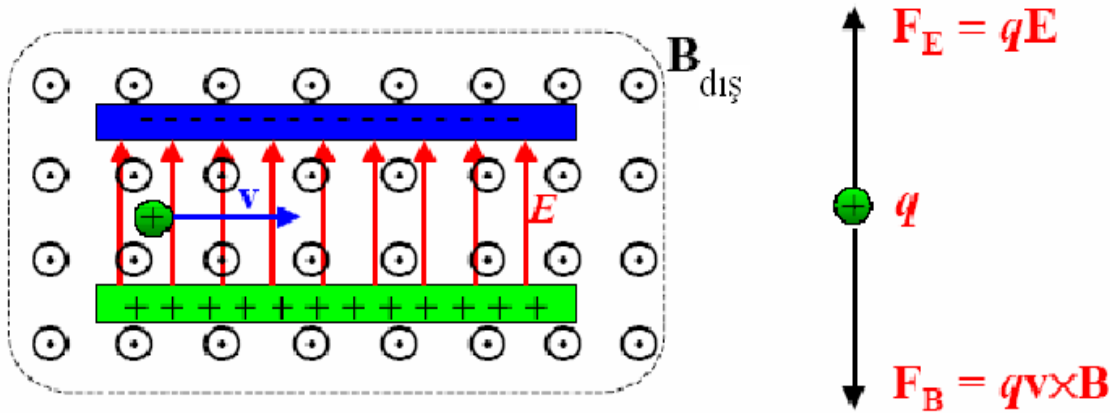
Rotasyonel  $f$  frekansı siklotron frekansı olarak adlandırılır.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

Durum 1: Manyetik alana dik hız

Uygulama 1. Hız seçici



Elektrik ve manyetik kuvvetler dengelendiğinde yük baştan sona kadar dümdüz gider.  $F_E = F_B$  iken bu meydana gelir.

$$qE = qvB \text{ or } v = \frac{E}{B}$$

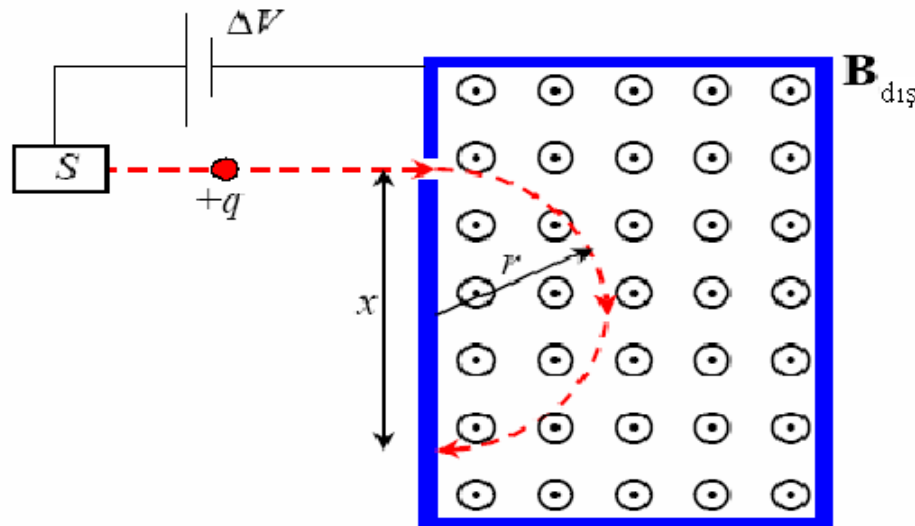
Birbirine dik olan elektrik ve manyetik alan içerisinde ancak bu hıza sahip parçacıklar sapmadan geçebilirler.

# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız

### Uygulama 2. Kütle spektrometresi

- Kütle spektrometreleri iyonları kütle yük oranına göre ayırır.
- Bir tek enerjili iyonlar sabit bir manyetik alan bölgesine girer.
- İyonlar bir yarım dairede hareket eder.
- Yarıçap, kütle yük oranı, iyonların hızı, manyetik alanın büyüklüğü ile belirlenir.



# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız

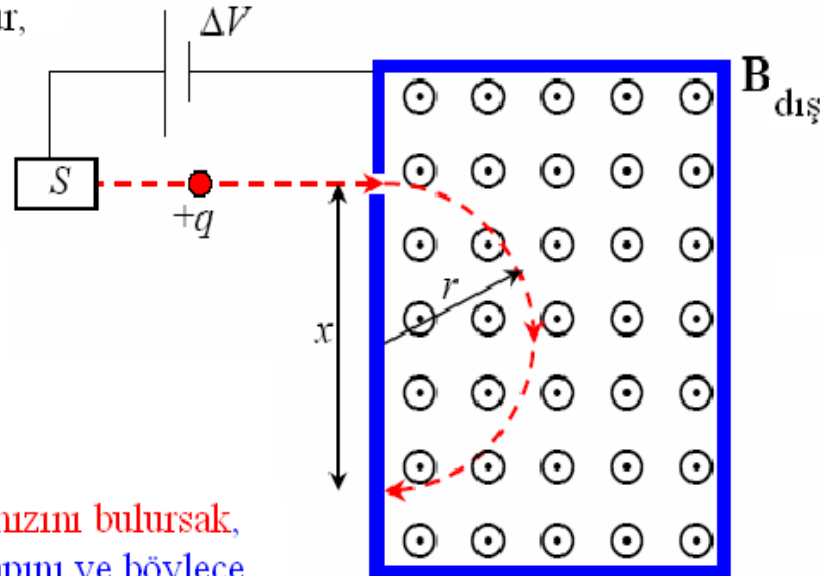
### Uygulama 2. Kütle spektrometresi

- İyonlar S kaynağından ayrılır, iyonların **yoluna dik** olan sabit bir  $B_{dış}$  manyetik alan bölgesine girer.
- İyonlar **yarı dairesel yolda** hareket ederler ve alana girdikleri noktadan  $x=1.7558m$  de dedektör **yüzeyine** çarparlar.
- Bu iyonlar  $1.6022 \times 10^{-19} C$  luk yüke sahiptir, manyetik alan  $B_{dış} = 80.0 mT$  büyüklüğe sahiptir ve ivmelendirme potansiyeli  $\Delta V = 1000.0 Volt$  tur,

**İyon kütlesi nedir?**

Sabit bir manyetik alan bölgesinde hareket eden iyonlar için:

$$x = 2r \quad \text{and} \quad r = \frac{mv}{qB}$$



- Bilinmeyenler  $m$  ve  $v$  dir.
- Manyetik alana giren iyon **hızını bulursak**, yarı dairesel yolun yarıçapını ve böylece  **$m$  yi belirleyebiliriz.**

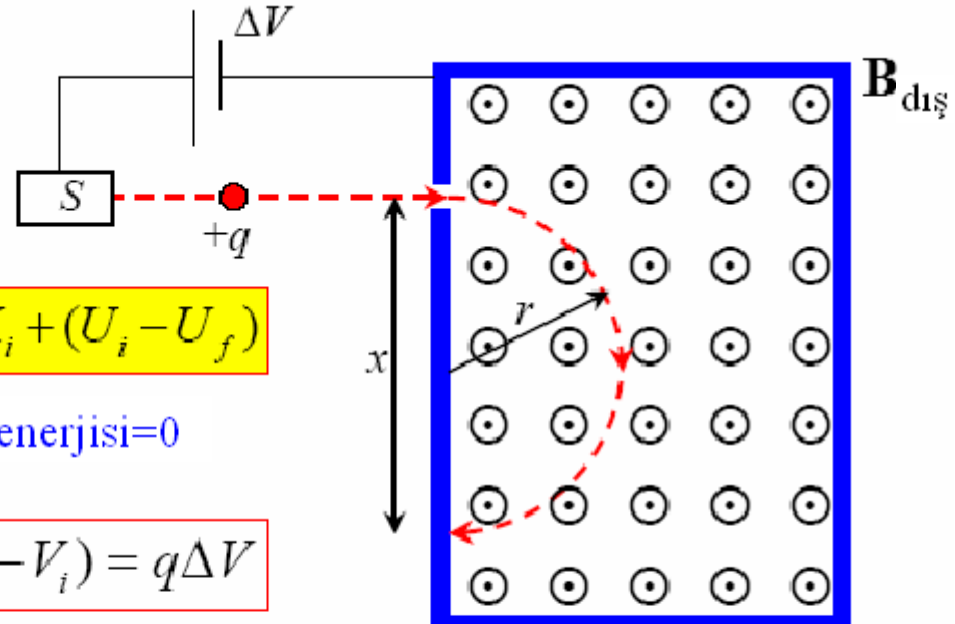


# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız

### Uygulama 2. Kütle spektrometresi

Manyetik alana girdikleri zaman iyonların hızları enerji korunumundan elde edilir.



$$K_i + U_i = K_f + U_f \Rightarrow K_f = K_i + (U_i - U_f)$$

Kaynakta başlangıç kinetik enerjisi=0

$$K_f = -(U_f - U_i) = -q(V_f - V_i) = q\Delta V$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

# Bir manyetik alandaki yüklü parçacıkların hareketi

## Durum 1: Manyetik alana dik hız

### Uygulama 2. Kütle spektrometresi

$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

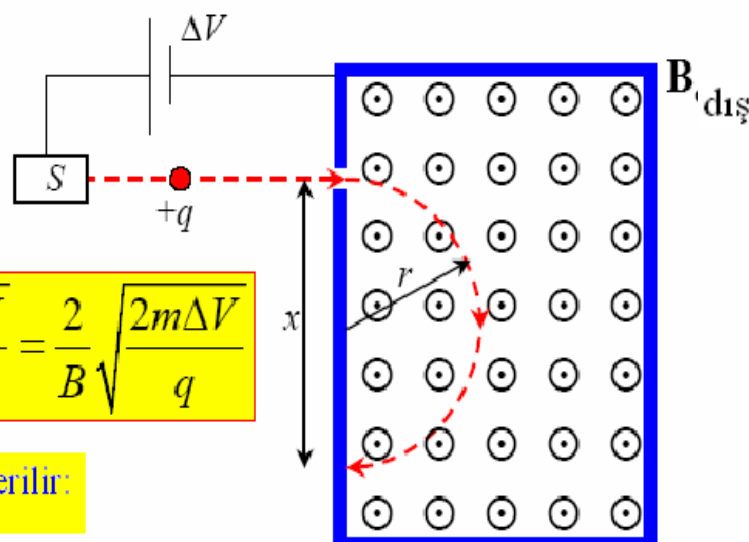
$$x = 2r = \frac{2mv}{qB} = \frac{2m}{qB} \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}} = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2m\Delta V}{q}}$$

$m$  için çözüm aşağıdaki gibi verilir:

$$m = \frac{B^2 x^2 q}{8\Delta V} = \frac{(.08 \text{ T})^2 (1.7558 \text{ m})^2 (1.6022 \times 10^{-19} \text{ C})}{8(1000 \text{ V})} = 3.9515 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

Fakat atomik kütle ,  $1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$$m = \frac{3.9515 \times 10^{-25} \text{ kg}}{1.66 \times 10^{-27} \text{ kg/u}} = 238.04 \text{ u}$$



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

*ve*

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ