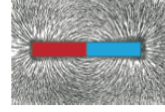


MANYETİK ALANLAR



1

MANYETİK KUVVET



Gözlemler:

Mıknatıslar, çivi veya toplu iğneleri çeker.

Mıknatıs çevresinde demir tozlarının oluşturduğu izler manyetik alanın varlığını gösterir.

Önemli özellik:

Elektrik yükü benzeri, bir "manyetik yük" yoktur.

Mıknatısı ikiye böldüğümüzde, her iki parça yeniden N-S kutuplu birer mıknatıs olur.

Manyetik kuvvetin kaynağı nedir?

- Akımlar,
- Temel parçacıkların manyetik dipol momentleri.

2

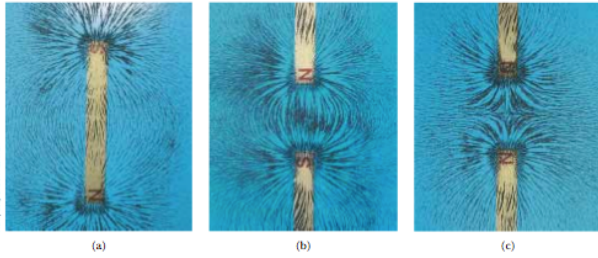


Figure 29.2 (a) Magnetic field pattern surrounding a bar magnet as displayed with iron filings. (b) Magnetic field pattern between *opposite* poles (N-S) of two bar magnets. (c) Magnetic field pattern between *like* poles (N-N) of two bar magnets.

3

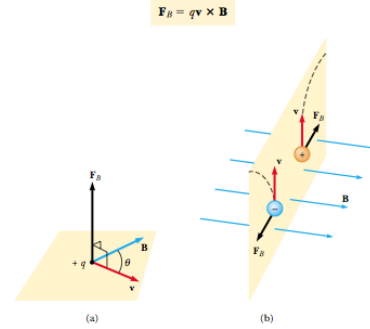


Figure 29.3 The direction of the magnetic force F_B acting on a charged particle moving with a velocity v in the presence of a magnetic field B . (a) The magnetic force is perpendicular to both v and B . (b) Oppositely directed magnetic forces F_B are exerted on two oppositely charged particles moving at the same velocity in a magnetic field. The dashed lines show the paths of the particles, which we will investigate in Section 29.4.

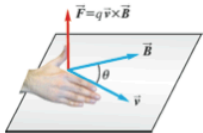


Hans Christian Oersted
Danish Physicist and Chemist
(1777-1851)

Oersted is best known for observing that a compass needle deflects when placed near a wire carrying a current. This important discovery was the first evidence of the connection between electric and magnetic phenomena. Oersted was also the first to prepare pure aluminum. (North Wind Picture Archives)

4

Hareketli Bir Yüke Etkiyen Manyetik Kuvvet



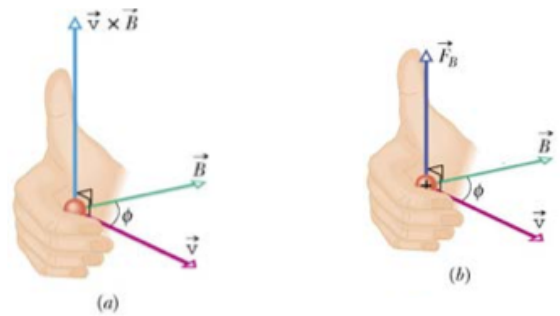
$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$



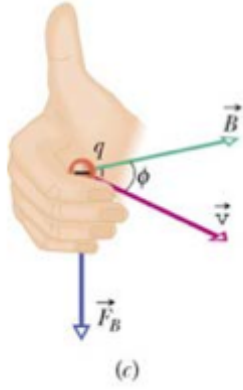
- Kuvvet q yüküyle, v hızıyla ve B manyetik alanıyla orantılı.
- Kuvvet $\pm q$ için zıt yönlerde.
- **Büyüklüğü:** Vektörel çarpım olduğundan: $F = qvB \sin \theta$
- **Yönü:** Sağ-el kuralı: Dört parmak birinci vektör (\vec{v}) yönünde, avuç içi ikinci vektör (\vec{B}) yönünde uzatıldığında, başparmak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

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

5



6



7

Some Approximate Magnetic Field Magnitudes

Source of Field	Field Magnitude (T)
Strong superconducting laboratory magnet	30
Strong conventional laboratory magnet	2
Medical MRI unit	1.5
Bar magnet	10^{-2}
Surface of the Sun	10^{-2}
Surface of the Earth	0.5×10^{-4}
Inside human brain (due to nerve impulses)	10^{-15}

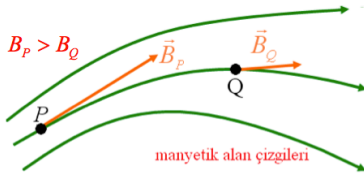
8

Manyetik Alan Çizgileri : Elektrik alan ile elektrik alan çizgileri arasındaki ilişki gibi, manyetik alan ile manyetik alan çizgileri arasında da benzer bir ilişki vardır:

1. Herhangi bir P noktasında, manyetik alan vektörü \vec{B} manyetik alan çizgisine teğettir.

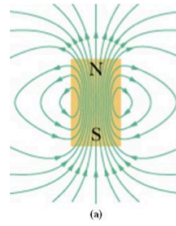


2. Manyetik alan şiddeti, manyetik alan çizgilerinin yoğunluğu ile orantılıdır.

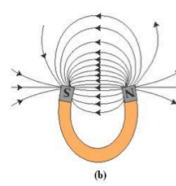


9

Kalıcı Bir Miknatısın Manyetik Alan Çizgileri :



Şekil-a' da, kalıcı bir miknatısın manyetik alan çizgileri gösterilmiştir. Bunlar, bir kısmı miknatısın içinden geçen **kapalı** halkalar şeklindedir. Pozitif yükte başlayıp negatif yükte sonlanan elektrik alan çizgileri gibi, başlangıç ve bitiş noktaları yoktur. Kapalı halka şeklindeki manyetik alan çizgileri, miknatısın bir ucundan girer diğer ucundan çıkarlar. Alan çizgilerinin çıkış yaptıkları uç miknatısın **kuzey kutbu**, giriş yaptıkları uç ise **güney kutbu** olarak bilinir. Bu kutupları bağımsız olacak şekilde miknatıstan ayıramayız. İkiisi birlikte bir "**manyetik dipol**" oluştururlar. Şekil-b' de, at nalı şeklinde bükülmüş bir çubuk miknatısın manyetik alan çizgileri verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, kutuplar arasında ve kutupların birbirine yakın olduğu yerlerde manyetik alan çok şiddetlidir.



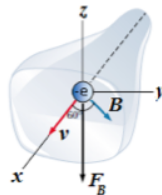
10

Örnek : Şekilde görüldüğü gibi, bir televizyon tüpü içerisindeki elektronlar $+x$ -ekseni yönünde 8×10^6 m/s' lik bir hızla ekrana dik doğrultuda gelmektedir. Tüpü çevreleyen kangalların oluşturduğu manyetik alan xy -düzleminde, x -ekseni ile 60° lik açı yapmakta ve büyüklüğü de 25 mT ' dir. Elektronlara etkiyen manyetik kuvvetin büyüklüğünü ve elektronun ivmesini hesaplayınız.

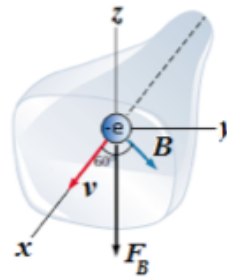
$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow |\vec{F}_B| = evB \sin \theta = (1.6 \times 10^{-19}) * (8 \times 10^6) * (25 \times 10^{-3}) \sin 60$$

$$|\vec{F}_B| = 2.77 \times 10^{-14} \text{ N (sağ-el kuralına göre, } -z \text{ yönünde)}$$

$$F = ma \rightarrow a = \frac{|\vec{F}_B|}{m_e} = \frac{2.77 \times 10^{-14}}{9.11 \times 10^{-31}} = 3.04 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$$



11



$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow |\vec{F}_B| = evB \sin \theta = (1.6 \times 10^{-19}) * (8 \times 10^6) * (25 \times 10^{-3}) \sin 60$$

$$|\vec{F}_B| = 2.77 \times 10^{-14} \text{ N (sağ-el kuralına göre, } -z \text{ yönünde)}$$

$$F = ma \rightarrow a = \frac{|\vec{F}_B|}{m_e} = \frac{2.77 \times 10^{-14}}{9.11 \times 10^{-31}} = 3.04 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$$

12

Örnek : Bir proton, + y-ekseni yönündeki 0.3 T'lık bir manyetik alan içinde, alan ile 37°'lik açı yapacak şekilde 3×10^6 m/s hızla hareket etmektedir. Protona etkiyen manyetik kuvvetin büyüklüğünü ve protonun ivmesini hesaplayınız.

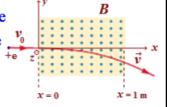
$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow |\vec{F}_B| = evB \sin \theta = (1.6 \times 10^{-19}) * (3 \times 10^6) * (0.3) \sin 37$$

$$|\vec{F}_B| = 8.7 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$F = ma \rightarrow a = \frac{|\vec{F}_B|}{m_p} = \frac{8.7 \times 10^{-14}}{1.67 \times 10^{-27}} = 5.21 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$$

13

Örnek : Kinetik enerjisi 5 MeV olan ve + x-ekseni yönünde giden protonlar, şekildeki gibi, $x = 0$ ile $x = 1$ m aralığında etkin, büyüklüğü $B = 0.05$ T olan ve sayfa düzleminde dışarı doğru yönelmiş düzgün bir manyetik alan bölgesine giriyor. Protonlar manyetik alan bölgesini hangi hızla terk ederler. ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$).



$$\frac{1}{2} m_p v_0^2 = (5 \times 10^6) * (1.6 \times 10^{-19}) \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{16 \times 10^{-13}}{1.67 \times 10^{-27}}} = 3.1 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v}_0 \times \vec{B} \rightarrow m_p a_y = ev_0 B \sin 90$$

Proton çok hızlı olduğu için merkezci kuvvetin yatay yöndeki bileşeninin etkisi ihmal edilebilir.

$$a_y = \frac{(1.6 \times 10^{-19}) * (3.1 \times 10^7) * 0.05}{1.67 \times 10^{-27}} = 1.5 \times 10^{14} \text{ m/s}^2 \text{ (sağ-el kuralına göre, -y yönünde)}$$

$$a_x = 0 \rightarrow \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \rightarrow v_x = v_0 = 3.1 \times 10^7 \text{ m/s} \\ \Delta x = v_{0x} t \rightarrow t = \frac{1}{3.1 \times 10^7} = 3.22 \times 10^{-8} \text{ s} \end{cases}$$

$$v_y = v_{0y} - a_y t \rightarrow v_y = -a_y t = -(1.5 \times 10^{14}) * (3.22 \times 10^{-8}) = -4.83 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\vec{v} = [3.1\hat{i} - 0.483\hat{j}] \times 10^7 \text{ m/s} \quad \text{ve} \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{-0.483}{3.1} \right) = -8.86^\circ$$

14

Örnek : Bir proton, büyüklüğü 0.35 T olan düzgün bir manyetik alan içerisinde, yarıçapı 14 cm olan çembersel bir yörünge üzerinde düzgün dairesel hareket yapmaktadır. Protonun yörüngedeki çizgisel hızını bulunuz. Aynı manyetik alan içerisinde bir elektron, aynı çizgisel hızla düzgün dairesel hareket yapsaydı, yörüngesinin yarıçapı ne olurdu?

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow evB = m \frac{v^2}{r}$$

$$v = \frac{erB}{m} = \frac{(1.6 \times 10^{-19}) * (14 \times 10^{-2}) * 0.35}{1.67 \times 10^{-27}} = 4.7 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$r = \frac{mv}{eB} = \frac{(9.11 \times 10^{-31}) * (4.7 \times 10^6)}{(1.6 \times 10^{-19}) * 0.35} = 76.4 \times 10^{-6} = 76.4 \mu\text{m}$$

15

Örnek : 350 V'lık bir potansiyel fark altında durgun halden hızlandırılan elektronlar, düzgün bir manyetik alan içerisine dik olarak giriyor ve yarıçapı 7.5 cm olan çembersel bir yörünge üzerinde hareket ediyor. Manyetik alanın büyüklüğünü, elektronların açısal hızını ve periyodunu bulunuz.

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = 350 * (1.6 \times 10^{-19}) \rightarrow v = \sqrt{\frac{700 * (1.6 \times 10^{-19})}{9.11 \times 10^{-31}}} = 11.1 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v}_0 \times \vec{B} \rightarrow evB = m_e \frac{v^2}{r} \rightarrow B = \frac{m_e v}{er} = \frac{(9.11 \times 10^{-31}) * (11.1 \times 10^6)}{(1.6 \times 10^{-19}) * (7.5 \times 10^{-2})} = 8.43 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{11.1 \times 10^6}{7.5 \times 10^{-2}} = 1.48 \times 10^8 \text{ rad/s} ; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{1.48 \times 10^8} = 4.25 \times 10^{-8} \text{ s} = 42.5 \text{ ns}$$

16

Örnek : Yüklü $q = 3.2 \times 10^{-19}$ C olan bir parçacık, düzgün bir elektrik ve manyetik alan olan bölgeye $\vec{v} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k})$ m/s hızla giriyor. $\vec{E} = (4\hat{i} - \hat{j} - 2\hat{k})$ V/m ve $\vec{B} = (2\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k})$ T olduğuna göre, parçacığa etkiyen net kuvveti bulunuz. Bu kuvvet x-ekseni ile ne kadarlık bir açı yapar?

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

$$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 3 & -1 \\ 2 & 4 & 1 \end{vmatrix} = (3+4)\hat{i} - (2+2)\hat{j} + (8-6)\hat{k} = 7\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k}$$

$$\vec{F} = (3.2 \times 10^{-19}) * [(4\hat{i} - \hat{j} - 2\hat{k}) + (7\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k})] = (3.2 \times 10^{-19}) * [11\hat{i} - 5\hat{j}] \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-5}{11} \right) = -24.4^\circ$$

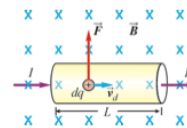
17

Akım Geçen Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet:

Akım geçen tel manyetik alan içine konulduğunda:

Pozitif iyonlar hareketsiz \rightarrow kuvvet=0

Fakat elektronlar hareketli \rightarrow tel üzerinde net bir manyetik kuvvet var.



Telin A kesitinden dt zamanında geçen yük:

$$dq = I dt$$

v_d sürüklenme hızı ile ilerleyen bu yükler dt zamanında $L = v_d dt$ kadar yol katederler.

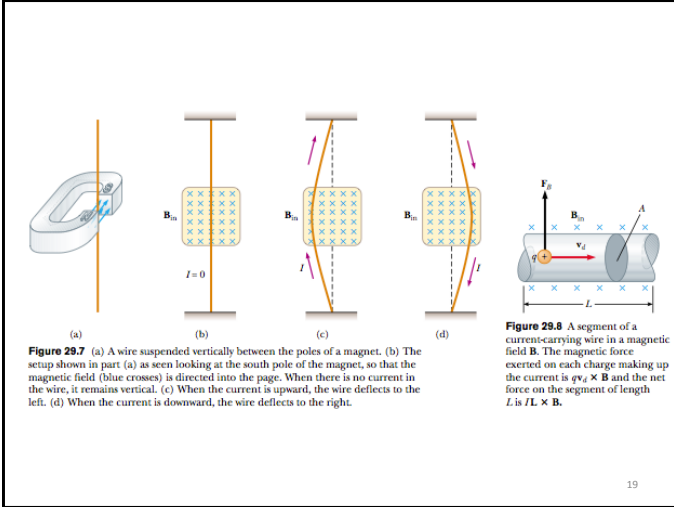
\vec{B} manyetik alanında \vec{v}_d hızına sahip olan dq yüküne etkiyen kuvvet,

$$\vec{F} = dq (\vec{v}_d \times \vec{B}) = I dt (\vec{v}_d \times \vec{B})$$

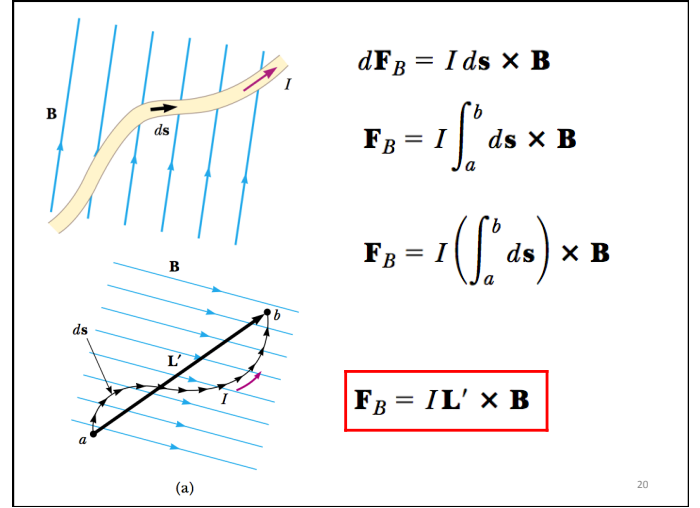
$$\vec{F} = I (\vec{L} \times \vec{B}) \quad (\text{Akım üzerindeki manyetik kuvvet})$$

$\vec{L} = \vec{v}_d dt$ uzunluk vektörü. Kuvvet hem tele hem de manyetik alana dik.

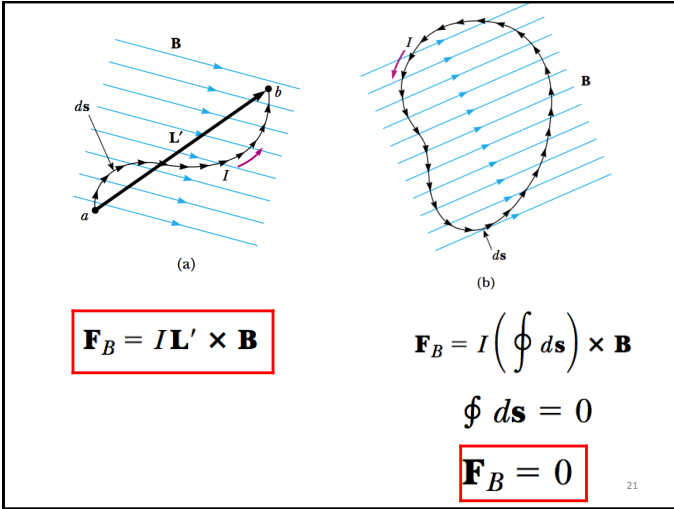
18



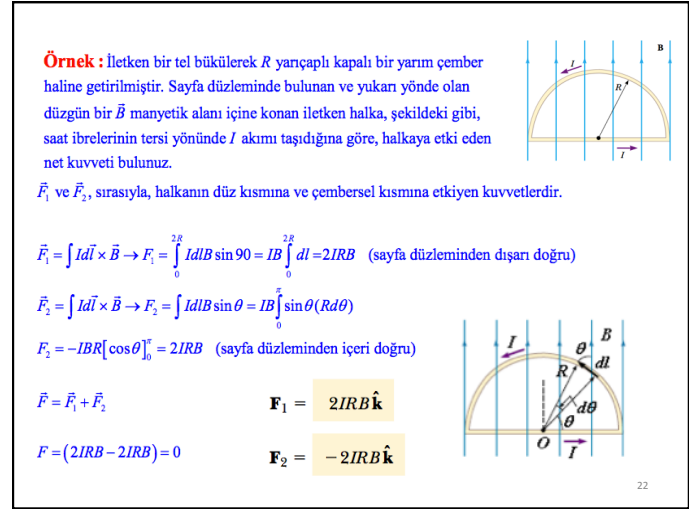
19



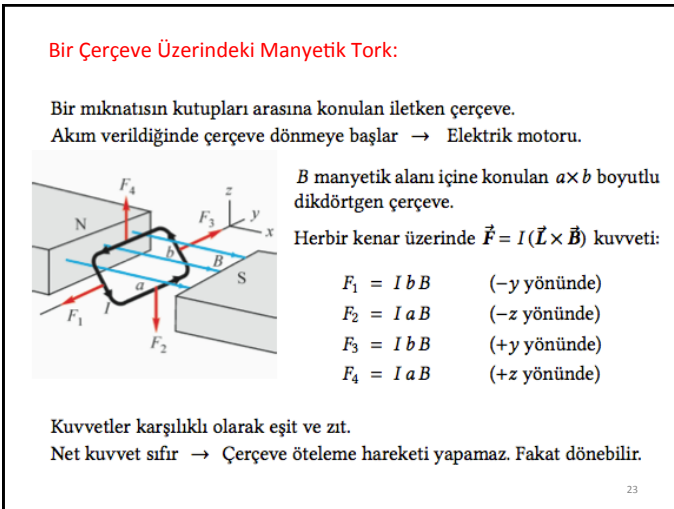
20



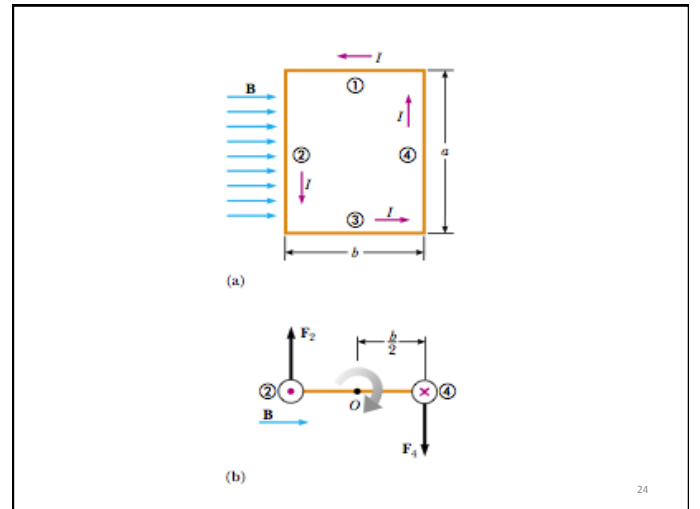
21



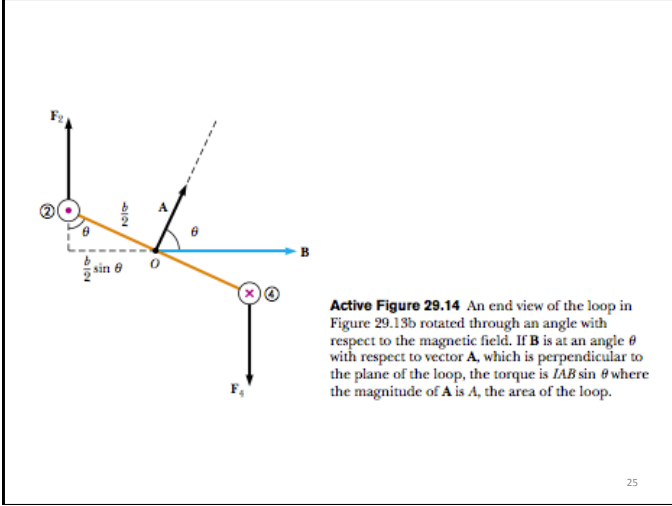
22



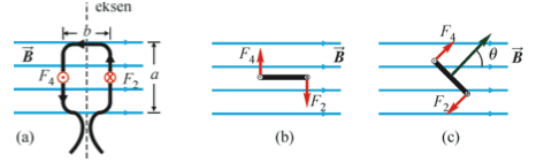
23



24



Active Figure 29.14 An end view of the loop in Figure 29.13b rotated through an angle with respect to the magnetic field. If \mathbf{B} is at an angle θ with respect to vector \mathbf{A} , which is perpendicular to the plane of the loop, the torque is $IAB \sin \theta$ where the magnitude of \mathbf{A} is A , the area of the loop.



Bu kuvvetlerin dönme eksenine y -ye göre torklarını hesaplarız:

Çerçeve yüzölçümü $A = ab$ ve düzlem normaliyle \mathbf{B} arasındaki açı θ ise:

$$\tau = F_1 \cdot 0 + F_2 \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta + F_3 \cdot 0 + F_4 \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta$$

$$\tau = IabB \sin \theta = IAB \sin \theta$$

Tanım: $m = IA$ çerçevenin manyetik dipol momentini.

Sonuç:

$$\tau = mB \sin \theta \quad (\text{Akım çerçevesine manyetik alanda etkiyen tork})$$

Now suppose that the uniform magnetic field makes an angle $\theta < 90^\circ$ with a line perpendicular to the plane of the loop, as in Figure 29.14. For convenience, we assume that \mathbf{B} is perpendicular to sides ② and ④. In this case, the magnetic forces F_1 and F_3 exerted on sides ① and ③ cancel each other and produce no torque because they pass through a common origin. However, the magnetic forces F_2 and F_4 acting on sides ② and ④ produce a torque about any point. Referring to the end view shown in Figure 29.14, we note that the moment arm of F_2 about the point O is equal to $(b/2) \sin \theta$. Likewise, the moment arm of F_4 about O is also $(b/2) \sin \theta$. Because $F_2 = F_4 = Iab$, the magnitude of the net torque about O is

$$\tau = F_2 \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta + F_4 \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta$$

$$= Iab \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta + Iab \left(\frac{b}{2}\right) \sin \theta = IabB \sin \theta$$

$$= IAB \sin \theta$$

where $A = ab$ is the area of the loop. This result shows that the torque has its maximum value IAB when the field is perpendicular to the normal to the plane of the loop ($\theta = 90^\circ$), as we saw when discussing Figure 29.13, and is zero when the field is parallel to the normal to the plane of the loop ($\theta = 0$).

A convenient expression for the torque exerted on a loop placed in a uniform magnetic field \mathbf{B} is

$$\tau = \mathbf{IA} \times \mathbf{B} \quad (29.9)$$

where \mathbf{A} , the vector shown in Figure 29.14, is perpendicular to the plane of the loop and has a magnitude equal to the area of the loop. We determine the direction of \mathbf{A} using the right-hand rule described in Figure 29.15. When you curl the fingers of your right hand in the direction of the current in the loop, your thumb points in the direction of \mathbf{A} . As we see in Figure 29.14, the loop tends to rotate in the direction of decreasing values of θ (that is, such that the area vector \mathbf{A} rotates toward the direction of the magnetic field).

The product \mathbf{IA} is defined to be the **magnetic dipole moment** $\boldsymbol{\mu}$ (often simply called the "magnetic moment") of the loop:

$$\boldsymbol{\mu} = \mathbf{IA} \quad (29.10)$$

The SI unit of magnetic dipole moment is ampere-meter² ($\text{A} \cdot \text{m}^2$). Using this definition, we can express the torque exerted on a current-carrying loop in a magnetic field \mathbf{B} as

$$\tau = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \quad (29.11)$$

Note that this result is analogous to Equation 26.18, $\tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$, for the torque exerted on an electric dipole in the presence of an electric field \mathbf{E} , where \mathbf{p} is the electric dipole moment.



Figure 29.15 Right-hand rule for determining the direction of the vector \mathbf{A} . The direction of the magnetic moment $\boldsymbol{\mu}$ is the same as the direction of \mathbf{A} .

Torque on a current loop in a magnetic field

Magnetic dipole moment of a current loop

Torque on a magnetic moment in a magnetic field

Although we obtained the torque for a particular orientation of \mathbf{B} with respect to the loop, the equation $\tau = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$ is valid for any orientation. Furthermore, although we derived the torque expression for a rectangular loop, the result is valid for a loop of any shape.

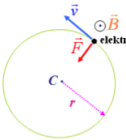
If a coil consists of N turns of wire, each carrying the same current and enclosing the same area, the total magnetic dipole moment of the coil is N times the magnetic dipole moment for one turn. The torque on an N -turn coil is N times that on a one-turn coil. Thus, we write $\tau = N\boldsymbol{\mu}_{\text{loop}} \times \mathbf{B} = \boldsymbol{\mu}_{\text{coil}} \times \mathbf{B}$.

In Section 26.6, we found that the potential energy of a system of an electric dipole in an electric field is given by $U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$. This energy depends on the orientation of the dipole in the electric field. Likewise, the potential energy of a system of a magnetic dipole in a magnetic field depends on the orientation of the dipole in the magnetic field and is given by

$$U = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B} \quad (29.12)$$

From this expression, we see that the system has its lowest energy $U_{\text{min}} = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$ when $\boldsymbol{\mu}$ points in the same direction as \mathbf{B} . The system has its highest energy $U_{\text{max}} = +\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$ when $\boldsymbol{\mu}$ points in the direction opposite \mathbf{B} .

Düzgün Manyetik Alan İçinde Yüklü Parçacığın Hareketi (Dairesel hareket = cyclotron hareketi):



Kütlesi m olan bir q nokta yükü, v hızıyla düzgün manyetik alan içine dik olacak şekilde girerse, düzgün dairesel hareket yapar. Manyetik alana dik olarak giren bir elektronun yaptığı dairesel hareket yanda verilmiştir. Böyle bir hareketi sağlayan merkezciil kuvvet $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ ile verilen manyetik kuvvettir.

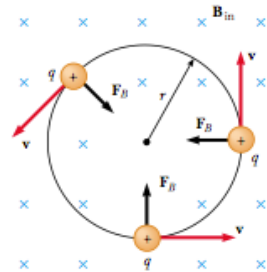
Böyle bir hareketin yarıçapı, periyodu ve frekans:

$$F_B = |q|vB = ma = m \frac{v^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{|q|B}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m v}{|q|B v} \rightarrow T = \frac{2\pi m}{|q|B} \rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{|q|B}{2\pi m} \rightarrow \omega = 2\pi f \rightarrow \omega = \frac{|q|B}{m}$$

Not 1: Hareketin periyodu v hızına bağlı değildir. Aynı yüke ve kütleyle sahip tüm parçacıklar, farklı hızlara sahip olsalarda, tam bir turu aynı sürede yaparlar.

Not 2: Hızlı parçacıklar büyük yarıçapta çemberler üzerinde dolarken, yavaş parçacıklar daha küçük yarıçapta çemberler üzerinde dolanırlar.



Active Figure 29.18 When the velocity of a charged particle is perpendicular to a uniform magnetic field, the particle moves in a circular path in a plane perpendicular to \mathbf{B} . The magnetic force \mathbf{F}_B acting on the charge is always directed toward the center of the circle.

$$\sum F = ma_c$$

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

$$r = \frac{mv}{qB} \quad \star \quad (29.13)$$

That is, the radius of the path is proportional to the linear momentum mv of the particle and inversely proportional to the magnitude of the charge on the particle and to the magnitude of the magnetic field. The angular speed of the particle (from Eq. 10.10) is

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m} \quad \star \quad (29.14)$$

The period of the motion (the time interval the particle requires to complete one revolution) is equal to the circumference of the circle divided by the linear speed of the particle:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB} \quad \star \quad (29.15)$$

31

Manyetik Alanda Yüklü Parçacıkların Hareketi

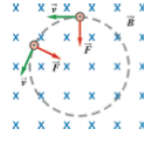
Manyetik alana dik doğrultuda atılan yüklü parçacık.

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

Kuvvet daima hız vektörüne dik \rightarrow merkezci kuvvet

O halde, parçacık dairesel hareket yapar:

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

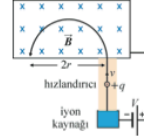


Kütle spektrografi: Atom kütlelerini çok hassas tayin eder.

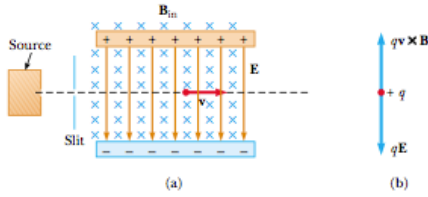
Önce $+q$ yüklü elektrik alanında v hızına çıkarılır.

Sonra, düzgün B manyetik alanına dik olarak giren yük, yarım bir dairesel hareket yaparak çıkar.

$2r$ uzaklığı ölçülür. Buradan, parçacığın m kütlesi tayin edilir.

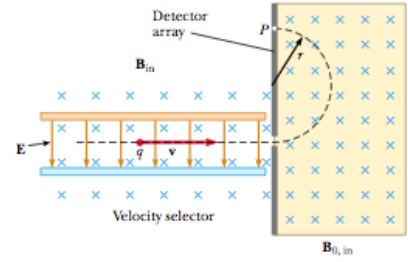


32



Active Figure 29.23 (a) A velocity selector. When a positively charged particle is moving with velocity v in the presence of a magnetic field directed into the page and an electric field directed downward, it experiences a downward electric force qE and an upward magnetic force $qv \times B$. (b) When these forces balance, the particle moves in a horizontal line through the fields.

33



Active Figure 29.24 A mass spectrometer. Positively charged particles are sent first through a velocity selector and then into a region where the magnetic field B_{in} causes the particles to move in a semicircular path and strike a detector array at P .

34

$$q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}_0 = 0 \rightarrow qE = qvB_0 \rightarrow v = \frac{E}{B_0}$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow qvB_1 = m \frac{v^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{qB_1}$$

$$\frac{m}{q} = \frac{rB_1}{v} = \frac{rB_0B_1}{E}$$

35

Örnek : Yanda, iyonları kütle-yük oranlarına göre ayırdırmeye yarayan

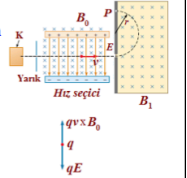
"Kütle spektrometresi" nin şematik gösterimi verilmiştir. Kaynaktan çıkan iyonlar dar bir yarıktan geçirilerek, birbirine dik elektrik (\vec{E}) ve manyetik (\vec{B}_0) alan olan bir bölgeden geçirilir ve düzgün başka bir manyetik alan (\vec{B}_1) bölgesine dik olarak girerler. İyonlar bu bölgede r yarıçaplı yarım bir çember çizerek fotografik bir yüzeye çarparlar. İyonların kütle-yük oranını ifade eden bağıntıyı türetiniz.

$$q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}_0 = 0 \rightarrow qE = qvB_0 \rightarrow v = \frac{E}{B_0}$$

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \rightarrow qvB_1 = m \frac{v^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{qB_1}$$

$$\frac{m}{q} = \frac{rB_1}{v} = \frac{rB_0B_1}{E}$$

Bu ifade kullanılarak, iyonların kütle-yük oranı deneysel olarak belirlenir.



36