



T.C.
KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ
2021-2022 BAHAR YARIYILI FİZ120 FİZİK II DERSİ

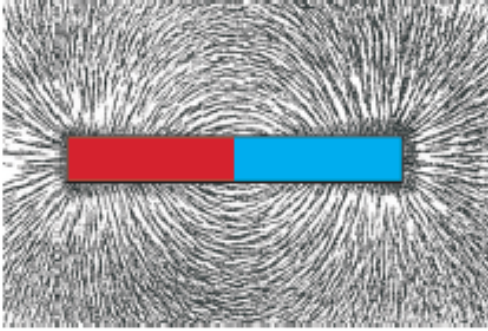
MANYETİK ALAN

➤Manyetik Kuvvet

➤Akım geçen Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

➤Bir Çerçeve Üzerindeki Manyetik Tork-Elektrik Motoru

MANYETİK KUVVET

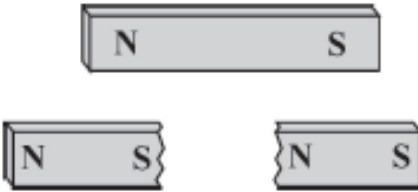


Gözlemler:

Mıknatıslar, çivi veya toplu iğneleri çeker.

Mıknatıs çevresinde demir tozlarının oluşturduğu izler manyetik alanın varlığını gösterir. ▼

Önemli özellik:



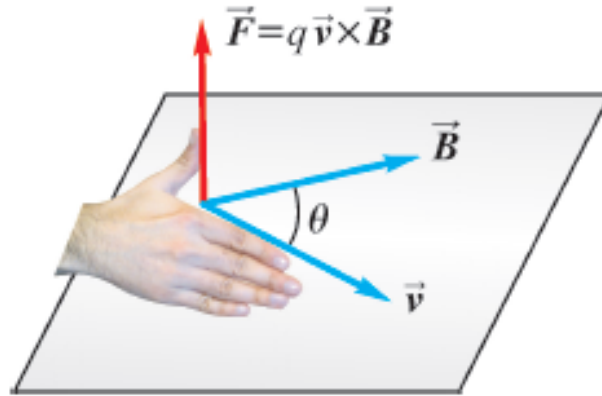
Elektrik yükü benzeri, bir “manyetik yük” yoktur.

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

Manyetik kuvvetin kaynağı nedir?

- 1 Akımlar,
- 2 Temel parçacıkların manyetik dipol momentleri.

Hareketli Bir Yüke Etkiyen Manyetik Kuvvet



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

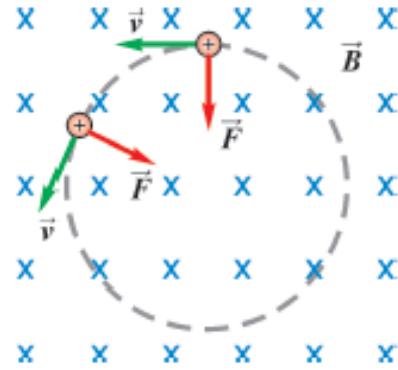
- Kuvvet q yüküyle, v hızıyla ve B manyetik alanıyla orantılı.
- Kuvvet $\pm q$ için zıt yönlerde. ▼
- **Büyüklüğü:** Vektörel çarpım olduğundan: $F = qvB \sin \theta$ ▼
- **Yönü:** Sağ-el kuralı: Dört parmak birinci vektör (\vec{v}) yönünde, avuç içi ikinci vektör (\vec{B}) yönünde uzatıldığında, başparmak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

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

Manyetik Alanda Yüklü Parçacıkların Hareketi

Manyetik alana dik doğrultuda atılan yüklü parçacık. ▼

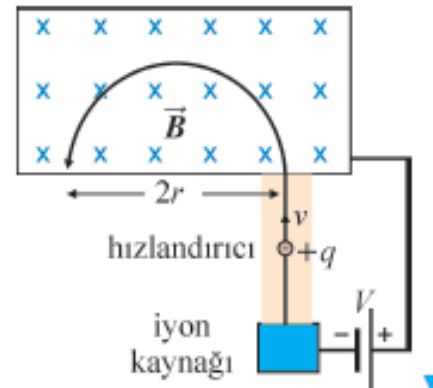
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$



Kuvvet daima hız vektörüne dik → merkezci kuvvet
O halde, parçacık dairesel hareket yapar:

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

Kütle spektrografı: Atom kütlelerini çok hassas tayin eder.

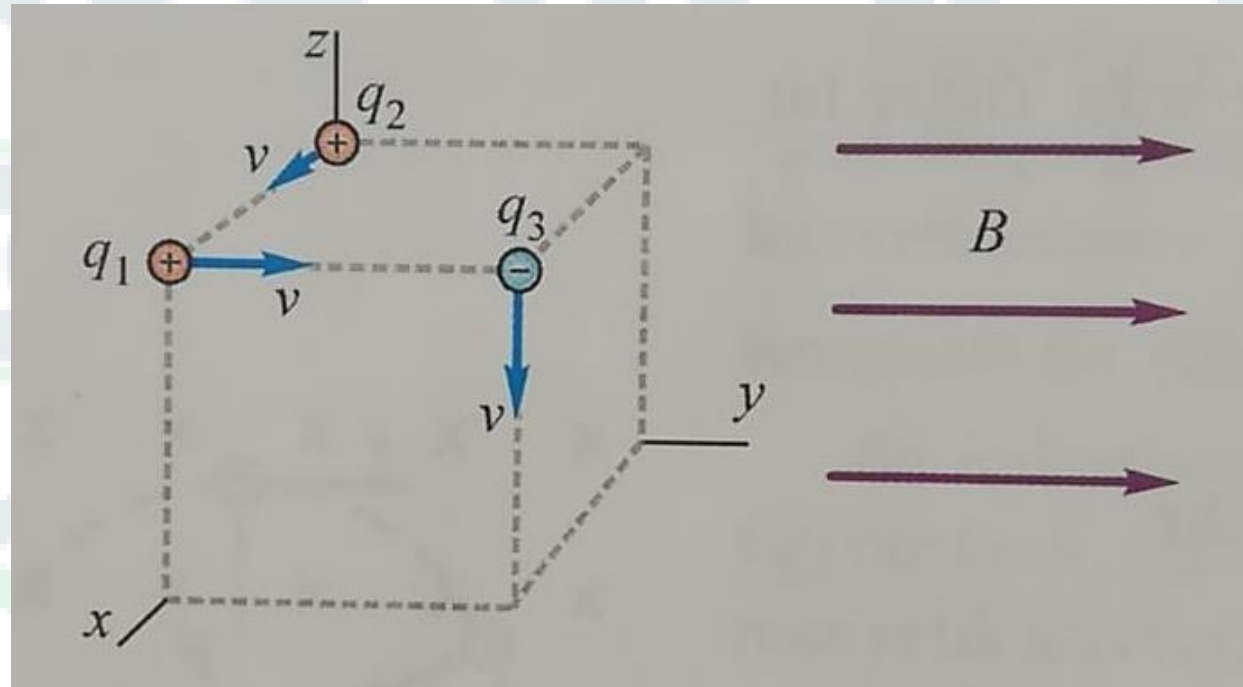


Önce $+q$ yükü elektrik alanında v hızına çıkarılır.

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

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

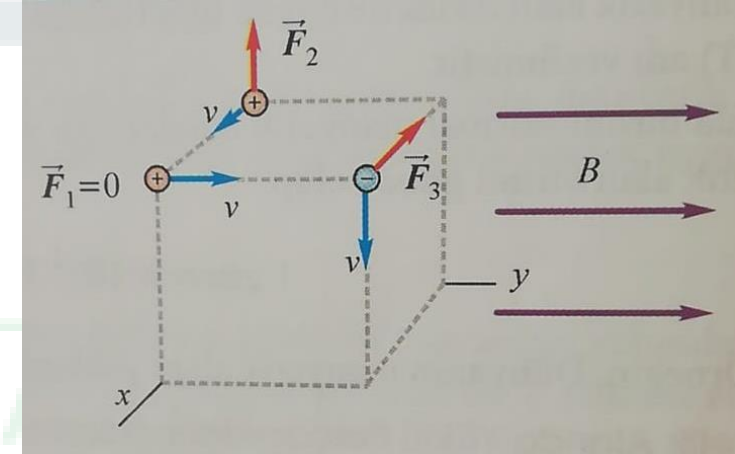
ÖRNEK: Şekildeki küpün köşelerinden v hızıyla gösterilen yönlerde atılan q_1, q_2, q_3 yüklerine etkiyen kuvvetlerin sadece yönlerini tayin edin. Manyetik alan vektörü \vec{B} gösterilen $+y$ yönündedir.



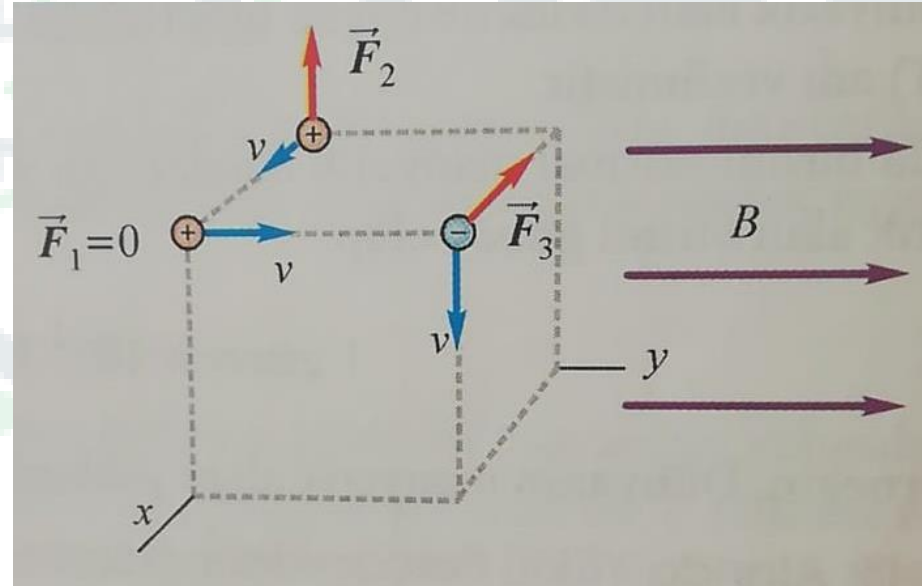
- Manyetik kuvveti veren $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ formülü kullanırız: q_1 yükünün \vec{v} hız vektörü, \vec{B} vektörü gibi, + y eksenini yönünde verilmiştir. Paralel iki vektörün vektörel çarpımı sıfır olur:

$$\vec{F} = 0 \quad (\vec{v} \parallel \vec{B})$$

- q_2 yükünün hızı +x yönündedir. Sağ elimizin dört parmağını +x yönünde uzatır ve avuç içini \vec{B} yönüne (+y) çevirirsek, başparmak + z yönünü gösterir. O halde \vec{F}_2 kuvveti + z yönündedir.

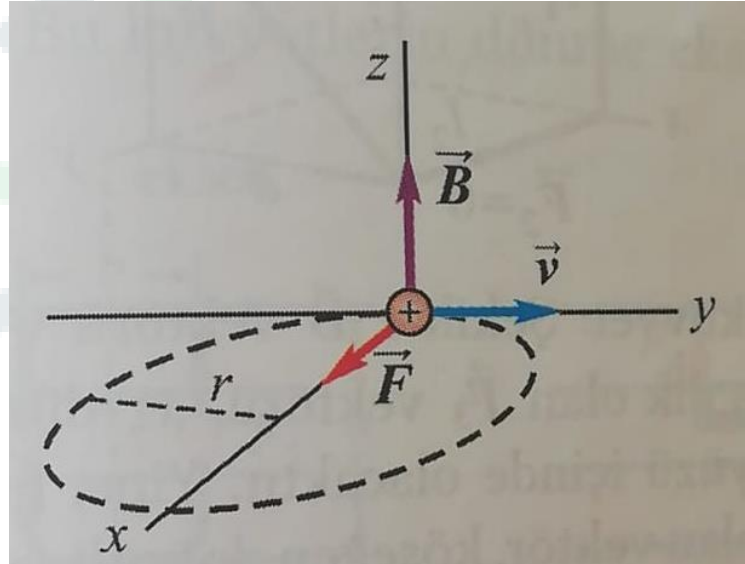


- q_3 yükünün eksi işaretli olduğuna dikkat edelim. Yani, sağ el kuralının vereceği kuvvet yönüne zıt yönde bir kuvvet oluşur. Yine, sağ elimizin dört parmağını \vec{v} ($-z$) yönünde uzatır ve avuç içini \vec{B} yönüne ($+y$) çevirirsek, başparmak $+x$ yönünü gösterir. Kuvvet bunun tersi yönünde olacaktır. O halde, \vec{F}_3 kuvveti $-x$ yönündedir.



ÖRNEK: Manyetik alanın +z eksenini yönünde $B=0.1$ T şiddetinde olduğu bir bölgede, bir proton + y eksenini boyunca 10^6 m/s hızıyla fırlatılıyor. (protonun yükü $e= 1.6 \times 10^{-19}$ C ve kütlesi $m_p=1.7 \times 10^{-27}$ kg'dır).

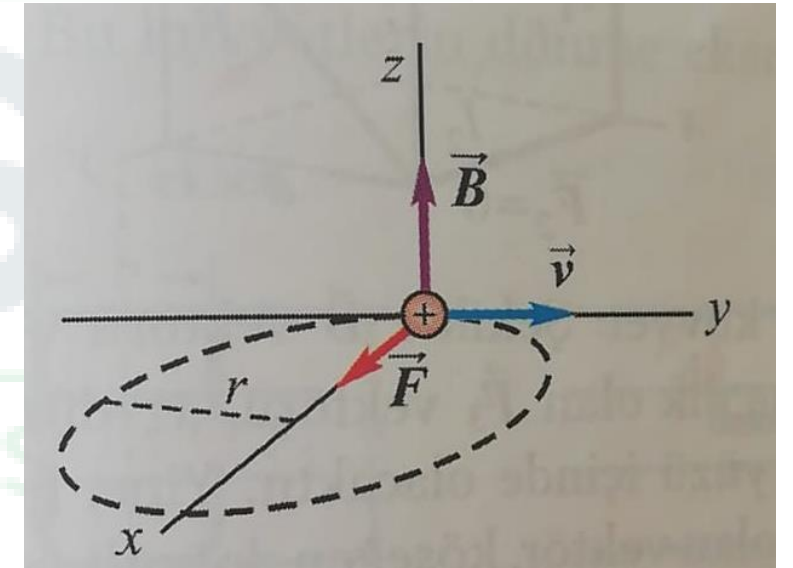
- Protona etkiyen kuvvetin şiddetini ve yönünü bulun.
- Protonun çizdiği dairesel yörüngenin yarıçapını hesaplayın.



- a) Şekilde görülen protona etkiyen kuvvet, $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ formülüne göre, +x yönünde olur. Kuvvetin şiddeti hesaplanır:

- $F = qvB \sin 90^\circ = evB$

- $F = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \times 0.1 = 1.6 \times 10^{-14} \text{ N}$

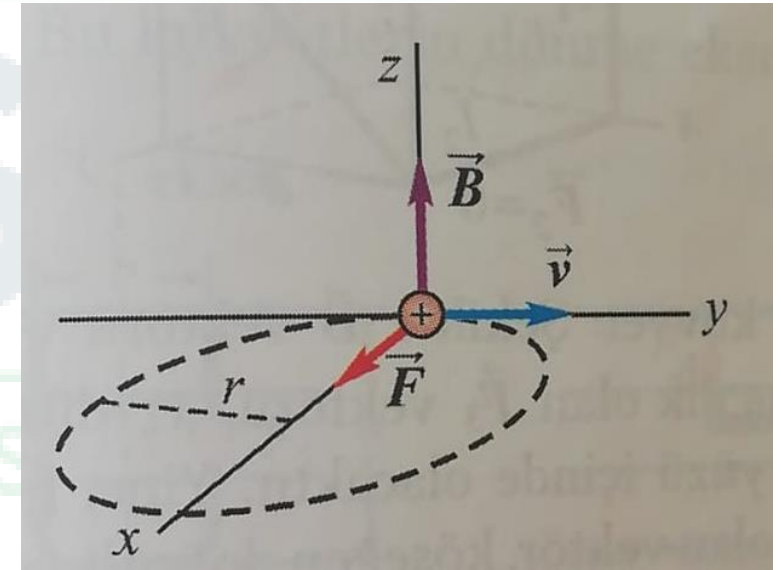


- Kuvvet daima hıza dik olduğundan, proton xy-düzleminde dairesel bir yörünge çizer. Merkezci kuvveti sağlayan manyetik kuvvet olduğuna göre,

- $m \frac{v^2}{r} = qvB \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$

- bulunur. Değerler yerine konulup yarıçap hesaplanır:

- $r = \frac{1.7 \times 10^{-27} \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1} = 0.11 \text{ m}$



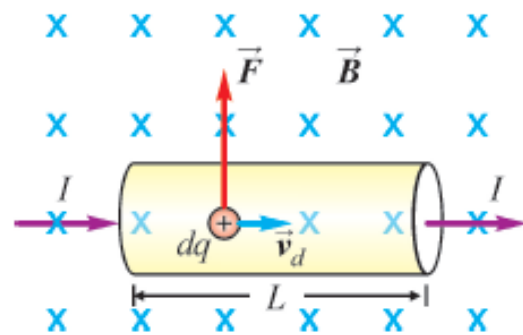
AKIM GEÇEN TELE ETKİYEN MANYETİK KUVVET



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. ▽

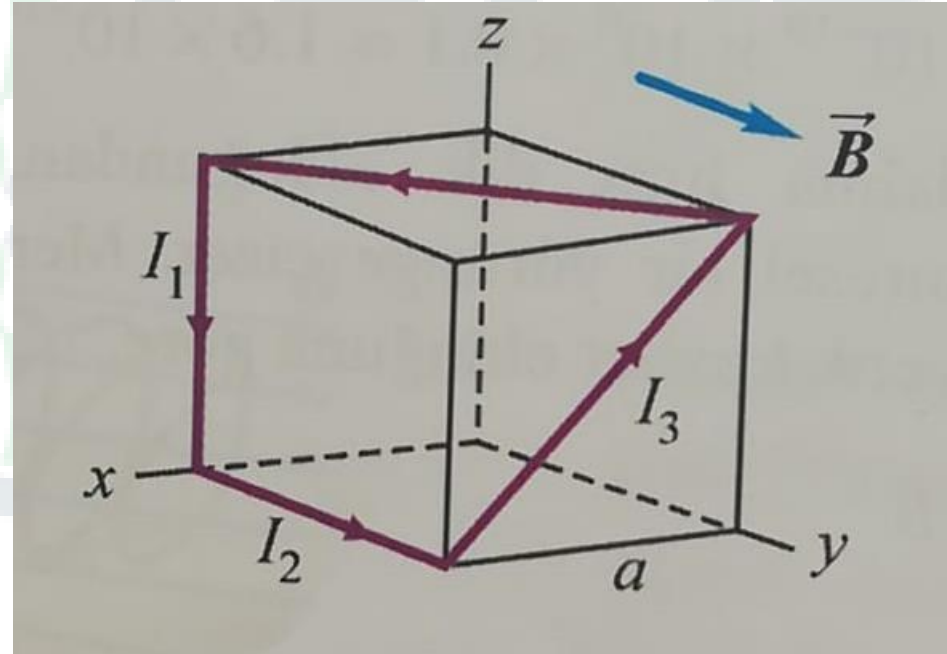
\vec{B} manyetik alanında \vec{v}_d hızına sahip olan dq yüküne etkiyen kuvvet,

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

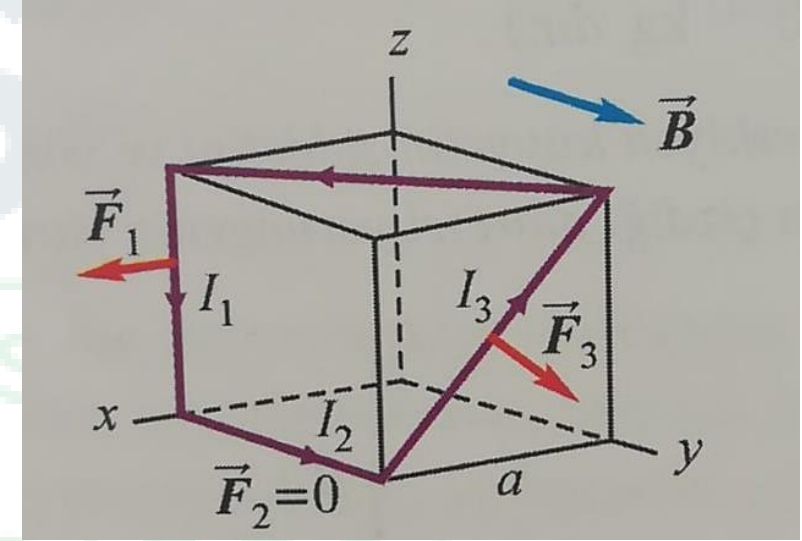
$$\vec{F} = I (\vec{L} \times \vec{B}) \quad (\text{Akım üzerindeki manyetik kuvvet})$$

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

ÖRNEK: Şekilde bir kenarı a uzunlukta olan kübün kenarları boyunca uzanan tellerdeki akımların şiddeti aynıdır: $I_1 = I_2 = I_3 = I$. \vec{B} manyetik alanı $+y$ yönündedir. I_1, I_2, I_3 akımları üzerindeki kuvvetleri hesaplayın.

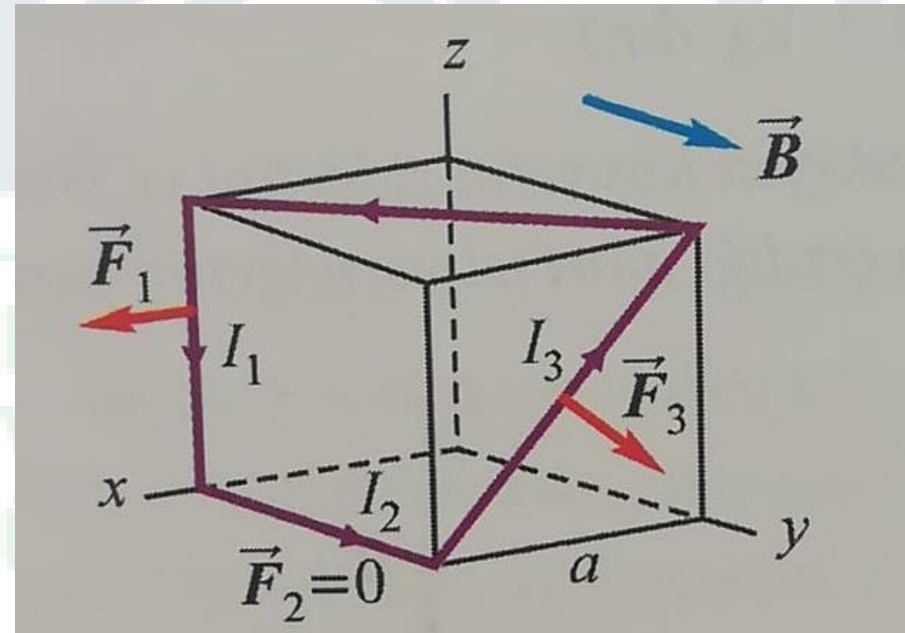


- Akım geçen telin üzerindeki manyetik kuvvet $\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$ formülü ile hesaplanır:
- Burada \vec{L} telin uzunluğunda ve akım yönünde bir vektördür.
- I_1 üzerindeki kuvvet: Şekilde \vec{L} vektörü -z yönünde, \vec{B} vektörü +y yönünde verilmiştir. Sağ el kuralına göre, \vec{F}_1 kuvveti +x yönünde olacaktır. Şiddeti hesaplanır:
- $F_1 = ILB \sin 90^\circ = Iab$



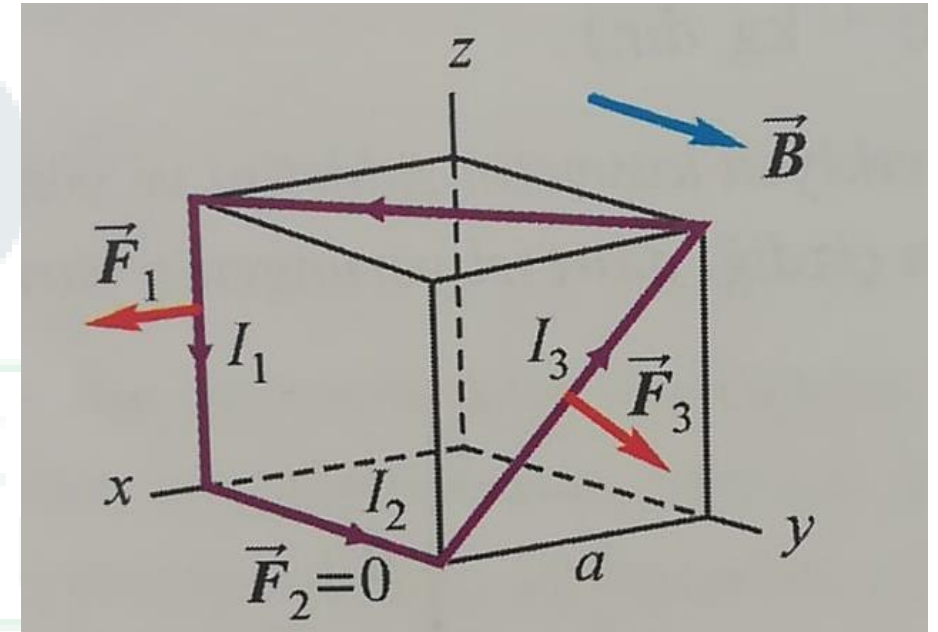
- I_2 üzerindeki kuvvet: Bu kez \vec{L} vektörü \vec{B} vektörüne paralel olduğu için, vektörel çarpım sıfırdır:

- $F_2=0$

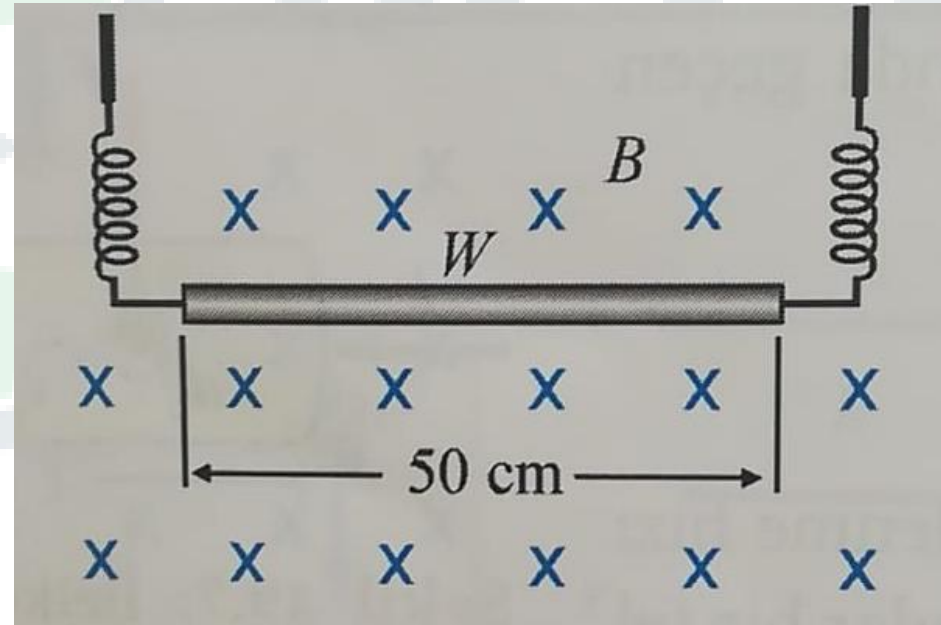


- I_3 üzerindeki kuvvet: Şekilde \vec{B} vektörü +y yönünde olduğu için, buna dik olan \vec{F}_3 vektörü, xz düzlemine paralel, yani kübün o yüzü içinde olacaktır. Yine bu yüz içinde \vec{L} vektörüne dik olan vektör, köşegen doğrultusunda olmalıdır. Sağ el kuralı kuvvetin yönünü aşağı doğru verir. $L = \sqrt{2}a$ değeri alınıp kuvvetin şiddeti hesaplanır:

- $F_3 = I L B \sin 90^\circ = \sqrt{2} I a B$



ÖRNEK: Ağırlığı $W=0.3 \text{ N}$ olan 50 cm uzunluğunda iletken bir çubuk, şekildeki gibi iletken yaylarla asılmıştır. Bölgede kağıt içine yönelik ve 0.2 T şiddetinde manyetik alan vardır. Yaylardaki kuvvetin sıfır olması için, bu çubuk üzerinden geçen akımın şiddeti ve yönü ne olmalıdır?



- Cismin ağırlığının dengeleyebilmesi için, manyetik kuvvet yukarı yönde olmalıdır. Çubuk ve manyetik alan birbirine dik olduğu için, manyetik kuvvet doğrudan yazılır ve W ağırlığına eşitlenir:

- $F = W \rightarrow ILB = W$

- Buradan I akımını hesaplanır:

- $I = \frac{W}{LB} = \frac{0.3}{0.5 \times 0.2} = 3 \text{ A}$

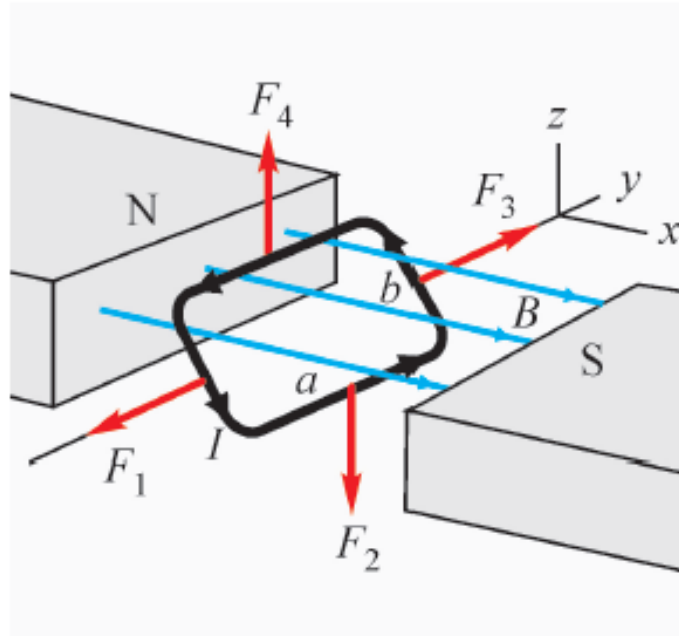
- Kuvvetin yönü sağ el kuralına göre, yukarı doğru çıkabilmesi için, akım soldan sağa doğru olmalıdır.

BİR ÇERÇEVE ÜZERİNDEKİ MANYETİK TORK



Bir mıknatısın kutupları arasına konulan iletken çerçeve.

Akım verildiğinde çerçeve dönmeye başlar → Elektrik motoru.



B manyetik alanı içine konulan $a \times b$ boyutlu dikdörtgen çerçeve.

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

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

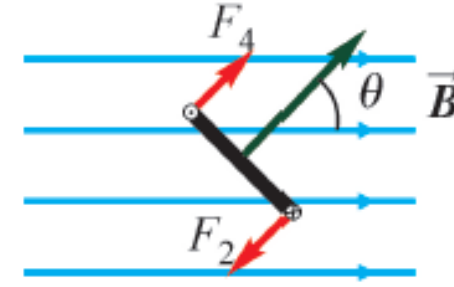
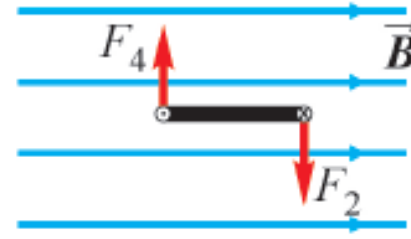
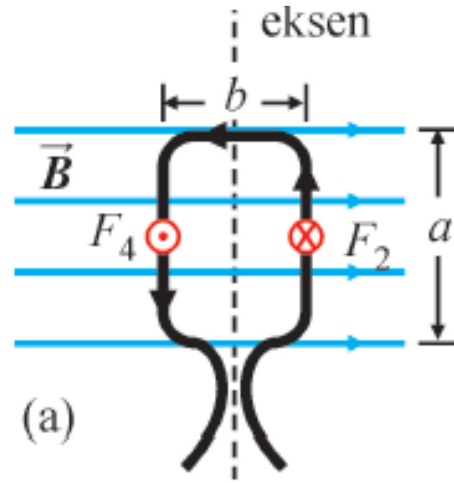
$$F_2 = I a B \quad (-z \text{ yönünde})$$

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

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

▼
Kuvvetler karşılıklı olarak eşit ve zıt.

Net kuvvet sıfır → Çerçeve öteleme hareketi yapamaz. Fakat dönebilir.



(a)

(b)

(c)

Bu kuvvetlerin dönme eksenini y -ye göre torklarını hesaplarız: ▼

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

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

$$\tau = I ab B \sin \theta = I A B \sin \theta \quad \blacktriangledown$$

Tanım: $m = I A$ çerçevenin **manyetik dipol momenti**. ▼

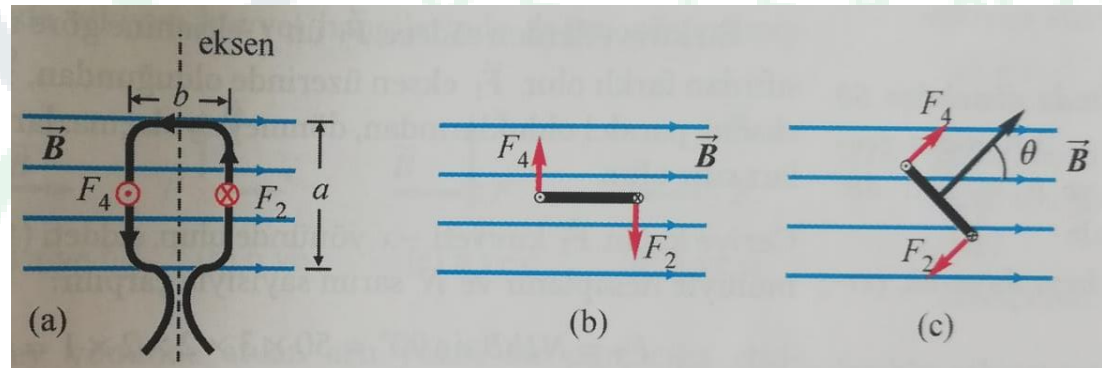
Sonuç:

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

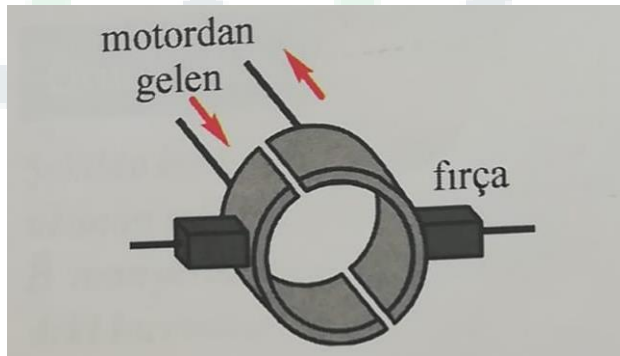
ELEKTRİK MOTORU



- $\tau = I ab \sin\theta = I A B \sin\theta$ formülüyle verilen tork ifadesi, şekilde gösterilen yönlerle göre, pozitif olduğu için çerçeve saat ibrelerinin tersi yönünde dönmek isteyecektir. Fakat, çerçeve yarım dönüş sonrasında, yani alt kenar üste geldiğinde bu kez F_2, F_4 kuvvetlerinin dönme momentleri negatif olur. Bu durumda, çerçeve geri yönde dönmek isteyecektir.
- Bu düzenekte sürekli aynı yönde bir dönüş sağlanamaz. Yarım dönüşte akım yönünü bir şekilde değiştirmek gerekir.
- Elektrik motorlarında sürekli dönüşü sağlamalı iki yolu vardır:



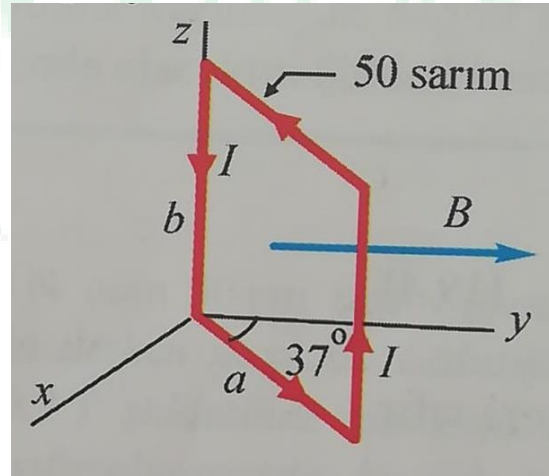
1. Alternatif akım (AC) motorlarında kullanılan akım şiddeti sinüsel bireyleri olarak değişir. Çerçeve yarım dönüş yaptığında akım yönü kendiliğinden tersine döner ve torkun aynı yönde kalması sağlanır.
2. Doğru akım (DC) motorlarında bataryadan hep aynı yönde çıkan akım, çerçeveye ulaşmadan önce **komütatör** denilen bir düzeneden geçer. Komütatör iki yarım iletken halkadan oluşur ve her yarım dönüşte bataryanın + yüklü kutbuna bağlı olan tarafı değişir. Böylece çerçevenin her yarım dönüşünde akım yönü değişir, torkun aynı yönde kalması sağlanır.



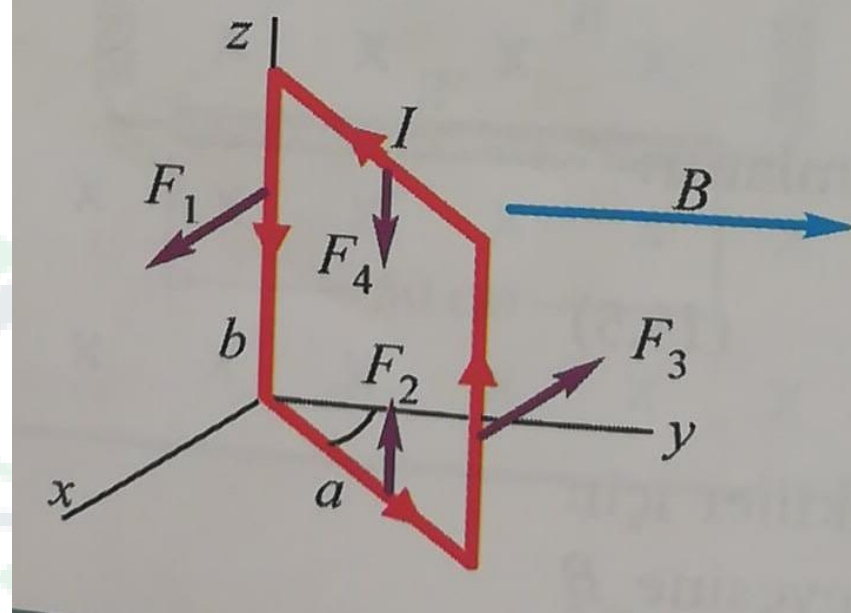
Şekil: Kamütatör yarım dönüşte akımı tersine çevirir.

ÖRNEK: Şekildeki dikdörtgen çerçeve z-ekseni etrafında dönebilen 50 sarımdan oluşmakta ve her bir sarımdan $I=3A$ akım geçmektedir. Çerçevenin boyutları $a = 1\text{ m}$ ve $b=2\text{ m}$ ve $B=2T$ manyetik alanı y- ekseni yönündedir.

- Her kenara etkiyen kuvvetin torklarını hesaplayarak, çerçeve üzerindeki net torku hesaplayın.
- Bu kez çerçevenin manyetik dipol momentinden giderek net torku hesaplayın.

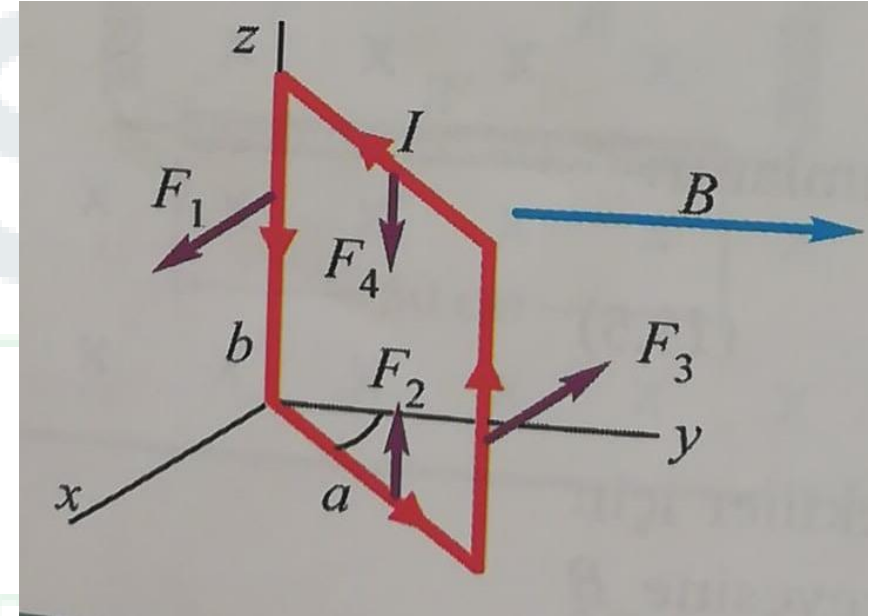


- a) Sağ el kuralına göre, her bir kenara etkiyen kuvvetler şekildeki gibi oluşur:



Bu kuvvetlerden sadece \vec{F}_3 'ün z eksenine göre momenti sıfırdan farklı olur. \vec{F}_1 eksen üzerinde olduğundan, \vec{F}_2 ve \vec{F}_4 eksene paralel olduklarından, dönmeye yol açmazlar ve torkları sıfır olur.

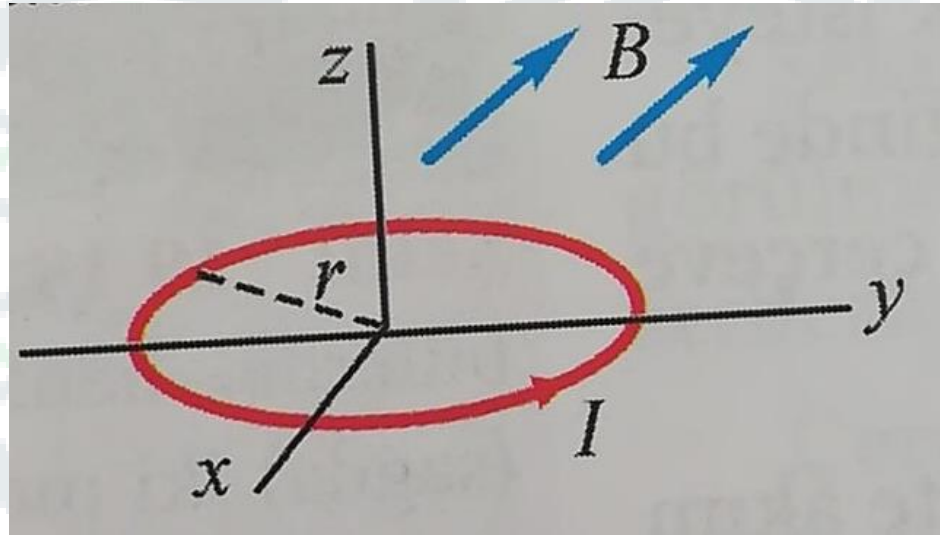
- Geriye kalan \vec{F}_3 kuvveti -x yönünde olup, şiddeti $\vec{F} = I (\vec{L} \times \vec{B})$ formülüyle hesaplanır ve N sarım sayısı ile çarpılır:
- $F_3 = N I b B \sin 90^\circ = 50 \times 3 \times 2 \times 2 \times 1 = 600 \text{ N}$
- \vec{F}_3 kuvvetinin z-eksenine göre momenti alınırken, moment kolu $a \cos 37^\circ$ kullanılır:
- $\tau = \tau_3 = F_3 a \cos 37^\circ = 600 \times 1 \times 0.8 = 480 \text{ N.m}$
- Torkun yönü çerçeveyi x-ten y-eksenine doğru döndürecek şekilde olur.



b) Çerçevenin manyetik dipol momenti $m = NIA$ formülü ile hesaplanır:

- $m = NIA = 50 \times 3 \times (1 \times 2) = 300 \text{ A.m}^2$
- Daha sonra $\tau = mB \sin \theta$ formülünden tork hesaplanır. Burada dikkat edelim: Manyetik alanın yüzey normaliyle yaptığı açı alınmalıdır:
- $\tau = mB \sin \theta = 300 \times 2 \times \sin 53^\circ = 480 \text{ N.m}$
- Görüldüğü gibi her iki hesap aynı sonucu verir, ama dipol momentiyle çalışmak daha kolaydır.

ÖRNEK: xy düzleminde yarıçapı 40 cm olan dairesel bir telden 25 A akım geçmektedir. Bu bölgede xy -düzlemiyle 45° açı yapan 0.3 T şiddetinde düzgün bir manyetik alan vardır. Çemberin manyetik momentini ve döndürmeye çalışan torku hesaplayın.



- Çerçevenin manyetik dipol momenti hesaplanır
- $m = IA = I\pi r^2 = 25 \times 3.14 \times 0.40^2 = 12.6 \text{ A.m}^2$
- Daha sonra tork hesaplanır.
- $\tau = mB\sin\theta = 12.6 \times 0.3 \times \sin 45^\circ = 2.7 \text{ N.m}$

TEŞEKKÜR EDERİM

KOCAELİ SAĞLIK
VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ
— 2009 —