FİZ102 FİZİK-II

Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
11. Hafta

Aysuhan OZANSOY

Bölüm 9: Manyetik Alan Kaynakları

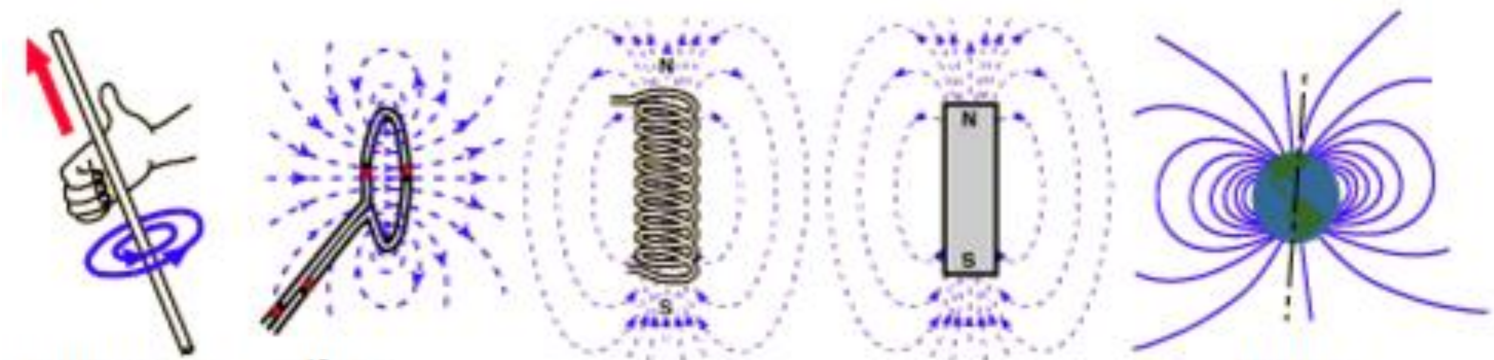
1. Biot-Savart Kanunu

   1.1 Manyetik Alan Hesapları

2. Paralel akımlar arasındaki kuvvet

3. Ampere Yasası

4. Manyetik Akı



Akım geçen tel | Akım halkası | Bobin | Çubuk mıknatıs | Dünya

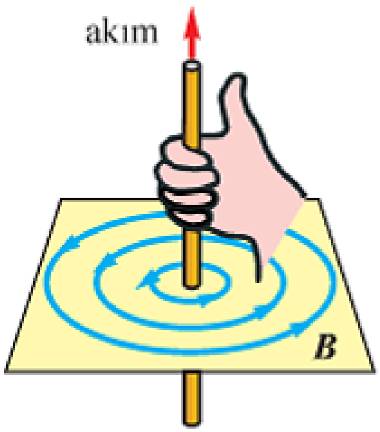
MANYETİK ALAN KAYNAKLARI

1. Biot-Savart Kanunu

➔ Bu kesimde, manyetik alan hesabı yapılacaktır. Bu hesaplar yapılırken 3 boyutlu uzayda düşünebilme ve vektör bilgisi önemlidir.

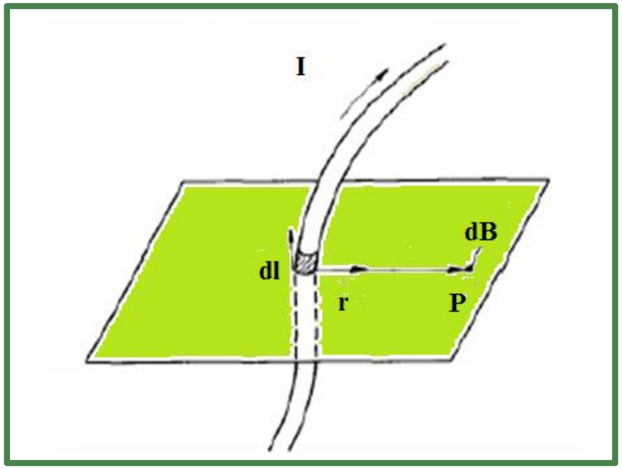
➔ Üzerinden I akımı geçen doğrusal bir tel ile ilgili gözlemler:

- Manyetik alan çizgileri, tele dik bir düzlemde yer alan ve merkezi tel olan çemberler şeklindedir.
- Manyetik alanın yönü sağ el kuralına göre, başparmak akım yönünü gösterirken 4 parmağın kıvrıldığı yöndedir.
- Tel üzerindeki sonsuz küçük bir akım elemanının r kadar uzaktaki bir noktada oluşturacağı manyetik alan r^2 ile ters orantılıdır.



Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

➔ Bu özellikleri ilk kez, **Jean-Baptiste Biot (1774-1862)** ve **Felix Savart (1791-1841)** gözlemlemiştir. Daha sonra her türlü akım için genel bir manyetik alan ifadesini bulmuşlardır.



•Üzerinden I akımı geçen bir telin, sonsuz küçük bir d*l* elemanının bir P noktasında oluşturacağı manyetik alanının yönü ve büyüklüğü **Biot-Savart Kanunu** ile bulunur.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}d\vec{l} \times \hat{r}$$

μ_0 : **Boşluğun manyetik geçirgenliği** **k'=μ_0 / 4π**

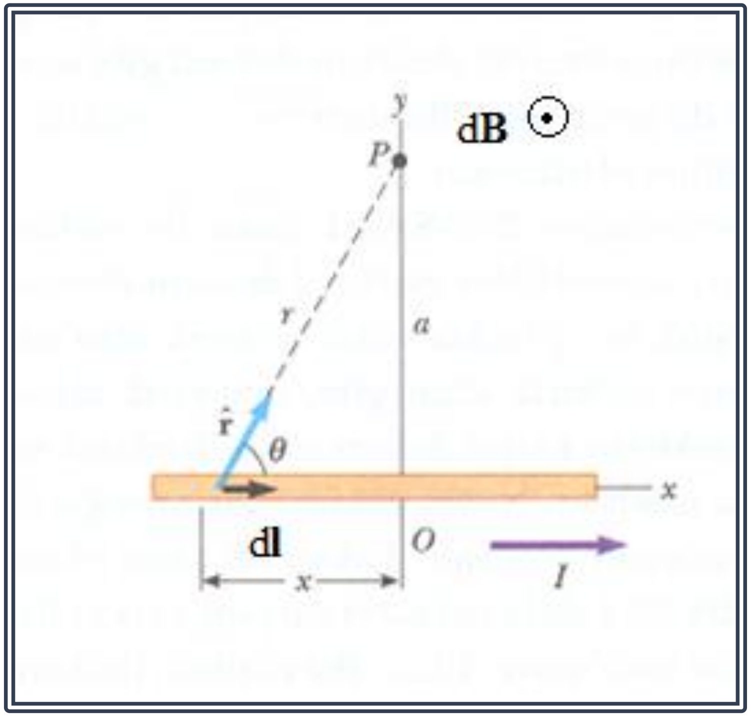
μ_0 **=4πk' =4π×10^{-7} T.m/A**

•Toplam katkı tüm iletken üzerinden integral alınarak bulunur.

$$\vec{B}(P) = \int_{Tüm\ iletken} d\vec{B}$$

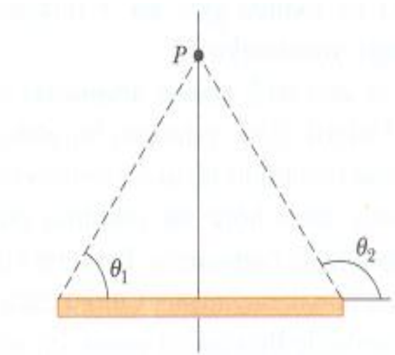
Manyetik Alan Hesapları

a) Doğrusal telin manyetik alanı



Şekiller Kaynak [2]' den alınmıştır.

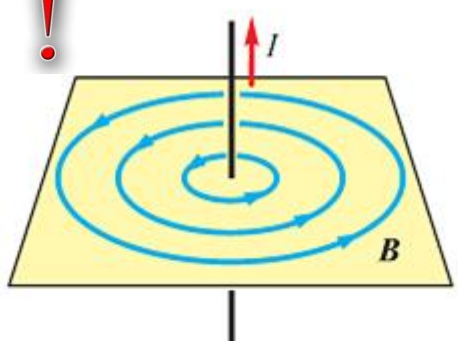
$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$



Sonsuz tel için

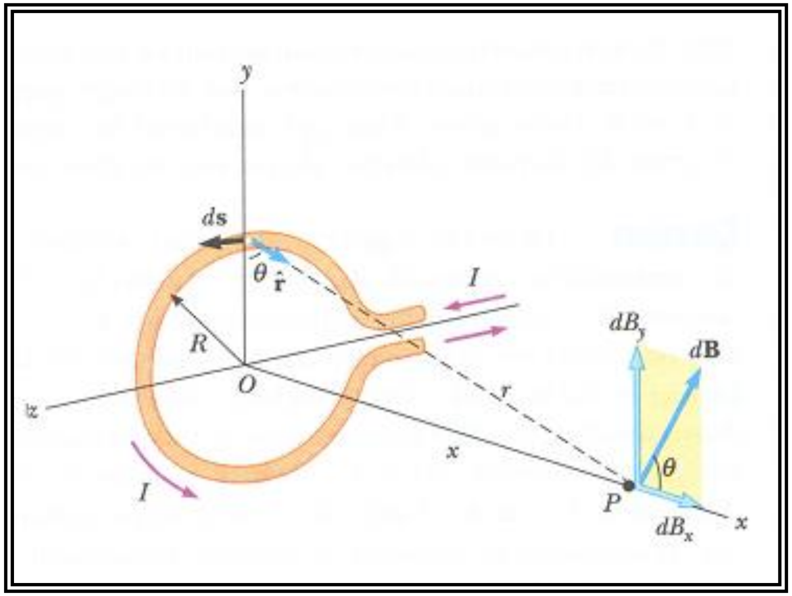
$$\theta_1=0^\circ \quad ve \quad \theta_2=180^\circ \Rightarrow B=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

!



Manyetik alan çizgileri teli eksen kabul eden çemberler oluşturur.

b) Çembersel bir akım ilmeğinin manyetik alanı



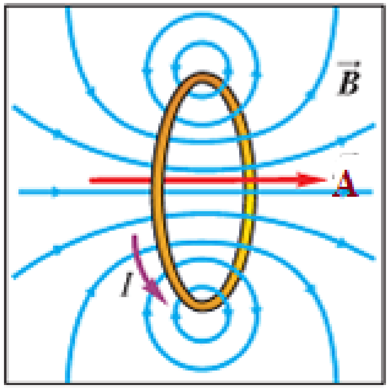
Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.

$$B_y = \int dB_y = 0$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

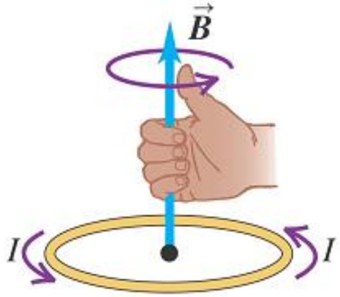
Merkezde;

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2R}$$



➔ Çembersel akım ilmeğinin manyetik alan çizgileri, eksen dışında, kendi üzerine kıvrılır.

Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.



Akım taşıyan çembersel bir ilmeğin alanı için sağ el kuralı

Şekil Kaynak [3]' ten alınmıştır.

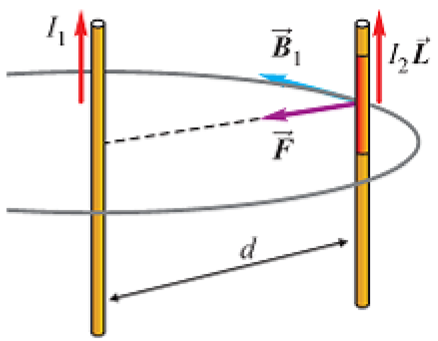
c) Manyetik dipolün manyetik alanı

$$\mu = IA = I\pi R^2$$

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{\mu}{x^3} \; (x >> R \text{ için})$$

! Manyetik dipolü bir akım ilmeği gibi tasvir etmek çok yararlıdır, çünkü atomda çekirdek çevresinde dönen elektron bir manyetik dipol momente sahiptir. Daha sonra da göreceğimiz gibi, maddenin mıknatıslık özellikleri, atomları küçük bir manyetik dipol gibi kabul ederek açıklanabilir.

2. Paralel Akımlar Arasındaki Kuvvet



Şekil, Kaynak [1]' den alınmıştır.

Aynı yönde I_1 ve I_2 akımlarını geçiren, aralarındaki uzaklık *d* kadar olan paralel iki tel arasındaki kuvveti hesaplamak istiyoruz. Tellerden birinin *d* uzaklığında oluşturacağı manyetik alan, diğer tele bir manyetik kuvvet uygulayacaktır.

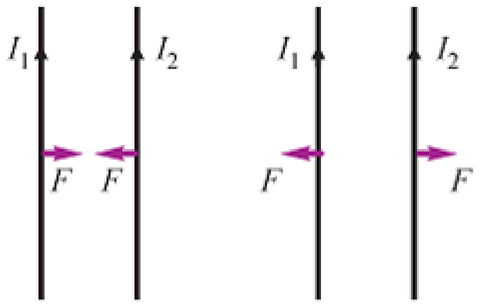
➔ I_1 akımı geçen telin *d* kadar uzaklıkta oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü (5. slaytta hesaplanmıştı)

$$\boxed{B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}}$$

➔ Bu B_1 manyetik alanında I_2 akımı geçiren telin L uzunluğuna etkiyen kuvvet (Bknz. Bölüm7)

$$\boxed{\vec{F} = I_2 \vec{L} \times B_1}$$

➔ Vektörel çarpımlar dikkate alındığında, kuvvet hem B_1 alanına hem de I_2 akımı geçiren tele diktir ve I_1 akımı geçiren tele doğrudur.



Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

Akımlar birbirine ters yönde olsaydı kuvvet itici olacaktı. Akımlar hem aynı yönlü olduğunda hem de zıt yönlü olduğunda kuvvetin büyüklüğü

$$\boxed{F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 L}{d}}$$

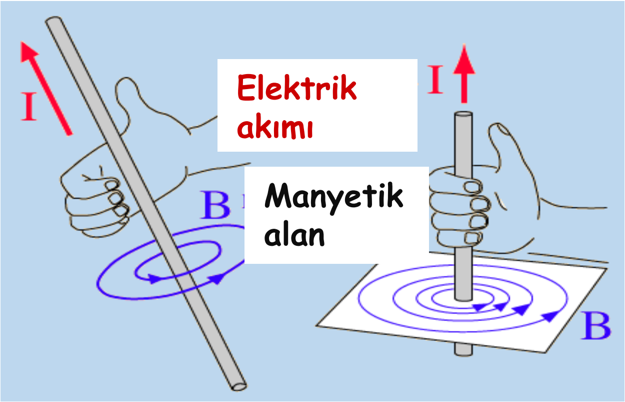
şeklindedir.

➔ SONUÇ: Aynı yönde akım geçiren teller birbirini çeker, zıt yönde akım geçiren teller birbirini iter.

$k' = \mu_0 / 4\pi$ Tanımı yapılarak; telin birim uzunluğuna etkiyen kuvvet

$$\boxed{\frac{F}{L} = \frac{2k' I_1 I_2}{d}}$$

3. Ampere Yasası (Fransız matematikçi ve fizikçi Andre Marie Ampere (1775-1836))



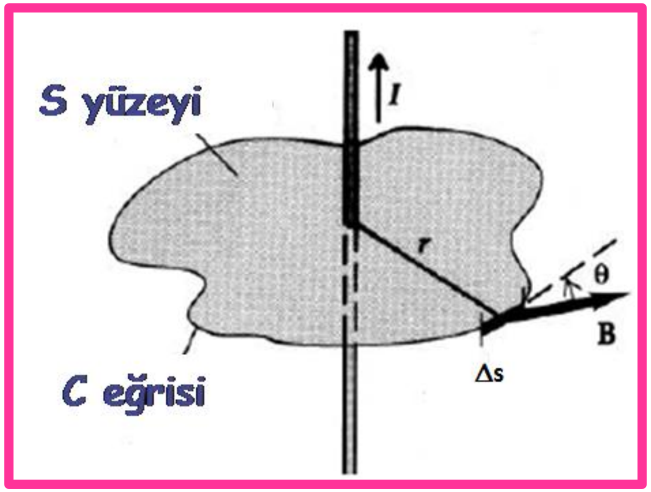
Şekil Kaynak [4]' ten alınmıştır.

➔ İçinden akım geçen bir telin oluşturduğu manyetik alanın, telin çevrelediği kapalı bir yol boyunca integralini alalım.

➔ Eğer r yarıçaplı bir çember seçersek;

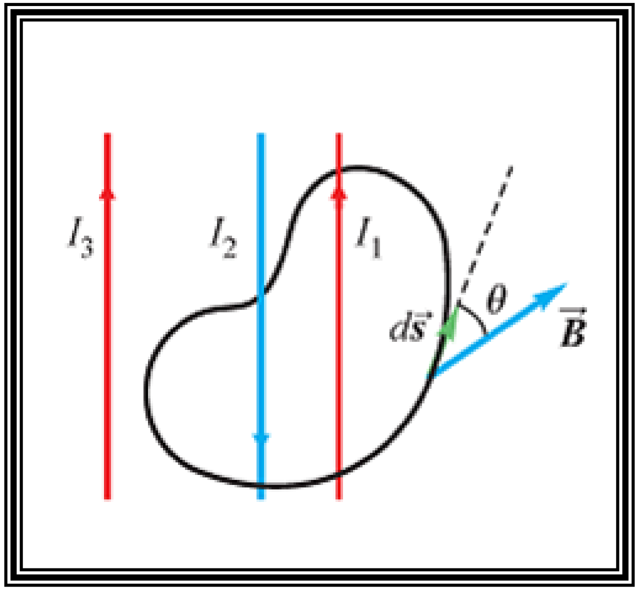
$$\boxed{\oint B\,ds = B\underbrace{\oint ds}_{2\pi r} = \frac{2k'\,I}{\cancel{r}}\,2\pi\cancel{r} = \underbrace{4\pi k'}_{\mu_0}\,I = \mu_0\,I}$$

➔ Sonuç r' den bağımsızdır. I akımını dışarda bırakan bir eğri seçseydik sonuç sıfır olurdu



➔ Bu sonuç, akım dağılımı seçilen herhangi bir eğrisel yol için geçerlidir. Bu, **Ampere Yasası** olarak bilinir.

$$\boxed{\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 I_{iç} \left(= \mu_0 \oiint_S \vec{j}.d\vec{A}\right)}$$



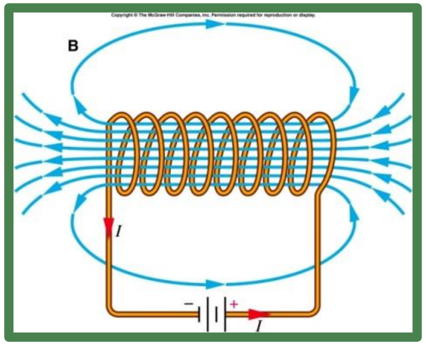
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 I_{iç}$$

Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

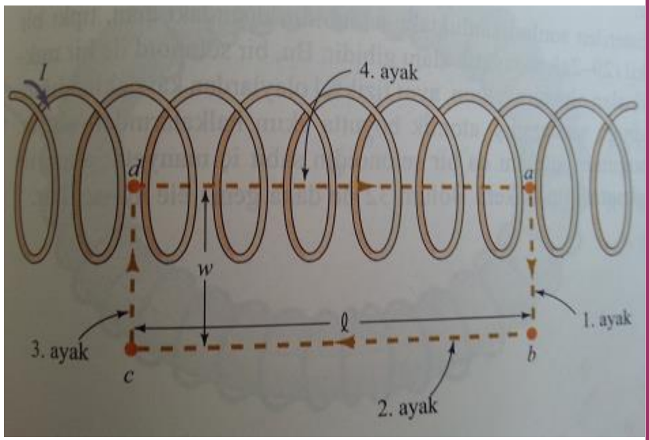
- $I_{iç}$ kapalı eğri içinde kalan net akımdır; bir yöndeki akımlar pozitif, bunun tersi yönündeki akımlar negatif alınır.
- Eğrinin dışındaki akımlar hesaba katılmaz.
- Sistemin simetrisine uygun bir eğri seçilirse, integral almaya gerek kalmaz.

Örnek: Solenoidin (Akım makarası=bobin) Manyetik Alanı

Ampere yasasını kullanarak bir bobinin (akım kangalının) manyetik alanını hesaplayalım:



Şekil, Kaynak [4]' ten alınmıştır.



Şekil, Kaynak [5]' ten alınmıştır.

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 I_{iç} = \cancel{\oint_{1.ayak} \vec{B}.d\vec{s}} + \cancel{\oint_{2.ayak} \vec{B}.d\vec{s}} + \cancel{\oint_{3.ayak} \vec{B}.d\vec{s}} + \oint_{4.ayak} \vec{B}.d\vec{s}$$

$$\oint_{4.ayak} \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \oint_{4.ayak} ds = Bl = \mu_0 n l I$$

$$1 \; ve \; 3 \; için \; \vec{B} \perp d\vec{s}$$

$$2 \; için \; \vec{B} = 0$$

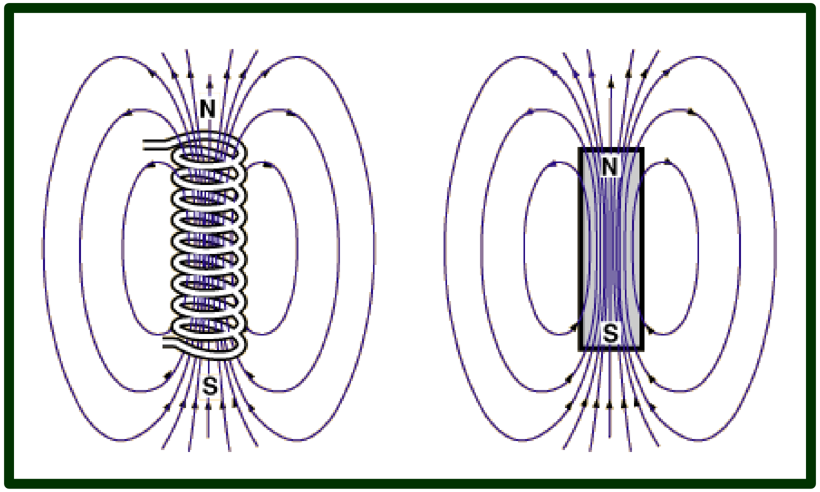
$$\boxed{B = \mu_0 I n}$$

N: Sarım sayısı

l: Seçilen yolun uzunluğu

I: Bir sarımdan geçen akım

n: Birim uzunluğun sarım sayısı



Şekil, Kaynak [6]' dan alınmıştır.

- Akım kangalı, manyetik alanda enerji depolar
- Akım kangalının manyetik alan çizgileri çubuk mıknatısın manyetik alan çizgilerine benzerdir.
- Eksen boyunca manyetik alan hemen hemen sabittir.
- Eksenden uzaklaştıkça alan çizgileri zayıflar.

4. Manyetik Akı

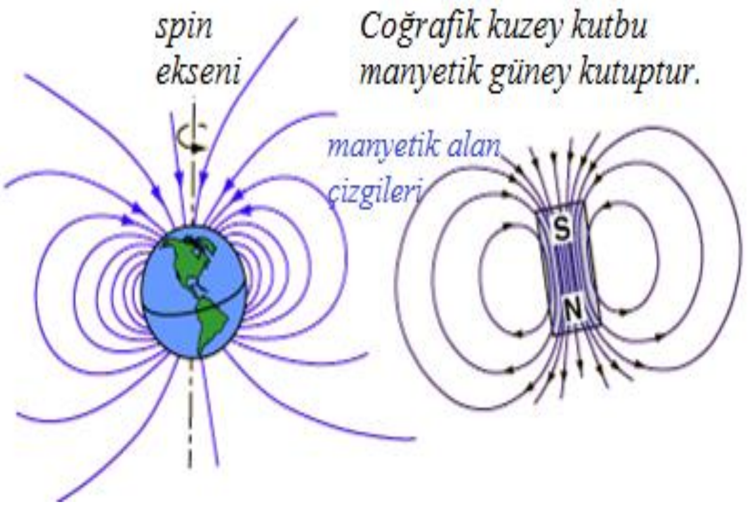
$$\Phi_B \equiv \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \qquad \Phi_B : Weber\ (Wb)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Kapalı bir yüzeyden geçen net manyetik akı sıfırdır
➔ Manyetik tek kutup (manyetik yük) yoktur.

➔ Bununla birlikte, manyetik kutupların varlığını savunan teoriler mevcuttur.

Dünyanın Manyetik Alanı



Şekil, Kaynak [8]'den alınmıştır.

•Dünyanın çekirdek kısmındaki (erimiş lavlardan dolayı) bazı akımların oluşması, dünyanın manyetik alanının kaynağı olarak düşünülmektedir. Ancak dünyanın manyetik alanının kaynağı henüz tam olarak bilinmemektedir.

•Bunu daha iyi anlayabilmek için dünyanın merkezinde bir çubuk mıknatıs olduğu düşünülür. Pusulayı dünyanın kuzey kutbuna yönlendiren şey, dünyanın manyetik alanıdır.

•Coğrafi kutup ekseni ile manyetik kutup ekseni arasında bir açı vardır.

- Coğrafi kuzey kutup, manyetik güney kutuptur.
- Ortalama değeri ~1 Gauss' dur. Ekvator dışındaki bölgelerde küçük bir yüzeye dik bileşeni vardır.

Kaynaklar

1. http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887 ("Üniversiteler için Fizik", B. Karaoğlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
2. Fen ve Mühendislik için Fizik, Cilt-2, Serway&Beichner, Palme yayıncılık, Ankara, 2002.
3. *Üniversite Fiziği Cilt-I* , H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara
4. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/magcur.html
5. Temel Fizik, Cilt-2, Fishbane&Gasiorowicz&Thornton, Arkadaş Yayınları.
6. http://www.kuark.org/2013/06/manyetizma-ve-manyetik-alan/
7. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/magearth.html