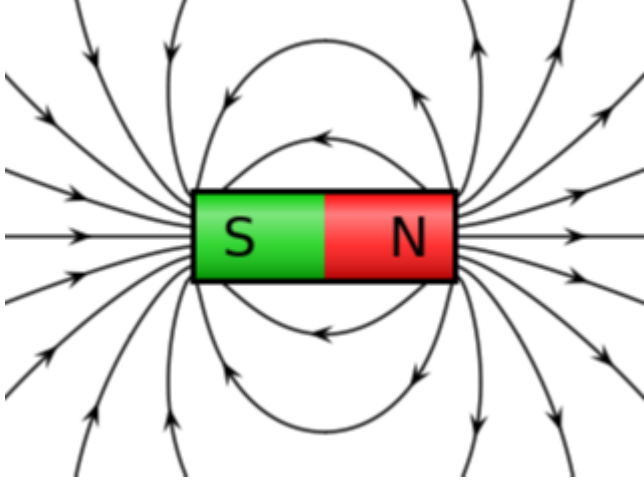


7.1 Mıknatıs ve Manyetik Alan

Mıknatıslar kuzey ve güney olarak adlandırdığımız iki kutuptan oluşurlar. Kutuplara verilen bu isimler, dünyanın manyetik alanının mıknatıslar üzerine etkisinden esinlenerek verilmiştir. Bir mıknatısı orta noktasından serbestçe dönecek şekilde asarsanız, Dünya'nın coğrafi kuzey kutbunu gösteren ucuna mıknatısın kuzey kutbu denir. Pusula dediğimiz şey de tam budur işte.



Şekil 7.1 Kuzey (N) ve Güney (S) kutupları gösterilen bir çubuk mıknatısın manyetik alan çizgileri.¹

Tesla'dır.

Tıpkı elektrik yüklerinde olduğu gibi, aynı cins kutuplar birbirlerini iterken, zıt kutuplar birbirlerini çekerler. Yani iki mıknatısın kuzey veya güney kutupları birbirlerini iterken, birinin kuzey, diğerinin güney kutupları birbirlerini çekerler.

Elektrik ve manyetizma aslında birbirlerine çok benzerler. İki manyetik kutbun birbirine uyguladığı kuvvet, tıpkı Coulomb(Elektrik) Kuvvetinde olduğu gibi $1/r^2$ ile azalır.

Ancak ikisi arasında temel bir fark vardır. Manyetik kutuplar asla ve asla tekli olarak bulunamazlar. Mesela sadece kuzey kutbundan oluşan bir mıknatıs bulamayız. Bir mıknatısa manyetik dipol diyebiliriz. Elektrik dipolünde kutuplar ayrılabilir. Ve sadece (+) veya (-) kutbunu elde edebiliriz. Manyetizma da ise bu mümkün değildir. Bir mıknatısı istediğiniz kadar küçük parçalara ayırın, her bir parça yine iki kutuba sahip olacaktır.

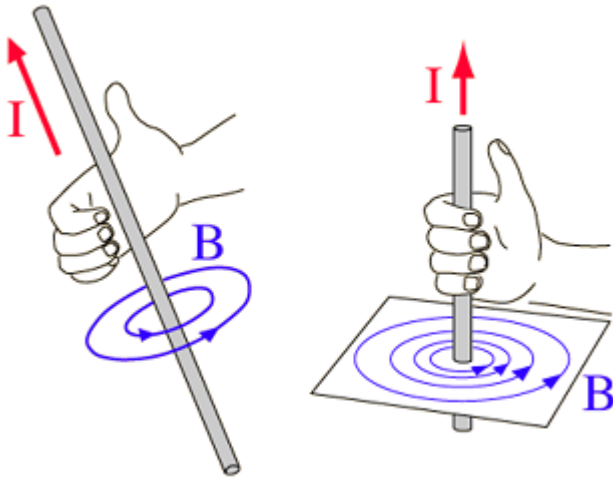
Nasıl ki her bir yükü veya yük dağılımını çevreleyen bir elektrik alan düşündüysük, her bir mıknatısı çevreleyen bir manyetik alan düşünebiliriz.

Şekil 7.1'de düz bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan çizgilerini görebilirsiniz. İşte ikinci bir mıknatıs birinci mıknatısın oluşturduğu manyetik alan ile etkileşecek diyebiliriz. Manyetik alanın birimi SI birim sisteminde

[1] Geek3 tarafından oluşturulan GNU Lisanslı bu resim Wikimedia.org'dan alınmıştır.

7.2 Elektrik Akımının Manyetik Alan Oluşturması

On dokuzuncu yüzyılın başlarında Danimarkalı bilim insanı Hans Christian Oersted, bir gösterisi sırasında içerisinden akım geçen bir telin yakınındaki pusulanın iğnesini sapırdığını farketti. Bu "Elektrik akımlarının manyetik alan oluşturduğunun keşfiydi."



Şekil 7.2 İçerisinden akım geçen düz bir telin manyetik alanı ve yönünün sağ el kuralı ile belirlenmesi²

Aslında bu keşif, yıllarca sonra Elektrik ve Manyetizmanın James Clerk Maxwell'in devrimsel denklemleri ile Elektromanyetizma olarak birleşmesi ile sonuçlanan uzun yolun başlangıcı olarak düşünülebilir.

Sağ el kuralı kullanılarak içerisinden akım geçen telin oluşturduğu manyetik alanın yönü belirlenebilir. Şekil 7.2'de sağ el kuralı özetlenmiştir. Baş parmak akımın yönünü gösterecek şekilde tutulur ve avuç içi manyetik alanın yönünü verir. Düz bir tel etrafındaki manyetik alan dairesel olacaktır. Manyetik alan oluşturduğuna göre, elektrik akımı da bir mıknatıs gibi davranır ve diğer mıknatıslarla, veya elektrik akımları ile etkileşir. Örneğin bir telin etrafında pusula iğnesi sürekli bir daireye teğet olacak şekilde yön değiştirir, veya akım geçen bir tel başka bir akım geçen tele kuvvet uygulayabilir.

[2] Oguraclutch tarafından oluşturulan bu resim Wikimedia.org'dan alınmıştır.

7.3 Elektrik Akımı Üzerinde Manyetik Kuvvet

Manyetik alan olan uzayın herhangi bir bölgesinde eğer içerisinde akım geçen bir tel var ise, bu tel üzerinde manyetik alanın uyguladığı bir kuvvet olacaktır.

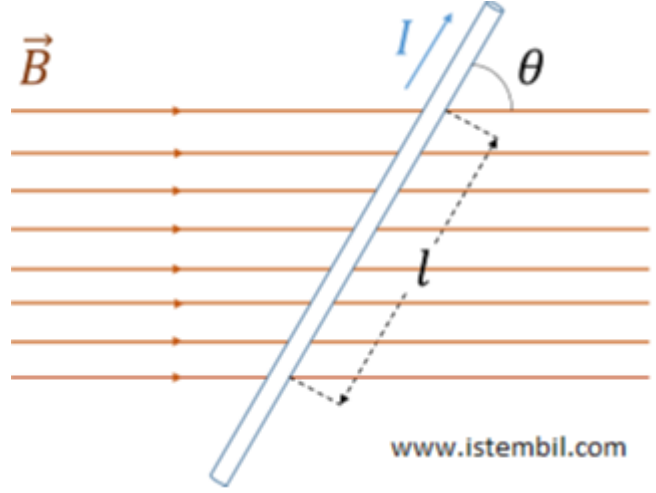
7.3.1 Düzgün Manyetik Alan ve Elektrik Akım Geçen Düz Bir Tel için Manyetik Kuvvet hesabı

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B} \quad (7.1)$$

Burada ℓ akım geçen telin manyetik alan içerisinde kalan kısmının uzunluğu, $\vec{\ell}$ ise akımla aynı yönde ve büyüklüğü ℓ olarak tanımladığımız bir vektördür. Buradan da görüleceği üzere eğer akım manyetik alana paralel ise üzerinde bir kuvvet hissetmeyecek, manyetik kuvvetin bütünlüğü manyetik alan ile $\vec{\ell}$ birbirine dik olduğunda maksimum olacaktır. $F = I\ell B \sin \theta$.

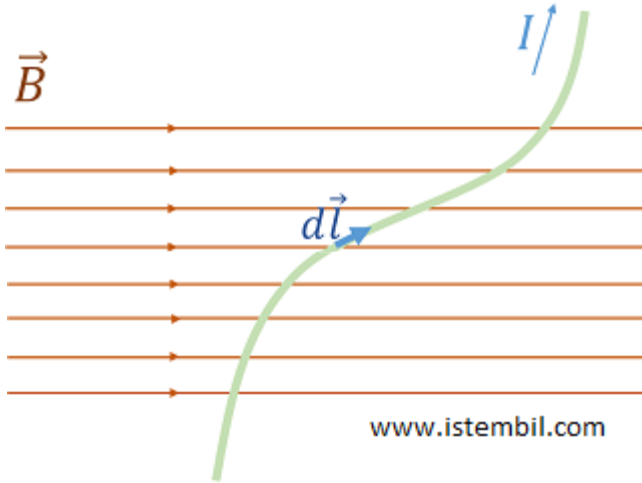
Bu denklemden şu sonuçları çıkarabiliriz :

- Manyetik alan yok ise kuvvet de yok !!!
- Akım yok ise kuvvet de yok !!!
- Akım ve Manyetik Alan paralel ise yine kuvvet yok !!!



Şekil 7.3 Düzgün manyetik alan altında akım geçen düz tel

7.3.2 Düzgün Olmayan Manyetik Alan ve/veya Elektrik Akımı Geçen Eğri Bir Tel için Manyetik Kuvvet Hesabı



Şekil 7.4 Düzgün manyetik alan altında akım geçen eğri tel

olacaktır.

Düzgün manyetik alan ve düz tel için manyetik kuvvet hesabı yapmayı biliyoruz. O halde daha önce de bir çok kez yaptığımız gibi yine integral yöntemine başvuralım. Kabloyu o kadar küçük parçalara bölelim ki manyetik alan bu küçük kablo parçası boyunca değişmeye fırsat bulamasın ve yine bu parça düz olarak kabul edilebilsin. Bu durumda $d\ell$ uzunluğundaki bu kablo parçası üzerindeki manyetik kuvvet;

$$d\vec{F} = I d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Bütün parçalar üzerindeki kuvvet bulunduğundan sonra hepsini toplayarak manyetik alanın elektrik akımına uyguladığı net kuvveti bulabiliriz.

$$\vec{F} = I \int d\vec{\ell} \times \vec{B} \quad (7.2)$$

Burada integralimizin limitlerini içerisinde akım geçen tel belirleyeceğiz. Bu integrali kablunun yalnızca manyetik alan kısmı üzerinde almamız kafi

7.4 Manyetik Alanda Hareket Eden Yük Üzerindeki Manyetik Kuvvet

Bir önceki kısımda içerisinde akım geçen bir tel üzerinde manyetik bir kuvvetin varlığından bahsettik. Ancak hatırlayacağınız üzere, akım dediğimiz şey aslında yüklerin hareketi. Akım üzerinde bir kuvvet var ise, mantığımız bize aslında hareket eden yük üzerinde de bir kuvvet olmalı diyor. Ki haklı :).

Manyetik alan içerisinde hareket eden bir yüke etki eden manyetik kuvvet:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (7.3)$$

olacaktır. Buradan çıkaracağımız sonuç, durgun yüke manyetik kuvvet etki etmez □ . Bir diğer ilginç sonuç ise, manyetik kuvvetin yüklü parçacık üzerine hiç iş yapmadığı gerçeğidir. Zira manyetik kuvvet her zaman yer değiştirmeye dik olacaktır. Ya da şöyle ifade edebiliriz: Manyetik kuvvet hızın büyüklüğünü değiştirmez. Yalnızca yönünü değiştirebilir. Yani Manyetik kuvvet etki eden bir yükün kinetik enerjisi değişmez...

Kuzey ışıkları olarak bilinen ve kutuplara yakın bölgelerde gözlemlenen ışıklar, dünyamızın manyetik alanının uzaydan (güneş rüzgarları) dünyamıza gelen parçacıklara (yükü) uyguladığı manyetik kuvvetten dolayı bu parçacıkları kutuplara yönlendirmesi sonucudur. Bu parçacıkların atmosferimizde etkileşimlerinden dolayı da ışık gözlemlenir.

Peki eğer hareketli yükün bulunduğu bölgede hem elektrik alan hem de manyetik alan var ise, bu yük üzerindeki net kuvvet ne olur? Bu aynı zamanda **Lorentz Kuvveti** olarak da bilinir.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (7.4)$$

Bu kuvvet, yük üzerindeki elektrik kuvveti artı manyetik kuvvettir. Her ne kadar manyetik kuvvet iş yapmasa da, elektrik kuvveti iş yapabilir. Bu yüzden bu kuvvetin etkisinde, yükün kinetik enerjisi değiştirilebilir.

Hem manyetik alan, hem de elektrik alan uygulanarak, uzayın bir bölgesinden yalnızca belli hızdaki yüklü parçacıkların geçmelerine izin verilen bir düzenek kurulabilir. Hız seçici düzenekler...

7.5 Manyetik Dipol Momenti ve Tork

Bir mıknatısın oluşturduğu manyetik alan çizgileri ile içerisinde elektrik akımı geçen bir halkanın oluşturduğu manyetik alan çizgileri kıyaslandığında birbirlerine çok benzedikleri görülür. Mıknatıs bir dipoldür yani iki kutupludur. O halde akım geçen halka için de bu benzerlikten manyetik dipol diyebiliriz. **Şekil 7.5**'te içerisinde I akımı geçen halka şeklinde bir teli düşünün. Bu telin manyetik dipol moment vektörü, $\vec{\mu}$,

$$\vec{\mu} = I \vec{A} \quad (7.5)$$

ile verilir. I halkadan geçen akım, A ise büyüklüğü halkanın alanına eşit olan, yönü ise sağ kuralından elde edilen bir vektördür. Dört parmağınız akımın akış yönünü gösterirken baş parmağınızın gösterdiği yön \vec{A} ve $\vec{\mu}$ vektörlerinin yönünü verecektir. Eğer N sarımlı bir halkadan bahsediyorsak, dipol moment

$$\vec{\mu} = N I \vec{A} \quad (7.6)$$

olacaktır.

Manyetik alan içerisinde bulunan bir manyetik dipole (akım geçtiğini hatırlayın) manyetik kuvvet etki edecektir. Genelde halkanın farklı bölgelerine etki eden manyetik kuvvetler birbirini götürür ve net kuvvet sıfır olur. Ancak bu kuvvetlerden dolayı dipole etki eden net bir tork olacaktır. Bu tork:

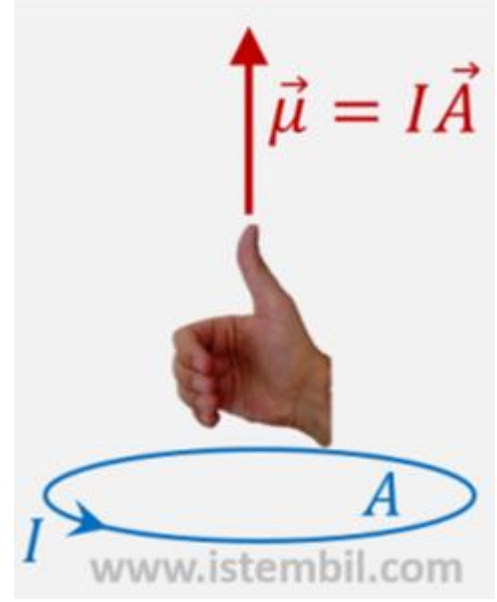
$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad (7.7)$$

ile verilir. Elektrik motorlarının tamamen bu prensip üzerine çalışmaktadırlar.

Manyetik alan-manyetik dipol sisteminin potansiyel enerjisi ise;

$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} \quad (7.8)$$

Bu sistem için minimum enerji konfigürasyonu manyetik dipol momentini ile manyetik alanın aynı yönde olmasıdır. Bu şu demektir: Manyetik alan içerisine konulan bir dipol, manyetik alan ile aynı yönde olmak isteyecektir. Pusulaların iğnelerinde bir dipoldür ve hep aynı yönü göstermeleri tesadüf değildir.



Şekil 7.5 A alanına sahip I akımı taşıyan halkanın manyetik dipol moment