

BÖLÜM 4 ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN BİR TEL HALKANIN MERKEZİNDEKİ MANYETİK ALAN

DENEY NO: 4

AMAÇ:

Akım taşıyan bir tel halkanın merkezindeki manyetik alan şiddetinin telden geçen akımın şiddetine ve telin sarım sayısına bağlılığının incelenmesi.

TEORİ:

Manyetik Alanın Tanımı ve Özellikleri

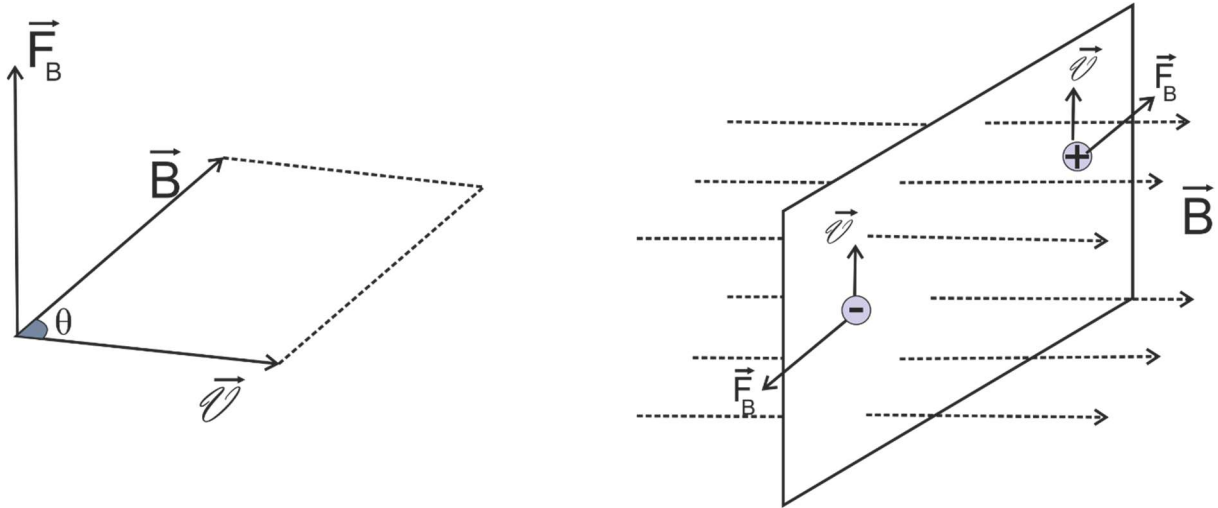
Uzayın belli bir noktasındaki elektrik alanı $\vec{E}$, o noktaya yerleştirilen bir deneme yüküne (birim yük başına) etkiyen elektrik kuvveti olarak tanımlanmıştı. Benzer biçimde, uzayda bir noktadaki yer çekim alanı $\vec{g}$, bir deneme kütesine (birim kütle başına) etkiyen yer çekim kuvvetidir. Şimdi uzaydaki bir noktada bir deneme cismine etkiyebilecek bir manyetik kuvvet cinsinden manyetik alan vektörü $\vec{B}$ (bazen manyetik indüksiyon ya da manyetik akı yoğunluğu da denir) tanımlayabiliriz. Deneme cismi $\vec{v}$ hızıyla hareket eden yüklü bir parçacık olarak alınabilir. Şimdilik, yükün bulunduğu bölgede hiçbir elektrik ya da yer çekim alanı bulunmadığını varsayalım. Bir manyetik alan içerisinde hareket eden yüklü parçacıkların hareketleri ile ilgili deneyler aşağıdaki sonuçları verir:

1. Manyetik kuvvet, parçacığın hızı $\vec{v}$ ve q yükü ile orantılıdır.
2. Manyetik kuvvetin büyüklüğü ve yönü, parçacığın hız vektörü ile ve manyetik alan vektörünün yönüne bağlıdır.
3. Yüklü bir parçacık manyetik alan vektörüne paralel yönde hareket ettiği zaman ona etkiyen $\vec{F}_B$ manyetik kuvveti sıfırdır.
4. Hız vektörü manyetik alanla bir θ açısı yaptığı zaman, manyetik kuvvet $\vec{F}_B$, hem $\vec{v}$ 'ye hem de $\vec{B}$ 'ye dik yönde etki eder. Yani, $\vec{F}_B$ kuvveti, $\vec{v}$ ve $\vec{B}$ 'nin oluşturduğu düzleme diktir.

5. Bir pozitif yüke etkiyen manyetik kuvvet, aynı yönde hareket eden bir negatif yüke etkiyen kuvvetin yönüne terstir.
6. Eğer hız vektörü manyetik alanla bir θ açısı yaparsa, manyetik kuvvetin büyüklüğü $\sin\theta$ ile doğru orantılıdır. Bu gözlemler, manyetik kuvvet;

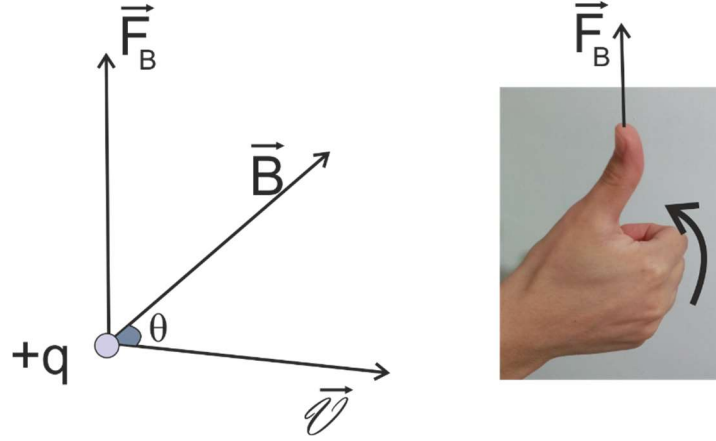
$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada manyetik kuvvetin yönü, $\vec{v} \times \vec{B}$ 'nin yönündedir. Bu kuvvetin yönü, vektörel çarpımın tanımı gereği hem hız vektörüne hem de manyetik alan vektörüne diktir. Yani hız vektörü ile manyetik alan vektörünün oluşturduğu düzleme diktir. Şekil 8-1'de bu çarpımların sonucunda kuvvet vektörünün yönü görülmektedir.



Şekil 1 Düzgün bir manyetik alanda hareket eden yüklü parçacığa etkiyen kuvvet

$\vec{v} \times \vec{B}$ 'nin yönü, “sağ el kuralı” ile rahatlıkla bulunabilir. Şekil 2’de görüldüğü gibi dört parmak $\vec{v}$ ’den $\vec{B}$ ’ye doğru döndürülürken dik başparmak manyetik kuvvet yönünü gösterir. Yük negatif olduğunda ise kuvvet “-“ ile çarpılacağından yönü bulunan yönün tam tersi olacaktır.



Şekil 2 Sağ el kuralının gösterimi

Burada manyetik kuvvetin büyüklüğü;

$$|\vec{F}_B| = q|\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin\theta \quad (2)$$

ile bulunabilir. Elektrik ve manyetik kuvvetler arasında önemli farklar vardır;

1. Elektrik kuvveti, her zaman elektrik alanına paralel, buna karşılık manyetik kuvvet manyetik alana diktir.
2. Elektrik kuvveti, yüklü parçacığın hızından bağımsızdır. Hâlbuki manyetik kuvvet yalnızca yüklü parçacık hareket halinde ise ona etki edebilir.
3. Elektrik kuvveti yüklü bir parçacığın konumunu değiştirmekle iş yapar, buna karşın kararlı bir manyetik alandan kaynaklanan manyetik kuvvet, parçacık yer değiştirdiğinde iş yapmaz.

Manyetik alan birimi (SI sisteminde) metre kare başına Weber (Wb/m^2)' dir. Nikola tesla anısına bu birim “Tesla (T)” olarak da adlandırılır. Bu birim eşitlik kullanılarak temel birimlere bağlanabilir. Büyüklüğü 1 Tesla olan bir manyetik alan içerisinde, alana dik olarak 1 m/s 'lik bir hızla hareket eden 1 Coulomb' luk yük, 1 Newton' luk kuvvet etkisindedir. Pratikte, manyetik alan birimi olarak cgs sisteminde Gauss (G) da kullanılmaktadır. Gauss, Tesla'ya $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ şeklinde bağlıdır. Alışlagelen mıknatıslar yaklaşık 25000 G ya da 2.5 T'ya kadar manyetik alan üretebilirler. Yaklaşık 12.000.000 G veya 1,2 kT büyüklüğüne ulaşan manyetik alanlar üretebilen süperiletken mıknatıslar yapılmıştır. Bu, dünya yüzeyine yakın yerlerdeki manyetik alanının değeri ile karşılaştırılabilir. Yerin alanı yaklaşık olarak 0.50 G veya $0.5 \times 10^{-4} \text{ T}$ ' dir.

Akım Taşıyan İletkene Etkiyen Manyetik Kuvvet

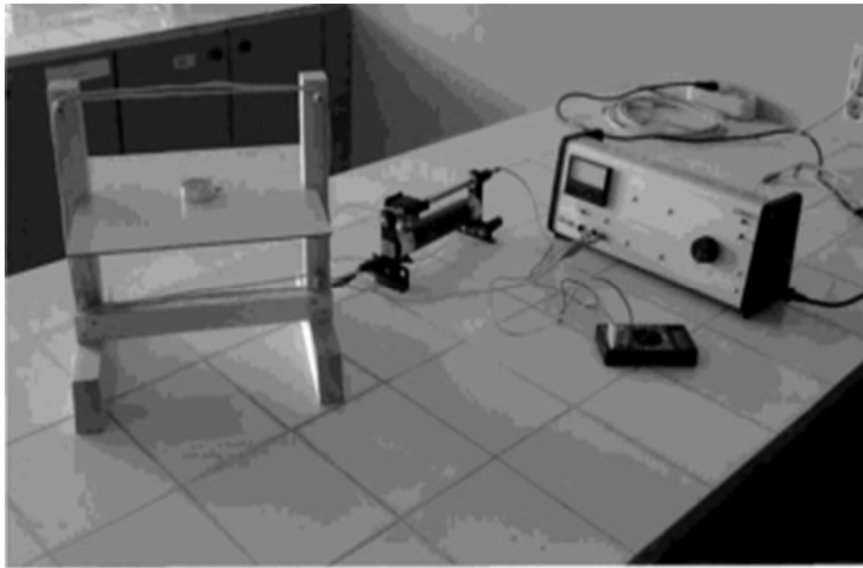
Tek bir yüklü parçacık, bir manyetik alan içinden geçerken bir kuvvet etkisinde kalıyorsa, üzerinden akım geçen bir tele de manyetik alan içinde kuvvet etkimesi sizce sürpriz olmamalıdır. Bu, akımın çok sayıda yüklü parçacıktan oluşmasının bir sonucudur; bu yüzden, tele etkiyen net kuvvet, her bir yüklü parçacığa etkiyen kuvvetlerin toplamıdır. Buna göre üzerinden I akımı geçen ve $\vec{B}$ manyetik alanındaki $\vec{l}$ uzunluğundaki bir tel etkiyen kuvvet,

$$\vec{F}_B = I(\vec{l} \times \vec{B}) \quad (3)$$

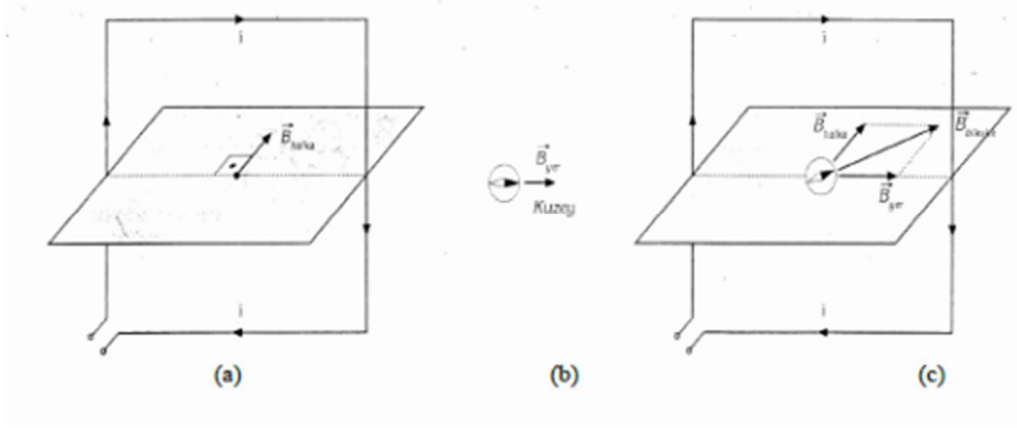
olarak verilir. Manyetik kuvvetin büyüklüğü;

$$F_B = I|\vec{l}||\vec{B}|\sin\theta \quad (4)$$

şeklinde bulunabilir. Bu kuvvet hem akım geçen tele hem de manyetik alana diktir. Buradaki θ açısı akım geçen telle manyetik alan arasındaki açıdır. Burada da manyetik alan kuvvetinin yönü sağ el kuralıyla bulunur. Sağ el; başparmak akım yönünü, dört parmak da manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde açılır. Avuç içine dik ve dışarı doğru olan yön, manyetik alan kuvvetinin yönüdür. Üzerinden akım geçen doğrusal bir telin etrafında manyetik alan oluştuğunu biliyoruz. Üzerinden elektrik akımı geçen bir tel halkanın da etrafında ve merkezinde bir manyetik alan oluşur.



Şekil 3 manyetik alan deney düzeneği



Şekil 4 Manyetik alan yönünün deney düzeneğinde gösterimi

Merkezdeki manyetik alan vektörü halka düzlemine diktir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur (Şekil 17a). Başka bir manyetik alanın etkisinde olmayan bir pusula ibresi yerin manyetik alan vektörü doğrultusunu gösterir (Şekil 17b). Pusula, düşey olarak duran halkanın merkezine konulduğunda, ibre yerin manyetik alan vektörü ile halkadan geçen akımın merkezde oluşturduğu manyetik alan vektörünün bileşkesinin doğrultusunda durur (Şekil 17c). Pusula ibresinin sapma açısına θ dersek manyetik alan vektörleri arasındaki ilişki,

$$\tan\theta = \frac{B_{halka}}{B_{yer}} \quad (5)$$

olarak bulunabilir. Bu eşitlikten $B_{hal} = B_{yer} \cdot \tan\theta$ elde edilir. Eşitlikte B'nin sabit olduğu düşünülürse B_{halka} ile $\tan\theta$ 'nın doğru orantılı olduğu görülür. Bu deneyde halkanın merkezine bir pusula yerleştirilecektir. Önce halkadaki akım sabit tutularak sarım sayısı artırılacaktır. İkinci bölümde ise sarım sayısı sabit tutularak halkadan geçen akımın şiddeti değiştirilecektir. İki durumda da pusula ibresindeki sapma açıları tespit edilerek halkadan geçen akımın ve sarım sayısının ibrenin sapma açısına, dolayısıyla merkezdeki manyetik alana etkisi incelenecektir. Deneyin uygulanmasında kolaylık sağlaması bakımından çember şeklindeki halka yerine kare şeklindeki halka kullanılacaktır.

8.2. DENEYİN YAPILIŞI

I. Kısım: Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan Şiddetinin Sarım Sayısına Bağlılığı

1. Deney düzeneğini, halkada bir sarım olacak şekilde kurunuz.

2. Merkezdeki yatay duran alüminyum levhanın üzerine bir milimetrik kâğıt yerleştiriniz. Kâğıdı, çizgileri tabakanın kenarlarına paralel olacak şekilde bantla yapıştırarak sabitleyiniz.

3. Pusulayı, halkanın tam merkezinde olacak şekilde milimetrik kâğıdın üzerine yerleştiriniz. Gerekliyse düzeneği sağa/sola döndürerek halka düzleminin, pusula ibresinin doğrultusunda (kuzey-güney doğrultusunda) olmasını sağlayınız. Bu durumdayken pusula ibresinin doğrultusunu kâğıt üzerine işaretleyiniz. Deney süresince pusulayı ve deney düzeneğini bulunduğu konumdan hareket ettirmemeye dikkat ediniz. Bunun için düzeneği ayaklarından masaya bantlayınız.

NOT: Halkayı güç kaynağına ve reostaya bağlayan bağlantı kablolarının halkadan uzakta durmasına dikkat ediniz. Böylece pusulayı kabloların oluşturacağı manyetik alanların etkisinden korumuş olursunuz.

4. Bağlantıları güç kaynağının DC kutuplarına yapınız. Güç kaynağını açarak devreye elektrik veriniz. Reosta vasıtasıyla akımı kontrol ederek ibrenin 10°'lik bir sapma yapmasını sağlayınız. Bu durumda ibrenin sapma doğrultusunu kâğıt üzerine işaretleyip 1 olarak numaralayınız. Akım değerini ve sarım sayısını Ölçüm Tablosuna Ölçüm 1 olarak kaydediniz. Güç kaynağını kapatarak devreden elektriği kesiniz. Deneyin I. Kısımında telden geçen akım değeri sabit tutulacağından, reostanın ayarladığınız değerini değiştirmeyiniz. Aynı akım değerini Ölçüm 2, 3 ve 4 için de tabloya kaydediniz.

5. Halkaya, birinciyle aynı yönde akım taşıyacak şekilde bir sarım daha ilâve ediniz. Deneyi tekrarlayınız. İbrenin sapma doğrultusunu işaretleyerek 2 olarak numaralayınız. Sarım sayısını tabloya Ölçüm 2 olarak kaydediniz.

6. Ölçüm 3 için 3 sarım, Ölçüm 4 için de 4 sarımla deneyi tekrarlayınız. Sarımlardan geçen akımların aynı yönde olmasına dikkat ediniz. İbrenin sapma doğrultularını işaretleyerek sırasıyla 3 ve 4 olarak numaralayınız. Sarım sayılarını tabloya Ölçüm 3 ve Ölçüm 4 olarak kaydediniz.

7. Pusulayı kaldırıp milimetrik kâğıdı yapışık olduğu yerden ayırınız. Pusula ibresi ilk konumundayken işaretlediğiniz kuzey-güney doğrultusunu cetvelle çizerek uzatınız. İbrenin sapma doğrultularını gösteren çizgileri uzatarak bu çizgiyle kesiştiriniz.

8. Sapma açılarını ölçünüz. Her bir sapma açısını, verdiğiniz numarayla aynı numaralı ölçüm olarak tabloya kaydediniz.

9. $\tan\theta$ -sarım sayısı grafiği çiziniz.

NOT: Pusula üzerinden ibrenin sapma açılarını ölçebiliyorsanız kağıt kullanmanıza ve sapma doğrultularını işaretlemenize gerek kalmaz. İbrenin sapma açılarını doğrudan pusula üzerinden okuyarak tabloya kaydedebilirsiniz.

II. Kısım: Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan Şiddetinin Halkadan Geçen Akım Şiddetine Bağlı

1. Halkanın konumunu değiştirmeden, alüminyum levha üzerine yeni bir milimetrik kâğıdı ilk kâğıdı yerleştirdiğiniz gibi yerleştiriniz.
2. Pusulayı halkanın merkezine yerleştirerek ibrenin kâğıdın çizgilerine paralel olmasını sağlayınız. Halkada bulunan 4 sarımı bu bölümdeki deneyler boyunca değiştirmeyiniz.
3. Reosta yardımıyla telden geçen akımı Ölçüm 5 için 1 A, Ölçüm 6 için 2 A, Ölçüm 7 için 3 A ve Ölçüm 8 için de 4 A'ye ayarlayarak deneyi tekrarlayınız. Her deneyde ibrenin sapma doğrultularını işaretleyerek sırasıyla 5, 6, 7 ve 8 olarak numaralayınız. Akım değerlerini tabloya kaydediniz.
4. Kâğıdı yapışık olduğu yerden ayırınız. Sapma çizgilerini uzatarak kuzey-güney doğrultusunu gösteren çizgiyle kesiştiriniz.
5. Sapma açılarını ölçünüz. Her bir sapma açısını verdiğiniz numarayla aynı numaralı ölçüm olarak Tablo 1'e kaydediniz.
6. $\tan\theta$ -I grafiği çiziniz.

Tablo 1 Akım ve sarım sayısı veri tablosu

Ölçüm No	Akım (A)	Sarım Sayısı (N)	Sapma Açısı (θ)	$\tan \theta$
1. Kısım				
1				
2				
3				
4				
2. Kısım				
1				
2				
3				
4				