

## DENEY 9

### DENEYİN ADI

#### BIOT-SAVART YASASI

### DENEYİN AMACI

Akım uygulanan dairesel iletken bir telin manyetik alanı ölçülerek Biot-Savart kanunu deneysel olarak incelemek ve bobinde meydana gelen manyetik alan büyüklükleri analiz etmek.

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Doğru Akım (DC) kaynağı, Gaussmetre, Farklı boyda ve farklı sarımlı bobinler, Farklı yarıçaplı ve 1,2,3 sarımlı teller, Bağlantı kabloları, Metrik ölçekli ray, Tutacaklar.

### TEORİK BİLGİ

#### Biot-Savart Yasası

Üzerinden akım geçen dairesel iletken bir telin akım uzunluk elemanı,  $dl$  (akımın akış yönünde konumlandırılmış) ve bu uzunluk elemanından P-noktasına uzanan koordinat vektörü  $r$  ise, bu akım elemanının P-noktasında oluşturacağı  $\mathbf{B}$  manyetik alanının yönü ve büyüklüğü **Biot-Savart** yasası tarafından verilir.

Biot-Savart yasasına göre, üzerinden akım geçen dairesel bir iletkenin dönme simetri eksenini ( $x$ -ekseni) boyunca oluşturacağı manyetik alan değeri, bu alanı oluşturan akımın büyüklüğü tarafından hesaplanabilir. Akım taşıyan dairesel iletken bir telin uzayın herhangi bir P-noktasında üreteceği manyetik alanın büyüklüğü  $\mathbf{B}$ , iletkeni oluşturan her bir parçanın P-noktasında oluşturacağı manyetik alanların toplamı (superposition) olarak verilir.

Akım taşıyan iletken bir tel üzerindeki  $dl^{\rightarrow}$  elemanından, optik eksen ( $x$ ) üzerindeki bir ölçüm noktasına (P) uzanan birim vektör,  $\hat{r}$  olarak ifade edilirse; P-noktasında oluşacak manyetik alan vektörü,  $d\mathbf{B}$ , **Biot-Savart** tarafından verilir:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad 9.1$$

Burada;

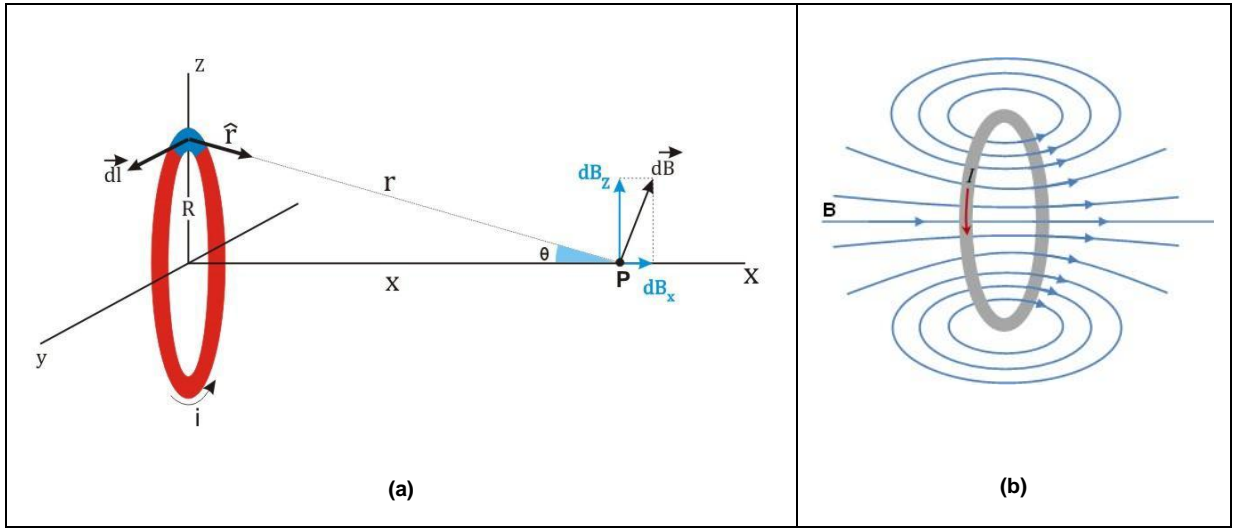
$d\vec{B}$ : Optik eksen boyunca (x) oluşan manyetik alan vektörü (T)

$\mu_0$  : Manyetik alan sabiti (T.m/A)

I : Uygulanan akım değeri (A)

x : Optik eksen üzerindeki bir noktanın dairesel telin merkezine olan uzaklığı (m).

Üzerinden I akımını geçen  $dl$  uzunluklu iletken bir parçanın P-noktasında ürettiği manyetik alan vektörü  $d\vec{B}$  ise, bu yasanın grafiksel incelemesi Şekil 9.1' de gösterilmiştir.



Şekil 9.1 Dairesel iletken bir tel üzerinden geçen akımın uzaydaki bir P-noktasında oluşturacağı manyetik alan vektörü ve bileşenleri (a), Dairesel bir iletken üzerinden geçen akımın oluşturduğu manyetik alan çizgileri (b).

Eşitlik 9.1 **Biot-Savart** yasası olarak bilinip, birim vektörü,  $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$  olarak ifade edilir.

Biot- Savart yasasına göre manyetik alan şiddeti **B**, alanı üreten **I** akımını ile tanımlanır.

Birim vektörü ( $\hat{r}$ );  $d\vec{l}$  ile P-noktasını birleştiren doğru üzerindeki vektör olarak ifade edilir. Birim vektörü ( $\hat{r}$ ), Eşitlik 9.1' de yerine konulduğunda manyetik alanın büyüklüğü:

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin\phi}{4\pi r^2} \quad 9.2$$

olarak yeniden yazılabilir.

Eşitlik 9.2’de verilen  $\phi$  açısı  $d\vec{l}$  ve  $d\vec{r}$  vektörleri arasındaki açıdır. Şekil 9.1’de görüldüğü gibi,  $d\vec{l}$  ve  $d\vec{r}$  vektörleri birbirlerine dik olup, iletken tel üzerindeki yer değiştirme vektörü  $d\vec{l}$  tarafından verilen manyetik alan ( $d\vec{B}$ ) vektörünün yönü ise x-z düzlemindedir. Burada  $d\vec{l}$  ve  $d\vec{r}$  vektörleri birbirlerine dik olduğundan;

$$|d\vec{l} \times \hat{r}| = dl \quad 9.3$$

değeri elde edilir.

Bu değer Eşitlik 9.1’de kullanıldığında manyetik alanın büyüklüğü;

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \quad 9.4$$

olarak elde edilir. Dik üçgen bağıntısından;

$$r^2 = x^2 + R^2 \quad 9.5$$

olduğu için Eşitlik 9.4 yeniden düzenlendiğinde manyetik alanın büyüklüğü;

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{(x^2 + R^2)} \quad 9.6$$

olarak bulunur.

Şekil 9.1 incelendiğinde, manyetik alanın z-bileşeni x-ekseninde dik ve simetrik olması nedeniyle, z-ekseni üzerinde oluşan manyetik alanların toplamı,  $B_z = 0$  olur (Şekil 9.2).

Bu nedenle, bileşke manyetik alanın (B) toplamı,  $B = B_x$  olarak belirlenmiş olur. Şekil 9.2 kullanılarak manyetik alanın x-ekseni üzerindeki bileşenini incelersek;

$$dB_x = dB \cos \theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{(x^2 + R^2)} \frac{R}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \quad 9.7$$

$$dB_x = dB \cos \theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R dl}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.8$$

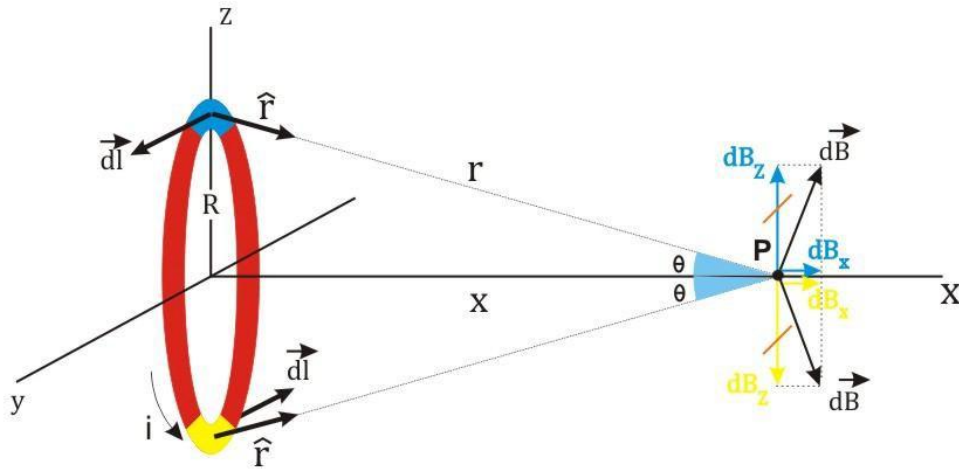
$$B_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \int dl \quad 9.9$$

burada;  $\int dl = 2\pi R$

olduğu için, manyetik alan büyüklüğünün x-ekseni üzerindeki bileşeni,  $B_x$ :

$$B_x = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.10$$

olarak hesaplanır. Bu eşitlik tek sarım döngülü (Single Loop System,  $N=1$ ) bir iletkenin oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğünü verir.



**Şekil 9.2** Dairesel iletken bir tel üzerinden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasındaki manyetik alan vektörünün bileşenleri ve net manyetik alan vektörünün yönü.

Şekil 9.2 incelendiğinde, bir ölçüm noktasındaki (P-noktasındaki) manyetik alan vektörü  $d\vec{B}$ , z-ekseni yönünde ( $d\vec{B}_z$ ) ve x-ekseni yönünde ( $d\vec{B}_x$ ) olmak üzere iki bileşene ayrılır. İletken tel üzerindeki tüm  $dl$  elemanlarından kaynaklanan manyetik alanın bütün x-ekseni bileşenleri aynı yönde olduklarından birbirlerine eklenir. Bununla beraber, iletken tel üzerindeki  $dl$  elemanlarının z-ekseni yönünde oluşturduğu manyetik alanların bileşenleri ters yönlü olduğundan birbirlerini yok ederler. Bu nedenle, net manyetik alanın ( $B$ ) toplamı,  $B=B_x$  olarak belirlenir. Eğer, **R-yarıçaplı** dairesel iletken tel  $N$ -adet sarım içeriyorsa, Eşitlik 9.10'da verilen ifade yeniden düzenlenerek, çemberin eksteni boyunca ve merkezden  $x$  uzakta oluşan manyetik alan değeri aşağıdaki denklemlle hesaplanır:

$$B(x) = N\mu_0 \frac{I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.11$$

Eşitlik 9.11 kullanıldığında, manyetik alan değerini ( $B$ ) dairesel iletken tellerin sarım sayısına ( $N$ ) bölersek;

$$\frac{B(x)}{N} = \mu_0 \frac{I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.12$$

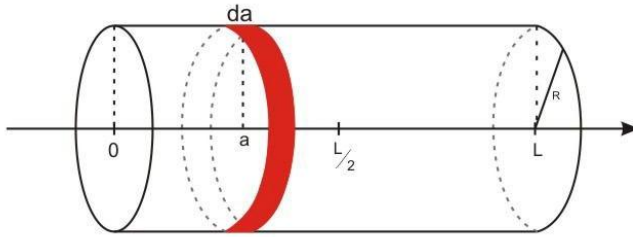
oranı elde edilir. Eşitlik 9.12’de verilen bu oran, **Biot-Savart** deneylerinde  $x$ -ekseni boyunca manyetik alan büyüklüğünün, “ $B(x)$ ”, sarım sayılarına “( $N$ )” karşı değişim grafiğini verir.

Manyetik alan çemberin merkezinde ( $x=0$ ) **maksimum** olur:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad 9.13$$

### Bir Bobinin Manyetik Alanı

Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar büyük ve  $L$  olan  $N$  sarımlı bir bobinin ekseni boyunca manyetik akının karakteristiği sonsuz küçük sayıda ve uzunlukta bobinlerden oluştuğvarsayılarak elde edilir (Şekil 9.3).



Şekil 9.3 Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar uzun ve  $L$  olan  $N$  sarımlı bobin.

Orijinden belli bir uzaklıktaki bir bobinin kesiti, sonsuz küçüklükte bir manyetik alan verir:

$$dB(x) = \frac{1}{2} \frac{N}{L} \mu_0 i \frac{R^2}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} da \quad 9.14$$

Burada  $Nda/L$ ;  $da$  kalınlıklı bobin kesitindeki sarım sayısıdır. Toplam manyetik alan  $a$  üzerinden integral alınarak bulunur:

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N R^2}{2L} \int_0^L \frac{da}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} \quad 9.15$$

İntegralin çözümünden toplam manyetik alan;

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N}{2L} \left[ \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{x - L}{\sqrt{R^2 + (x - L)^2}} \right] \quad 9.16$$

şeklinde bulunmuş olur. Uzun, ince bobinin ( $R \ll L$ ) merkezine yakın bir noktada ( $x = \frac{L}{2}$ ) manyetik alanın büyüklüğü Denklem 9.16'dan şöyle bulunur:

$$B_{merkez} = \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 9.17$$

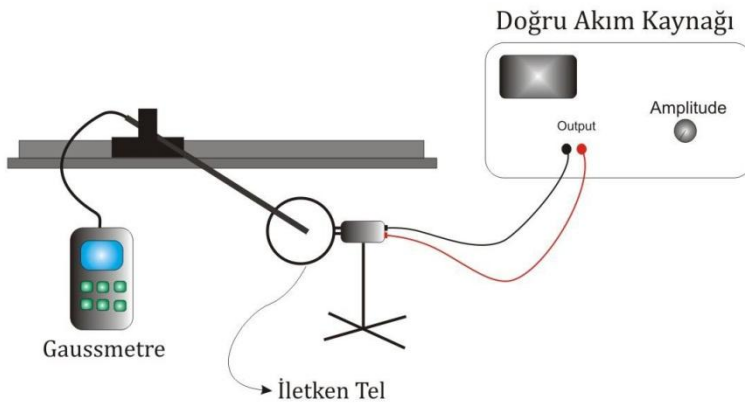
Bobinin merkezindeki manyetik alanın büyüklüğü bu iken bobinin uçlarındaki ( $x = L$ ) manyetik alanın büyüklüğü bu değer yarısı kadardır.

$$B_{uç} = \frac{1}{2} \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 9.18$$

## DENEYİN YAPILIŞI

Deneyimiz iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci olarak farklı sarımlı ve yarıçaplı tellerin üzerinden, sabit değerli bir doğru akım geçirildiğinde yuvarlak telin merkezinde oluşan manyetik alan büyüklüğünden  $\mu_0$  manyetik alan sabitinin bulunmasıdır.

Bunun için öncelikle Şekil 9.4'teki devreyi kurunuz.



Şekil 9.4 İletken telin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi devresi.

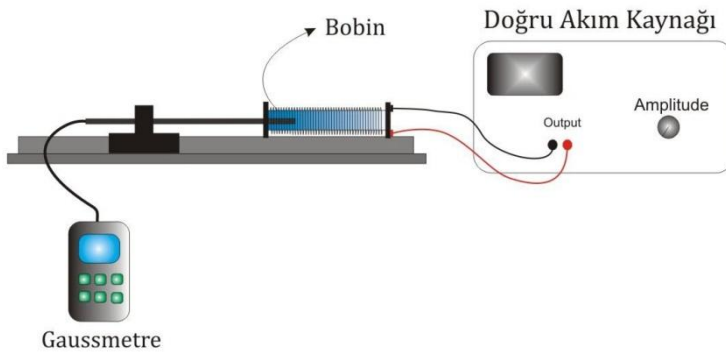
### I) Dairesel tel üzerinden geçen manyetik alanın ölçülmesi

1. Devre kurulduktan sonra öncelikle 6 cm yarıçaplı dairesel tellerden 1 sarımlı olanı yerleştirin.
2. Doğru akım kaynağını açın (Açmadan önce genlik (amplitude) ayarının en düşüğe olduğundan emin olun).
3. Doğru akım kaynağı üzerindeki amplitude ayarını kullanarak 5 A'ya ayarlayın.
4. Gaussmetre'yi açın.
5. Gauss-militesla ayarından (Gs/mT) gauss skalasına geçin (Bunun yapılmasının sebebi gaussun daha hassas olmasıdır. Çünkü 10000G=1T)
6. Gaussmetre üzerindeki "RANGE" tuşunu kullanarak skalayı virgülden sonra 1/10 hassasiyete getirin.
7. Gaussmetrenin probunun ucunun, kullanılan dairesel telin merkezinde olmasına dikkat edin.
8. Okunan manyetik alan değerini kaydedin.
9. Aynı işlemi sırasıyla 2, 3, 4 sarımlı dairesel teller için tekrarlayın.
10. Okunan manyetik alan değerlerine karşı sarım sayısı grafiğini çizin.
11. Grafiğinin eğiminden Denklem9.8'i kullanarak  $\mu_0$  manyetik alan sabitini hesaplayın (okuduğunuz manyetik alan değerini SI birimi olan tesla'ya çevirmeyi unutmayın).
12. Manyetik alan sabitini kuramsal değeriyle karşılaştırarak, % hata hesabı yapın.
13. Aynı işlemleri farklı yarıçaplı iletken teller için tekrarlayın.

$\mu_0$ (kuramsal) = _____						
R (cm)	Sarım Sayısı	1	2	3	4	$\mu_0$ (deneysel)
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					

## II) Bir bobinin içinde oluşan manyetik alanın ölçülmesi

1. Şekil 9.5'teki devreyi kurun.
2. Doğru akım kaynağını açın (Açmadan önce genlik (amplitude) ayarının en düşükte olduğundan emin olun).
3. Doğru akım kaynağı üzerindeki amplitude ayarını kullanarak 5 A'ya ayarlayın.
4. Gaussmetre'yi açın.
5. Gauss-militesla ayarından (Gs/mT) gauss skalasına geçin (Bunun yapılmasının sebebi gaussun daha hassas olmasıdır. Çünkü  $10000G=1T$ ).
6. Gaussmetre üzerindeki "RANGE" tuşunu kullanarak skalayı virgülden sonra 1/10 hassasiyete getirin.
7. Gaussmetrenin probunun ucunu bobinin tam ucuna yerleştirin (Probun ucunun bobinin kesit alanının tam merkezinde olmasına dikkat edin).
8. Probu raya bağlayan parçanın bir noktasını referans olarak yavaş hareketlerle bobinin içine doğru hareket ettirin.
9. 1 cm aralıklarla Gaussmetreden okunan manyetik alan değerlerini not edin.
10. Bobinin tam ortasında ( $x = L/2$ ) okunan manyetik alan değerini yorumlayın.
11.  $x = L/2$  iken okunan manyetik alan ile Denklem 9.17'i kullanarak hesaplayacağınız manyetik alan değerini karşılaştırın (Okuduğunuz manyetik alan değerini SI birimi olan "tesla"ya çevirmeyi unutmayın).
12. Aynı işlemleri farklı sarımlı fakat aynı boy ve yarıçaplı bobinler için tekrarlayın.



Şekil 9.5 Bir bobinin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi devresi.



**Tablo 9.2**

Sarımsayı N	Bobin Boyu L(m)	Bobin Yarıçapı R(m)	Manyetik Alan, B(G)		Manyetik Alan, B(T)	
			Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan

**SORULAR**

1. Bobinin ucundan başlayarak gauss metrenin probu içeri doğru hareket ettirildiğinde okunan manyetik alan büyüklükleri nasıl değişiyor?
2. Bu değişimin sebebini yorumlayınız.
3. Dairesel tellerde oluşan manyetik alan büyüklükleri neden bobinlerin yarattığı manyetik alandan küçüktür?