

DENEYİN ADI

BİOT SAVART KANUNU*

DENEYİN AMACI

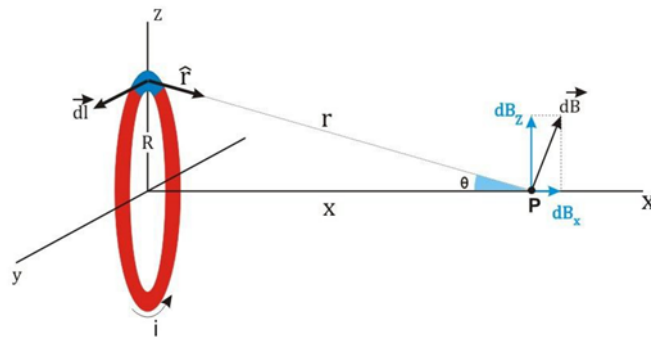
Bir tel halkanın manyetik alanını ölçerek Biot-Savart kanununu deneysel olarak doğrulamak ve bobinde meydana gelen manyetik alanı incelemek.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Doğru Akım kaynağı, Gaussmetre, Farklı boyda ve farklı sarımlı bobinler, tek sarımlı tel, Bağlantı kabloları, Cetveli ray, Tutacaklar.

TEORİK BİLGİ

Oersted, 1819 yılında akım taşıyan bir iletkenin bir pusula iğnesini saptırdığını keşfetti. Bunun anlamı akım taşıyan bir iletken tel çevresinde bir manyetik alan oluşturmasıydı. Bu keşiften kısa bir süre sonra, Jean Baptiste Biot ve Felix Savart kararlı akım taşıyan bir iletkenin bir mıknatıs üzerinde kuvvet oluşturduğunu gördüler. Biot ve Savart deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren ifadeyi buldular. Bu yasanın matematiksel olarak elde edilmesini, Şekil 1'i kullanarak inceleyelim.



Şekil 1 İletken bir telden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alan

* Bu laboratuvar kılavuzu Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar kılavuzunun uyarlanmış biçimidir.

Üzerinden i akımı geçen tel üzerindeki $d\vec{l}$ elemanından eksen üzerindeki ölçüm noktasına uzanan vektör \vec{r} ise, o noktadaki manyetik alan şiddeti $d\vec{H}$ her iki vektöre de dik olup aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$d\vec{H} = \frac{i}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad 1$$

Şekildeki $d\vec{l}$ vektörü sayfa düzlemine dik, \vec{r} ve $d\vec{H}$ vektörleri ise sayfa düzleminde dir. Bu durumda tüm halka üzerinden integral alınırsa;

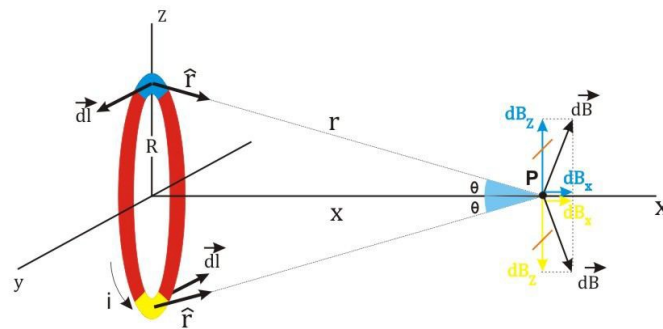
$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad 2$$

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{R \sin \theta d\theta}{r^2} \quad 3$$

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{R^2 d\theta}{r^3} = \frac{i}{4\pi} \frac{R^2 2\pi}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 4$$

$$H = \frac{i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 5$$

Ölçüm noktasındaki (P noktası) manyetik alan vektörü $d\vec{H}$, biri z-ekseni doğrultusunda (dH_z), diğeri ise x-ekseni doğrultusunda (dH_x) olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. İletken tel üzerindeki tüm $d\vec{l}$ elemanlarından kaynaklanan bütün x-ekseni bileşenleri aynı yönde olduklarından birbirlerine eklenirler. Fakat bütün iletken tel üzerindeki $d\vec{l}$ elemanlarının yarattığı manyetik alanların z-ekseni bileşenleri ters yönlü olduğundan birbirlerini yok ederler (Şekil 2).



Şekil 2 İletken tel üzerinden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasındaki manyetik alan bileşenleri ve net manyetik alan vektörünün yönü

Manyetik alan (\vec{B}) ile manyetik alan şiddeti (\vec{H}) arasında,

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} \quad 6$$

ilişkisi vardır. $\mu_r = 1.000004$ olduğundan ihmal edilebilir. Denklem 5 ve 6'yı kullanarak yazacak olursak, P noktasında oluşan manyetik alan büyüklüğü;

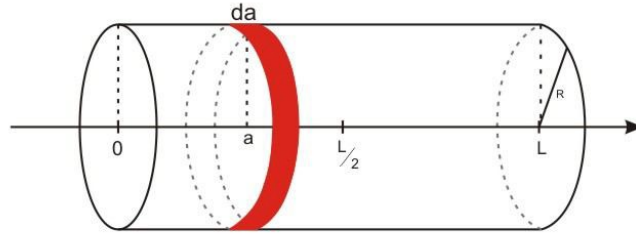
$$B = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 7$$

şeklinde bulunur.

Sonuç olarak, R yarıçaplı N adet iletken tel çemberden i akımı geçtiğinde çemberin eksenini boyunca ve merkezden x uzaklığında oluşan manyetik akı yoğunluğu aşağıdaki denklemle verilir:

$$B(x) = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{[x^2 + R^2]^{3/2}} \quad 8$$

Uzunluğu L olan N sarımlı bir bobinin eksenini boyunca manyetik alan, sonsuz küçük da uzunluğundaki bobinlerden oluştuğu varsayılarak elde edilir (Şekil 3).



Şekil 3 Uzunluğu L olan N sarımlı bobin

Orijinden belli bir uzaklıktaki bir bobinin kesiti, bobin içerisindeki bir x noktasında sonsuz küçüklükte bir manyetik alan verir:

$$dB(x) = \frac{1}{2} \frac{N}{L} \mu_0 i \frac{R^2}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} da \quad 9$$

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

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N R^2}{2L} \int_0^L \frac{da}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} \quad 10$$

İntegralin çözümünden toplam manyetik alan;

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N}{2L} \left[\frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{x-L}{\sqrt{R^2 + (x-L)^2}} \right] \quad 11$$

şeklinde bulunmuş olur. Uzun, ince bobinin ($R \ll L$) merkezine yakın bir noktada ($x = \frac{L}{2}$) manyetik alanın büyüklüğü Denklem 11'den şöyle bulunur:

$$B_{\text{merkez}} = \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 12$$

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

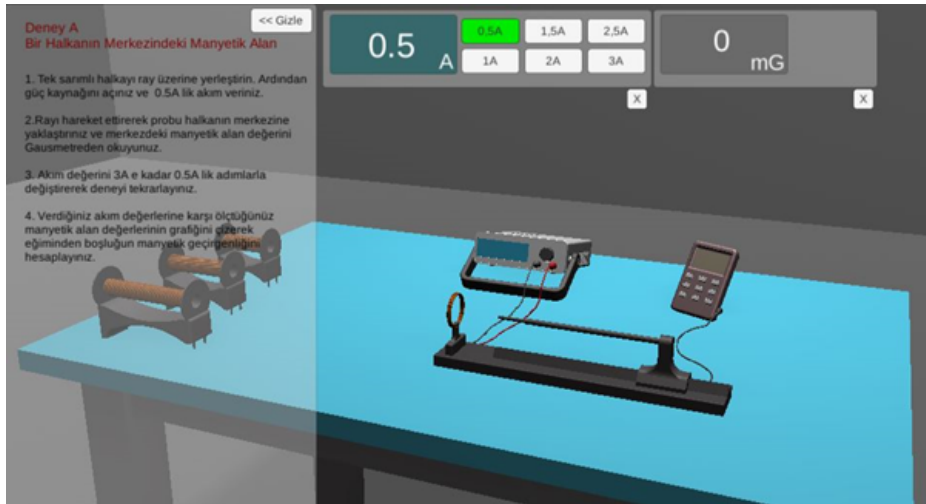
$$B_{\text{uç}} = \frac{1}{2} \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 13$$

DENEYİN YAPILIŞI

Biot-Savart deneyi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci olarak dairesel tel üzerinden doğru akım geçirildiğinde telin merkezinde oluşan manyetik alan büyüklüğünden μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliğinin bulunmasıdır.

Bunun için “halkanın manyetik alanı” başlığına tıklayınız.

A. Dairesel tel üzerinden geçen manyetik alanın ölçülmesi



Şekil 4 Bir halkanın manyetik alanı deney düzeneği

1. Deneyde tek sarımlı halka üzerine tıklayarak ray üzerine yerleşmesini sağlayınız.
2. Halkanın yarıçapı 5cm değerindedir.

- Doğru akım kaynağının ve gaussmetreyi üzerine tıklayarak açınız
- Doğru akım kaynağı üzerinden devreye 0,5 A'lık akım veriniz.
- Rayı hareket ettirerek gaussmetrenin probunu halkanın merkezine getiriniz.
- Gaussmetreden okunan değerleri veri tablosuna kaydediniz. Okunan değer gauss skalasıdır. Bunun nedeni gaussun daha hassas olmasıdır. Çünkü $10000\text{G}=1\text{T}$). Hesaplamalarda gauss-Tesla birim dönüşümlerine dikkat ediniz.

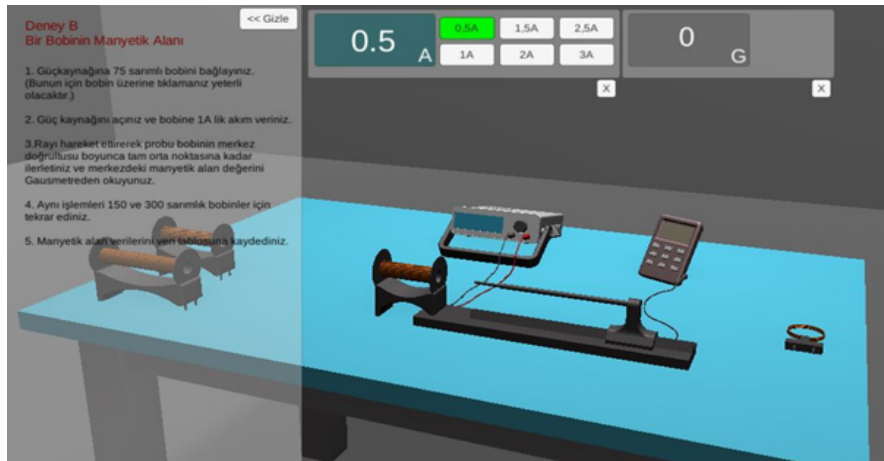
TABLO 1:

r=5cm		
Akım I (A)	Manyetik Alan B (mG)	Manyetik Alan B (T)
0,5		
1		
1,5		
2		
2,5		
3		

- Akıma karşı manyetik alan (I –B) grafiği çiziniz.
- Grafiğinin eğiminden Denklem 8'i kullanarak μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliğini hesaplayın (okuduğunuz manyetik alan değerinin SI birimi olan tesla olması gerektiğini unutmayın).

Biot Savart deneyinin ikinci kısmı için “bir bobinin manyetik alanı” başlığına tıklayınız.

B. Bir bobinin içinde oluşan manyetik alanın ölçülmesi



Şekil 5 Bir halkanın manyetik alanı deney düzeneği

1. Deneyde 75 sarımlı bobin üzerine tıklayarak ray üzerine yerleşmesini sağlayınız. Böylelikle güç kaynağı ile bobinin bağlantısı yapılarak deney düzeneği kurulmuş olacaktır.
2. Doğru akım kaynağı üzerinden akım değerini 1A olarak ayarlayın.
3. Gaussmetre'yi üzerine tıklayarak açınız.
4. Gaussmetreden okunan değerler, gaussun daha hassas olmasından kaynaklı gauss skalasında ayarlanmıştır. Hesaplamalarda gauss-Tesla birim dönüşümlerine dikkat ediniz.
5. Deney düzeneği tasarımı gaussmetrenin probunun ucu, bobinin kesit alanının tam merkezinde olacak şekilde ele alınmıştır. Ayrıca gaussmetre hassasiyeti 1/100 değerinde tasarlanmıştır.
6. Rayı hareket ettirerek probun ucunu yavaş hareketlerle bobinin içine doğru hareket ettiriniz. Bu esnada Gaussmetreden okunan manyetik alan değeri değişimlerine dikkat ediniz.
7. Bobinin tam ortasında ($x=L/2$) okunan manyetik alan değerini veri tablosuna kaydediniz.

TABLO 2:

r=2,5cm				
Sarım Sayısı (N)	Bobin Boyu L (cm)	Akım I (A)	Manyetik Alan B (G)	Manyetik Alan B (T)
75	4	1		
150	8	1		
300	16	1		

8. ($x=L/2$) iken okunan manyetik alan ile Denklem 11' i kullanarak μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliğini hesaplayın (okuduğunuz manyetik alan değerinin SI birimi olan tesla olması gerektiğini unutmayın).
9. Aynı işlemleri sarım sayısı 150 ve 300 olan bobinler için tekrar ediniz.
10. Her bir bobin için bobin uzunluğu ve yarıçap değerleri Tablo 2'de verildiği gibidir.