

5. Deney

Akım Geçen Tele Etkiyen Manyetik Kuvvetlerin Ölçülmesi

Deneyde Kullanılan Aletler

1. Dijital Terazı
2. DC Akım Kaynağı
3. Değişken Döngü Boylu Akım Devresi (Akım Kartı)
4. Döner Bobin Seti
5. Ana Ünite
6. **2 adet** Sabit Mıknatıs Takımı
- 7*. **Teslametre (Opsiyonel)**
8. Taşıyıcı Çubuk
9. Bağlantı Kabloları

İçindekiler

Bölüm	Sayfa
1. Amaç	4
2. Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet	4
3. Akım Terazisi	9
4. Deneyin Yapılışı	11
4.1. Deney-1: Elektrik Akımının Manyetik Kuvvet Üzerine Etkisi	12
4.2. Deney-2: Manyetik Kuvvetin Tel Uzunluğu ile Değişmesi	15
4.3. Deney-3: Manyetik Kuvvetin Açık ile Değişmesi	16
5. LABORATUVAR RAPORU	19
DENEY-1: Elektrik Akımının Manyetik Kuvvet Üzerine Etkisi	19
DENEY-2: Manyetik Kuvvetin Tel Uzunluğu ile Değişmesi	25
DENEY-3: Manyetik Kuvvetin Açık ile Değişmesi	26
6. Deneysel ve Beklenen Manyetik Alan Değerlerinin Karşılaştırılması	27

1. Amaç

Bu deneyin amacı, düzgün bir manyetik alan içerisinde üzerinden akım geçen bir iletkeni etki eden **manyetik kuvveti** akım terazisi ile incelemektir. Deneyde;

1. **Elektrik akımının** manyetik kuvvet üzerine etkisi,
2. **İletken tel uzunluğunun** manyetik kuvvet üzerine etkisi,
3. İletken tel ile manyetik alan arasındaki **açının** manyetik kuvvet ile bağıntısı,
4. **Bobin açısının** manyetik kuvvet üzerine etkisi,

araştırılacaktır.

2. Akım Taşıyan Tele Etkiyen Manyetik Kuvvet

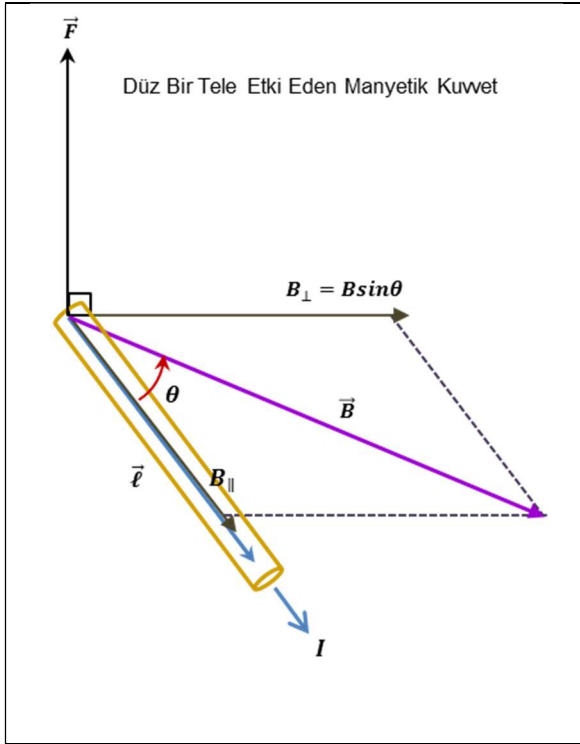
Düzgün bir manyetik alan içerisindeki akım taşıyan tel genellikle manyetik kuvvet olarak nitelendirilen bir kuvvete maruz kalır. Manyetik alan içerisindeki uzunluğu l olan düz bir tel üzerindeki manyetik kuvvetin F yönü her zaman iletken tel ve manyetik alana **B diktir**. Manyetik alan içindeki akım taşıyan iletken tele etki eden manyetik kuvvet F matematiksel olarak;

$$\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B} \quad (1)$$

vektör çarpımı ile ifade edilebilir. Burada, $\vec{\ell}$ vektörü; büyüklüğü telin ℓ uzunluğuna yani **telin manyetik alan içinde kalan boyuna** eşit, akımla aynı yönde bir vektördür.

Eşitlik-(1), manyetik alanda bulunan ve üzerinden I akımı geçen telin, ℓ uzunluğunda **doğrusal** (straight) bir tel olması ve B manyetik alanının **düzgün** (uniform) olması durumunda **geçerlidir**. Eğer manyetik alan düzgün **değil** ve iletken tel doğrusal değilse, üzerinden akım geçen tel, doğrusal kabul edilebilecek sonsuz küçük $d\vec{\ell}$ uzunluğundaki elemanlara bölünür. Bu durumda telin her bir $d\vec{\ell}$ elemanına etki eden manyetik kuvvet aşağıda verildiği şekilde olur;

$$d\vec{F} = Id\vec{\ell} \times \vec{B} \quad (2)$$



Şekil-1: Manyetik alan içerisindeki akım taşıyan düz (doğrusal) bir tel üzerindeki manyetik kuvvet (F).

Şekil-(1)'de düzgün bir manyetik alan ($\vec{B}$) içinde uzunluğu ℓ olan ve I akımı taşıyan **düz** bir tel verilmiştir. Akım taşıyan tel, $\vec{B}$ manyetik alanı ile herhangi bir θ açısı yaparsa, yani manyetik alan $\vec{B}$, tele dik değil ve tel ile arasında bir θ açısı varsa, **sadece** $\vec{B}$ manyetik alanın tele dik olan **bileşeni** manyetik bir kuvvet uygular. Manyetik alanın bu bileşeni:

$$B_{\perp} = B \sin \theta \quad (3)$$

olarak verilir. Bu nedenle, akım taşıyan telin, ℓ uzunluklu **doğrusal** bir tel olması ve B manyetik alanının düzgün olması durumunda bu telin tamamına etki eden manyetik kuvvetin **büyüklüğü**;

$$F = I\ell B_{\perp} = I\ell B \sin \theta \quad (\text{Deneyssel}) \quad (4)$$

olacaktır. Manyetik alan içinde akım taşıyan tel üzerindeki manyetik kuvvet ($\vec{F}$), $\vec{\ell}$ ve manyetik alan ($\vec{B}$) yönüne diktir.

Burada;

I : Elektrik akımı,

ℓ : Tel kesitinin (iletkenin) manyetik alan içinde kalan uzunluğu,

B : Manyetik alan,

θ : Manyetik alan B ile I elektrik akımını taşıyan **tel** arasındaki açıdır.

Eşitlik-(4)'de verilen manyetik kuvvet (F) hem akım geçen tele, hem de manyetik alana **diktir**. Manyetik kuvvetin $\vec{F}$ **büyüklüğü** ve **yönü** aşağıda verilen değişkenlere bağlıdır;

1. Teldeki **akımın** I büyüklüğü,
2. Manyetik alan içerisindeki telin **uzunluğu** ℓ ,
3. Düzgün **manyetik alan** B ve,
4. Tel (**akım yönü**) ile manyetik alan arasındaki **açı** θ .

Diğer bir ifadeyle, akım taşıyan tel üzerindeki manyetik kuvvetin büyüklüğü;

- B ve,
- $\sin\theta$

- I
- ℓ

ile doğru **orantılı** olarak değişir.

Manyetik alanın (B) akımın (I) yönüne dik olması koşulunda ($\theta = 90^\circ$), manyetik kuvvetin **büyüklüğü** aşağıdaki şekilde yazılır;

$$F = I\ell B$$

(DeneySEL) (5)

Manyetik alan içinde I akımı taşıyan iletken telin, ℓ uzunluğunda doğrusal bir tel olması durumunda bu telin tamamına etki eden manyetik kuvvet **deneySEL** olarak **Eşitlik-(5)**'de verilen bağıntıyla bulunur.

Bu nedenle, akım terazisi ile yapılacak olan bir deneyde;

- ☑ Eğer akımın (I) yönü manyetik alanın (B) yönüne **dik** ise ($\theta = 90^\circ$), tel üzerindeki manyetik kuvvet (F) **maksimum (en büyük)** olur (**Eşitlik-5**).
- ☑ Eğer akım, (yani, tel) manyetik alan çizgilerine **paralel** ($\theta = 0^\circ$) ise, telin manyetik alan içinde kalan boyu (ℓ) üzerindeki kuvvet **sıfırdır** (tel üzerine etkiyen bir kuvvet yoktur).

Bir iletken tel üzerinden geçen **akım**, hareket eden elektrik **yüklerini** içerdiği için serbest hareket eden bu yüklü parçacıkların manyetik alan B içerisinde geçerken F kuvvetinin etkisinde kalması beklenir (birim zamanda birim kesitten geçen **yük miktarı** elektrik akımını verir). Manyetik alan B , v hızı ile hareket eden bir q yükü (parçacık) üzerine:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (6)$$

olarak bir kuvvet uygular.

Akım taşıyan iletken bir tel manyetik alan içerisine yerleştirildiğinde bir kuvvete maruz kalır. Akımın çok sayıda **yüklü** parçacıktan oluşması nedeniyle tele etki eden net kuvvet, **her bir yüklü parçacığa** etkiyen kuvvetlerin toplamıdır. **Eşitlik-(6)**, n sayıda q yüklü parçacıktan *birine* etkiyen kuvveti verir. **Tek** bir yüklü parçacık, manyetik alan B içinden geçerken **Eşitlik-(6)** tarafından verilen bir kuvvet etkisinde kalıyorsa, bu **kuvvetin büyüklüğü** aşağıdaki gibi olacaktır:

$$F = qvB\sin\theta \quad (7)$$

Burada, θ ; $\vec{v}$ ve $\vec{B}$ arasındaki açıdır. Manyetik alan içerisinde hareket eden yüklü bir parçacığın $\vec{v}$ hız vektörü, $\vec{B}$ manyetik alan vektörüyle bir θ açısı yaparsa, parçacığa etkiyen manyetik kuvvetin büyüklüğü $\sin\theta$ ile orantılı olarak değişecektir.

Eşitlik-(7)'de görüldüğü gibi, yüklü parçacık manyetik alan vektörüne **dik** yönde hareket ettiği zaman, bu durumda parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü maksimum olacaktır ($\theta = 90^\circ$);

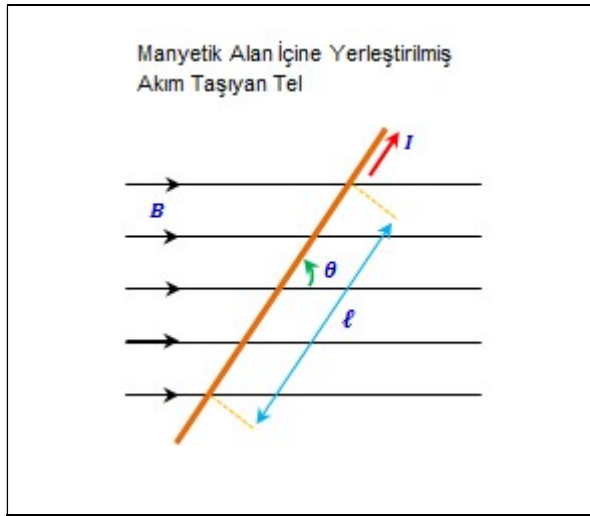
$$F_{max} = qvB \quad (8)$$

Bu kuvvetin yönü, manyetik alan B vektörü ile parçacığın v hız vektörünün oluşturduğu düzleme diktir.

Manyetik alan hareket eden yükler üzerine kuvvet uygular. Manyetik alanında hareket eden yüklü bir parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü ve yönü, parçacığın $\vec{v}$ hız vektörü ile $\vec{B}$ manyetik alan vektörünün yönüne bağlıdır;

- Eğer, yüklü bir parçacık manyetik alan vektörüne paralel yönde hareket ederse ($\theta = 0^\circ$) bu parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü **sıfır** olur.
- Buna karşılık, $\vec{v}$ vektörü $\vec{B}$ vektörüne **dik** olduğunda ($\theta = 90^\circ$), parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü **maksimum** değerini alır.
- Yüklü parçacığın $\vec{v}$ hız **vektörü** manyetik alanla ($\vec{B}$) bir θ -açısı yaparsa, $\vec{F}$ manyetik kuvvet vektörü, $\vec{v}$ ve $\vec{B}$ vektörlerinin oluşturduğu düzleme **dik yönde** etki eder.

Manyetik alanın **birimi tesla** (T) olup, $1T = \frac{1N}{mA}$ olarak ifade edilebilir. Manyetik alanı belirtmek için kullanılan diğer bir birim **gauss** (G)'dur ve $1G = 10^{-4}T$ olarak dönüştürülebilir. Bu nedenle, **gauss** olarak verilen bir manyetik alan hesaplamalarda daima **tesla** birimine çevrilmelidir.



şekil-2: Düzgün bir manyetik alan B içerisinde üzerinden elektrik akımı geçen doğrusal bir tel.

Akım	Tel Uzunluğu	Aı	Manyetik Alan
I	ℓ	θ	B
20A	12cm	60°	0.9T

Örnek olarak, bir mıknatısın iki kutbu arasında $\theta = 60^\circ$ açısıyla duran **uzunluğu $\ell = 12\text{cm}$** olan ve $I = 20\text{A}$ akım taşıyan düz bir tel düşünelim (**şekil-2**). Ortam düzgün bir manyetik alana sahiptir $B = 0.9\text{T}$. Akım tel içerisinden geçtiği zaman, tel üzerine bir kuvvet etki eder. Tel üzerindeki bu manyetik kuvvetin F **beklenen** büyüklüğünü aşağıda verilen verileri kullanarak bulabiliriz;

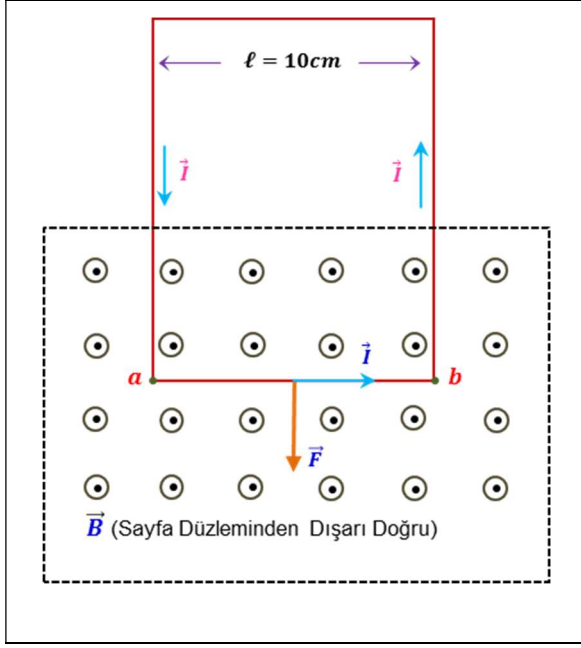
Düzgün manyetik alan (B) **içerisindeki 12cm** uzunluğundaki tel üzerindeki kuvvetin büyüklüğü F şu şekilde hesaplanır:

$$F = I\ell B \sin\theta$$

Burada, ℓ uzunluğu mıknatısın kutupları arasındaki akım geçen telin uzunluğunu göstermektedir.

$$F = (20\text{A})(0.12\text{m})(0.9\text{T})(0.866)$$

$$F = 1.87\text{N}$$



Şekil-3: Manyetik alan içerisinde akım taşıyan tel döngüsüne etkiyen manyetik kuvvet.

Akım	Tel Uzunluğu	Açı	Manyetik Kuvvet
I	ℓ	θ	F
0.4A	10cm	90°	3.0×10 ⁻² N

Şekil-(3)'te gösterildiği gibi manyetik alan içine yerleştirilen I akımı taşıyan **dikdörtgen bir tel döngüsü** düşünün. Akım döngüsü, sayfa düzleminden **dışarı doğru** yönelmiş (tele **diktir**) düzgün bir manyetik alan bölgesi içindedir.

Manyetik alan içindeki telin **yatay kısmının** uzunluğu $\ell = 10\text{ cm}$ ab boyunca düzgündür ve bu tel döngüsünün (akım döngüsü) üst kısmı manyetik alanın **dışındadır**. Tel döngüsü $I = 0.4\text{ A}$ büyüklüğünde bir akım taşıdığına, döngü aşağı yönde $F = 3.0 \times 10^{-2}\text{ N}$ 'luk bir manyetik kuvvet ile dengede (asılı) durmaktadır. Manyetik alanın büyüklüğünü B aşağıdaki verileri kullanarak bulabiliriz.

Şekil-(3)'te verilen akım döngüsünü (tel döngüsünü) incelediğimiz zaman, tel döngüsünün **üç (3) düz kısmının** manyetik alan (B) içerisinde olduğunu görürüz.

Düzgün manyetik alan içinde bulunan üzerinden akım geçen iletken **tel döngüsüne** manyetik alan tarafından bir **kuvvet** etki eder. Döngü bir **yatay** ve iki **dikey** kısımdan oluşmuştur. Üç kısma etkiyen toplam (net) manyetik kuvvet her bir kısma etkiyen kuvvetlerin **vektör toplamıdır**.

- 1) Telin sol dikey kısmına etkiyen manyetik kuvvetin F_1 yönü **sola** doğrudur.
- 2) Sağ dikey kısmına etkiyen manyetik kuvvetin yönü F_2 **sağa** doğrudur.
- 3) Bu iki kuvvet eşit ($F_1 = F_2$) ve zıt yöndedir, bu yüzden toplandığı zaman **sıfırı** verir.
- 4) Akım döngüsüne etkiyen **NET manyetik kuvvet F** sadece uzunluğu $\ell = 0.1\text{ m}$ olan telin manyetik alan içinde kalan **yatay kısmı ab** üzerindedir.
- 5) **Manyetik alan B** ve üzerinden I akımı geçen yatay iletken **tel** arasındaki açı, $\theta = 90^\circ$ olacak şekildedir, yani akım ve manyetik alan birbirine diktir. Böylece $\sin 90^\circ = 1$ bulunur.
- 6) Verilen değerler kullanarak, **manyetik alan** büyüklüğü (B) şu şekilde bulunur;

$$F = 3.0 \times 10^{-2}\text{ N}$$

$$I = 0.4\text{ A}$$

$$\ell = 0.1\text{ m}$$

$$F = I\ell B \sin\theta$$

$$F = I\ell B$$

$$B = \frac{F}{I\ell} = \frac{3.0 \times 10^{-2} N}{(0.4 A)(0.10 m)} = 0.75 T$$

3. Akım Terazisi



(a)



(b)

Şekil-4: Dijital akım terazisi (a) ve ana ünite (b).

Akım terazisi deney seti ile deneyde aşağıda verilen

üç değişkeni değiştirebilirsiniz:

- I. Devreden geçen akım I ,
- II. Düzgün bir manyetik alan içerisinde I elektrik akımı taşıyan telin uzunluğu ℓ ,
- III. Akım taşıyan tel ve manyetik alan arasındaki etkileşimi incelemek için tel ve manyetik alan arasındaki θ açısı.

Deneyin ilk iki bölümünde mıknatısın kutupları arasında farklı **yatay uzunluklarda** (test uzunluğu) akım döngüleri kullanılır. Bu nedenle, test uzunluklarının önceden bilinmesi gerekmektedir. Akım döngüleri ve ilgili test uzunlukları konusu, deneyin yapılışı bölümünde daha ayrıntılı açıklanacaktır.

Değişken döngü boylu akım devresi (akım döngüleri) düzeneğe doğru akım kaynağına bağlanır. Deneyin ilk bölümünde (**Deney-1**) manyetik alan, akımın yönüne **dik** olarak kabul edilir ve akım döngülerindeki tel uzunluğu (ℓ) **sabit** tutulur. Akım devresinin kullanıldığı bu deneyde $\vec{\ell}$ ve $\vec{B}$ vektörleri her noktada birbirine dik olduğundan $\sin\theta = 1$ 'dir. Dolayısıyla, üzerinden akım geçen iletken tele etki eden (her zaman manyetik alana ve akıma dik olan) bu manyetik kuvvetin **büyüklüğü**, $F = I\ell B$ olacaktır. Manyetik kuvvetin (F) akımın (I) fonksiyonu olarak grafiğinin çizilmesi durumunda, bu $F - I$ grafiğinin **eğimi**;

olacaktır. Burada, ℓ ; değişken döngü boylu akım devresinde akım geçen telin mıknatısın kutupları arasındaki **yatay uzunluğudur (sabit)**. Böylece, grafiğin eğimini veren bu eşitlikten yararlanarak mıknatısın yarattığı manyetik alanın büyüklüğü (B) deneysel olarak bulunabilir.

$$Eğim = \ell B$$

(Deneysel) (9)

Deneyin ikinci bölümünde (**Deney-2**), değişken döngü boylu akım devresine uygulanan akım (I) **sabit** tutulur ve farklı tel uzunlukları için manyetik kuvvetin tel uzunluğu ile değişmesi incelenir. Manyetik kuvvetin (F) tel uzunluğunun (ℓ) fonksiyonu olarak grafik çizilirse, bu $F - \ell$ grafiğinin **eğimi**;

$$Eğim = IB$$

(Deneysel) (10)

eşitliğini verecektir. Bu eşitlikten görüldüğü gibi, doğrunun eğimini kullanarak mıknatısın yarattığı manyetik alanın değerini belirleyebilir ve **Deney-1**'de bulunan sonuç ile karşılaştırabiliriz.

Deneyin üçüncü bölümünde (**Deney-3**) **dönen bobin devresi** kullanılır (akım devresi değil) ve manyetik kuvvetin, açı (θ) ile değişimi incelenir. Dönen bobin devresine uygulanan **akımın** (I) **sabit** olması koşuluyla, mıknatıs takımının kutupları arasındaki bobin devresi belirli θ açılarda döndürülür.

Eğer manyetik alan $\vec{B}$, üzerinden akım geçen iletken tele $\vec{\ell}$ **dik değilse** manyetik kuvveti bulmak için manyetik alanın ($\vec{B}$) **tele dik bileşeni alınır**. Bu durumda bobin devresinde iletken tele etki eden manyetik kuvvet, $F = I\ell B_{\perp} = I\ell B \sin\theta$ eşitliği ile bulunur. Burada, θ açısı; manyetik alanla üzerinden akım geçen telin arasındaki açıdır. Dolayısıyla, deney verileri kullanılarak $F - \sin\theta$ grafiğinin çizilmesi durumunda, bu grafiğin **eğimi**;

Olacaktır. Buradan mıknatıs takımının oluşturduğu manyetik alanın **büyüklüğü** (B) deneysel olarak bulunabilir.

$$Eğim = I\ell B$$

(Deneysel)

(11)

Sonuç olarak, akım terazisi ile yapılan deneylerde;

1. Manyetik kuvvetin **büyüklüğü**, telden geçen **akıma** bağlıdır ve doğru orantılıdır ($F \propto I$).
2. Kuvvetin **büyüklüğü**, akım taşıyan **telin boyu** ile orantılıdır ($F \propto \ell$).
3. Manyetik kuvvetin **büyüklüğü** **$\sin\theta$** ile orantılı olarak değişir.
4. Manyetik kuvvet, **manyetik alan vektörüne** ve aynı zamanda **akıma** diktir ($\vec{F} \perp \vec{B}, \vec{F} \perp \vec{\ell}$).
5. Manyetik kuvvet, manyetik alan vektörünün **dik bileşeni** ile orantılıdır ($F \propto B_{\perp}$).

4. Deneyin Yapılışı

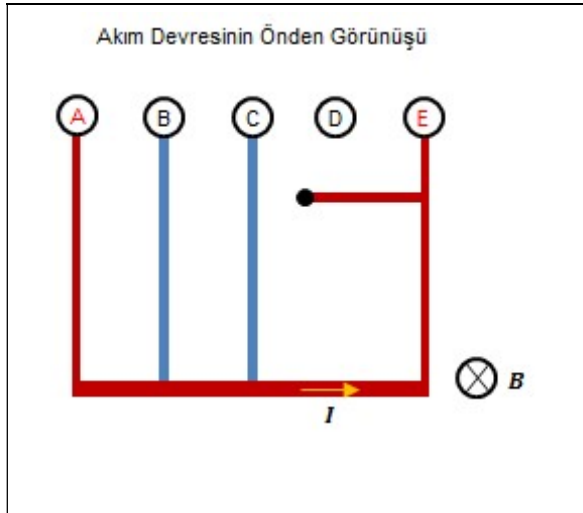
Bu deneyde, manyetik alan içinde akım taşıyan bir telin mıknatıs üzerine uyguladığı manyetik kuvvet incelenecektir. Tel **uzunluğu**, telin üzerinden geçen **akım** ve manyetik alanla üzerinden akım geçen telin arasındaki **açı** değiştirerek mıknatıs üzerine etkiyen kuvvet deneysel olarak ölçülecektir.

Not: Bu deneyde, kuvvet (F) ölçümü olarak gram (g) cinsinden **kütle okumaları** kullanılacaktır. $F = mg$ eşitliğinde verildiği gibi kütlenin (m) kuvvet ile orantılı olduğunu düşünmelisiniz. Eğer kuvvet değerini bulmak isterseniz, **newton** (N) cinsinden kuvvet elde etmek için kütle okumasını (gram) kolayca **standart kütle birimine** “ kg ” çevirip, sonrasında her kütle okumasını $g = 9.80m/s^2$ ile çarpabilirsiniz. Bu, mıknatıs içerisindeki bir telden akım geçirildiğinde oluşan **manyetik kuvvetin büyüklüğünü** verecektir.

4.1.

Deney-1

Elektrik Akımının Manyetik Kuvvet Üzerine Etkisi



Şekil-5: Değişken döngü boylu akım devresinin önden görünüşü.

Deneyin bu bölümünde, ana üniteye (iletken taşıyıcıya) bağlantısı yapılmış akım devresinde farklı **yatay uzunluklarda** (test uzunluklarında) akım döngüleri için ölçümler alınacaktır.

Şekil-(5)'te değişken yatay tel uzunlukları içeren akım devresi (döngüsü) verilmiştir. Manyetik alan (B) akımın yönüne **diktir**. Akım taşıyan telin yatay kısmı, ℓ uzunluklu **doğrusal** bir tel olması ve B manyetik alanının **düzgün** olması nedeniyle bu telin tamamına (yani ℓ test uzunluğuna) etki eden manyetik kuvvet, $F = I\ell B$ olur ($\theta = 90^\circ$).

Sabit açıda $\theta = 90^\circ$, eğer ℓ , I ve B değişkenlerinden **herhangi iki** test parametresi **sabit tutulur** ve sonrasında üçüncü parametreye karşı F grafiği

çizilirse, düz bir çizgi elde edilir. **Manyetik alan** (B) ve değişken döngülü akım devresi için **test uzunluğu** (ℓ) sabit değerler olarak alınır ve akıma I karşı manyetik kuvvet F **doğrusal grafiği** çizilirse, bu grafiğin eğimi " ℓB " çarpımını verecektir.

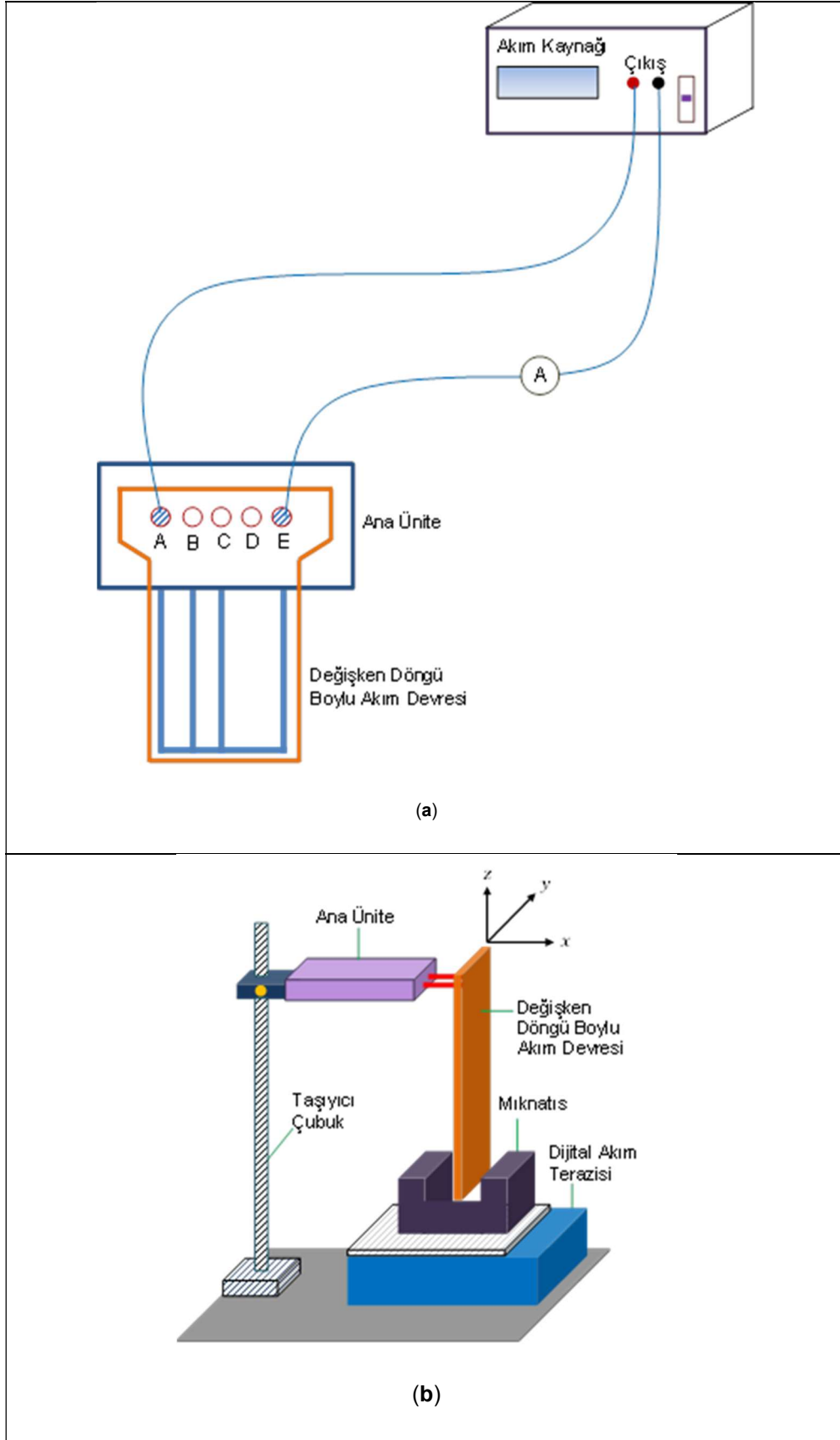
Böylece, manyetik alanın büyüklüğü ***B*** *deneyssel* olarak bulunabilir;

$$\theta = 90^0$$

Sabit		Değişken	
ℓ	B	I	F

Miknatisın kutupları arasındaki akım geçen değişken döngü boylu akım devresinin **yatay tel uzunlukları** (**test uzunlukları**) aşağıda verildiği gibidir:

Test Uzunluğu (cm)	Akım Döngüsü
1.0	AB veya BC
2.0	AC veya CE
3.0	BE veya ED
4.0	AE
5.0	CD
6.0	BD
7.0	AD



Şekil-6: Ana üniteye tutturulmuş değişken döngü boylu akım devresinin akım kaynağına bağlanması (a) ve dijital terazi üzerindeki *mıknatısın kutuplarının orta noktasına akım devresinin yerleştirilmesi* (b).

Uyarı: Düzgün bir manyetik alan içerisinde üzerinden akım geçen bir iletkene etki eden manyetik kuvveti akım terazisi ile belirlemek için farklı akım döngüleri (test uzunlukları) kullanılacaktır. Akım terazisi deney düzeneğinde bu akım döngülerine uygulanan elektrik akımı 5 amperi ($I = 5A$) geçmemelidir.

Deney işlemleri aşağıda verildiği gibidir:

1. **Şekil-(6a)**'da gösterilen deney düzeneği kurulur.
2. **5mm** aralıklı mıknatıs grubunu **dijital terazinin üzerine yerleştirilir**.
3. Değişken döngü boylu akım devresi (döngü kartını) **ana üniteye** (iletken taşıyıcıya) **takılır**.
 - 3.1. En kısa yatay tel uzunluğa sahip döngü akım taşıyan döngü kartından **seçilir**.
 - 3.2. Seçilen akım taşıyan tel uzunluğu (test uzunluğu) $\ell = \ell_1$ olarak **not edilir**.
4. Akım taşıyan döngü kartının (akım devresi) alt kısmını, mıknatıslara **değmeyecek şekilde** mıknatıs kutuplarının (manyetik yuvanın) arasına yerleştirilir (**Şekil-6b**);
 - 4.1. Düzenekte, döngü kartı düzleminin mıknatıs grubuna **paralel olmasına** ve mıknatıs kutuplarına **değmemesine** önemle dikkat edilmelidir. Eğer gerekiyorsa **ana ünitenin** yüksekliği tutucusu tarafından ayarlanır.
 - 4.2. Akım döngüsü düzleminin mıknatıs grubunun yuvasına paralel olması durumunda, akım I yönü (yani iletken tel) ile manyetik alan B arasındaki açı $\theta = 90^\circ$ olacaktır.
5. Döngüden **akım geçmezken** (devrede akım yokken), dijital terazinin "Tare" butonuna **basılır** ve dijital ekranda $m = 0.00g$ değeri görülür.
6. Şimdi, ana üniteye bağlı **DC** akım kaynağı açılır.
7. Akım (I) ve kuvvet (F) arasındaki ilişkiyi incelemek için devreye uygulanan akım $I = 0.0A$ değerinden başlayarak maksimum **4.5 ampere** çıkana kadar **0.5** amperlik aralıklarla artırılır.
 - 7.1. Akım devresine uygulanan her akım değeri için **mıknatıs takımının yeni kütlesi (m)** dijital teraziden okunur.
 - 7.2. Eğer artan akım değerine karşılık **dijital terazi okuması** (mıknatıs takımının kütlesi) **azalıyorsa** manyetik alan içerisindeki akımın yönü **Şekil-(6a)**'da gösterildiği gibi değildir. Bu durumda akım devresinin bağlı olduğu ana üniteye bağlantılar ters çevrilir.
8. Tel uzunluğu (ℓ), uygulanan akım değerleri (I) ve buna karşılık gelen dijital terazi okumaları (m) verileri **Tablo-(1)**'e not edilir.

9. Yukarıdaki işlemler farklı akım taşıyan tel uzunlukları (ℓ) için **tekrar edilir** ve akım değerleri ile bunlara karşılık gelen dijital teraziden okunan kütle değerleri (m) not edilir.
10. Manyetik kuvveti (F) bulmak için dijital terazi okuması (m), $g = 9.80\text{m/s}^2$ ile **çarpılır**.

Her akım değeri için dijital teraziden okunan mıknatıs takımının **kütle değeri** (m), $g = 9.80\text{m/s}^2$ ile çarpılır. Bu manyetik kuvvet (F) büyüklüğünü verecektir.

11. Uygulanan akıma (I) karşı manyetik kuvvet (F) grafiği çizilir.

11.1. Bu grafikte, veri noktalarına en uygun doğru çizilir ve bu **doğrunun eğimi** bulunur.

11.2. En uygun doğrunun eğiminden yararlanarak, mıknatısın oluşturduğu manyetik alan şiddeti (B) deneysel olarak bulunur (en uygun doğrunun **eğimi**, " ℓB " değerine karşılık gelir).

11.3. **DENEYSEL** bulunan bu manyetik alan şiddeti (B), birimi ile birlikte not edilir.

4.2. Deney-2

Manyetik Kuvvetin Tel Uzunluğu ile Değişmesi

1. Deney-1'de hazırlanan düzenek bozulmadan değişken döngü boylu akım devresine uygulanan akım sıfırlanır.

2. Akım devresinde tel uzunluğu (ℓ) en kısa olacak şekilde ayarlanır.
3. Dijital terazideki "Tare" butonuna basarak, $m = 0.00\text{g}$ değeri (dijital terazi okuması) **ayarlanır**.
4. Şimdi, akım $I = 3.0\text{A}$ değerine ayarlanarak bu tel uzunluğu (test uzunluğu) için terazinin gösterdiği değer (m) okunur ve not edilir.
5. Uygulanan akım sıfırlanır ve akım kaynağı bağlantıları ana üniteden çıkarılır.
- 5.1. Deney işlemleri, tel uzunlukları **arttırarak** farklı tel uzunlukları (ℓ) için **tekrarlanır**.
- 5.2. Farklı tel uzunlukları (ℓ) ve bu uzunluklara karşılık ölçülen kütle değerleri (m) **Tablo-(6)**'ya not edilir.
6. Manyetik kuvveti (F) bulmak için her tel uzunluğuna karşılık dijital teraziden okunan kütle değeri (m), $g = 9.80\text{m/s}^2$ ile çarpılır.
7. Manyetik kuvvet (F) tel uzunluğunun (ℓ) bir fonksiyonu olarak çizilir.
- 7.1. Veri noktalarından geçen en uygun **doğrunun eğimi** bulunur.
- 7.2. Eğimin birimi belirlenir.

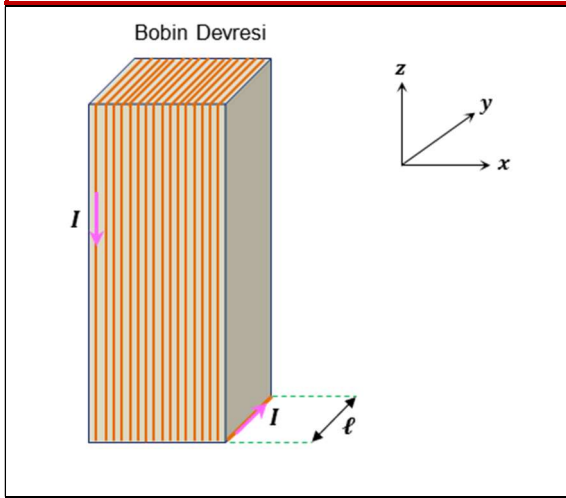
7.3. Bu doğrunun eğimi, “ IB ” çarpımına (akım değeri ile manyetik alan büyüklüğünün çarpımına) eğit olacaktır.

8. Doğrunun eğimi kullanılarak mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü hesaplanır. Hesaplanan bu değer Deney-1’de bulunan değer ile karşılaştırılır.

4.3. Deney-3

Manyetik Kuvvetin Aç ı ile Değişmesi

Uyarı: Deneyin bu bölümünde **döner bobin devresi** kullanılacaktır. Döner bobin, mıknatıs kutupları arasından geçecek şekilde mıknatıslara **değmeden** manyetik yuvaya yerleştirmelidir.



şekil-7: Akım taşıyan bobinin yatay uzunluğu.

$$l' = 1.45cm$$

1. Dijital terazi üzerine 22 milimetrelilik yuva genişliği olan mıknatıs takımı yerleştirilir.

2. Döner bobin devresindeki **yatay** tel uzunluğu ölçölerek not edilir.

2.1. Bu deneyde, 22mm mıknatıs takımı arasına yerleştirilen döner bobinin yatay alt kısmında bulunan **bir telin** uzunluğu $l' = 1.45cm$ olarak verilir;

2.2. **Toplam iletken** (tel) uzunluğunu elde etmek için bobinin **yatay alt kısım uzunluğunu** (l) **sarım sayısı** ($N = 10$) ile çarpılır.

2.3. Mıknatıs takımı içine yerleştirilen bu **toplam** tel uzunluğu $l = 14.5cm$ (veya $l = 0.145m$) olarak **not edilir** (şekil-7);

$$l = 0.145m$$

3. Döner bobin devresi ana üniteye takılır.

3.1. Döner bobin devresi üzerindeki tel kısmı mıknatıs takımının kutupları arasından geçecek ve mıknatıslara kesinlikle değmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

- 3.2. Bu işlem için eğer gerekiyorsa ana ünitenin yüksekliği ayarlanır.
4. Dönen bobin devresi mıknatıs takımının kutupları arasından geçecek şekilde yerleştirilir. Bobin devresinin tel kısımları mıknatıslara kesinlikle değmemelidir.
5. Bobinden akım geçmezken dijital terazinin “tare” butonuna basarak göstergede $m = 0.00$ gram değeri görüntülenir.
6. Başlangıç olarak açı (θ), bobinin yatay alt düzlemindeki telleri manyetik alana paralel olacak şekilde “0” dereceye ayarlanır;
- 6.1. Bobinin **yatay** alt düzlemindeki tellerin (akımın) **başlangıç yönü**, **Şekil-(8a)**'da verilen **koordinat sisteminde** gösterildiği gibi $y - \text{ekseni}$ boyunca manyetik alana (B) **paralel** olmalıdır ($I \parallel B$).

- 6.2. Şimdi, bobin devresinin açısı;

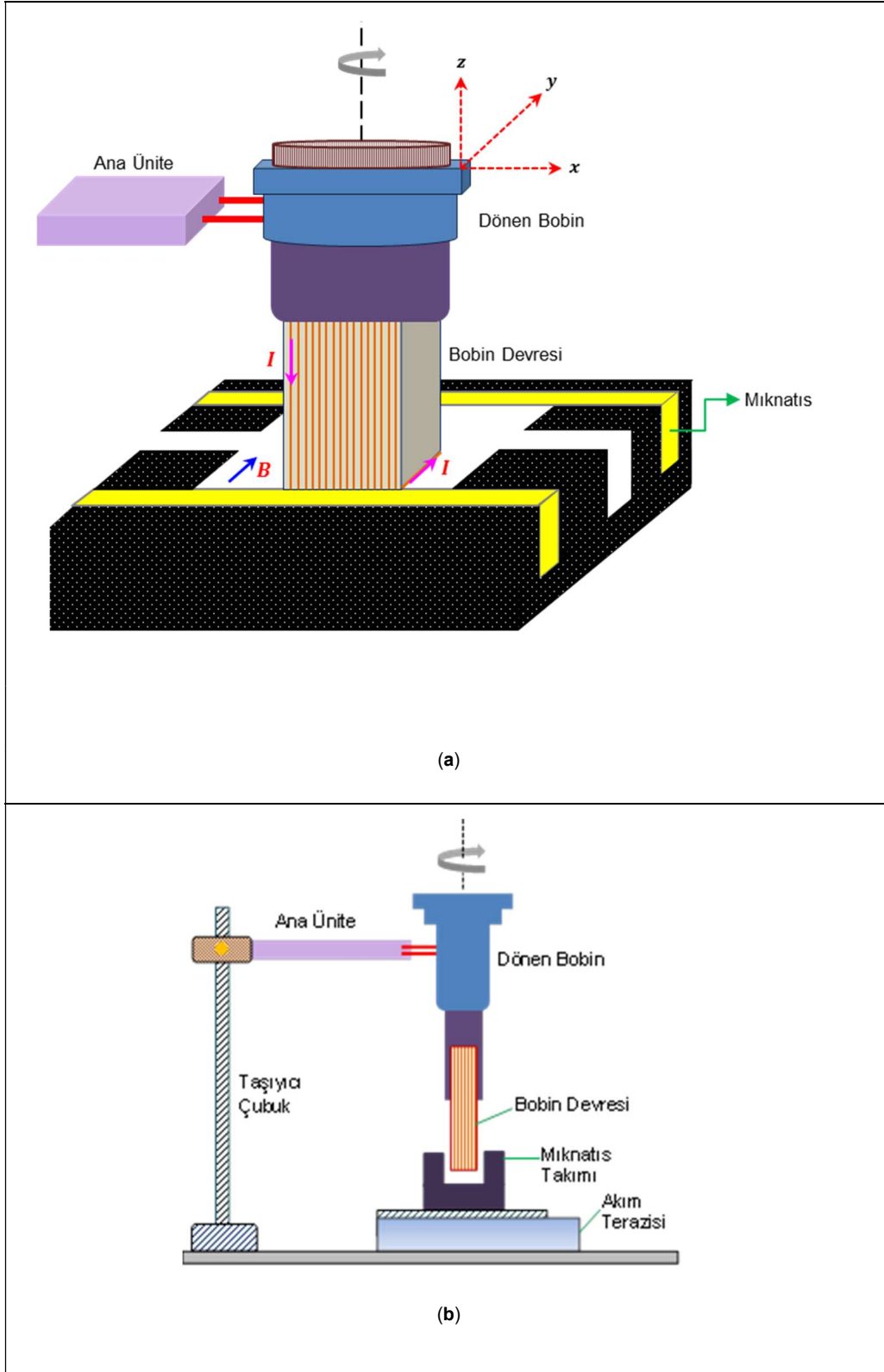

$$\theta = 0^0$$

olarak **ayarlanır** ($I \parallel B, \theta = 0^0$).

7. Akım kaynağı ana üniteye **bağlanır** ve akım;


$$I = 3.0A$$

sabit değerine **ayarlanır**.



Şekil-8: Dönen bobinin $I \parallel B$ ($\theta = 0^\circ$) olacak şekilde $22mm$ 'lik mıknatıs seti içindeki **başlangıç konumu** (a) ve bobinin **son konumu** ($I \perp B$, $\theta = 90^\circ$) (b).

Ölçümler öncesi akım $I = 3.0A$ değerinden başlayarak artırılır ve bu artışlara karşılık gelen dijital terazideki kütle değerleri gözlemlenir. Eğer terazide okunan kütle değerleri (m), akım arttıkça azalıyorsa manyetik alan içerisindeki **akım yönü** ana üniteye bağlantılar ters çevrilerek **değiştirilmelidir**.

8. Akım tekrar $I = 3.0A$ değerine ayarlanır.

8.1. Uygulanan sabit akım değerinde ($I = 3.0A$) bobin devresi; $\theta = 0^\circ$ açısından $\theta = 90^\circ$ açısına kadar saat yönünde $\theta = 10^\circ$ aralıklarla **döndürülür**.

8.2. Her bir açı değerlerine karşılık gelen dijital terazi okumaları (m) **not edilir**.

9. $\theta = 90^\circ$ açısındaki son veriyi aldıktan sonra akım kaynağını **kapatılır** (**Şekil-8b**).

Tel üzerine etki eden manyetik kuvvet (F), $\theta = 90^\circ$ açısında **maksimum** değerini almalıdır. Bir diğer ifadeyle, bu açı değeri için en büyük dijital terazi okuması (m) bulunmalıdır.

10. Manyetik kuvveti (F) bulmak için her dijital terazi okuması (m), $g = 9.80m/s^2$ ile **çarpılır**.

11. **Tablo-7'**deki manyetik kuvvet (F) değerlerini dönen bobinin farklı açıları için **doldurulur**.

12. Şimdi, her bir açı θ değeri için (akım yönü ve manyetik alan arasındaki açı), $\sin\theta$ değerleri **hesaplanır** ve not edilir.

13. $F - \sin\theta$ grafiği **çizilir**.

13.1. Grafiğe en uygun olan doğru belirlenir ve bu doğrunun **eğimi** bulunur.

13.2. Eğimin birimi **belirlenir**.

14. Eğim kullanarak, mıknatısın oluşturduğu manyetik alan şiddeti (B) deneysel olarak hesaplanır.

15. Bu mıknatıs takımı için bulunan B değeri, **Deney-1** ve **Deney-2**'de bulunan değerlerle karşılaştırılır.



Deney-1

Elektrik Akımının Manyetik Kuvvet Üzerine Etkisi

5. LABORATUVAR RAPORU İÇİN VERİ KAĞIDI

Adı ve Soyadı: _____

Bölüm: _____

Öğrenci No: _____

Tarih: _____



Manyetik alan içine yerleştirilmiş akım taşıyan telin uzunluğu, $\ell_1(m)$: 0.01 (1.0cm)

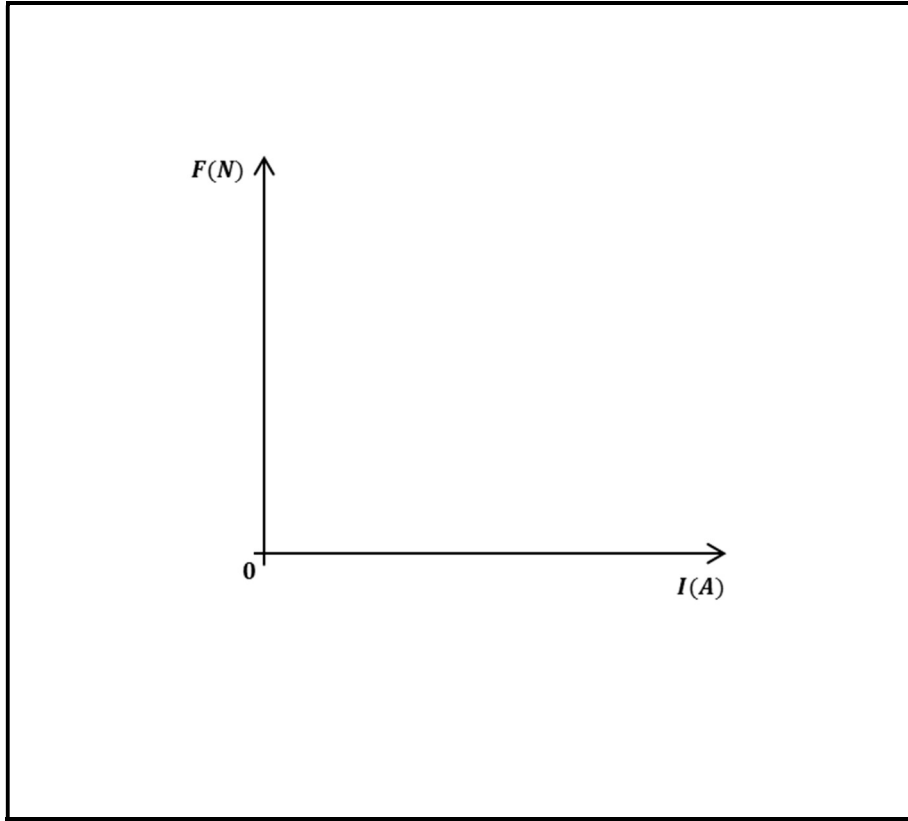
Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, θ (der): 90° (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

Tablo-1: Manyetik alan içinde akım taşıyan ℓ_1 uzunluğundaki telin üstüne etkiyen manyetik kuvvet.

Tel Uzunluğu	Akım	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$\ell_1(m)$	$I(A)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
0.01	0.0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
	2.0				
	2.5				
	3.0				
	3.5				
	4.0				
	4.5				



Grafik-1: Akımın bir fonksiyonu olarak telin üzerine etkiyen **manyetik kuvvet**.



Manyetik alan içine yerleştirilmiş akım taşıyan telin uzunluğu, $\ell_2(m)$: 0.04 (4.0cm)

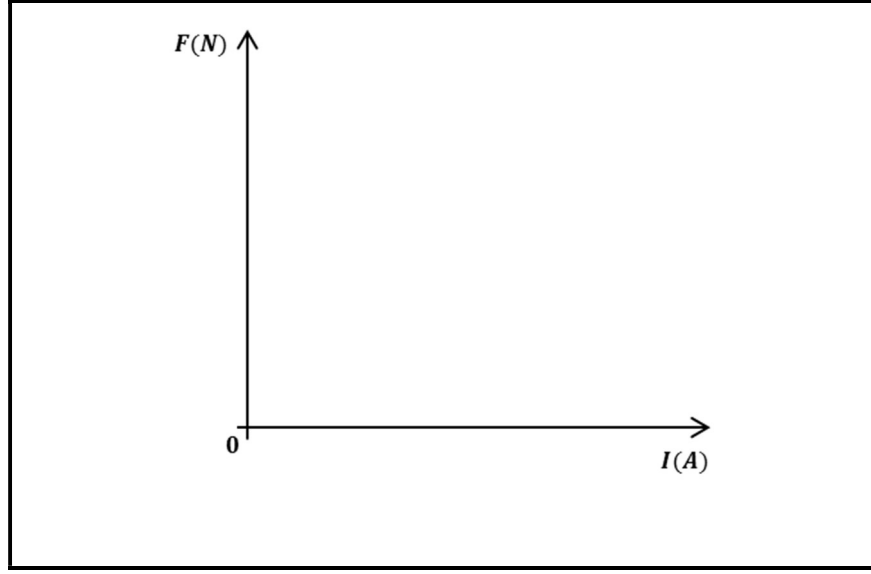
Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, θ (der): 90° (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

Tablo-2: Manyetik alan içinde akım taşıyan ℓ_2 uzunluğundaki telin üstüne etkiyen manyetik kuvvet.

Tel Uzunluğu	Akım	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$\ell_2(m)$	$I(A)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
0.04	0.0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
	2.0				
	2.5				
	3.0				
	3.5				
	4.0				
	4.5				



Grafik-2: Akımın bir fonksiyonu olarak telin üzerine etkiyen manyetik kuvvet.



Manyetik alan içine yerleştirilmiş akım taşıyan telin uzunluğu, $\ell_3(m)$: 0.05 (5.0cm)

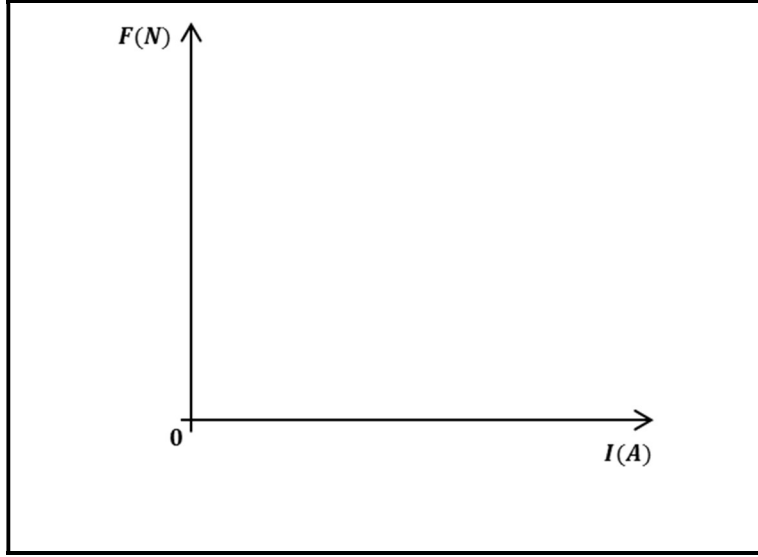
Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, θ (der): 90° (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

Tablo-3: Manyetik alan içinde akım taşıyan ℓ_3 uzunluğundaki telin üstüne etkiyen manyetik kuvvet.

Tel Uzunluğu	Akım	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$\ell_3(m)$	$I(A)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
0.05	0.0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
	2.0				
	2.5				
	3.0				
	3.5				
	4.0				
	4.5				



Grafik-3: Akımın bir fonksiyonu olarak telin üzerine etkiyen manyetik kuvvet.



Manyetik alan içine yerleştirilmiş akım taşıyan telin uzunluğu, $\ell_4(m)$: 0.06 (6.0cm)

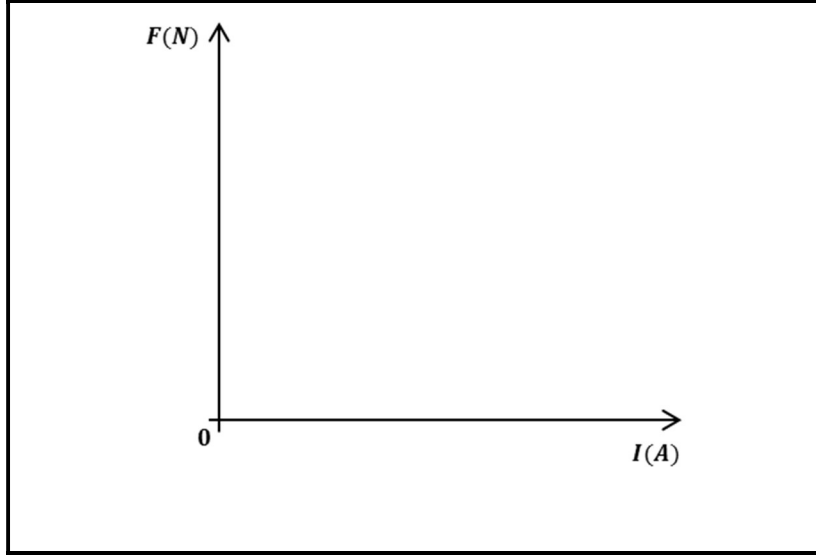
Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, θ (der): 90° (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

Tablo-4: Manyetik alan içinde akım taşıyan ℓ_4 uzunluğundaki telin üstüne etkiyen manyetik kuvvet.

Tel Uzunluğu	Akım	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$\ell_4(m)$	$I(A)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
0.06	0.0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
	2.0				
	2.5				
	3.0				
	3.5				
	4.0				
	4.5				



Grafik-4: Akımın bir fonksiyonu olarak telin üzerine etkiyen manyetik kuvvet.



Manyetik alan içine yerleştirilmiş akım taşıyan telin uzunluğu, $\ell_5(m)$: 0.07 (7.0cm)

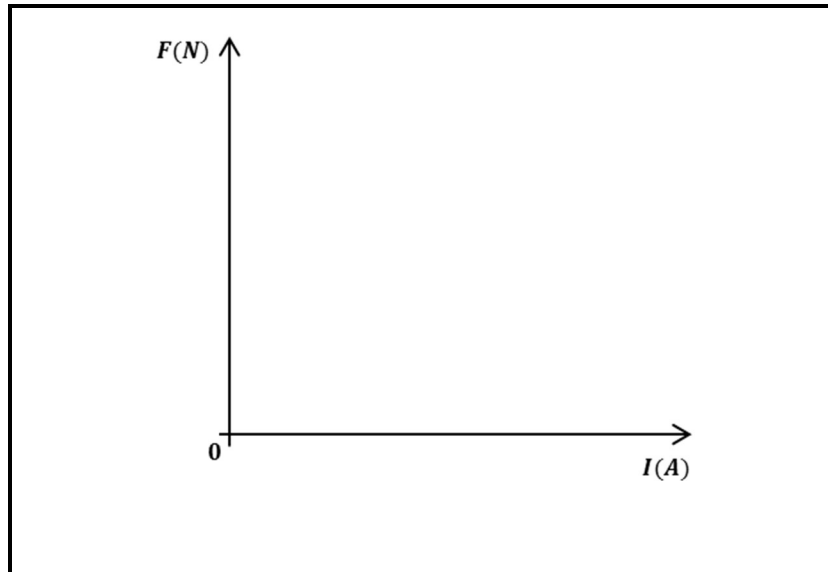
Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, $\theta (der)$: 90^0 (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

Tablo-5: Manyetik alan içinde akım taşıyan ℓ_5 uzunluğundaki telin üstüne etkiyen manyetik kuvvet.

Tel Uzunluğu	Akım	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$\ell_5(m)$	$I(A)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
0.07	0.0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
	2.0				
	2.5				
	3.0				
	3.5				
	4.0				
	4.5				



Grafik-5: Akımın bir fonksiyonu olarak telin üzerine etkiyen manyetik kuvvet.

Deney-2

Manyetik Kuvvetin Tel Uzunluğu ile Değişmesi

Uygulanan Akım, $I(A)$:

3.0 (Sabit)

Tel (akım) ve manyetik alan arasındaki açı, θ (der):

90° (sabit)

Eğim ($\frac{N}{A}$):

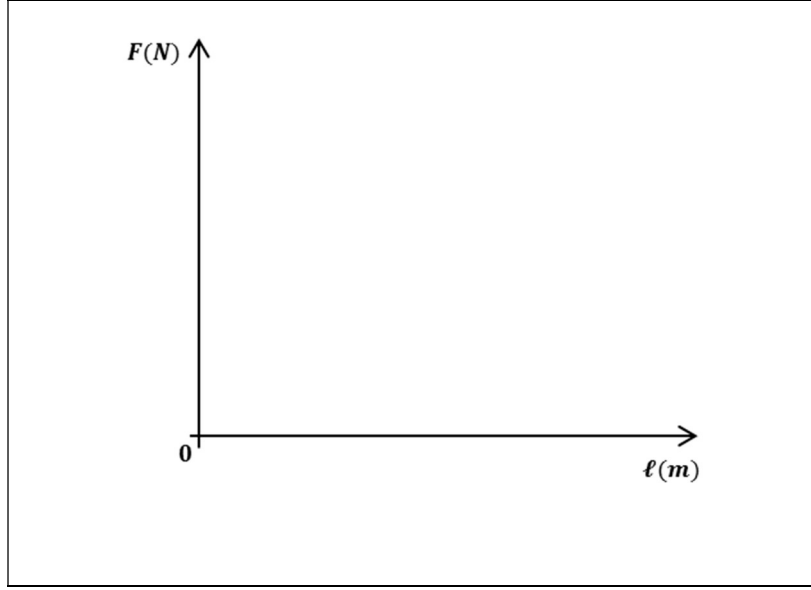
.....

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:

.....

Tablo-6: Faklı uzunluklarda akım taşıyan teller için manyetik kuvvet değerleri.

Uygulanan Akım	Tel Uzunluğu	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$I(A)$	$\ell(m)$	$m(kg)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
3	0.01				
	0.02				
	0.03				
	0.04				
	0.05				
	0.06				
	0.07				



Grafik-6: Tel uzunluğuna karşı akım taşıyan tel üzerindeki manyetik kuvvet.

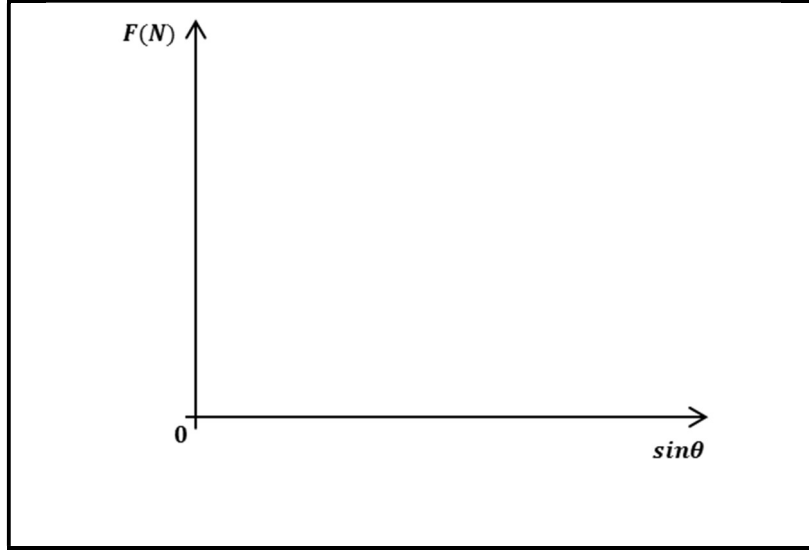
Deney-3

Manyetik Kuvvetin Açı ile Değişmesi

Dönen bobinin yatay alt kısmındaki bir telin uzunluğu, $\ell'(m)$:	0.0145m (1.45cm)
Bobin sarım sayısı, N	10
Akım taşıyan telin toplam yatay alt uzunluğu, $\ell(m)$:	0.145m (14.5cm)
Uygulanan Akım, $I(A)$:	3.0 (Sabit)
Eğim $(\frac{N}{A})$:	
Mıknatıs setinin oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, $B(T)$:	

Tablo-7: Farklı açılar için akım taşıyan tel üstündeki manyetik kuvvet değerleri.

Akım	Açı	Değer	Dijital Terazi Okuması	Manyetik Kuvvet	GRAFİK	Manyetik Alan
$I(A)$	$\theta(der)$	$Sin\theta$	$m(g)$	$F(N)$	Eğim	$B(T)$
3	0					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					



Grafik-7: Akım yönü ile manyetik alan arasındaki açının bir fonksiyonu olarak telin üzerindeki manyetik kuvvet.

6. Deneysel ve Beklenen Manyetik Alan Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo-8: Deneyin bu bölümünde kullanılan mıknatıs için bulunan manyetik alanların karşılaştırılması.

Deney-1	Elektrik Akımının Manyetik Kuvvet Üzerine Etkisi					
	Değişken Döngü Boylu Akım Devresi İçindeki Her Bir Telin Sabit Uzunluk Değerleri					Sabit Açı
	$\ell_1(m)$	$\ell_2(m)$	$\ell_3(m)$	$\ell_4(m)$	$\ell_5(m)$	$\theta(der)$
	0.01	0.04	0.05	0.06	0.07	90
Eğim $\left(\frac{N}{A}\right)$						
Manyetik Alan, $B(T)$						

Tablo-9: Deneyin bu bölümünde kullanılan mıknatısın manyetik alanı.

Deney-2	Manyetik Kuvvetin Tel Uzunluğu ile Değişmesi
Sabit Akım, $I(A)$	3.0
Eğim $\left(\frac{N}{A}\right)$	
Manyetik Alan, $B(T)$	

Tablo-10: Deneyin bu bölümünde kullanılan mıknatısın manyetik alanı.

Deney-3	Manyetik Kuvvetin Açı ile Değişmesi
Sabit Akım, $I(A)$	3.0
Dönen bobinin yatay alt kısmındaki bir telin uzunluğu, $\ell'(m)$	
Bobinin Sarım Sayısı, N	
Akım Taşıyan Telin <u>Toplam</u> Yatay Alt Uzunluğu, $\ell(m)$	
Eğim $\left(\frac{N}{A}\right)$	

Manyetik Alan, $B(T)$	
-----------------------	-------