

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**SEDE MANIZALES**

**LABORATORIO DE FÍSICA III**

**HÉCTOR BARCO RÍOS**

**PEDRO JOSÉ ARANGO**

**ALFONSO DEVIA CUBILLOS**

---

---

# CONTENIDO

## INTRODUCCION

Introducción .....	II
Presentación del informe de la práctica .....	III

## PRACTICAS

Campo magnético terrestre .....	1
Fuerza magnética .....	5
Balanza de corriente .....	9
Permeabilidad magnética .....	13
Masa del electrón .....	17
Relación carga -masa del electrón .....	23
Campo magnético cercano a un conductor .....	28
Circulación magnética .....	34
Ciclo de Histéresis .....	40
Inducción electromagnética .....	48
El motor eléctrico .....	56
Galvanómetro .....	63
Transformador .....	67
Circuito RL .....	72
Circuito RLC serie .....	78
Circuito RLC paralelo .....	85
Onda electromagnética .....	91
El método de los mínimos cuadrados .....	97

---

# INTRODUCCION

Los avances tecnológicos en el mundo requieren de todo futuro ingeniero desarrolle su iniciativa individual para observar, preguntar y en lo posible encontrar el porqué de las cosas. Para esto es necesario hacer una introducción gradual hacia los métodos de análisis.

El laboratorio de Física III es el complemento del curso teórico en el cual el estudiante entra en contacto con las leyes y principios básicos que estudia en las clases teóricas. Los objetivos del laboratorio de Física son enseñarle al estudiante la importancia del experimento, sentir que lo que aprende en la clase teórica es la explicación de lo que ocurre en el mundo real, conocer y aplicar los métodos de análisis de datos que se usan en ingeniería, familiarizar al estudiante con los diferentes instrumentos de medición, mejorar la expresión a través de la presentación de informes. Una parte importante de los objetivos del laboratorio es entender que al hacer una medición, siempre se comete error así que el futuro ingeniero sea consciente del valor relativo de sus mediciones.

En este manual se combinan diferentes formas de realizar las experiencias. En algunos experimentos se dan instrucciones más detalladas mientras que en otros son más generales.

Aunque en ningún experimento se hace mención específica del uso del computador, es obvio que esto no debe pasarse por alto. La utilización de un computador en el análisis de datos y gráficas depende de la facilidad y experiencia que tengan los estudiantes, lo cual hace parte de los objetivos del laboratorio.

Al final del texto se encuentra un apéndice el cual contiene la base teórica y un ejemplo de como utilizar el método de los mínimos cuadrados para que el estudiante realice el ajuste de curvas de los datos obtenidos en cada una de las diferentes prácticas.

---

---

## PRESENTACION DEL INFORME DE LA PRACTICA

El informe de laboratorio es el testimonio de lo que se ha hecho durante el tiempo de la práctica. Por tanto, tal informe debe incluir todas las inquietudes y observaciones que aparecen en el experimento.

En el informe se califica la actitud científica, los métodos, el desarrollo, el análisis, etc. En el informe debe mantenerse cierto orden. Recuerde que el informe debe ser leído por otros y debe entenderse. En la práctica y en el informe es necesario alcanzar los objetivos del experimento.

El informe debe contener:

- a) Objetivos
- b) Fundamento teórico
- c) Equipo utilizado
- d) Procedimiento
- e) Tablas de datos
- f) Cálculos y resultados
- g) Gráficas por computador o en su defecto en papel milimetrado
- h) Cálculos de error
- i) Comentarios y conclusiones generales
- j) Bibliografía

Los informes deben ser hechos por computador o máquina de escribir, así como los cálculos.

Un modelo de informe que se debe presentar es el que se muestra a continuación:

**TITULO:** Escribir el nombre de la experiencia realizada.

---

---

**OBJETIVOS:** Especificar los objetivos de la práctica.

**FUNDAMENTO TEORICO:** En forma resumida explique el modelo teórico y matemático que va a emplear en la práctica y el cual va a corroborar. Si utiliza expresiones obtenidas de textos, artículos o guías de laboratorios, recuerde hacer la correspondiente referencia en la bibliografía.

**EQUIPO UTILIZADO:** Colocar en el informe una lista de los aparatos, equipos e instrumentos que utilizó en la práctica.

**PROCEDIMIENTO:** Sintetice el procedimiento de como se hizo la práctica

**TABLAS DE DATOS:** Registre los datos tomados en la práctica mediante tablas bien ordenadas y referenciadas.

**CALCULOS Y RESULTADOS:** Especifique aquí los cálculos que tuvo que realizar, las gráficas con sus correspondientes interpretaciones, y los resultados obtenidos. Comparación de los resultados teóricos con los resultados experimentales, los errores calculados y la justificación de las discrepancias que se presenten.

**CONCLUSIONES:** Debe anotar aquí las conclusiones más importantes sobre lo realizado y los resultados obtenidos en la práctica, explicando científicamente los fenómenos observados así como también las posibles discrepancias presentadas entre los resultados teóricos y los experimentales.

**BIBLIOGRAFIA:** Se anota una lista del material bibliográfico que se utilizó para el desarrollo del informe, escribiendo el nombre del autor, título del texto y la editorial.

---

# CAMPO MAGNETICO TERRESTRE.

## OBJETIVOS

Determinar el campo magnético terrestre (del lugar donde se haga la práctica) utilizando la ley de Biot-Savart aplicada a una bobina circular.

## FUNDAMENTO TEORICO

Cuando se hace circular una corriente  $I$  a través de una bobina, se genera un campo magnético  $B$  que en el punto P de la Fig. 1 está dado por:

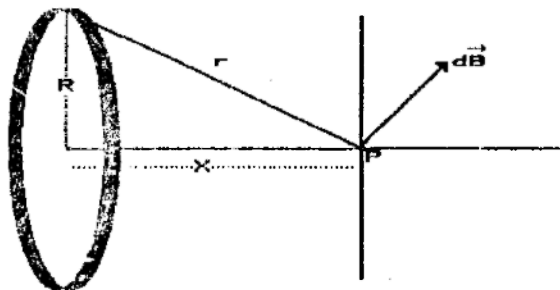


Fig 1. Campo magnético generado por una bobina circular.

$$\vec{B} = \left( \frac{\mu_o N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \hat{i} \quad (1)$$

donde,

$\mu_o$  : Permeabilidad magnética en el vacío.

$N$  : Número de espiras en la bobina.

$I$  : Corriente que circula por la bobina.

$R$  : Radio de la bobina.

Al colocar una brújula en el punto P, de tal manera que se oriente perpendicularmente a la dirección del eje de la bobina, la acción de los dos campos (el de la bobina  $B$  y el terrestre  $B_t$ ) puede representarse por la Fig. 2.

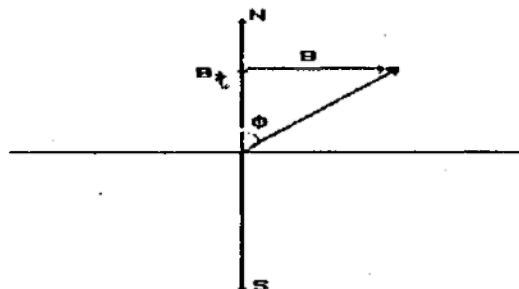


Fig 2. Diagrama de los campos magnéticos.

Donde se observa que el campo magnético producido por la corriente en la bobina, ha defleto a la brújula en un ángulo  $\phi$ .

como,

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{B}{B_t}$$

siendo,

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

entonces, el campo magnético terrestre se puede calcular de la siguiente manera:

$$B_t = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}} \operatorname{tg}\phi} \quad (2)$$

### EQUIPO UTILIZADO

Fuente de voltaje DC  
 Bobina circular  
 Brújula  
 Voltímetro  
 Amperímetro  
 Regla





Los datos de la bobina son las siguientes:

$N = 10000$  espiras

Resistencia =  $4070 \Omega$

Radio de la bobina =  $6.25 \text{ cm}$

### **CALCULOS Y RESULTADOS**

1. Haga una gráfica de  $\text{tg}\phi$  contra  $I$ , analícela y por medio de esta obtenga el valor del campo magnético terrestre.
2. Compare el valor anterior con el que resulta al promediarse los valores de  $B$ , mediante el uso directo de la ecuación (2), usando los datos de la tabla # 1.

### **BIBLIOGRAFIA**

Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.

Cetto A. M, Domínguez H, Lozano J, Tambutti R, Valladares A, El mundo de la Física, Tomo 3, Ed. Trillas, México, 1993.\*

Alonso M, Acosta V, Introducción a la Física, Tomo 2, Ed. Publicaciones Cultural Colombiana, Bogotá, 1966.

---

# FUERZA MAGNETICA

## OBJETIVOS

Observar el comportamiento de un conductor con corriente colocado dentro de un campo magnético externo.

Analizar la dependencia de la fuerza magnética en un conductor con algunas cantidades tales como el campo magnético y la corriente que circula por dicho conductor.

## FUNDAMENTO TEORICO

Puesto que existe una fuerza sobre una carga eléctrica que se mueve en un campo magnético, también debe existir una fuerza sobre un alambre que porta una corriente si éste se encuentra en un campo magnético. La razón de esto es que un alambre porta corriente en virtud de que contiene un gran número de cargas en movimiento y sobre cada una de ellas el campo ejerce una fuerza.

Consideremos un conductor recto de longitud  $L$  por el cual se le hace circular una corriente  $I$  en dirección perpendicular a un campo magnético externo  $B$ ; como se muestra en la Fig. 1.

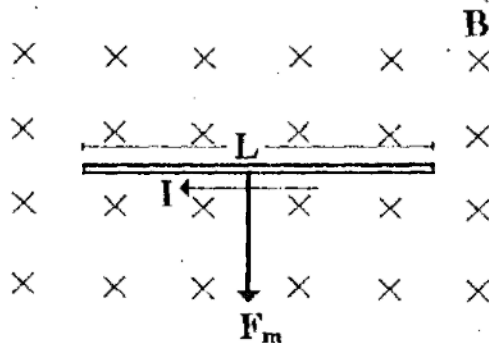


Fig. 1 Fuerza magnética sobre un conductor por el cual circula una corriente.

La fuerza magnética sobre el conductor se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$F_m = IBL \quad (1)$$

Para la práctica, hay que tener en cuenta el peso del conductor; de manera que la fuerza total que se ejerce en el conductor es:

$$F_t = W_c + F_m$$

donde,

$W_c$  : Peso de la espira.

$F_t$ : Fuerza leída en el dinamómetro.

Por lo tanto, la fuerza magnética se puede calcular así:

$$F_m = F_t - W_c$$

## EQUIPO UTILIZADO

Fuente DC  
Dos amperímetros DC  
Dos reóstatos  
Carrete CENCO  
Espira rectangular  
Dinamómetro  
Soporte

## PROCEDIMIENTO

1. Haga el montaje que se muestra en la Fig.2 con sus conexiones eléctricas indicadas en la Fig. 3.
2. Mida la longitud del lado de la espira que se encuentra dentro del campo magnético. Registre este dato.
3. Registre el peso de la espira dada por el dinamómetro cuando ella está conectada al circuito pero con la fuente DC apagada.

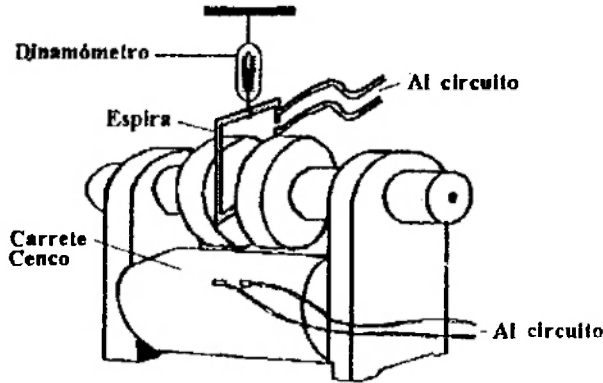


Fig. 2 Montaje de la espira colocada dentro de las caras polares del carrete CENCO.

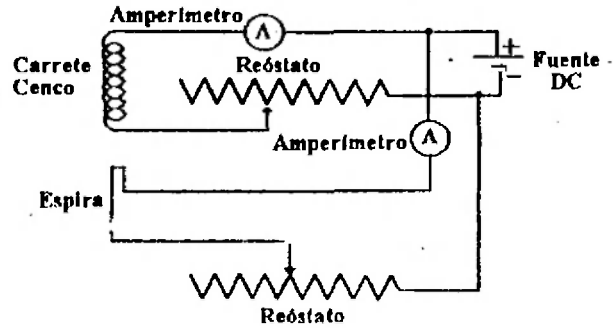


Fig. 3 Esquema de las conexiones eléctricas para el montaje mostrado en la Fig. 2.

4. Moviendo el reóstato que se encuentra en serie con el carrete establezca una corriente que se mantendrá constante para crear un campo magnético entre las caras polares del carrete. Registre el valor de dicha corriente.
5. Haga circular diferentes corrientes por la espira colocada en el carrete variando la posición del reostato. Mida para cada corriente la fuerza total sobre la espira con el dinamómetro. Registre estos datos en la tabla # 1.

Corriente que circula por el carrete:  $I$  (Amp) =

TABLA # 1

$I$ (Amp)								
$F_t$ (Dinas)								

6. Moviendo el reóstato que se encuentra en serie con la espira establezca una corriente que se mantendrá constante circulando por la espira. Registre el valor de ésta corriente.
7. Moviendo el reóstato que se encuentra en serie con el carrete, obtenga diferentes valores de la corriente que han de circular por éste; para cada corriente registre la fuerza total que se ejerce sobre la espira a través del dinamómetro. Consigne los datos anteriores en la tabla # 2.

Corriente que circula a través de la espira :  $I$  (Amp) =

**TABLA # 2**

$I$ (Amp)								
$F_t$ (Dinas)								

**CALCULOS Y RESULTADOS**

1. Con los datos de la tabla # 1 haga una gráfica de  $F_m/L$  contra  $I$ . Halle la relación funcional y haga un análisis de dicha gráfica.
2. Con los datos de la tabla # 2, haga una gráfica de  $F_m/L$  contra  $I$ . Halle la relación funcional y haga un análisis de dicha gráfica.

**BIBLIOGRAFIA**

- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- Cetto A. M, Domínguez H, Lozano J, Tambutti R, Valladares A, El mundo de la Física, Tomo 3, Ed. Trillas, México, 1993.
- Mc Kelvey J.P, Groth H, Física para ciencias e ingeniería, Tomo 2, Ed. Harla, 1980.

---

# BALANZA DE CORRIENTE

## OBJETIVOS

- Comprobar la existencia de una fuerza magnética sobre un conductor con corriente colocado dentro de un campo magnético externo.
- Determinar el valor del campo magnético en el interior de una bobina.
- Establecer una relación funcional entre el campo magnético de la bobina y la corriente que por ella circula.

## FUNDAMENTO TEORICO

Una corriente es un conjunto de cargas en movimiento. Debido a que un campo magnético ejerce una fuerza lateral sobre una carga en movimiento, entonces se ejercerá una fuerza lateral sobre un conductor por el cual circula una corriente.

La fuerza magnética ejercida sobre un conductor recto de longitud  $L$  por el cual circula una corriente  $I$  perpendicular a la dirección del campo magnético  $B$ , se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$F = IBL \quad (1)$$

La dirección de la fuerza  $\vec{F}$  se halla efectuando el producto vectorial entre el vector densidad de corriente  $\vec{J}$  y el vector inducción magnética  $\vec{B}$ .

La inducción magnética  $B$  se calcula de la expresión (1), así:

$$B = \frac{F}{IL} \quad (2)$$

## EQUIPO UTILIZADO

Fuente DC  
 Dos amperímetros DC  
 Dos reóstatos  
 Bobina  
 Balanza de corriente  
 Contrapesos

## PROCEDIMIENTO

1. La Fig. 1 muestra una balanza sensible que puede utilizarse para determinar la fuerza que se ejerce sobre un alambre de corta longitud introducido en un campo magnético. Si la balanza está orientada de tal modo que el extremo de la espira en forma de U es perpendicular al campo, mientras que los brazos de la U son paralelos al mismo, la fuerza ejercida por el campo sólo actuará sobre dicho extremo y podrá medirse equilibrando la balanza con un contrapeso conocido que cuelga del otro extremo. Mida la longitud del conductor sobre la cual actúa la fuerza.

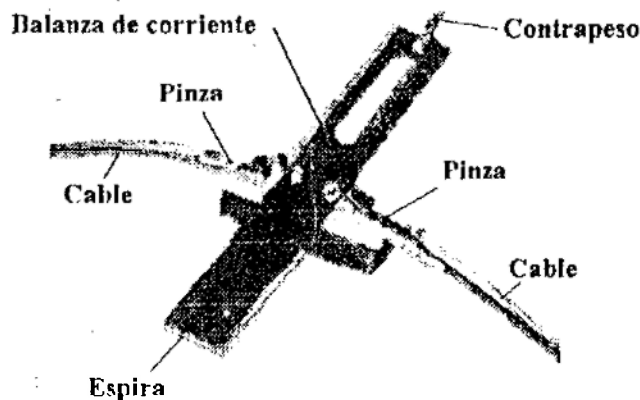
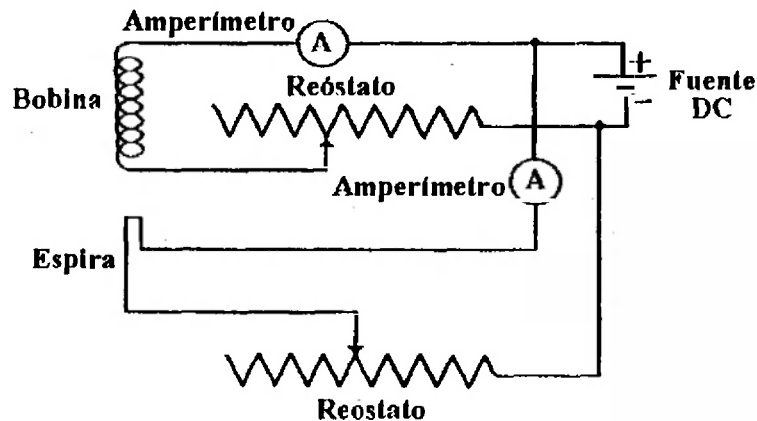
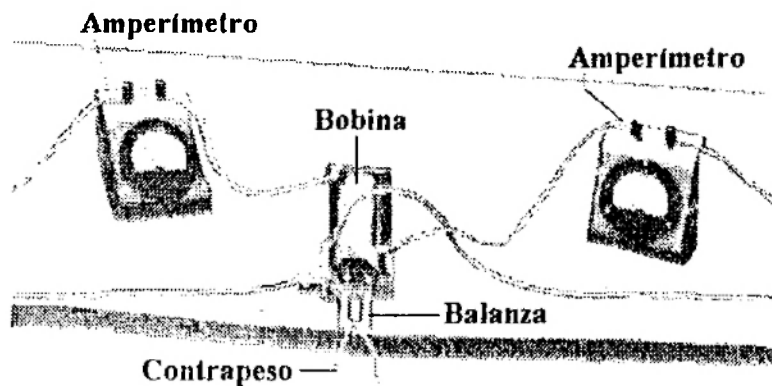


Fig. 1 Balanza de corriente para calcular la fuerza magnética.

2. Conecte la balanza, la bobina, los reóstatos y los amperímetros a una fuente DC como se indica en la Fig. 2.
3. Sin corriente en el circuito, coloque el extremo de la balanza donde se encuentra la espira en el centro de la bobina, ver Fig. 3. Nivele la balanza.



**Fig. 2** Conexión eléctrica de los diferentes aparatos que se utilizan en la experiencia.



**Fig. 3** Balanza de corriente colocada en el interior de la bobina.

4. Variando el reóstato haga circular una corriente determinada por la espira. Registre esta corriente.
5. Manteniendo fija la corriente por la espira, mueva el reóstato que se encuentra en serie con la bobina para obtener una corriente necesaria para producir un campo magnético. Registre dicha corriente y el peso necesario para equilibrar la balanza.



6. Repita el numeral (5) del procedimiento para diferentes corrientes. Consigne los valores en la tabla # 1.

Corriente por la espira  $I$  (Amp) =

**TABLA # 1**

$I$ (Amp)								
$m$ (Gms)								

**CALCULOS Y RESULTADOS**

1. Haga una gráfica de la fuerza magnética contra la corriente y halle la relación funcional entre estas dos cantidades. Usando esta relación y la ecuación (1) determine el número de espiras por unidad de longitud ( $n$ ).
2. Grafique el campo magnético  $B$  de la bobina en función de la corriente  $I$ . Determine la relación funcional de  $B$  contra  $I$ . Con base a esta relación determine  $n$  y compárelo con el hallado en el numeral (1).

**BIBLIOGRAFIA**

- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- Cetto A. M, Domínguez H, Lozano J, Tambutti R, Valladares A, El mundo de la Física, Tomo 3, Ed. Trillas, México, 1993.
- P.S.S.C, Física, Guía del laboratorio, Ed. Reverté S.A, 1987.

# PERMEABILIDAD MAGNETICA

## OBJETIVOS

- Entender los conceptos relacionados con la permeabilidad magnética.
- Determinar la Permeabilidad Magnética del núcleo de una bobina cuyo material es Alnico-5 utilizando ley de Ampere.

## FUNDAMENTO TEORICO

La permeabilidad magnética, es la propiedad que poseen las sustancias de dejar que sus dipolos magnéticos se alineen en la dirección de un campo magnético externo.

Para cada sustancia, la permeabilidad magnética es una constante cuyo valor y dimensiones dependen del sistema de unidades escogido para la medida de las magnitudes y de las características intrínsecas del material.

La permeabilidad magnética relativa viene dada por la relación  $\mu_r = \mu/\mu_0$ , donde  $\mu$  es la permeabilidad magnética absoluta del material y  $\mu_0$  es la Permeabilidad Magnética en el vacío.

Vamos a tratar de calcular el flujo dentro del magneto utilizado en el laboratorio.

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\phi = B.A$$

$$B = \mu I \frac{N}{L}$$

Por lo tanto, el flujo que atraviesa la bobina es:

$$\phi = \mu I \frac{N}{L} A \quad (1)$$

donde,

- $\mu$  : Permeabilidad Magnética del núcleo.
- $I$  : Corriente que circula por la bobina.
- $N$  : Número de espiras de la bobina.
- $L$  : Longitud de la bobina.
- $B$  : Campo magnético dentro del núcleo.
- $A$  : Area de la sección transversal de la bobina.

Para hallar el flujo en las caras del magneto, se hace lo siguiente:

$$\phi = B_c A_c \quad (2)$$

Igualando las ecuaciones (1) y (2), se obtiene:

$$\mu I \frac{N}{L} A = B_c A_c$$

$$B_c = \mu \frac{N A}{L A_c} I \quad (3)$$

donde,

- $B_c$  : Campo magnético entre las caras.
- $A_c$  : Area de las caras.

### EQUIPO UTILIZADO

- Magneto cuyo material es el Alnico en forma de H
- Sonda
- Fluxómetro
- Voltímetro digital
- Fuente DC variable

Las características del magneto son las siguientes:

- Longitud de la bobina = 0.1 m
- Diámetro de la bobina = 0.0889 m
- Número de espiras = 3300
- Resistencia de la bobina = 22  $\Omega$
- Diámetro de las caras del magneto = 0.1524 m
- Permeabilidad magnética del Alnico-5 = 2.84 x 10<sup>-5</sup> weber/amp.m

## PROCEDIMIENTO

1. Haga el montaje como se muestra en la Fig. 1.

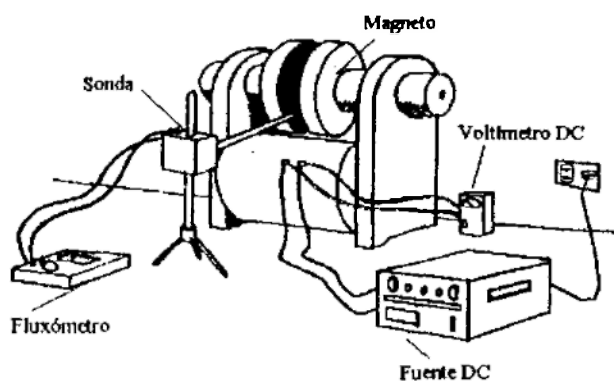


Fig. 1 Montaje para determinar el valor de la permeabilidad magnética del material.

2. Introduzca la sonda entre las caras del magneto.
3. Para cada voltaje aplicado al magneto, tome la lectura inicial en el fluxómetro y gire la sonda 180°; tome la lectura final en el fluxómetro. La diferencia entre las dos lecturas en divisiones multiplíquela por 100 y obtendrá el campo magnético en gauss. Llene la tabla # 1.

## CALCULOS Y RESULTADOS

1. Haga una gráfica de  $B_c$  contra  $I$ . Qué tipo de gráfica obtiene ?. Haga un análisis de dicha gráfica.
2. Analice la gráfica anterior y calcule la pendiente. Qué unidades tiene la pendiente ?
3. Con base a las ecuaciones (2) y (3), calcule la permeabilidad magnética. Determine el error cometido al comparar este valor experimental con el teórico.

TABLA # 1

VOLTAJE [Volt]	$I$ [Amp]	$B_{cd}$ [Gauss]	$B_{cf}$ [Gauss]	$B_c$ [Gauss]	$B_c$ [Tesla]

**BIBLIOGRAFIA**

- Fitzgerald A.E, Teoría y Análisis de las Máquinas Eléctricas. Editorial Hispano Europea, Barcelona, 1975.
- Staff E.E, Circuitos Magnéticos y Transformadores. M.I.T, 1943.
- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.

# LA MASA DEL ELECTRON

## OBJETIVOS

- Observar la trayectoria de un electrón en presencia de un campo magnético.
- Determinar la masa del electrón.

## FUNDAMENTO TEORICO

Un electrón inicialmente en reposo en presencia de un campo eléctrico tiene una energía potencial  $U = eV$ , siendo  $V$  el potencial creador del campo eléctrico. Si el electrón se mueve adquiere una energía cinética  $E_c = 1/2 mv^2$ . Por conservación de la energía se tiene:

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v^2 = \frac{2eV}{m} \quad (1)$$

Si el electrón se mueve con una velocidad  $v$  dentro de un campo magnético  $B$  uniforme perpendicular a su dirección de movimiento, el campo ejerce una fuerza perpendicular al movimiento del electrón y a la dirección del campo. Esta fuerza se calcula por la siguiente expresión:

$$F = eBv$$

La fuerza magnética es igual a la fuerza centrípeta necesaria para que el electrón describa una trayectoria circular.

$$eBv = \frac{mv^2}{R}$$

$$v = \frac{eBR}{m}$$

$$v^2 = \frac{e^2 B^2 R^2}{m^2} \quad (2)$$

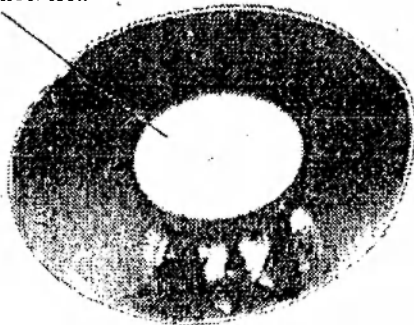
Igualando las expresiones (1) y (2),

$$m = \frac{e B^2 R^2}{2 V} \quad (3)$$

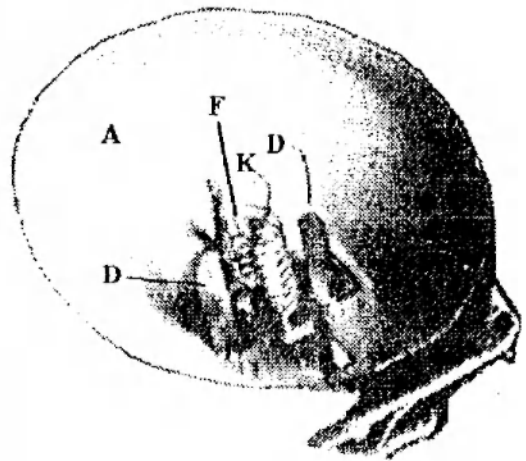
La teoría sobre el efecto termoiónico en un tubo electrónico es la siguiente:

El tubo electrónico consta de un cátodo K que emite los electrones al ser calentado por un filamento F, un par de electrodos deflectores D y un ánodo cóncavo recubierto de una sustancia fosforescente que emite luz cuando los electrones la golpean. Fig. 1a,b.

Placa metálica



**Fig. 1a** Tubo electrónico a la que se le ha quitado la envoltura de vidrio.



**Fig. 1b** La placa metálica se ha removido de sus soportes metálicos, revelándose las partes importantes de la estructura del tubo.

Los electrones emitidos por el cátodo son acelerados por la diferencia de potencial  $V$  existente entre el ánodo y el cátodo y se desplazan radialmente hacia el exterior en un haz en forma de abanico; su máxima velocidad se alcanza en el momento que emergen por detrás de la placa metálica que cubre el centro del tubo. Su velocidad es aproximadamente constante en el resto de su trayectoria al ánodo.

Como el ánodo tiene forma cónica es posible ver la trayectoria que los electrones siguen en su movimiento desde que son emitidos por el cátodo; mirando hacia abajo el ánodo cónico corta diagonalmente el haz electrónico mostrando la posición de los electrones a diferentes distancias del cátodo.

Conectados al cátodo existen dos electrodos deflectores: cuando no hay campo magnético repelen los electrones que se mueven hacia ellos desde el cátodo y dan lugar a una sombra de forma prismática (Fig. 2a).

Cuando el tubo está dentro de un campo magnético uniforme paralelo al cátodo, los electrones se desvían en una trayectoria casi circular que da lugar a la curvatura de los bordes de la sombra. (Fig. 2b)

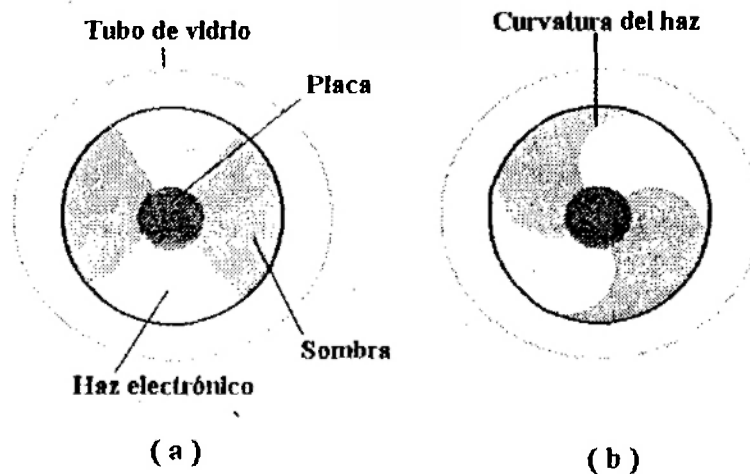


Fig. 2 (a) Sombra y haz radial que se engendra en ausencia de campo magnético en el tubo. (b) Forma de la sombra debido al haz desviado por la presencia de un campo magnético.

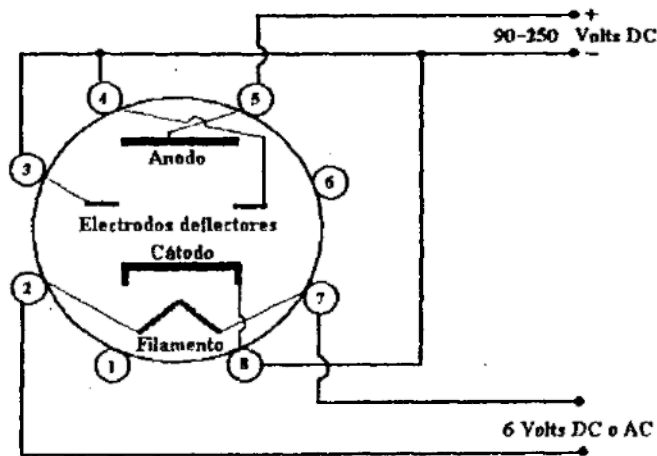
## EQUIPO UTILIZADO

Tubo electrónico  
Bobina  
Fuente DC  
Fuente AC  
Amperímetro DC  
Reóstato



**PROCEDIMIENTO**

- Haga las conexiones eléctricas del tubo como se muestra en la Fig. 3.



**Fig. 3** Conexiones del circuito para un tubo del tipo 6AF6.

- Coloque el tubo dentro de la bobina como lo indica la Fig. 4, mueva el reóstato para obtener una corriente que circula por la bobina hasta que la curvatura del borde de la sombra sea igual al de cualquier objeto redondo cuyo radio pueda medirse fácilmente. Una moneda, una clavija de madera o un lápiz pueden servir. Registre el potencial anódico  $V$  del tubo, la corriente  $I$  que circula por la bobina para determinar el campo magnético  $B$  (es necesario conocer además la longitud de la bobina y el número de espiras) y el radio  $R$  de la curvatura de la sombra del haz.
- Para diferentes potenciales anódicos y manteniendo fija la corriente que circula por la bobina mida los correspondientes radios de curvatura de la sombra del haz. Consigne estos valores en la tabla # 1.

Número de espiras de la bobina =

Longitud de la bobina (mts) =

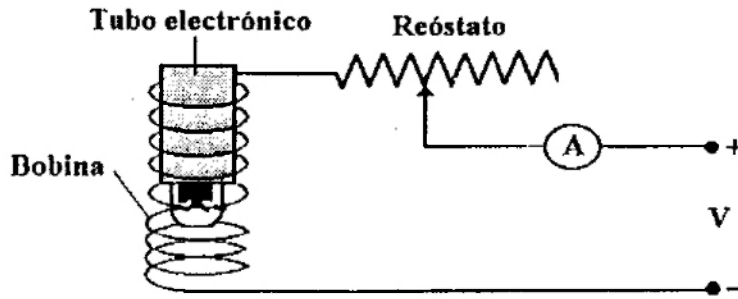


Fig. 4 Montaje del tubo dentro de la bobina y la conexión eléctrica de ella.

I (Amp) - -----

**TABLA # 1**

V (Volts)								
R (Mts)								

4. Mantenga fijo el voltaje anódico a un valor determinado y mueva el reóstato para obtener diferentes valores de la corriente que circula por la bobina, para cada valor de dicha corriente mida el radio de curvatura del haz. Coloque los datos en la tabla # 2.

V (Volts) = -----

**TABLA # 2**

I (Amp)								
R (Mts)								

**NOTA:** Si no se tiene el tubo electrónico señalado arriba, se puede utilizar el tubo filiforme mostrado en la Fig. 5.

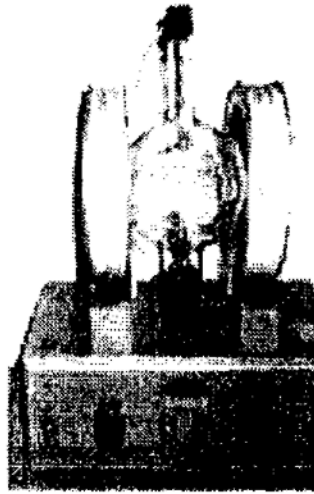


Fig. 5 Tubo filiforme.

## CALCULO Y RESULTADOS

1. Haga una gráfica de  $R^2$  contra  $V$  con los datos de la tabla # 1. Analícela y por medio de esta y con la ayuda de la ecuación (3), determine la masa del electrón. Determine el porcentaje de error cometido.
2. Haga una gráfica de  $R^2$  contra  $1/I^2$  con los datos de la tabla # 2. Analícela y por medio de esta y con la ayuda de la ecuación (3), determine la masa del electrón. Determine el porcentaje de error cometido.

## BIBLIOGRAFIA

- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- Mc Kelvey J.P, Groth H, Física para ciencias e ingeniería, Tomo 2, Ed. Harla, 1980.
- P.S.S.C, Física, Guía del laboratorio, Ed. Reverté S.A, 1987.

---

# RELACION CARGA-MASA ( $e/m$ ) DEL ELECTRON

## OBJETIVOS

- Comprobar experimentalmente la desviación de un haz electrónico en presencia de un campo magnético y de un campo eléctrico mutuamente perpendiculares entre sí.
- Determinar la relación carga-masa ( $e/m$ ) del electrón.

## FUNDAMENTO TEORICO

Considere un haz electrónico emitido por el cátodo de un tubo de rayos catódico bajo una diferencia de potencial  $V$ , como se muestra en la Fig. 1.

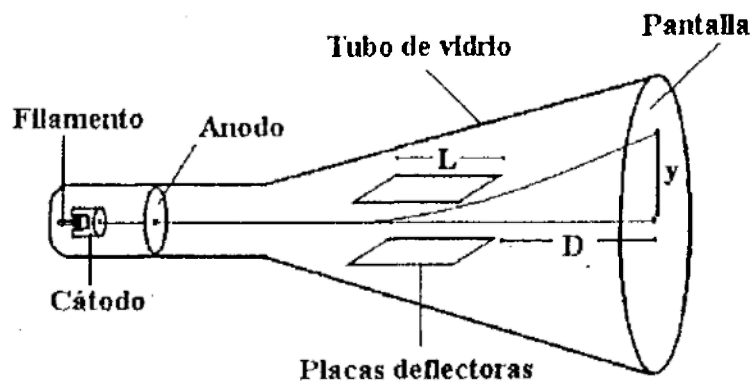


Fig. 1 Partes básicas de un tubo de rayos catódicos.

Los electrones al salir del cátodo son acelerados por el ánodo para llegar a una región en la cual se encuentran un campo eléctrico  $E$  producido por dos placas

planas cargadas (placas deflectoras) y un campo magnético  $B$  producido por dos bobinas (no se muestran en la Fig. 1), perpendiculares entre sí y a la dirección de la velocidad de los electrones. Estos continúan su trayectoria hasta llegar sobre una pantalla fosforescente.

Para crear un campo eléctrico  $E$  entre las placas deflectoras se aplica un potencial  $V$  entre ellas y con el campo magnético  $B$  igual a cero, se tiene que la desviación experimentada por el haz debido a  $E$  es:

$$y = y_1 + y_2$$

$$y_1 = \frac{EeL^2}{2mv^2}$$

$$y_2 = \frac{EeLD}{mv^2}$$

$$y = \frac{EeL}{mv^2} \left( D + \frac{L}{2} \right)$$

donde,  $v$  es la velocidad de los electrones.

Como,

$$E = \frac{V}{d}$$

siendo  $d$  la distancia entre placas deflectoras. Por consiguiente:

$$y = \frac{eVL}{mdv^2} \left( D + \frac{L}{2} \right) \quad (1)$$

Para evitar utilizar el valor de la velocidad  $v$  del haz, se hace circular una campo magnético  $B$  perpendicular al campo eléctrico  $E$  de tal manera que la desviación del haz electrónico sea nula (aparece un punto en el centro de la pantalla). En estas condiciones se tiene que la fuerza eléctrica  $F_E$  y la fuerza magnética  $F_m$  se hacen iguales pero en sentidos contrarios, o sea:

$$F_E = F_m$$

$$eE = evB$$

$$E = vB$$

$$v = \frac{V}{dB} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1), se llega a:

$$y = \frac{eLdB^2}{mV} \left( D + \frac{L}{2} \right)$$

Despejando el cociente (e/m), se tiene:

$$\frac{e}{m} = \frac{yV}{LdB^2 \left( D + \frac{L}{2} \right)} \quad (3)$$

El valor que actualmente se toma para e/m es de  $1.75881962 \times 10^{11}$  Coul/Kgm.

## EQUIPO UTILIZADO

Tubo de rayos catódicos  
 Bobinas de Helmholtz  
 Fuente DC  
 Amperímetro DC  
 Voltímetro DC  
 Reostatos

## PROCEDIMIENTO

1. Tome las siguientes medidas:

a) DATOS DEL TUBO DE RAYOS CATODICOS

Longitud de las placas deflectoras:  $L$  (m) =  
 Distancia entre placas deflectoras :  $d$  (m) =  
 Distancia entre placas deflectoras y pantalla :  $D$  (m) =

a) DATOS DE LA BOBINA DE HELMHOLTZ

Número de espiras :  $N$  =  
 Radio de las bobinas :  $R$  (m) =

2. Haga las conexiones eléctricas necesarias para el funcionamiento del tubo de rayos catódicos, como se muestra en la Fig. 2. Luego, colóquelo en el medio de las bobinas de Helmholtz las cuales están conectadas en serie con un reostato y alimentadas a una fuente DC variable. (Ver Fig. 3).

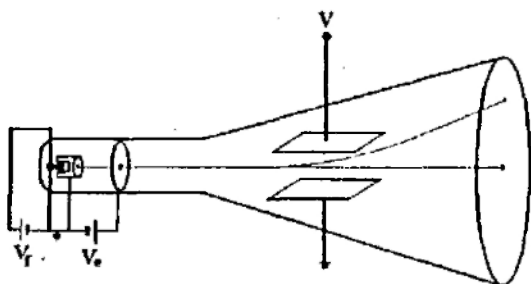


Fig. 2 Conexiones eléctricas del tubo de rayos catódicos.

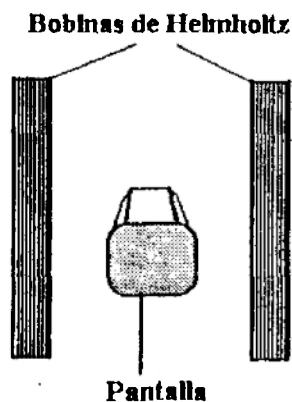


Fig. 3 Posición del tubo de rayos catódicos con respecto a las bobinas de Helmholtz.

3. En ausencia del campo magnético aplique un voltaje en las placas deflectoras, mida la desviación de los rayos catódicos que inciden en la pantalla. Ahora aplique un campo magnético y empiece a variarlo (moviendo el reostato) hasta que no se produzca una desviación de los rayos catódicos (esto se observa cuando aparece un punto luminoso en el centro de la pantalla). Registre la corriente que circula por las bobinas. El cálculo de este campo se logra utilizando la siguiente ecuación:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \mu_0 \frac{NI}{R} \quad (4)$$

donde,

$N$  : Número de espiras de una de las bobinas.

$R$  : Radio de las bobinas.

$I$  : Corriente que circula por las bobinas.

Esta ecuación es válida siempre y cuando las bobinas están separadas una distancia igual al radio de ellas.

4. Repita el numeral (3) del procedimiento para diferentes voltajes en las placas

y registre los datos en la tabla # 1.

**TABLA # 1**

$V$ (Volts)								
$y$ (M)								
$I$ (Amp)								

### CALCULOS Y RESULTADOS

1. Haga una gráfica de  $V$  en función de  $y$  e  $I$ , con base al análisis de dicha gráfica y con la ayuda de la ecuación (3) determine la relación  $e/m$ .
2. Determine el porcentaje de error cometido con respecto al valor real de  $e/m$ . Cuáles son las posibles causas de error ?
3. Deduzca y explique el procedimiento para llegar a la ecuación (4).

### BIBLIOGRAFIA

- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- Mc Kelvey J.P, Groth H, Física para ciencias e ingeniería, Tomo 2, Ed. Harla, 1980.
- P.S.S.C, Física, Guía del laboratorio, Ed. Reverté S.A, 1987.



---

# CAMPO MAGNETICO CERCA A UN ALAMBRE RECTO

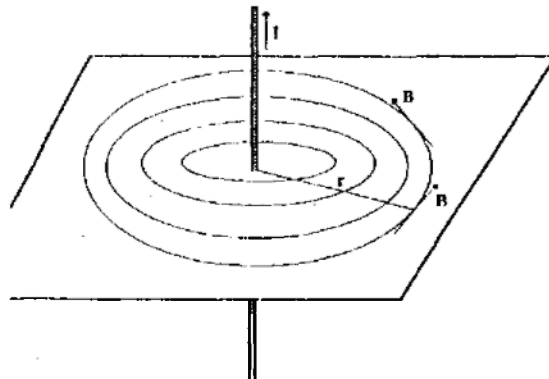
## OBJETIVOS

- Observar la variación que experimenta el campo magnético con la distancia al conductor con corriente.
- Determinar la relación existente entre el campo magnético y la corriente que circula por un conductor.
- Calcular la permeabilidad magnética en el vacío.

## FUNDAMENTO TEORICO

Cuando circula una corriente por un conductor, ella crea un campo magnético alrededor de éste.

Las líneas de inducción de un campo magnético producido por un conductor recto por el cual circula una corriente son circunferencias concéntricas al conductor, como se muestra en la Fig. 1.



**Fig. 1** Las líneas de inducción de B son circunferencias concéntricas al conductor.

La relación cuantitativa entre el campo magnético  $B$  y la corriente  $I$  que circula por un conductor recto largo a una distancia  $r$  es:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (1)$$

donde,

$\mu_0$  : Permeabilidad magnética en el vacío =  $4\pi \times 10^{-7}$  weber/Amp.mt

Si se coloca una brújula a una distancia  $r$  del conductor, y no hay corriente en el conductor, la aguja de la brújula está alineada en la dirección del campo magnético terrestre. Cuando empieza a circular corriente por el conductor se produce la deflexión de la aguja que se visualiza por un torque sobre ella debido a la fuerza lateral que ejerce el campo magnético creado por el conductor. La interacción de estos dos campos hace que la aguja se deflece un ángulo  $\phi$ , como se muestra en la Fig. 2.

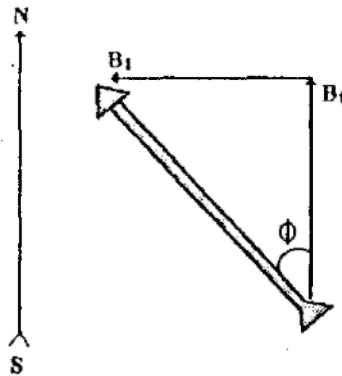


Fig. 2 Representación vectorial de los dos campos magnéticos  $B_i$  y  $B_t$ .

$$B_i = B_t \operatorname{tg} \phi \quad (2)$$

Siendo,

$B_i$  : Campo magnético debido a la corriente.

$B_t$  : Campo magnético terrestre = 0.314 Gauss

## EQUIPO UTILIZADO

Fuente DC  
Amperímetro DC  
Reóstato  
Soporte  
Conductor largo  
Brújula  
Hoja cuadriculada

## PROCEDIMIENTO

El procedimiento para realizar la práctica consta de dos partes:

### PRIMERA PARTE

1. Haga el montaje que se muestra en la Fig. 3.

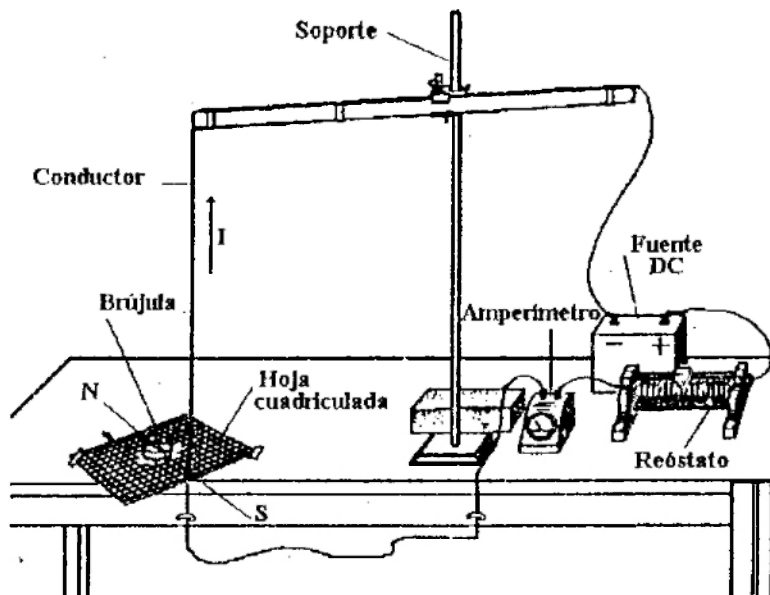


Fig. 3 Montaje para determinar la relación entre el campo magnético  $B_i$  con la corriente  $i$  y con la distancia  $r$ .

2. Coloque la brújula sobre la hoja cuadriculada fija en la mesa. Determine la dirección del campo magnético terrestre (línea S-N).

3. Antes de conectar la fuente DC, el conductor se coloca perpendicular al plano de la hoja. El punto donde atraviesa el conductor a la hoja se toma como referencia para medir distancias.
4. Coloque la aguja de la brújula sobre la línea S-N (ojalá marcando cero grados en la escala de la brújula) a 2 cm del conductor.
5. Conecte la fuente DC y mueva el reóstato hasta obtener una corriente suficiente para producir una gran deflexión en la aguja de la brújula. Registre esta corriente y el ángulo de deflexión  $\Phi$ . Tenga cuidado de no recalentar el conductor.
6. Tome por lo menos 8 distancias diferentes desde 2 cm en adelante (a lo largo de la línea N-S ya dibujada sobre la hoja) y mida en cada caso la distancia con respecto al conductor y el ángulo de deflexión de la aguja. Registre los datos en la tabla # 1.

Corriente  $I$  (Amp) =

**TABLA # 1**

$r$ (cm)								
$\Phi_1$								

7. Repita el numeral (6) del procedimiento manteniendo el mismo valor de la corriente pero en sentido contrario y registre los datos en la tabla # 2.

**TABLA # 2**

$r$ (cm)								
$\Phi_2$								

8. Obtenga el promedio de  $\Phi$  correspondiente a cada distancia con los ángulos obtenidos en las dos tablas anteriores y registrelas en la tabla # 3.

**TABLA # 3**

$r$ (cm)								
$\Phi_{prom}$								

**SEGUNDA PARTE**

9. Coloque la aguja de la brújula sobre la línea S-N (ojalá marcando cero grados en la escala de la brújula) a una distancia fija determinada del conductor. Registre dicha distancia.
10. Conecte la fuente DC y mueva el reóstato para obtener diferentes valores de corriente con sus correspondientes ángulos de deflexión de la aguja. Registre estos valores en la tabla # 4.

Distancia  $r$  ( mt) =

**TABLA # 4**

$I$ (Amp)								
$\Phi_1$								

11. Con la corriente en sentido contrario, mueva el reóstato para obtener los mismos valores de la corriente que utilizó en el numeral (10) del procedimiento y regístrelos con sus correspondientes ángulos deflectados en la tabla # 5.

**TABLA # 5**

$I$ (Amp)								
$\Phi_2$								

12. Obtenga el promedio de  $\Phi$  correspondiente a cada corriente con los ángulos obtenidos en las dos tablas anteriores y regístrelos en la tabla # 6.

TABLA # 6

$I$ (Amp)								
$\Phi_{prom}$								

### CALCULOS Y RESULTADOS

1. Con los datos de la tabla # 3 haga una gráfica de  $tg\Phi$  contra  $r$ . Halle la relación funcional de  $tg\Phi$  y  $r$ .
2. Con los datos de la tabla # 3 haga una gráfica de  $tg\Phi$  contra  $1/r$ . Analice dicha gráfica y con las ecuaciones (1) y (2) halle  $\mu_o$ . Determine el porcentaje de error que se comete.
3. Con los datos de la tabla # 6 haga una gráfica de  $tg\Phi$  contra  $I$ . Halle la relación funcional entre estas dos cantidades. Con base al análisis de dicha gráfica y usando las ecuaciones (1) y (2) halle  $\mu_o$ . Determine el porcentaje de error que se comete.

### BIBLIOGRAFIA

- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- Cetto A. M, Domínguez H, Lozano J, Tambutti R, Valladares A, El mundo de la Física, Tomo 3, Ed. Trillas, México, 1993.
- P.S.S.C, Física, Guía del laboratorio, Ed. Reverté S.A, 1987.

---

# CIRCULACION MAGNETICA

## OBJETIVOS

- Comprobar experimentalmente la ley de Ampere.
- Determinar la circulación magnética a lo largo de una trayectoria cerrada.

## FUNDAMENTO TEORICO

La ley de Ampere establece que el campo magnético  $B$  próximo a un alambre rectilíneo de gran longitud por el que circula una corriente viene dado mediante la relación:

$$B = K \frac{I}{r}$$

siendo la dirección del campo perpendicular siempre a la corriente. En la Fig. 1, los valores de los campos a lo largo de las dos circunferencias indicadas son:

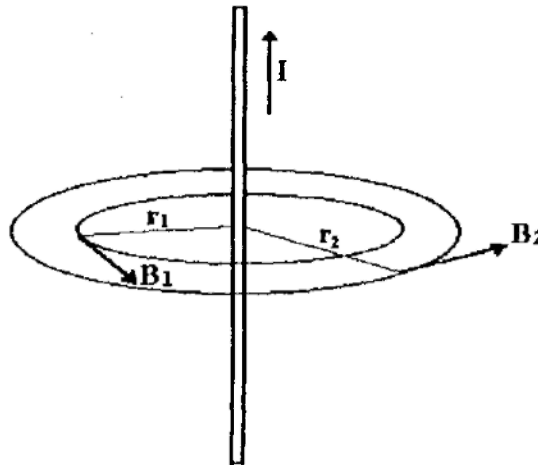


Fig. 1 Líneas de inducción alrededor de un conductor recto y muy largo.

$$B_1 = K \frac{I}{r_1}$$

$$B_2 = K \frac{I}{r_2}$$

siendo la dirección del campo tangente a la circunferencia.

Si en los dos casos multiplicamos el campo por la longitud de la circunferencia obtenemos la circulación a lo largo de cada una de dichas circunferencias. La circulación magnética es, por tanto:

$$C = 2\pi r_1 B_1$$

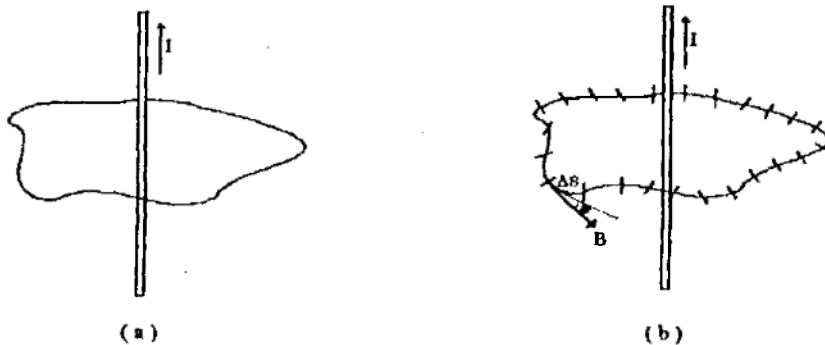
$$C = 2\pi r_2 B_2$$

Como las circulaciones son las mismas,

$$2\pi r_1 B_1 = 2\pi r_2 B_2 = 2\pi KI$$

lo que nos indica que la circulación magnética es independiente de las dimensiones de las circunferencias.

la cuestión que se plantea ahora es si la circulación magnética es la misma o no para todas las curvas independientemente de su forma o tamaño. Podemos estudiarla si medimos la circulación a lo largo de una curva cerrada arbitraria como lo indica la Fig. 2a.



**Fig. 2** a) Trayectoria cerrada alrededor de un conductor. b) La misma trayectoria pero dividida en varios segmentos.



Puesto que este lazo irregular no es una circunferencia concéntrica con la corriente, el campo magnético no es tangente a la trayectoria excepto en algunos puntos ni tiene el mismo valor en todos los puntos de la misma. Podemos superar esta dificultad dividiendo la trayectoria en  $n$  segmentos pequeños que son suficientemente cortos como para ser esencialmente rectilíneos de modo que el campo no varía apreciablemente en toda su longitud. Entonces resulta que la contribución de cada segmento a la circulación total es  $\Delta S B \cos \theta$ , siendo  $\Delta S$  la longitud del segmento y  $B \cos \theta$  la componente de  $B$  a lo largo de  $\Delta S$ , como se observa en la Fig. 2b.

La circulación magnética a lo largo de la curva es, pues, igual a,

$$\Delta S_1 B_1 \cos \theta_1 + \Delta S_2 B_2 \cos \theta_2 + \dots + \Delta S_n B_n \cos \theta_n$$

## **EQUIPO UTILIZADO**

Fuente DC

Pila

Dos amperímetros DC

Bobina cuadrada

Bobina circular

Dos reóstatos

Brújula

Cartulina

## **PROCEDIMIENTO**

1. Monte el aparato como se observa en la Fig. 3 y dibuje sobre la cartulina un polígono irregular de 7 a 10 lados de modo que sus longitudes estén comprendidas entre 7 y 13 cm.
2. Coloque la bobina de prueba en el centro de uno de los segmentos rectilíneos, y haga circular una corriente en dicha bobina hasta que la aguja se alinee perpendicularmente al segmento. Se tiene entonces un campo magnético en el centro de la bobina de prueba que es exactamente igual a  $-B \cos \theta$ , como se ve en la Fig. 4.

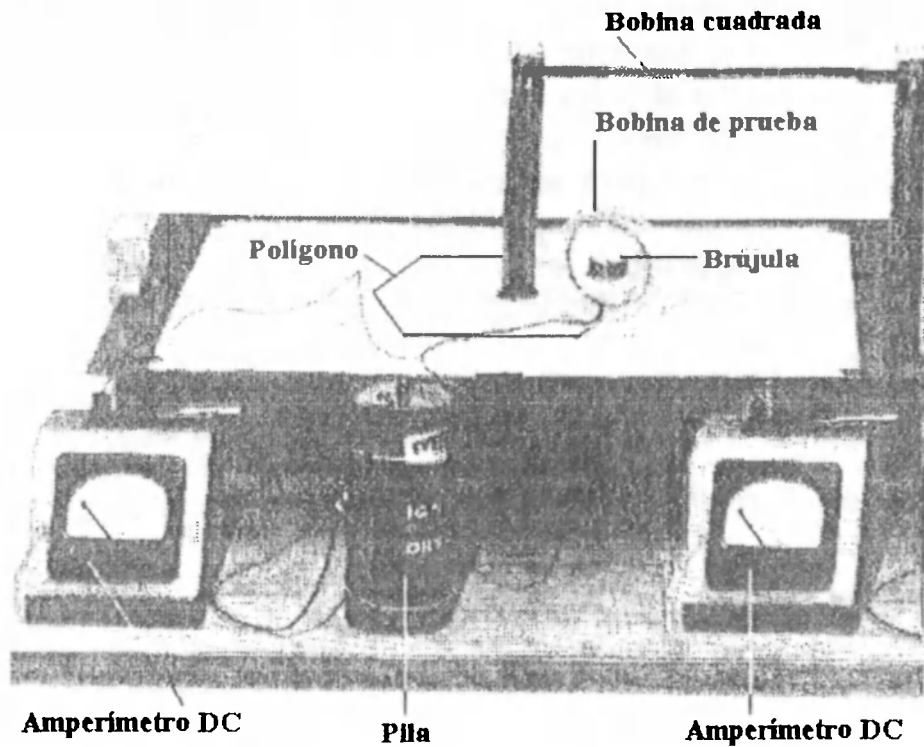


Fig. 3 Montaje de los elementos necesarios para la práctica.

3. Conecte la bobina de prueba y la bobina cuadrada a sus pilas respectivas y ajuste la corriente en la bobina cuadrada a 3 Amp utilizando el reóstato. Fig. 5.

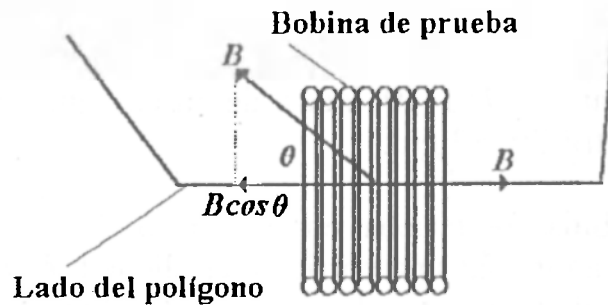


Fig. 4 Diagrama vectorial que muestra la relación entre  $B$ ,  $B \cos \theta$  y  $B_p$ , campo en el centro de la bobina de prueba debido a la corriente que circula por ella.

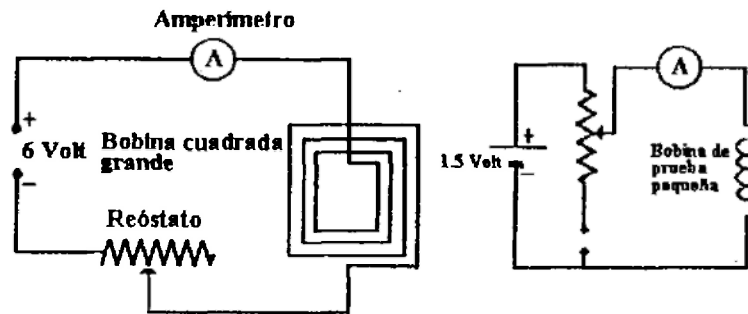


Fig. 5 Conexión eléctrica del montaje.

4. Ahora utilice la bobina de prueba para obtener la circulación total a lo largo del polígono que se ha dibujado. Como no se conoce el factor de proporcionalidad que relaciona la corriente  $I_p$  que circula por la bobina de prueba con el campo que  $I_p$  produce en su centro, habrá que expresarse la circulación en función de  $\Delta S$  e  $I_p$ .
5. Mida primero  $I_p \propto B \cos \theta$  y  $\Delta S$  en cada lado del polígono y hallar su suma.
6. A continuación, para hallar la circulación a lo largo de una trayectoria circular en función de  $\Delta S$  e  $I_p$ , coloque la bobina de prueba de modo que su eje sea tangente a una circunferencia centrada sobre un alambre rectilíneo largo en un punto en donde la aguja de la brújula, influida sólo por el campo magnético terrestre por el alambre largo, se desviará. Determina la corriente  $I_p$  en la bobina de prueba que haga señalar de nuevo la aguja hacia el conductor. Esta corriente  $I_p$  es la que produce un campo igual y opuesto al que originó la corriente que circula por el conductor largo. Mida el radio  $r$  de la circunferencia.

## CALCULOS Y RESULTADOS

1. Compare la suma de todos los productos  $\Delta S I_p$  hallados en cada segmento con el valor  $2\pi r I_p$ , que es la circulación alrededor de una trayectoria circular como las indicadas en la Fig. 1 expresada en función de  $\Delta S$  e  $I_p$

2. Cómo afecta a la circulación la corriente  $I$  y el número de vueltas que tiene la bobina cuadrada ?. Influye el campo magnético terrestre sobre la circulación ?.
3. Qué relación existe entre la circulación a lo largo de la circunferencia y a la que se obtiene a lo largo del polígono ?.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Barco H, Rojas E, Física general para estudiantes de ingeniería, Ed. Universidad Nacional, 1996.
- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.
- P.S.S.C, Física, Guía del laboratorio, Ed. Reverté S.A, 1987.

---

# CICLO DE HISTERESIS

## OBJETIVOS

- Determinación de la curva de histéresis para el magneto cuyo material es el Alnico-5.
- A partir de la curva de histéresis determinar la Permeabilidad Magnética del Alnico-5.
- Visualizar el ciclo de histéresis del núcleo de un transformador a través del osciloscopio.

## FUNDAMENTO TEORICO

Por lo general, las características magnéticas de los diferentes materiales magnéticos se presentan en forma de gráficas de Inducción Magnética  $B$  contra Intensidad Magnética  $H$ .

Consideremos un material ferromagnético inicialmente no magnetizado que tiene una bobina de  $N$  vueltas arrollada sobre él. Se energiza la bobina mediante una fuente de voltaje variable capaz de alimentar un flujo de corriente en cualquier dirección por la bobina, como se muestra en la figura 1.

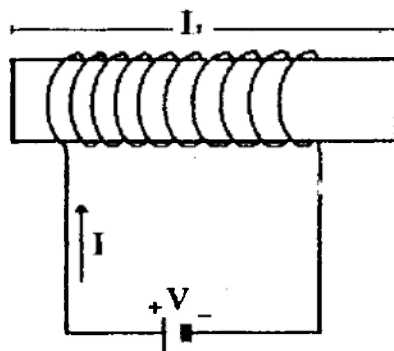


Fig. 1 Bobina cuyo núcleo es un material magnético.

Aplicando la ley de Ampere a la bobina de la figura 1:

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = NI$$

$$HL = NI$$

$$H = \frac{NI}{L} \quad (1)$$

pero,

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

donde,

$V$  : Voltaje aplicado a la bobina.

$R$  : Resistencia eléctrica de la bobina.

Reemplazando (2) en (1), se obtiene la expresión para calcular la intensidad magnética.

$$H = \left( \frac{N}{RL} \right) V \quad (3)$$

La inducción magnética de la bobina es:

$$B = \mu \frac{N}{L} I \quad (4)$$

donde,

$\mu$  : Permeabilidad magnética absoluta del material magnético.

Teniendo en cuenta la expresión (1), se llega a la siguiente relación:

$$B = \mu H \quad (5)$$

Cuando la corriente  $I$  se incrementa desde cero en una dirección, se puede medir la inducción magnética  $B$  en incremento, el cual tiene lugar en el interior del material. Para cada valor fijo de  $I$  hay un valor específico de la inducción magnética como lo indica la expresión (4).

Se manifiesta otra característica interesante de los materiales ferromagnéticos cuando la intensidad de la corriente crece hasta un valor  $I_a$  entonces la intensidad magnética habrá crecido hasta un valor  $H_a$ , a continuación decrece. Se encuentra que el material se opone a la desmagnetización y, en consecuencia, no obedece al tramo de la curva de magnetización  $Oa$  sino al de la curva  $ab$  como se muestra en la Fig. 2. Cuando la intensidad de la corriente vuelve a cero y por consiguiente la intensidad magnética también, el flujo magnético y por ende la inducción magnética ya no es cero. Esto es así porque algunos de los dominios permanecen orientados en la dirección del campo aplicado originalmente. El valor de  $B$  que permanece después que la intensidad del campo  $H$  se ha suprimido se le llama *inducción magnética remanente*. Más aún, su valor varía en función de la magnetización del material.

Con frecuencia, los materiales ferromagnéticos se somete a valores variantes en forma cíclica de  $H$ , los cuales tienen iguales límites positivo y negativo. Al variar  $H$  a través de muchos ciclos idénticos, la gráfica de  $B$  contra  $H$  se aproxima gradualmente a una curva cerrada como la descrita en la Fig. 2. Nótese que  $B$

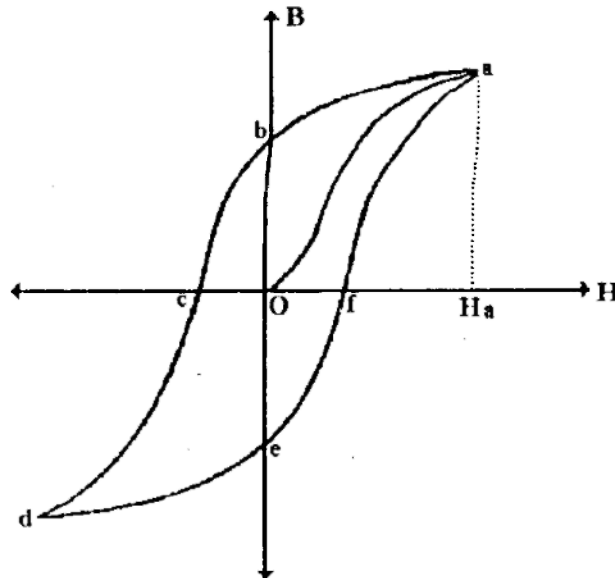


Fig. 2 Ciclo de histéresis típico de un material ferromagnético.

siempre está atrasado con respecto a  $H$ , esta tendencia de la inducción magnética a ir detrás de la intensidad magnética cuando el material está en un proceso de magnetización cíclica se le conoce como *Histéresis* y la curva cerrada  $abcdea$  se llama *ciclo de histéresis*. Además, cuando el material está en un proceso cíclico,

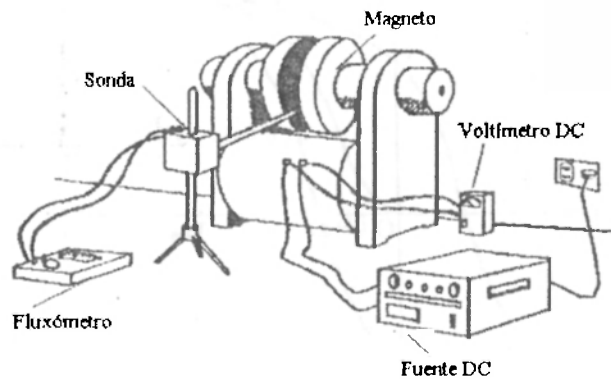
la cantidad de la intensidad magnética requerida para reducir la inducción magnética a cero se le llama *fuerza coercitiva*.

## EQUIPO UTILIZADO

Magneto en H  
 Fluxómetro  
 Voltímetro digital  
 Fuente de voltaje DC variable  
 Sonda magnética

## PROCEDIMIENTO

1. Realice el montaje que se muestra en la Fig. 3.
2. Conecte el magneto a la fuente variable y el voltímetro digital en paralelo a la entrada (polaridad directa). Cierre el circuito del fluxómetro y la sonda e introdúzcala entre las dos caras polares.



**Fig. 3** Montaje para determinar el ciclo de histéresis de un material ferromagnético.

Aumente gradualmente el voltaje de la fuente hasta 35 volts. Tome la lectura inicial en el fluxómetro y gire la sonda  $180^\circ$  para tomar la lectura final en el fluxómetro. La diferencia entre las dos lecturas en divisiones multiplíquela por 100 y obtendrá el campo magnético en Gauss. Llene la tabla # 1.





**TABLA # 3**

$V$ (volts)													
$\Phi_i$													
$\Phi_f$													
$B$ (Gauss)													

**TABLA # 4**

$V$ (volts)													
$\Phi_i$													
$\Phi_f$													
$B$ (Gauss)													

**TABLA # 5**

$V$ (volts)													
$\Phi_i$													
$\Phi_f$													
$B$ (Gauss)													

Las características del magneto son las siguientes:

Resistencia eléctrica de la bobina ( $R$ ) = 22  $\Omega$

Número de espiras ( $N$ ) = 3300

Longitud media del núcleo ( $L$ ) = 0.72 mts

Permeabilidad magnética absoluta del núcleo ( $\mu$ ) =  $2.84 \times 10^{-5}$  weber/amp.mt

8. La obtención del ciclo de histéresis de un material magnético (núcleo del transformador), se efectúa, llevando a las placas deflectoras verticales una tensión proporcional a los amperiovueltas del primario, obtenida por medio de una resistencia en serie (Fig. 4) y a las placas horizontales la tensión del secundario, cerrado sobre un circuito RC, tomada en los extremos del condensador. La figura que se forma en la pantalla del osciloscopio corresponde precisamente al ciclo de histéresis del núcleo.

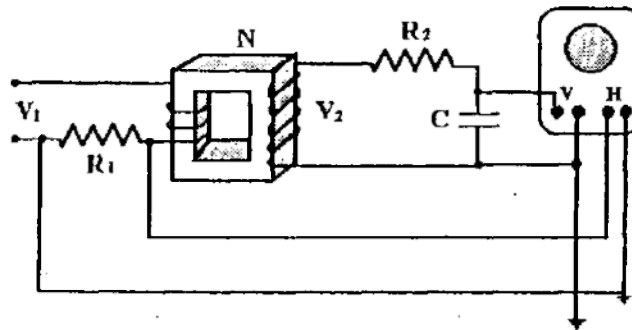


Fig. 4 Circuito adoptado para la obtención del ciclo de histéresis del núcleo del transformador.

Los valores de los elementos del circuito son los siguientes:

$V_1$  : Tensión en el primario = 10 Volts

$V_2$  : Tensión en el secundario = 50 Volts

$R_1$  : Resistencia en serie con el primario = 200  $\Omega$

$R_2$  : Resistencia en serie con el secundario = 30 K $\Omega$

C : Condensador = 1  $\mu$ F

Sitúe el conmutador de la base de tiempo en **EXT**. Si existe distorsiones de fase es conveniente alimentar el sistema con una tensión cuya frecuencia de aproximadamente 500 Hz. Durante la prueba ajuste la amplificación V y H.

La interpretación de la imagen es la siguiente:

Fuerza magnetomotriz : La corriente detectada por las placas horizontales es proporcional a los amperiovueltas de la fuerza magnetomotriz.

Inducción magnética : Si la caída de tensión en C es pequeña a la tensión desarrollada en el secundario  $V_2$  será proporcional a la inducción magnética B existente en el núcleo.

La validez de los cálculos se basa en el hecho de que la caída de tensión en C sea baja de manera que se puede escribir  $V_2 = I_2 R_2$  sin error apreciable. Debido a esto es necesario que la amplificación H se ajuste a un valor muy elevado para obtener una figura proporcionada.

### CALCULOS Y RESULTADOS

1. Con los datos de las tablas anteriores haga una gráfica de  $B$  (gauss) contra  $H$  (Amp-vuelta/mt). Resulta una curva cerrada ?. Qué significa el área encerrada por la curva ?.
2. Con base a la gráfica determine el magnetismo remanente y la fuerza coercitiva. Qué significa cada uno de esos valores ?.
3. Nuevamente con la gráfica determine el valor máximo de la permeabilidad magnética absoluta  $\mu$  del núcleo. Determine la permeabilidad magnética relativa  $\mu_r$  del núcleo. El valor de  $\mu$  es constante durante todo el ciclo ?. Explique.
4. Halle el porcentaje de error cometido en el cálculo de  $\mu$ .

### BIBLIOGRAFIA

- Fitzgerald A.E, Teoría y Análisis de las Máquinas Eléctricas. Editorial Hispano Europea, Barcelona, 1975.
- Staff E.E, Circuitos Magnéticos y Transformadores. M.I.T, 1943.
- Halliday D, Resnick R, Krane K.S, Física. Compañía Editorial Continental, México, 1994.

---

# FENOMENOS DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA

## OBJETIVOS

- Estudiar experimentalmente las leyes de Faraday y Lenz.
- Observar la aplicación de estas leyes en dispositivos electromagnéticos como el motor, generador y el transformador.

## FUNDAMENTO TEORICO

La ley de Faraday establece que la fuerza electromotriz inducida en un circuito es directamente proporcional a la rapidez con que varía el flujo magnético:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

donde,

$\mathcal{E}$  : Fem inducida

$N$  : Número de espiras

$\phi$  : Flujo magnético

**MOTOR ELECTRICO** : Es un dispositivo capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y se basa en el principio según el cual una bobina por la que circula corriente experimenta un torque si se encuentra en un campo magnético.

El motor se compone básicamente de tres partes como se muestra en la Fig. 1.