

7.3 BALANZA DE CORRIENTE

Objetivos:

- *Determinar la dirección y la magnitud de la fuerza F de Lorentz sobre un circuito como función de la corriente aplicada y la dirección del campo magnético.*
- *Medir la fuerza F como función de la corriente I en un conductor curvo sometido a una inducción magnética B , y para conductores curvos de distintas tallas. Se debe calcular la inducción magnética.*
- *Medir la fuerza F como función de la corriente I_M en una bobina para un circuito curvo determinado. (En el rango magnético que se considera, la inducción magnética B es, con suficiente seguridad, proporcional a la corriente de la bobina I_M).*

Material utilizado:

El material utilizado para la realización de la práctica ha sido el siguiente:

- 1 Trípode base
- 1 Barra de sección cuadrada de 1m
- 1 Puente Rectificador, 30V AC/1A
- 1 Conmutador Encendido/Apagado
- 1 Núcleo de hierro laminado con forma de U
- 2 Piezas de hierro rectangulares
- 2 Multímetros
- 1 Balanza (longitud 310mm)
- 4 Circuitos curvos
- 1 Fuente de alimentación
- 2 Bobinas magnéticas

Introducción y fundamento teórico:

Se procede al montaje del equipo (...); en nuestro caso, éste estaba ya estaba montado, por lo que solamente tuvimos que proceder a la realización de la práctica. Con la balanza de corriente, se pretenden determinar los objetivos anteriores. Se observa experimentalmente que cuando una carga tiene una velocidad v en la proximidad de un imán o de un alambre por el que circula una corriente, existe una fuerza adicional sobre ella que depende del valor y de la dirección de la velocidad. Podríamos resumir la Fuerza de Lorentz con una serie de conclusiones:

(1) La fuerza es proporcional al valor de la carga. (2) La fuerza es proporcional al módulo de la velocidad v . (3) El valor, la dirección y sentido de F depende de la dirección y sentido de v . (4) Si la velocidad está dirigida a lo largo de una línea determinada del espacio, la fuerza es cero. (5) Si la velocidad no está dirigida según esta línea, existe una fuerza que es perpendicular a v . (6) La fuerza sobre una carga negativa es de sentido opuesto a la ejercida sobre una positiva y de igual velocidad.

Realización de la Práctica:

- **Dirección y magnitud de la fuerza F de Lorentz sobre un circuito:**

- Los bloques de hierro del electroimán se pueden sacar de sus posiciones y rotar. Situarlos de tal modo que exista una separación de 4 cm entre ellos.

Nosotros hemos realizado las medidas con una longitud entre los bloques de 1 cm, debido a que con la anterior distancia, los resultados eran prácticamente inapreciables.

- ◊ El conductor curvo con $l=25$ mm se cuelga de la balanza con su sección horizontal perpendicular a las líneas de campo y con los bornes eléctricos de las bandas flexibles conectadas al circuito curvo.
- ◊ Primero, equilibramos la balanza sin corriente en el conductor. Después, fijamos una corriente I_L de 5 A en el circuito, mediante el mando de corriente de la fuente de alimentación.
- ◊ Conectamos el campo magnético mediante el interruptor y anotamos el cambio en la balanza.

Una vez colocados el circuito curvo y la corriente que se nos pide en el ejercicio, procedemos, en una primera parte a medir el peso inicial P.I (peso obtenido antes de cerrar el interruptor y así hacer que la corriente circule a través del circuito), para ello debemos equilibrar la balanza (lo haremos mediante los pesos de la balanza y la regla graduada). Una vez conectado el interruptor, y con ello se produce el paso de corriente, se observa, que la balanza ha sufrido un desequilibrio y que volveremos a equilibrar para calcular ahora el peso final P.F.

Para una I_L de 5 A y un conductor $l=25$ mm:

Obtenemos un peso inicial (P.I) de 32.14 ± 0.01 g y un peso final (P.F) cuando conectamos el interruptor de 32.54 ± 0.01 g, con lo que se demuestra que se ejerce una pequeña fuerza que hace que se desplace la balanza. El desplazamiento obtenido, desaparece (vuelve la balanza a su estado normal de equilibrio) una vez desconectamos el campo magnético ejercido sobre el circuito. Y de igual forma, una vez conectemos el interruptor, ésta volverá a desequilibrarse.

- ◆ Comprobar los cambios de fuerza al invertir el sentido de la corriente I_M en las bobinas.

Para invertir el sentido de la corriente hemos cambiado los bornes de sitio, es decir, donde estaba el borne (+), hemos colocado el borne (−) y viceversa.

Al invertir el sentido de la corriente, la diferencia de peso será la misma, pero en disminución debido a que el sentido del campo magnético ha cambiado. La fuerza que se ejerce sobre el circuito es la misma, pero con sentido contrario.

P.I de 32.14 ± 0.01 g y P.F de -31.7 ± 0.01 g

Obsérvese que la diferencia entre el primer caso y el segundo caso (al invertir el campo) es prácticamente la misma "0.4 g y por tanto se confirma la definición anterior. El error aplicado a las magnitudes es el error instrumental (error de la balanza) de 0.01 gr. (precisión con la que trabaja dicha balanza).

• Fuerza F como función de la corriente I_L y como función de la longitud de los circuitos.

- ◆ Los bloques del electroimán se sitúan ahora de modo que exista una separación 1 cm entre ellos. Colgar el conductor curvo de 12.5 mm en la balanza.
- ◆ Anota la masa m_0 del conductor. Conectar el campo magnético mediante el interruptor.

Hemos obtenido una masa inicial (P.I) de 29.67 ± 0.01 g y una masa final (P.F) después de conectar el interruptor de 29.49 ± 0.01 g. El estudio se ha realizado con una corriente de 5 A. Observamos claramente el cambio una vez se conecta el campo magnético ejercido sobre el

circuito.

◊ Ir elevando la corriente IL a través del conductor en pasos de 0.5 A mediante la fuente de alimentación. Anotar cada vez la lectura de la balanza y obtener la diferencia frente a la lectura inicial sin corriente (fuerza de Lorentz).

La fuerza vendrá calculada por la siguiente expresión: Deberemos aplicar a las masas obtenidas el correspondiente error de cero de la balanza.

La longitud para cada conductor, no tendrá error, puesto que es un dato que nos da el propio conductor.

Para el conductor IL de 12.5 mm y Masa Inicial 29.51 ± 0.01 g

Intensidad en A	(P.F) en gramos	Fuerza en Newton (N)
2,5	29,69 $\pm$ 0,01	0,0017658
3	29,64 $\pm$ 0,01	0.0012753
3,5	29,59 $\pm$ 0,01	-0,2599031
4	29,54 $\pm$ 0,01	-0,2599531
4,5	29,49 $\pm$ 0,01	-0,000196
5	29,44 $\pm$ 0,01	-0,000687

Para el conductor IL de 25 mm y Masa Inicial 31.95 ± 0.01 g

Intensidad en A	(P.F) en gramos	Fuerza en Newton (N)
2,5	31,78 $\pm$ 0,01	-0,001666
3	31,72 $\pm$ 0,01	-0,002254
3,5	31,67 $\pm$ 0,01	-0,002744
4	31,63 $\pm$ 0,01	-0,003136
4,5	31,59 $\pm$ 0,01	-0,003528
5	31,55 $\pm$ 0,01	-0,00392

Para el conductor IL de 50 mm y $n=1$ y una Masa Inicial 39.86 ± 0.01 g

Intesidad en A	(P.F) en gramos	Fuerza en Newton (N)
2,5	39,47 $\pm$ 0,01	-0,003822
3	39,43 $\pm$ 0,01	-0,004214
3,5	39,39 $\pm$ 0,01	-0,004606
4	39,35 $\pm$ 0,01	-0,04998
4,5	39,31 $\pm$ 0,01	-0,0539
5	39,27 $\pm$ 0,01	-0,005782

◊ Representa en un gráfico la fuerza de Lorentz frente a la corriente IL en cada conductor.

En este apartado he optado también por hacer una relación de masas. Simplemente se ha representado la disminución de la masa con el aumento de la intensidad. Para el ajuste de los valores obtenidos, éstos se han realizado los cálculos mediante Excel, añadiendo la línea de tendencia (línea que mejor se ajusta a los datos tomados). Mediante las siguientes relaciones, se ha calculado la Fuerza para cada conductor. La fuerza para cada conductor vendrá

representada como la pendiente de la recta.

cálculo de la inducción B.

teniendo que:

◇ Para el conductor IL de 12.5 mm y Masa Inicial 29.51 ± 0.01 g
(Grafica 1)

Para calcular el error de la pendiente, utilizaremos la siguiente relación estadística con el coeficiente de correlación. Para ello, deberemos utilizar la ecuación de la recta:

$$y = -0,05x + 29,74$$

$$R^2 = 1$$

◇ Para el conductor IL de 25 mm y Masa Inicial 31.95 ± 0.01 g
(Grafica 2)

$$y = -0,0451x + 31,815$$

$$R^2 = 0,9925$$

Para el conductor IL de 50 mm y n=1 y una Masa Inicial 39.86 ± 0.01

(Grafica 3)

$$y = -0,04x + 39,51$$

$$R^2 = 1$$

Al realizar las gráficas anteriores, podemos introducir: la fuerza de Lorentz aumenta con el aumento de la intensidad IL . Por lo tanto en las gráficas se verá reflejado en una disminución de la P.F (aumento de la Fuerza de Lorentz). La fuerza que se ejerce sobre el montaje, modifica la balanza, disminuyendo la m0 una vez hemos aplicado la corriente al circuito. También se puede observar que la disminución se produce de manera proporcional, es decir, la disminución es la misma para todos los puntos, de aquí que al representarla nos salga en la relación de masas prácticamente una recta. La fuerza va aumentando, aunque se vea reflejado en la gráfica como lo contrario; esto es debido al sentido marcado por la corriente, de ahí que ésta salga con signo negativo.

◇ *Representar la fuerza de Lorentz frente a la longitud de cada conductor para una corriente IL=5 A.*

Para una corriente fija de 5 A, se han obtenido los siguientes valores para cada conductor y que son los siguientes.

Conductor y longitud	F (P.F) para IL = 5ª en g	P. I en g
IL=12,5 mm	29,44±0,01	29,51±0,01
IL=25 mm	31,55±0,01	31,95±0,01
IL=50mm y n=2	37,68±0,01	37,76±0,01
IL=50 mm y n=1	39,27±0,01	39,86±0,01

Gráfica 4

Calculamos el consiguiente error de la fuerza mediante la expresión anterior:

$$y = 3,562x + 25,58$$

$$R^2 = 0,9445$$

Como se puede observar, a medida que aumentamos la longitud del conductor IL se produce un aumento en la Masa Final (fuerza de Lorentz), que viene representado en la gráfica por la recta con una pendiente ascendente. El signo de la fuerza, no es más, que el sentido que lleve la corriente que pasa por el circuito, pudiendo ésta ser negativa o positiva.

♦ Fuerza F como función de la corriente IM en una bobina para un circuito curvo determinado.

El procedimiento es esencialmente el mismo que en el apartado 2, sólo que se debe usar el conductor con $l=50$ mm y $n=2$ vueltas.

♦ *Fijar la corriente en el conductor a $IL = 5$ A. Variar ahora la corriente IM en las bobinas mediante el voltaje aplicado desde la fuente. Anotar en cada paso la lectura de la balanza.*

Para el conductor IL de 50 mm y $n=2$ vueltas y Masa Inicial 37.76 ± 0.01 g

Intensidad en A	P.F en gramos	Fuerza en Newton (N)
5	$36,68 \pm 0,01$	$-0,010584$
4,5	$36,73 \pm 0,01$	$-0,010094$
4	$36,78 \pm 0,01$	$-0,009604$
3,5	$36,83 \pm 0,01$	$-0,009114$
3	$36,88 \pm 0,01$	$-0,008624$
2,5	$36,93 \pm 0,01$	$-0,008134$

♦ *Representar la fuerza de Lorentz frente a la corriente IM en las bobinas.*
(Gráfica 5)

Calculamos el error obtenido de la fuerza mediante la siguiente expresión:

$$y = 0,05x + 36,63$$

$$R^2 = 1$$

Cuestiones

- ♦ *Determinar a partir del gráfico $F (IL)$ y la expresión 4 el valor de la inducción magnética para cada conductor.*

Expresión 4:

Como bien indica la expresión 4, la Fuerza de Lorentz, va a depender de la corriente aplicada al circuito (IL), de la longitud del conductor (l) y de la inducción del campo magnético (B).

Por lo tanto la inducción magnética B será igual a:

El último paso lo tomamos del apartado 2 de la práctica:

Para el primer conductor: 12.5 mm

$$y = -0,05x + 29,74$$

$$R^2 = 1$$

Para el segundo conductor: 25 mm

$$y = -0,0451x + 31,815$$

$$R^2 = 0,9925$$

Para el tercer conductor: 50 mm y n=1

$$y = -0,04x + 39,51$$

$$R^2 = 1$$

Para el cuarto conductor: 50 mm y n=2

$$y = 0,05x + 36,63$$

$$R^2 = 1$$

- ♦ Existe una razón para la que los conductores más cortos tengan una peor correlación en el gráfico $F(IL)$ que es la misma razón por la que el gráfico $F(I)$ no pasa por cero. ¿Cuál es esta razón?

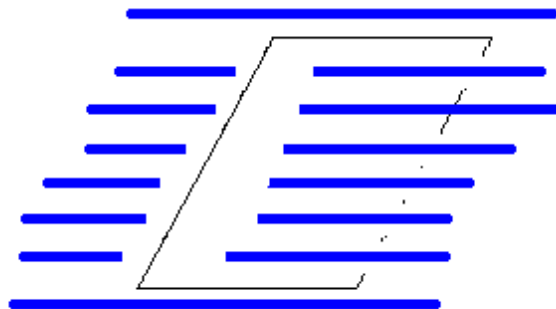


Figura 1

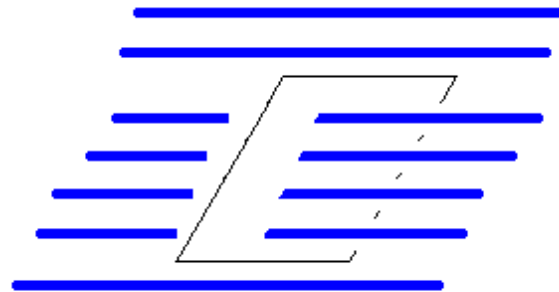


Figura 2

Las figuras 1 y 2, representan dos tipos de conductores: un conductor largo (figura 1) y un conductor más corto (figura 2). Como se puede observar, el número de líneas que atraviesa a cada conductor es notorio. En un primer conductor, éste aparece atravesado por mayor número de líneas: existe una mayor inducción. Por el contrario el segundo conductor aún siendo la intensidad la misma, éste es atravesado por un menor número de líneas, de aquí que exista una menor inducción. Existe una diferencia en la superficie de cada conductor: a mayor superficie, mayor inducción o lo que es lo mismo a mayor longitud, mayor inducción.

De aquí podemos decir que un conductor corto, al poseer una menor inducción, poseerá una peor correlación en el gráfico de las fuerzas. Obsérvense la *gráfica 5* (correspondiente a un conductor largo) y la *gráfica 2* (correspondiente a un conductor corto). Como se puede apreciar, la correlación de puntos es bastante notoria. En un conductor largo, aparece una mayor correlación en los puntos (éstos forman prácticamente una recta perfecta), mientras que en el conductor corto, siguen la forma de una recta, pero ésta no está tan clavada como en el conductor largo.

- ♦ *En vista del gráfico obtenido en el apartado 3 y la expresión (4), ¿podemos afirmar que la inducción magnética B es proporcional a la corriente de la bobina IM ?*

Gráfico obtenido en el apartado 3

Expresión 4

Sí podemos afirmar que la inducción magnética B es proporcional a la corriente de la bobina IM . Al ser la F constante, B va a depender del valor del denominador, por tanto IM hará variar el valor de la inducción. Como se puede apreciar en la gráfica, a medida que la corriente por la bobina aumenta, la inducción B disminuye en la misma proporción. Por tanto B es proporcional a la corriente de la bobina IM .