

## Electricidad

Magnetostática

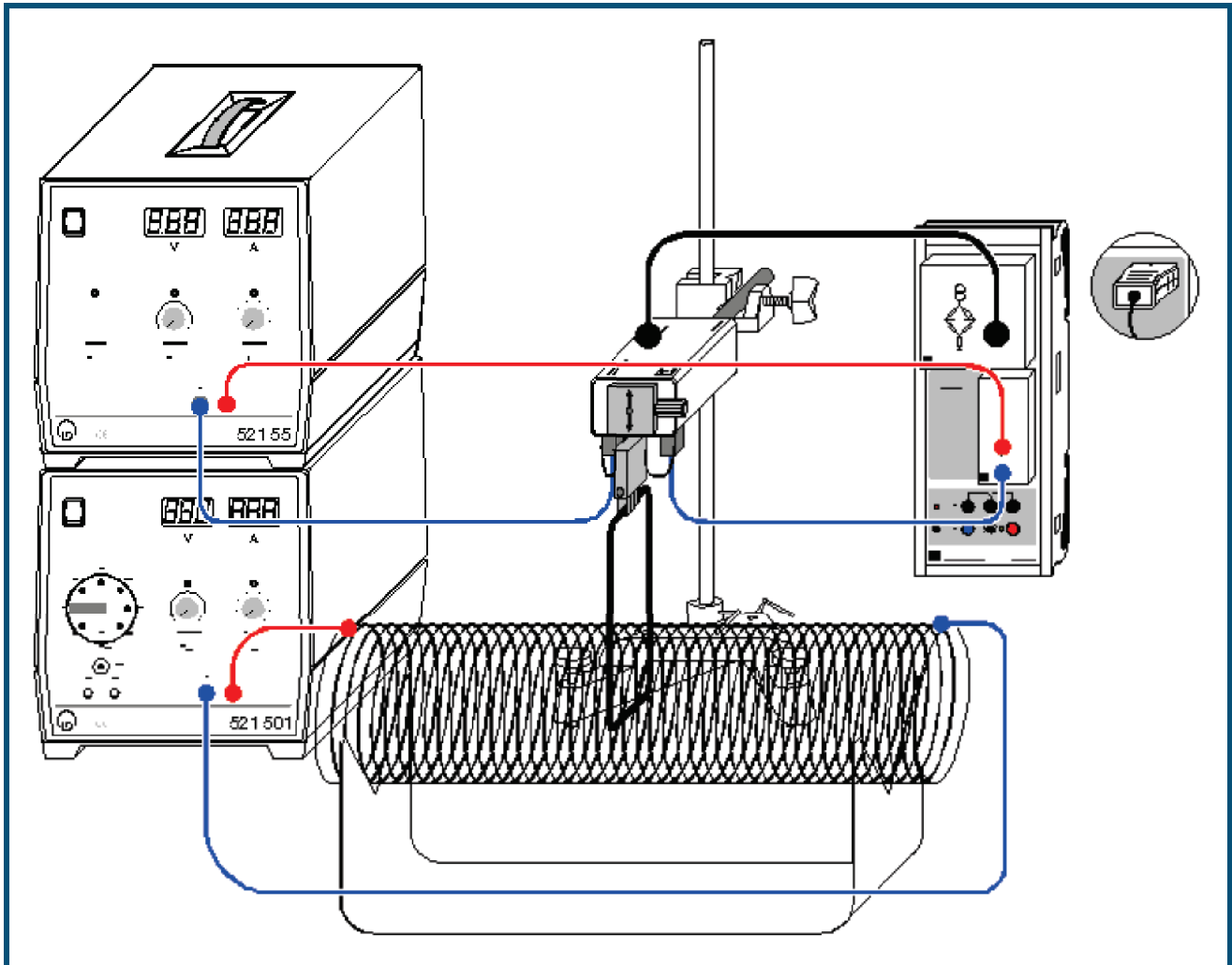
*Interacción magnética*

Medición de la fuerza sobre conductores con corriente eléctrica en el campo magnético de una bobina - Registro con CASSY

### Descripción del CASSY Lab 2

Para descargar ejemplos y ajustes utilice por favor la ayuda del CASSY Lab 2.

## Fuerza en un campo magnético de una bobina sin núcleo



Apropiado también para el [Pocket-CASSY](#) y [Mobile-CASSY](#).

### Descripción del ensayo

La densidad de flujo magnético o simplemente el campo magnético  $\mathbf{B}$  es una magnitud vectorial. Sobre una carga  $q$  que se mueve con la velocidad  $\mathbf{v}$  en el campo magnético  $\mathbf{B}$ , actúa una fuerza  $\mathbf{F}$  que depende de la magnitud y dirección de la velocidad y de la intensidad y dirección del campo magnético. Se cumple

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}).$$

A esta expresión se le conoce como la fuerza de Lorentz  $\mathbf{F}$  que es también una magnitud vectorial y es perpendicular al plano que forman  $\mathbf{v}$  y  $\mathbf{B}$ .

La fuerza sobre un conductor con corriente eléctrica situado en un campo magnético puede ser entendida como la suma de las fuerzas individuales sobre los portadores de carga en movimiento que conforman la corriente. Sobre cada uno de estos portadores de carga  $q$ , moviéndose con una velocidad de arrastre  $\mathbf{v}$ , actúa la fuerza de Lorentz  $\mathbf{F}$ . En un conductor recto la fuerza total resulta

$$\mathbf{F} = q \cdot nAs \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}).$$

Pues el número de los portadores de carga en el conductor es el producto de la densidad de portadores  $n$ , la sección transversal del conductor  $A$  y de la longitud  $s$  de la sección del conductor situado en el campo magnético.

Es usual introducir el vector  $\mathbf{s}$ , que indica la dirección de la sección del conductor. Además, el producto  $qnAv$  es la intensidad de corriente  $I$ . Finalmente la fuerza de un campo magnético sobre una sección de conductor recto por donde circula corriente viene expresada mediante

$$\mathbf{F} = I \cdot (\mathbf{s} \times \mathbf{B})$$

O el valor absoluto de la fuerza mediante

$$F = I \cdot s \cdot B,$$

donde **s** y **B** son perpendiculares entre si. La fuerza **F** y la intensidad de corriente **I** son pues proporcionales entre sí con el factor de proporcionalidad **s·B**.

En el experimento se mide la fuerza sobre un lazo de corriente situado en un campo homogéneo de una bobina sin núcleo en función de la corriente **I** que circula por el lazo. El campo magnético homogéneo es generado en una bobina larga con separaciones entre espiras, en donde un sensor de fuerza sujeta a un lazo conductor de longitud **s** = 8 cm sumergido en el espacio entre dos espiras (véase el esquema). Solo la componente horizontal del conductor genera una componente de fuerza que puede ser medida por el sensor de fuerza. De la proporcionalidad entre la fuerza **F** y la corriente del lazo **I** se puede determinar la densidad de flujo magnético **B**.

La bobina sin núcleo tiene la ventaja que la densidad de flujo magnético **B** puede ser calculada muy fácilmente en su interior y este resultado comparado con el valor experimental encontrado. Para una bobina larga sin núcleo se cumple

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$$

con las constantes de permeabilidad magnética del vacío  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am, el número de espiras **N** de la bobina sin núcleo, la corriente **I<sub>C</sub>** que pasa por la bobina y la longitud **L** de la bobina sin núcleo.

### Equipo requerido

|   |                                               |                   |
|---|-----------------------------------------------|-------------------|
| 1 | <a href="#">Sensor-CASSY</a>                  | 524 010 ó 524 013 |
| 1 | <a href="#">CASSY Lab 2</a>                   | 524 220           |
| 1 | <a href="#">Unidad Puente</a>                 | 524 041           |
|   | con Sensor de fuerza y                        | 314 261           |
|   | Cable de conexión, 6 polos, 1,5 m             | 501 16            |
|   | o                                             |                   |
| 1 | <a href="#">Sensor de fuerza S, ±1 N</a>      | 524 060           |
| 1 | <a href="#">Unidad 30-A</a>                   | 524 043           |
| 1 | Soporte de bucle conductor                    | 314 265           |
| 1 | Juego de bucles para la medición de fuerzas   | 516 34            |
| 1 | Bobina de excitación, d = 120 mm              | 516 244           |
| 1 | Soporte para bobinas y tubos                  | 516 249           |
| 1 | Fuente de alimentación de gran amperaje       | 521 55            |
| 1 | Fuente de alimentación de c.a./c.c., 0...15 V | 521 501           |
| 1 | Base de soporte pequeña en forma de V         | 300 02            |
| 1 | Varilla de soporte, 47 cm                     | 300 42            |
| 1 | Mordaza múltiple Leybold                      | 301 01            |
| 1 | Cable, 50 cm, azul                            | 501 26            |
| 2 | Cables, 100 cm, rojos                         | 501 30            |
| 2 | Cables, 100 cm, azules                        | 501 31            |
| 1 | PC con Windows XP/Vista/7                     |                   |

### Montaje del ensayo (véase el esquema)


El sensor de fuerza sostiene el bucle conductor de 8 cm de largo con el soporte de bucle conductor y se ubica de tal manera que el bucle se sumerja en la bobina sin núcleo en los espacios entre las espiras. El bucle conductor no debe tocar la bobina sin núcleo. Las dos hembrillas de 4 mm situadas en la parte inferior del sensor de fuerza han sido diseñadas para ser puntos de alimentación del soporte de bucle conductor. Estas no están conectadas internamente. Conecte el sensor de fuerza a la entrada A del Sensor-CASSY por medio de la unidad Puente.

La corriente fluye desde la fuente de alimentación de 20 A a través de la unidad 30-A hacia la entrada B del Sensor-CASSY pasando por el bucle conductor y retorna nuevamente a la fuente de alimentación. La corriente de la segunda fuente de 5 A fluye por la bobina sin núcleo.

### Realización del ensayo

#### ■ Cargar ajustes

- Ponga en cero al sensor de fuerza mediante → **0** ← en [Ajustes Fuerza FA1](#) y en caso necesario conecte el LED Smooth de la unidad Puente mediante **Box-LED**.
- Eventualmente ponga a cero el valor de la corriente mediante → **0** ← en [Ajustes Corriente IB1](#).
- En la fuente de alimentación de la bobina sin núcleo ajuste la corriente **I<sub>C</sub>** a unos 5 A.

- Aumente gradualmente la corriente  $I$  del bucle conductor de 0 a 20 A en pasos de 2 hasta 5 A y registre en cada paso un valor con . Una medición errónea puede ser borrada de la tabla mediante [Tabular → Borrar última línea de tabla](#).
- Si sólo se mide fuerzas negativas, intercambie las conexiones en el soporte de bucle conductor.
- Realice el experimento con rapidez porque el bucle conductor y el soporte de bucle conductor sólo pueden soportar por corto tiempo corrientes de 20 A.
- Ponga la corriente del bucle conductor nuevamente a 0 A.

### Evaluación

La fuerza crece linealmente con el incremento de la corriente. El factor de proporcionalidad  $F/I = B \cdot s$  resulta de la pendiente de una [recta promedio](#). De aquí se puede determinar la densidad de campo magnético  $B$ .

En el ejemplo  $F/I = 0,138 \text{ mN/A}$  y con  $s = 0,08 \text{ m}$  se obtiene  $B = 1,725 \text{ mT}$ .

De  $B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$  y con los valores para  $\mu_0 = 1,257 \text{ } \mu\text{Vs/Am}$ ,  $N = 120$ ,  $I_C = 4,75 \text{ A}$  y  $L = 0,41 \text{ m}$  resulta el valor calculado  $B = 1,75 \text{ mT}$ . Ambos resultado concuerdan muy bien dentro de la precisión de medición considerada.