

1002661 Juego de aparatos - Electromagnetismo

Instrucciones de uso

12/15 MH

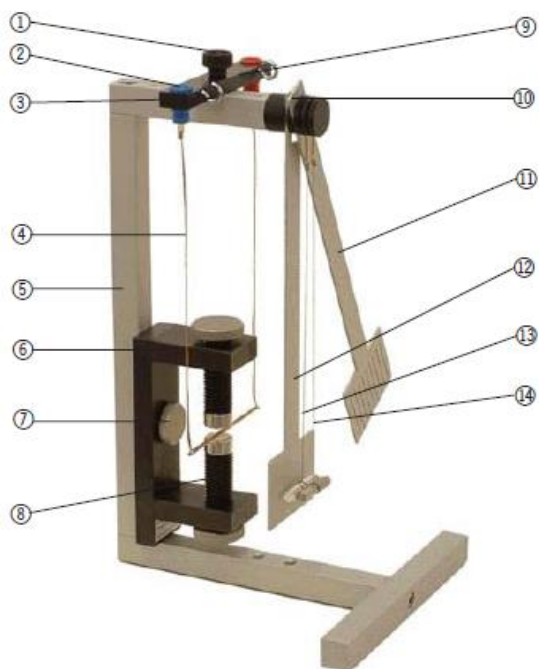


Fig.1: Componentes

- 1 Tornillo moleteado para fijación del soporte transversal
- 2 Agujeros roscados (5x) para fijación del soporte transversal
- 3 Soporte transversal
- 4 Columpio conductor
- 5 Soporte
- 6 Tornillo moleteado M8x20 para fijación magnética
- 7 Imán 1002660 (no forma parte del volumen de suministro)
- 8 Agujeros roscados para fijación de imán
- 9 Apoyo del columpio conductor
- 10 Alojamiento del péndulo
- 11 Péndulo ranurado
- 12 Péndulo llano
- 13 Barra de cristal con cuerda y gancho
- 14 Barra de aluminio con cuerda y gancho

1. Aviso de seguridad

- Si se emplean los imanes 1002660, se deben observar estrictamente las notas de seguridad indicadas. Por ejemplo, ¡cuidado con los marcapasos!
- ¡Peligro de shock eléctrico! La máxima tensión de salida de la fuente de alimentación empleada no debe sobrepasar los 40 V.
- ¡Peligro de heridas! La barra de cristal (13) se puede quebrar, por lo cual se la debe manipular con cuidado. ¡Las partes quebradas cortantes representan una considerable fuente de peligro!

2. Descripción, datos técnicos

Con juego de aparatos-Electromagnetismo se pueden realizar experimentos sobre fuerza en un conductor sobre el que fluye una corriente eléctrica, al igual que sobre corrientes parásitas, diamagnetismo y paramagnetismo. El juego de aparatos

se compone de un soporte de aluminio libre de balanceo, con una posición predeterminada de imanes y alojamientos para los accesorios. De esta manera desaparecen los costosos tiempos de ajuste. Además, las piezas accesorias se pueden fijar al soporte para efectos de almacenamiento. Para esto, los péndulos (11), (12) deben colgarse de ambas ranuras centrales del alojamiento para péndulos y la barra de vidrio, o bien la de aluminio (13) ó (14) en ambas ranuras exteriores, para que, de esta manera, las cuerdas no se retuerzan. El columpio conductor pende de un soporte transversal, en el cual se han implementado clavijeros de seguridad (4 mm). No se debe sobrepasar la corriente máxima de 6 A para el columpio conductor.

Altura del soporte:	345 mm
Péndulo:	290 x 70 mm
Ancho de ranura:	máx. 1 mm
Ancho del columpio conductor:	100 mm
Barras:	40 mm x 8 mm Ø

3. Servicio y mantenimiento

- En primer lugar, se debe atornillar el soporte como se muestra en la Fig. 1. Al hacerlo se debe observar que el equipo se encuentre en posición vertical (emplear escuadra).
- La tira trenzada de cobre del columpio conductor debe pender lisamente hacia abajo, y el alambre de cobre debe permanecer paralelo al soporte transversal. Dado el caso, se puede alisar cuidadosamente la tira de cobre con los dedos. No se debe curvar la tira de hierro en las cercanías de los puntos de soldadura (peligro de que se quiebre).
- Las barras de vidrio y aluminio penden cada una de un hilo delgado, el mismo que podría encontrarse un poco torcido. Antes de un experimento, las barras deben pender individualmente del soporte hasta que ya no giren.
- Mantenimiento: En principio, el equipo experimental electromagnético no necesita mantenimiento. Para su limpieza, se lo puede frotar con un paño húmedo (agua con agente de limpieza.) Se pueden emplear soluciones tales como acetona, gasolina de lavado o etanol (alcohol), pero no sobre

el lugar en donde se encuentran las etiquetas adhesivas.

- Si las cuerdas de la barra de vidrio o de aluminio se han anudado o retorcido, se puede emplear en su lugar seda fina para coser. En primer lugar, la seda para coser se enrolla 3 veces alrededor de la barra respectiva y se anuda. A continuación, se cuelga la barra y se la balancea horizontalmente, desplazando la seda de la que pende la barra. Para finalizar, se puede fijar la seda a la barra con pegamento instantáneo (tomar en cuenta las notas de seguridad del fabricante del pegamento).

4. Ejecución del experimento y evaluación

4.1 Conductor por el que fluye una corriente en un campo magnético

4.1.1. Montaje experimental

- En la Fig. 2 se pueden observar los dos posibles arreglos experimentales.

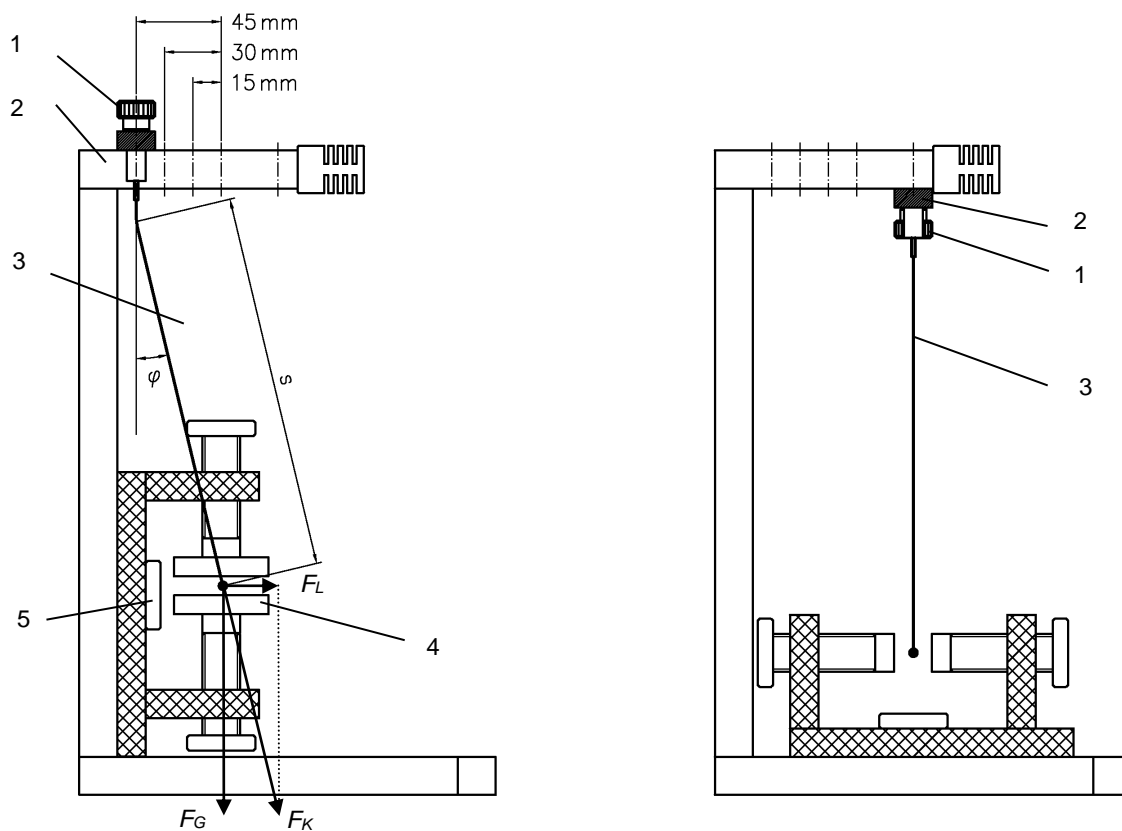


Fig. 2 Montaje experimental «Conductor por el que fluye una corriente en un campo magnético».

1: tornillo moleteado; 2: soporte transversal; 3: columpio conductor, 4: zapata polar, 5: tornillo moleteado de cabeza plana

- El montaje experimental de la Fig. 2 (derecha) sirve para comprobar que la fuerza de Lorentz no actúa en el sentido del campo magnético ni tampoco en el de la corriente. En el primer caso, el columpio oscilaría hacia la derecha o la izquierda; en el segundo caso, debería oscilar hacia el plano de proyección o alejarse de él.
- Por medio del montaje experimental de la Fig. 2 (izquierda) se puede demostrar cualitativa y cuantitativamente la fuerza de Lorentz. Para la demostración cualitativa, se cuelga el columpio conductor verticalmente sobre los polos del imán. Si ahora se conecta una corriente, se observará una desviación que se incrementará a medida que aumenta la intensidad de la corriente.
- Para la demostración cuantitativa de la fuerza de Lorentz, se emplean las 3 perforaciones roscadas que se han practicado hacia la izquierda, a 15, 30 y 45 mm en relación a las verticales. Si, por ejemplo, se monta el columpio conductor – como se muestra en la imagen – desplazado 45 mm hacia la izquierda, y se ajusta la corriente que fluye por el columpio de manera que el alambre de cobre grueso se encuentre exactamente en el centro del campo magnético, entonces, la desviación del columpio conductor desde las verticales es igual a exactamente 45 mm, y la fuerza de Lorentz corresponde a la fuerza antagonista que soporta el columpio debido a la atracción terrestre (véase también la evaluación del experimento).

4.1.2. Ejecución del experimento

- Durante la medición, es necesario anotar las siguientes magnitudes:
 - el número del experimento N°
 - la distancia a entre las zapatas polares
 - el ancho de zapatas polares b en el sentido del conductor
 - la desviación c y
 - la corriente I , que fluye si el hilo de cobre se posiciona en el centro, dado el caso, se debe medir la distancia entre el alambre de cobre y el tornillo moleteado (5) con una regla no magnética. Ejemplo de una serie experimental con una distancia entre zapatas polares $a = 10$ mm

N°	b en mm	c en mm	I en A
1	50	15	0,57
2	50	30	1,20
3	50	45	1,87
4	20	15	1,16
5	20	30	2,36
6	20	45	3,57

4.1.3. Evaluación del experimento

- El columpio conductor se asume simplificada-mente como un péndulo matemático, esto es, se desprecia el peso de las tiras trenzadas de cobre, y el alambre de cobre hace las veces de masa puntual ($m = 6,23$ g). La longitud eficaz s del péndulo es algo menor que la longitud de las tiras de cobre, puesto que éstas, en la parte superior, no se pliegan en canto vivo cuando el columpio se desvía. La longitud s se obtiene, por tanto, del punto de corte imaginario de la prolongación lineal de las tiras de cobre con las verticales (véase Fig. 2). Aproximadamente, es válido: $s = 200$ mm.
- La fuerza resultante F_K , en la tira de cobre, compuesta por la fuerza de Lorentz F_L y el peso F_G está inclinada en el ángulo φ , puesto que la tira de cobre no soporta (prácticamente) ninguna fuerza transversal. Por tanto, es válido lo siguiente:

$$\frac{F_L}{F_G} = \tan \varphi \Leftrightarrow F_L = mg \frac{\frac{c}{s}}{\sqrt{1 - \left(\frac{c}{s}\right)^2}} \quad (1)$$

- En la serie experimental de más arriba, las zapatas polares, en los ensayos 4 y 5, giraron alrededor de 90° en relación con las pruebas 1 a 3. De esta manera, se modifica la longitud del conductor que se introduce en el campo magnético. Sin embargo, ahora, para la evaluación, no se deben tomar literalmente las verdaderas dimensiones de zapata polar, puesto que el campo magnético «se sale» por los lados (véase Fig. 3).

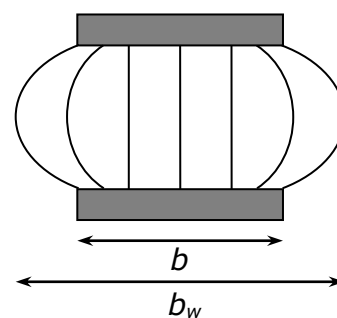


Fig. 3 Efectos de borde en los cantos de las zapatas polares

- La longitud eficaz de conducción b_w , en el campo magnético, se obtiene aproximadamente a partir de:

$$b_w = b + a \quad (2)$$

- Utilizando las ecuaciones 1 y 2 para la serie de experimentos con una longitud eficaz de conductor $b_w = 60$ mm se obtiene lo siguiente:

N°	Fuerza de Lorentz F_L en mN	Corriente I en A
1	4,60	0,57
2	9,27	1,20
3	14,1	1,87
4	4,60	1,16
5	9,27	2,36
6	14,1	3,57

- El resultado se representa también en la Fig. 4. Se puede reconocer directamente que la fuerza de Lorentz es proporcional a la corriente. Además, una evaluación de la pendiente de las rectas muestra que la fuerza de Lorentz también es proporcional a la longitud efectiva de conducción. Por lo tanto, es válido lo siguiente: $F_L \propto b_w \cdot I$

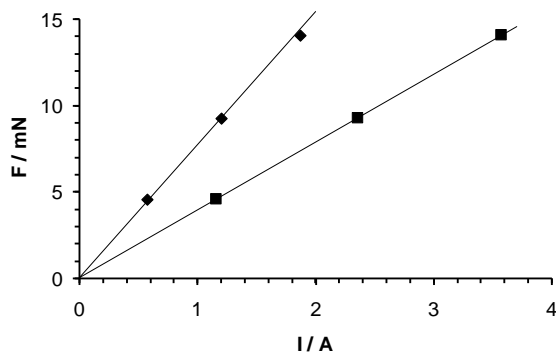


Fig. 4 Fuerza de Lorentz en función de la corriente que atraviesa el conductor. Rectángulos: $b_w = 60$ mm, rombos: $b_w = 30$ mm

4.2 Corrientes parásitas inducidas

- El montaje experimental se representa en la Fig. 5. La distancia entre polos es aproximadamente de 10 a 30 mm y variará. Si se desvían ambos péndulos en el mismo ángulo y se los suelta, el polo no ranurado frenará muy rápidamente, mientras que el polo ranurado realizará algunas oscilaciones.
- Explicación: En los experimentos del apartado 4.1 fluía una corriente a través del columpio conductor. Por esta razón, se movían las cargas (electrones) en un campo magnético, lo cual, obviamente, condujo a la obtención de una fuerza mensurable (la fuerza de Lorentz).

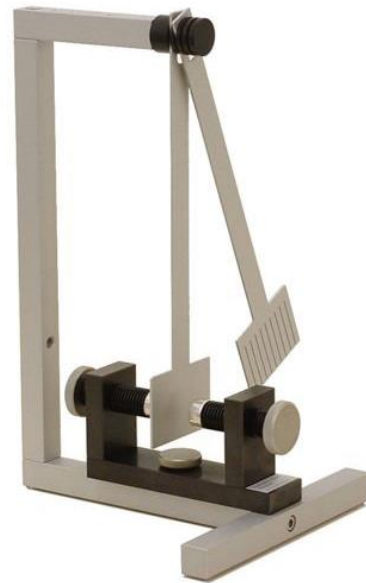


Fig. 5 Montaje experimental "Corrientes parásitas inducidas"

- También en este experimento se mueven cargas – los electrones libres del aluminio – en un campo magnético, pero aquí, dicho movimiento obedece a una razón de naturaleza mecánica. Por medio de este movimiento, también aquí la fuerza de Lorentz actúa sobre los electrones, lo cual tiene como consecuencia un flujo de electrones, esto es, una corriente que atraviesa el aluminio, la cual, en este experimento, de acuerdo con el sentido de oscilación del péndulo, fluye en vertical, de arriba hacia abajo o viceversa.
- En el caso del péndulo no ranurado se produce un «cortocircuito», puesto que la corriente inducida en el área del péndulo puede fluir en sentido de retorno por el exterior del campo magnético. De esta manera se origina una corriente parásita, la cual puede ser muy elevada, lo cual conduciría a un calentamiento del aluminio. La energía pendular se convierte, en primer lugar, en energía eléctrica y, a continuación, en calor.
- En el péndulo ranurado no se puede generar esta corriente parásita, puesto que, debido a las ranuras, la superficie de aluminio que se encuentra por fuera del campo magnético está aislada de la superficie que se encuentra dentro de él. A saber, los electrones también son desplazados, en primer lugar, en una dirección, pero cuando se agrupan muchos electrones en la parte superior o inferior del péndulo, chocan entre sí, y la tensión que esto genera produce un equilibrio con la fuerza de Lorentz, en ausencia de flujo de corriente. La energía pendular, por tanto, no se convierte en calor.

4.3 Diamagnetismo y paramagnetismo

- El montaje experimental corresponde, en principio, a la Fig. 5. En lugar del péndulo se cuelga ahora la barra de aluminio, o la de cristal, sobre el campo magnético (antes, eventualmente, se debe alisar el alambre retorcido, véase apartado 3). La barra de cristal, en principio, girará un poco, mientras que la de aluminio adopta lentamente su posición final (corriente parásita inducida, véase último apartado). Después de algún tiempo, las barras se posicionan como se muestra en la Fig. 6.

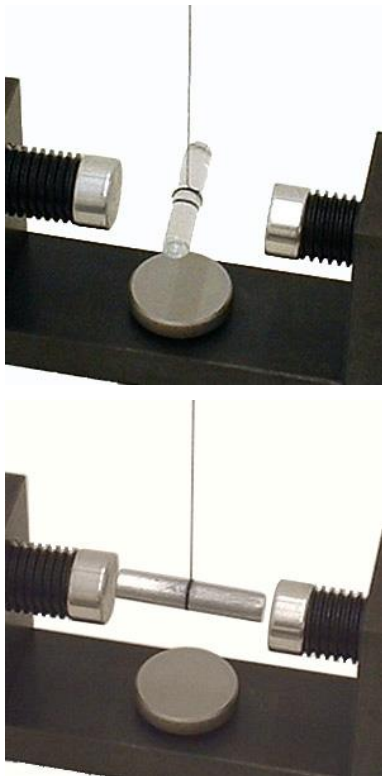


Fig. 6: Barra de cristal (arriba) y de aluminio (debajo) en el campo magnético

- Si se afloja el tornillo moleteado que sostiene los imanes, tras un lento giro de éstos, se puede demostrar que la orientación de las barras continúa guardando relación con los imanes y, por tanto, no obedece a la posición de reposo determinada por la mecánica pura (ninguna torcedura del alambre).
- Explicación: Aunque ni el cristal ni el aluminio son magnéticos, ambas barras se orientan hacia el campo magnético. La magnitud decisiva, en este caso, es la permeabilidad μ_r , la cual indica en cuánto se multiplica la densidad de flujo de un campo magnético por la acción del materi-

al en cuestión, en relación al vacío. Asombrosamente – y de una manera diferente a lo que ocurre con las constantes dieléctricas –, la permeabilidad relativa puede ser mayor o menor a 1. En el caso del aluminio, ésta es de $\mu_r = 1,000023$, y para el vidrio es igual $\mu_r = 0,99999$. Por tanto, para el aluminio, la densidad de flujo se incrementa, y la barra gira en el sentido del campo. Este efecto se denomina paramagnetismo. En el caso del vidrio, ocurre lo contrario. La barra gira en sentido contrario al campo y el efecto se denomina diamagnetismo.