

TRABAJO PRÁCTICO N° 3: Ley de Faraday - Lenz

En este Trabajo Práctico nos proponemos poner a prueba la siguiente hipótesis: “*un imán que cae por el interior de un tubo hueco desciende siempre en caída libre, a lo sumo afectada por el rozamiento con el aire o con las paredes del tubo*”.

Recordemos que, en cinemática, una caída libre es modelada como un tipo particular de movimiento rectilíneo uniformemente variado. En este modelo, la ecuación horaria de posición es:

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \quad (1)$$

donde x_0 es la posición inicial, t_0 es el tiempo inicial, v_0 la velocidad inicial y a la aceleración. En el caso particular de la caída libre, la aceleración es la de la gravedad:

$$g = (9,80665 \pm 0,00001) \text{ m/s}^2$$

Si la hipótesis propuesta es correcta, el movimiento debería poder ser descrito mediante este modelo, con una aceleración cercana, aunque algo menor (producto de posibles fricciones), a la de la gravedad.

Entonces, dejaremos caer un imán por el interior de dos tubos de diferente material y buscaremos modelizar su caída, a partir de la medición de sus coordenadas de posición y tiempo a medida que desciende.

Dado que los tubos son opacos, debemos idear alguna manera de detectar el movimiento del imán. Para ello, colocaremos bobinas a lo largo de los tubos y nos valdremos de la diferencia de potencial (ddp) o fuerza electromotriz (fem) que se induce en una bobina al ser atravesada por un imán de acuerdo a la Ley de Faraday-Lenz.

Dispondremos de dos tubos de igual longitud y bobinados idénticos, uno de aluminio, y otro de plástico. En la Figura 1 se muestra un esquema de uno de los tubos. A medida que el imán atraviesa cada bobina, la ddp inducida se medirá conjuntamente con el tiempo empleando un sensor de voltaje, el cual a su vez estará conectado a una PC mediante una interfaz, como se observa en la Figura 2.

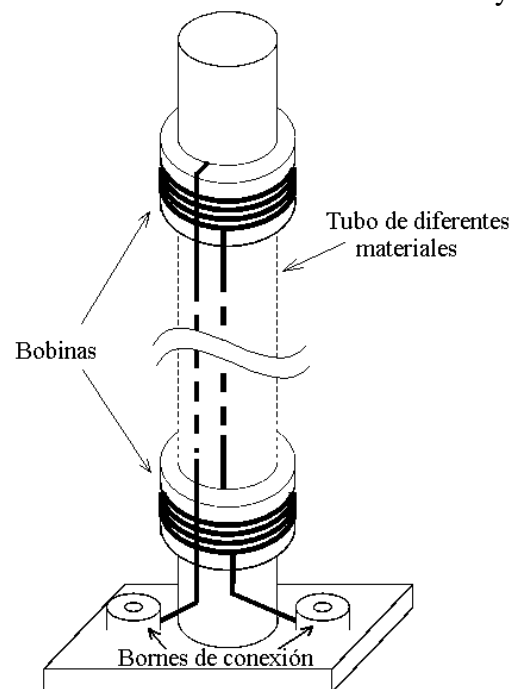


Fig. 1: Corte del tubo donde se han esquematizado solamente el primer y el último bobinado

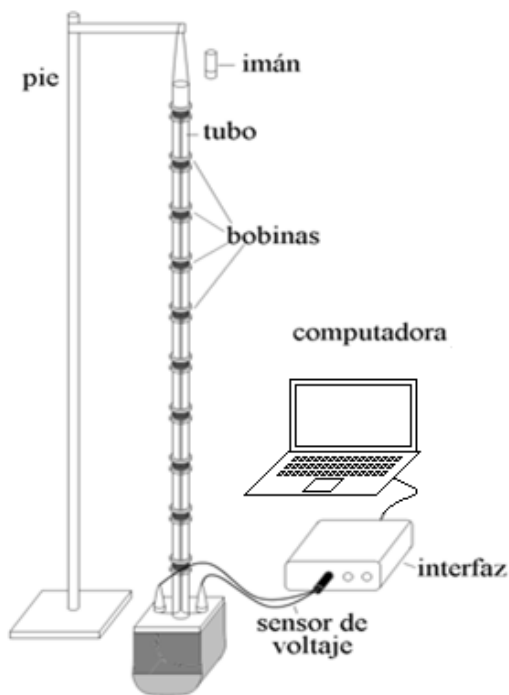


Fig. 2: esquema del dispositivo experimental

Una bolsa de tela ubicada en el extremo inferior retiene el imán a su salida del tubo, evitando que golpee contra el piso (si el imán cae al piso es muy probable que se quiebre, por eso hay que manipularlo con cuidado).

Efectuaremos una única medición para cada tubo, obteniendo un gráfico de $ddp = f(t)$ para cada uno de ellos (Gráficos I y II). También guardaremos una imagen con ambas mediciones superpuestas para poder compararlas (Gráfico III).

Observando los Gráficos I y II: *¿por qué se observa una misma figura o ciclo que se repite a lo largo de todo el gráfico? ¿Cuántos ciclos se observan y por qué? Describa la forma de uno de estos ciclos. ¿A qué se debe esa forma específica? ¿Cuál es la razón de que la ddp sea en algunos intervalos de tiempo positiva y en otros negativa? ¿Dónde está el imán en los momentos en que la gráfica interseca al eje horizontal ($ddp=0V$)?*

Ahora, analizando el Gráfico III, *¿con qué puede relacionarse que en una de las curvas los valores máximos (o mínimos) que alcanza la ddp varían y en el otro se mantienen constantes? ¿Con qué puede relacionarse que el intervalo de tiempo entre los picos sea constante en uno pero no en el otro caso? ¿Qué puede decirse del ancho de los picos? ¿El tiempo de caída total es el mismo en ambos casos?*

Ahora debemos determinar las coordenadas de tiempo y posición del imán para poder estudiar su movimiento en cada uno de los dos tubos.

Obtendremos las coordenadas de tiempo del imán a partir de los Gráficos I y II, determinando el instante en el cual el imán pasa por el centro de cada bobina. Para ello, utilizaremos el software de la computadora mencionado anteriormente. Mediante el uso de una herramienta que indica las coordenadas del punto donde ubiquemos el cursor, buscaremos en el centro de cada ciclo el valor de tiempo más cercano a una ddp nula. Tomaremos nota de estos valores de tiempo con todos sus decimales, sin truncar ni redondear. *¿Qué criterios deberíamos aplicar para asignar una incerteza a esta medición?*

Cada tubo cuenta con diez bobinas distribuidas a lo largo de toda su extensión, conectadas en serie, y los bornes de conexión en la base del tubo que permitirán conectar el bobinado a la interfaz. Esta última se conecta a una computadora y mediante un software se comienza la medición al hacer click en el botón correspondiente, por lo que es importante minimizar el tiempo entre la activación del software y el inicio del movimiento del imán.

Debemos tomar ciertos recaudos durante las mediciones para minimizar la influencia de otros fenómenos indeseables en la caída del imán. Soltaremos el imán siempre desde la misma posición y respetando la orientación de sus polos. También intentaremos que el tubo no oscile y que se encuentre en posición vertical, para disminuir el efecto del rozamiento contra las paredes durante la caída.

Una bolsa de tela ubicada en el extremo inferior retiene el imán a su salida del tubo, evitando que

A continuación, obtendremos las posiciones del imán midiendo la posición de cada bobina, en ambos tubos, de acuerdo al sistema de referencia elegido. Para ello, emplearemos una cinta métrica. *¿Qué fuentes de incerteza inciden en esta medición?*

Con estos datos, completen las Tablas I (tubo de plástico) y II (tubo de aluminio).

Confeccionen ahora dos gráficos de $x = f(t)$ a partir de los datos de las Tablas I y II, uno para cada tubo (Gráficos IV y V).

Queremos determinar entonces si se cumple la hipótesis planteada en ambos tubos. Recordando la ecuación (1), *realicen un ajuste cuadrático en ambos gráficos.*

¿Cuánto vale el coeficiente de ajuste R^2 en cada caso? ¿Cómo lo interpretan? Analizando los parámetros de las funciones de ajuste, obtengan el valor de la aceleración del imán en cada caso:

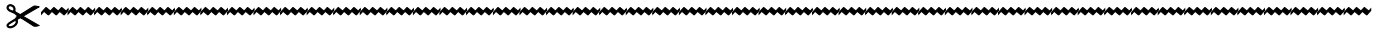
$$a_{\text{plástico}} = (\dots\dots\dots) \frac{m}{s^2}$$

$$a_{\text{aluminio}} = (\dots\dots\dots) \frac{m}{s^2}$$

Entonces, ¿el movimiento del imán puede aproximarse por una caída libre en ambos tubos? ¿Qué modelo describe más adecuadamente el movimiento que realiza el imán en cada tubo? Determinen diferencias y similitudes entre los tubos, en función de buscar la causa que explique las diferencias observadas en cada movimiento.

Considerando ahora el modelo correspondiente a la dinámica del movimiento, realicen un diagrama de cuerpo libre para cada tubo. ¿Qué fuerzas actúan en cada caso? ¿Cuál es el origen de esas fuerzas? Expliquen en base a la Ley de Faraday-Lenz.

Retomando el objetivo del TP, determinen si se cumple o no la hipótesis propuesta, teniendo en cuenta que para demostrar la falsedad de una afirmación general es suficiente encontrar al menos un caso en el que la misma no se cumpla.



t (s)	ϵt (s)	x (m)	ϵx (m)

Tabla 1: valores de tiempo y posición obtenidos para la caída del imán en el tubo de plástico

t (s)	ϵt (s)	x (m)	ϵx (m)

Tabla 2: valores de tiempo y posición obtenidos para la caída del imán en el tubo de aluminio

Fecha: / /2025

Año y división:

Grupo N°:

Firma del ayudante: