

6. LEY DE OHM

TAREA DE PREPARACION

Nombre Estudiante: _____ Código: _____ Plan: _____
 Fecha: _____

1. Se tiene un circuito que consta de su fuente de poder conectada en serie con una resistencia variable R_0 , una resistencia desconocida R_x , un amperímetro y un voltímetro. La fuente da una salida ε en voltios, tiene una resistencia interna R_i ; el amperímetro tiene una resistencia interna R_A ; el voltímetro tiene resistencia interna R_V . Con estos elementos de circuito, explique cómo obtener un valor experimental para R_x .
2. La resistividad del cobre es $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. Un alambre cilíndrico de cobre a tiene una longitud de 15m y un diámetro de 0.050cm. ¿Cuál es la resistencia del alambre? Explique

$$R = \quad \Omega$$

3. La resistividad del Fe es $8.9 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$. Una lámina de hierro tiene un espesor de 0.1mm, 1cm de ancho y 5 cm de largo. ¿Cuál es la resistencia del alambre si la corriente se hace circular a través de las caras de mayor área? ¿Cuál es la resistencia del alambre si la corriente se hace circular a través de las caras de menor área? Haga un esquema y explique su respuesta

$$R = \quad \Omega$$

$$R = \quad \Omega$$

4. Identifique cada una de las magnitudes físicas que Ud. va a medir en esta práctica para obtener valores experimentales de resistencias de alambres utilizando la ley de Ohm.

6. LEY DE OHM

1. OBJETIVO

- Estudio de la dependencia de la resistencia eléctrica con la geometría (longitud, sección transversal) y con el material (resistividad): Ley de Ohm
- Estudio del coeficiente térmico de la resistencia.

2. MODELO TEÓRICO

Cuando circula una corriente eléctrica I por un alambre conductor la diferencia de potencial eléctrico V_R entre sus extremos, de acuerdo con la ley de Ohm, está dada por la siguiente expresión:

$$V_R = RI \quad 4.1$$

Siendo R una constante de proporcionalidad llamada Resistencia Eléctrica R , y su valor numérico depende del material de que está hecho el conductor (Cu, Fe, constantan, latón, etc) y de la geometría (si el conductor tiene forma de un alambre cilíndrico o de una placa, etc.). La unidad de resistencia es el ohmio, denotado con el símbolo $\Omega=1\text{ Voltio}/1\text{ Amperio}$. En el caso de que el conductor tenga forma de un alambre cilíndrico de longitud L y área transversal A , la resistencia R está dada por la expresión:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 4.2$$

Donde ρ es la resistividad eléctrica del material, magnitud que es característica de las propiedades eléctricas microscópicas del material como su densidad de electrones libres n , la carga e y masa m_e del electrón, y el tiempo promedio entre choques τ (o en su defecto el camino libre medio y la velocidad térmica media de los electrones). Para materiales isotrópicos se define como:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{|\vec{J}|}{|\vec{E}|} = \frac{ne^2\tau}{2m_e} = \sigma \quad 4.3$$

Donde σ es la conductividad eléctrica del material, J es la densidad de corriente y E el campo eléctrico aplicado que produce la densidad de corriente. La unidad de la conductividad eléctrica es $(\Omega\text{-m})^{-1} = \text{siemens}$. Un elemento de circuito que cumpla la ley de ohm es una resistencia óhmica. Todos los materiales ofrecen una resistencia al paso de corriente, es decir, tienen un valor para la resistividad (o conductividad); pero no todos cumplen la ley de Ohm.

La resistividad o conductividad tienen una dependencia con la temperatura, representada en el tiempo característico τ entre colisiones. Si la temperatura del sólido es

mayor, el tiempo entre colisiones es menor y la conductividad disminuye, ó la resistividad aumenta. En los metales esta dependencia se expresa por medio del coeficiente térmico de la resistividad que nos dice que si la temperatura aumenta en ΔT la resistividad aumenta proporcionalmente un $\Delta\rho$:

$$\alpha = \frac{1}{\rho(T_0)} \frac{\Delta\rho}{\Delta T} = \frac{1}{\rho(T_0)} \frac{\rho(T) - \rho(T_0)}{T - T_0} \quad 4.4$$

3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 Materiales y Equipo

1. Panel de resistencias de forma geométrica idéntica: alambre cilíndrico de longitud $L=1m$, diferentes diámetros $\phi = 1, 0,5, 0,7, 0,35mm$ y de materiales diferentes: 5 de Constantan (aleación de Fe/Ni), 1 de latón (aleación de Cu/Zn).
2. Dos multímetros digitales (o analógicos con óhmetro calibrado)
3. Fuente de poder DC 0-20 V, 0 - 2 A
4. Bombillo
5. Cables de conexión

3.2 Precauciones

- 3.2.1. **Mantenga abierto el circuito** a menos que Ud. esté tomando medidas. Las resistencias se calientan cuando circula corriente eléctrica través de ellas llegando a dañarse si la corriente es alta y el tiempo se hace largo.
- 3.2.2. **Circuito abierto, hágalo siempre con el cable del circuito que llega al borne positivo de la fuente de poder**
- 3.2.2. Usar durante cada medición tanto el amperímetro como el voltímetro EN LA MISMA ESCALA. Verifique antes de comenzar a tomar cada medida cuál es la escala más apropiada.
- 3.2.3. NO CIRCULAR CORRIENTES **MAYORES A 0.8 Amperios. Ver Tabla de especificaciones del fabricante al final.**
- 3.2.4. El amperímetro debe estar conectado en serie con la resistencia a medir y el voltímetro en paralelo con la resistencia a medir, recuerde que estos instrumentos tienen una polaridad, es decir, un borne positivo y uno negativo.

3.3 Montaje experimental:

- 3.3.1 Monte el circuito de la figura 4.1. Note que el circuito básico es la fuente de poder conectada en serie con la resistencia R_x a ser medida, es decir a cada una de las configuraciones de las resistencias dadas.

Nota: La resistencia variable ó reóstato permite variar ó controlar la corriente eléctrica que circula por el circuito. La fuente de poder, amperímetro y voltímetro sobre su mesa de trabajo puede ser diferente a la de la figura

- 3.3.2 Para el estudio de la dependencia de la resistencia con la geometría (ecuación 4.2)

GUIA DE PRÁCTICAS DE ELECTROMAGNETISMO

- Usted variará la longitud L dejando el área transversal A y la resistividad ρ constante. De su panel de alambres, escoja los que cumplan esta condición. Escoja como R_x un alambre; duplicar la longitud es conectar en serie un segundo alambre idéntico, figura 4.1.c; triplicar la longitud es conectar en serie un tercer alambre idéntico (debe usar un segundo panel de alambres en este caso). Pida a su profesor coordinar con los otros grupos de práctica el momento de tener dos paneles a su disposición. Verifique que está escogiendo los alambres de mismo diámetro y material.
- Para variar el área transversal A manteniendo longitud L y resistividad ρ constante, utilice como R_x alambres con diámetro diferente. Escoja tres valores diferentes.
- Para estudiar la dependencia con la resistividad, dejando longitud L y área A constante, con la resistencia de constatan ya medida, escoja la de Latón (Messing) como R_x .

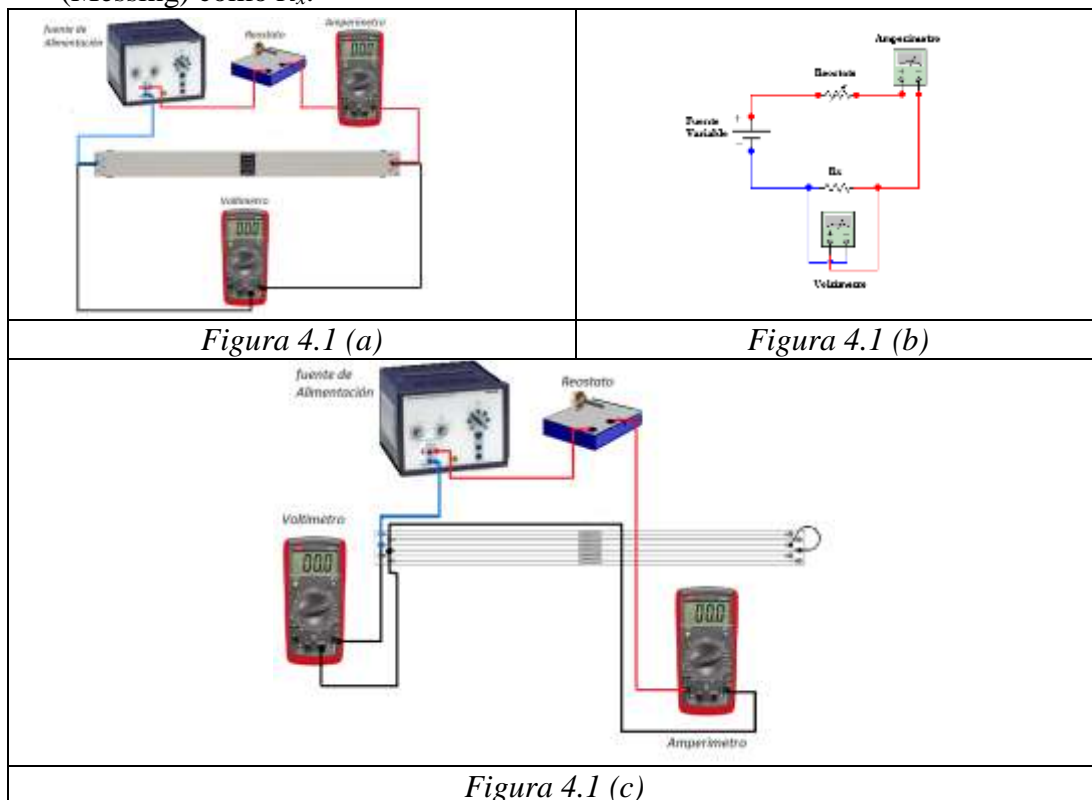


Fig. 4.1 Circuito para la medición de la resistencia R_x con un voltímetro y un amperímetro. (b) Esquema del circuito. (c) circuito indicando una conexión en serie de dos alambres idénticos.

RECUERDE: La fuente de poder a utilizar aquí debe ser tal que la corriente máxima a circular por R_x sea 0.8 A. Para esto ponga la perilla llamada I en la fuente de poder en el valor 0.8A.

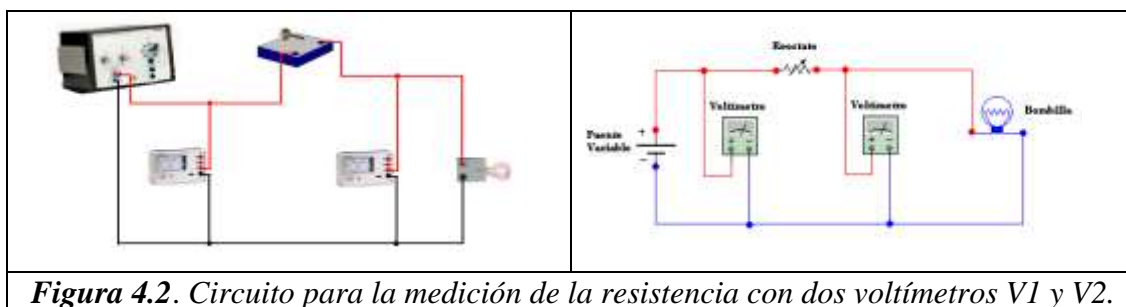


Figura 4.2. Circuito para la medición de la resistencia con dos voltímetros V1 y V2.

- 3.3.3 Para el estudio de la dependencia con temperatura Usted empleará como R_x la resistencia de un bombillo. No se medirá aquí directamente la corriente en el circuito con un amperímetro sino que se miden dos voltajes diferentes, ver figura 4.2. La resistencia variable R_o se deja en un valor fijo y la corriente eléctrica que circula por el circuito se controla variando el dial de voltaje sobre el panel de la fuente de poder
- 3.3.4 La corriente que circula por el bombillo se calcula a partir de la diferencia entre los potenciales V_1 y V_2 en los extremos de la resistencia R_0 :

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R_0} \quad 4.5$$

4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

4.1. Dependencia de la resistencia con la geometría:

- 4.1.1. Conecte el circuito de la figura 4.1 con una de las resistencias de Constantano como R_x . Con el reóstato en su valor máximo (mínima salida de corriente) gire el botón de voltaje de la fuente de poder a su valor máximo. Varíe R_o hasta que la corriente que circule por el circuito sea de máximo 0.8 A. Lleve de nuevo el botón de voltaje a cero para comenzar a tomar sus datos. Mientras no esté tomando medidas abra el circuito (**Recuerde: desconecta el cable que da al borne positivo de la fuente**).
- 4.1.2. Aumente la corriente en el circuito girando el botón del voltaje de la fuente. Tome los datos de la caída de potencial en R_x para 10 valores diferentes de corriente entre el mínimo posible y el máximo, nunca más allá de 0.8 A. Lleve sus datos a la **Tabla-4.1**. Disminuya a cero la corriente y abra el circuito.
- 4.1.3. Dependencia con la longitud: Conecte como R_x dos resistencias de constantano en serie y repita los pasos 4.1.1 y 4.1.2; y luego las tres resistencias de constantano en serie y repita los pasos 4.1.1 y 4.1.2.
- 4.1.4. Dependencia con el área transversal: Conecte como R_x el alambre de constantan con diámetro diferente y repita los pasos 4.1.1 y 4.1.2; conecte un tercer alambre y luego un cuarto alambre con diámetro diferente y repita los pasos 4.1.1 y 4.1.2. Lleve sus datos a la **Tabla 4.2**
- 4.1.5. Dependencia con el material: Repita los pasos 4.1.1 y 4.1.2 pero utilice como R_x la resistencia de latón (messing). Lleve sus datos a la **Tabla 4.3**

4.2. Dependencia de la resistencia con la temperatura: Resistencia de un filamento de tungsteno

- 4.2.1. Conecte el bombillo como R_x en la figura 4.2. Deje R_0 en un valor fijo. La corriente en el circuito se varía con el botón de voltaje de la fuente de poder.
- 4.2.2. Tome los datos V_1 y V_2 para diferentes valores de corriente entre el mínimo posible y el máximo. Lleve sus datos a la **Tabla-4.4**. Disminuya a cero la corriente y abra el circuito en el punto en donde **el cable llega al borne positivo de la fuente**.

5. ANÁLISIS Y CÁLCULOS

En el análisis de sus datos tenga en cuenta los siguientes aspectos e intente responder de acuerdo con ellos:

Las resistencias individuales obedecen la ley de ohm? Para responder esta pregunta considere las gráficas V vs I que usted obtuvo y su comportamiento lineal o no, dentro del cálculo por mínimos cuadrados. Evalúe el acuerdo entre el valor experimental y teórico de la combinación en estudio dentro de la incertidumbre experimental?

5.1. Dependencia de R con la geometría:

- 5.1.1 De los datos de la tabla 4.1 grafique en cada caso V vs I . Con el fin de comparar ópticamente las pendientes, m , haga en una sola gráfica las tres curvas. Calcule en cada caso la pendiente (con su respectiva incertidumbre Δm) y calcule R con su incertidumbre. Analice sus resultados.
- 5.1.2 De los cálculos del paso anterior, grafique la dependencia de R con la longitud L . Analice si su resultado está de acuerdo con la ecuación (4.2).
- 5.1.3 De los datos de la tabla 4.2 grafique en cada caso V vs I . Con el fin de comparar ópticamente las pendientes, m , haga una gráfica con las cuatro curvas. Calcule en cada caso la pendiente (con su respectiva incertidumbre Δm) y calcule R con su incertidumbre. Analice sus resultados
- 5.1.4 De los cálculos del paso anterior, grafique la dependencia de R con el área transversal A . Analice si su resultado está de acuerdo con la ecuación (4.2).
- 5.1.5 De los datos de la tabla 4.3 grafique en cada caso V vs I . Con el fin de comparar ópticamente las pendientes, m , haga una gráfica con las dos curvas. Calcule en cada caso la pendiente (con su respectiva incertidumbre Δm) y calcule R con su incertidumbre. Analice sus resultados.
- 5.1.6 A partir de los valores de R para Constantán y Latón, calcule el valor experimental para la resistividad de cada material y compárelo con valores de resistividad nominales (dados en la tabla).

5.2. Resistencia de un filamento de tungsteno

- 5.2.1. Grafique V_2 vs I de los datos de la tabla 4.4. ¿Es la curva lineal? Calcule la resistencia del filamento para cada posición del control de voltaje de la fuente. Calcule el cociente entre la resistencia del filamento en la posición máxima y mínima.
- 5.2.2 Analice de acuerdo con la teoría su resultado.

5.2.3 Los valores de resistencia equivalente que Usted espera para cada configuración, partiendo de los valores nominales de las resistencias, ó en su defecto de los valores leídos con un ohmímetro. Compare estos valores esperados con los experimentales obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA:

- [1] **Física tomo II**, R. A. Serway, cap. 28, 3^{ra} edición. Editorial Mc. Graw Hill.
- [2] **Física Para Ciencias e Ingeniería**, Tomo 2; Halliday - Resnick, Editorial CECSA
- [3] **Física**; Paul A. Tipler, 4^a edición

Datos Técnicos:

Number	Resistance wire	Material	Specific resistance	Diameter	Cross-section	Resistance	Maximum voltage	Maximum current
1	Constantan \varnothing 1	Constantan (56% Cu, 44% Ni)	$0.49 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	1.0 mm	0.8 mm^2	0.62Ω	2.0 V	3.3 A
2	Constantan \varnothing 0.7			0.7 mm	0.4 mm^2	1.3Ω	2.5 V	2.1 A
1	Constantan \varnothing 0.5			0.5 mm	0.2 mm^2	2.5Ω	3.2 V	1.3 A
1	Constantan \varnothing 0.35			0.35 mm	0.1 mm^2	5.1Ω	4.0 V	0.8 A
1	Brass \varnothing 0.5	Brass (63% Cu, 37% Zn)	$0.065 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	0.5 mm	0.2 mm^2	0.33Ω	1.5 V	4.0 A

