-17-

CURVA CARÁCTERÍSTICA DE UNA LÁMPARA

OBJETIVO

• Medir las resistencias de los filamentos metálicos y de carbón de sus correspondientes lámparas. Obtener su curva característica.

MATERIAL

• Resistencia variable (reóstato).
• Aparatos de medida: amperímetro y voltímetro.
• Lámpara de filamento de carbono.
• Lámpara de filamento metálico.
• Polímetro.

FUNDAMENTO TEÓRICO.

La ley de Ohm establece que, si en los extremos de un conductor de resistencia *R* se aplica una diferencia de potencial *V*, por éste circula una corriente *I* tal que *I = V/R*. Esta expresión suministra una forma sencilla y directa de medir la resistencia del conductor. Sin embargo, esta magnitud en muchos casos no es constante ya que varía con la temperatura.

La resistencia de un conductor *R*, depende de su resistividad ρ, de modo que si *L* es la longitud del conductor y *S* su sección la relación entre ambas se puede escribir como:

$$R = \rho \frac{L}{S} \qquad (1)$$

La dependencia de la resistividad con la temperatura es del tipo:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha T + \beta T^2 + \ldots) \qquad (2)$$

siendo ρ_0 la resistividad a 0 ºC, *T* la temperatura en ºC, y α y β constantes características del material (en las tablas se suelen dar estos valores referidos a 20ºC, lo que se conoce como *condiciones normales*). En primera aproximación, la ecuación anterior se puede escribir como $\rho = \rho_0 (1 + \alpha T)$, de modo que la dependencia con la temperatura de la resistencia se puede aproximar como:

$$R = R_0 (1 + \alpha T) \qquad (3)$$

Por otra parte. se sabe que, al pasar una determinada intensidad *I* por un material, éste se calienta por efecto Joule según la ley:

$$Q = I^2 R\ \tau \qquad (4)$$

estando I en amperios y R en ohmios, y siendo τ el tiempo de circulación de la corriente, medido en segundos. Por lo tanto, la temperatura del conductor aumentará al aumentar la intensidad que circula por él: en general, la temperatura del conductor será función de la intensidad que lo recorre, $T = T(I)$, salvo que la mantuviéramos constante (por ejemplo, enfriándolo de alguna manera). Por tanto, como $R=R(T)$ (por la ecuación 3), tenemos que $R=R(I)$, quedando la ley de Ohm expresada de la siguiente forma:

$$I = \frac{V}{R(I)} \qquad (5)$$

La curva que presenta I en función de V se llama ***curva característica del material*** y es de gran importancia práctica. Tratándose de conductores sólidos y líquidos es una recta si la temperatura se mantiene constante, pero si el conductor se calienta por la acción de la corriente, dicha línea se aparta de la ley de Ohm y deja de ser una recta.

Dado que la temperatura depende de la intensidad, si representamos los valores de R en función de I, obtendremos una representación cualitativa de la variación de R con la temperatura.

MODO DE OPERAR

1. Previo a la realización de ningún montaje eléctrico, se debe medir con el polímetro la resistencia de la lámpara que consta de una única bombilla. La incertidumbre de esta medida vendrá determinada por la escala utilizada y se puede consultar en la tabla incluida al final del guion.

2. Realice el montaje eléctrico de la Figura 1 para medir la diferencia de potencial y la intensidad de corriente que circula por una de las lámparas (*)

   Obsérvese la forma correcta de conectar los aparatos de medida: el voltímetro se conecta en paralelo con el elemento del circuito cuya diferencia de potencial entre sus extremos se quiere medir (en este caso, el filamento de la lámpara), mientras que el amperímetro se conecta en serie. En el circuito, y en serie con el filamento, se conecta una resistencia variable (reóstato). Variando el valor de esta resistencia con el cursor que tiene incorporada se varía la intensidad que circula por el circuito puesto que:

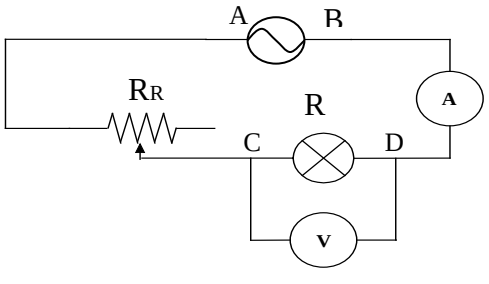

Figura 1

$$I = \frac{(V_A - V_B)}{(R + R_R)} \qquad (5)$$

(*) Una de las lámparas consta, en realidad, de dos bombillas iguales de resistencia R´ conectadas en paralelo para aumentar en un factor 2 el margen de medida. Es equivalente a colocar una sola de resistencia R = R´ /2, que es la que supondremos intercalada en el circuito.

El circuito se cierra pulsando un interruptor situado en la mesa.

No pulsarlo sin que el circuito haya sido revisado por el tutor o el técnico de laboratorio.

3. Para tomar las medidas, se va variando la posición del cursor en el reóstato y se anota, en una tabla, las lecturas del voltímetro ($V=V_C-V_D$) y el amperímetro (I). Estas medidas se realizan en sentido creciente, empezando por el valor más pequeño de I. No olvide anotar la precisión de los instrumentos. Con cada par de valores se calcula la resistencia de filamento mediante la expresión $R = V/I$.

   Conviene determinar primero el margen en el que se realiza el experimento, para dividirlo de forma que se realicen al menos quince medidas en todo él.

4. Repita los apartados anteriores (2,3) con la segunda lámpara.

TRABAJO PREVIO

En el montaje no se han representado las resistencias internas de los aparatos de medida. Si se tiene en cuenta que el voltímetro tiene una resistencia interna, se ve que las medidas de V no corresponden exactamente a la diferencia de potencial de la lámpara.

1. Encuentre la expresión de la resistencia total de la asociación voltímetro+lámpara suponiendo que la resistencia interna del voltímetro es Rv.

2. ¿Qué resistencia debe tener el voltímetro para que se pueda despreciar su efecto? Determínelo como aquella para la que la diferencia entre la resistencia de la asociación voltímetro+lámpara (determinada en el punto 1) y la resistencia de la lámpara es menor del 1%.

3. Obtenga la expresión de la resistencia de la lámpara y su incertidumbre si se tuviese en cuenta la resistencia interna del voltímetro, en función de Rv, I y V y sus incertidumbres.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Calcule la longitud *L* del filamento de la lámpara de una sola bombilla a partir de la medida de su resistencia *R* "*en frío*" (con el multímetro), sabiendo que su resistividad vale $\rho = 5.65 \cdot 10^{-8}$ Ω·m, su diámetro es d = 60 μm y aplicando la expresión (1). Calcule la incertidumbre en *L* utilizando únicamente la incertidumbre en *R* (es decir, asuma que los valores de ρ y *d* son exactos).

2. Exprese en tablas los valores de *V*, *I* y *R* para cada lámpara. Calcule la incertidumbre para cada valor de *R* teniendo en cuenta que es una medida indirecta que depende de las incertidumbres de *V* y de *I*. Presente los valores de las tablas correctamente expresados y/o redondeados. Para la lámpara de una sola bombilla, compare el valor de *R* correspondiente al menor valor de *I* con la medida de la resistencia "*en frío*" y discuta la posible diferencia en los valores. Para esta lámpara, los valores de *R* frente a *I* se pueden ajustar aproximadamente a una recta. Si esto es así, extrapolando este ajuste al valor de *I*=0 (es decir, observando su ordenada en el origen) el valor obtenido debería coincidir con el valor medido con el multímetro. ¿Es así? ¿Tiene esto sentido?

3. Construya la curva característica de cada lámpara (*I* en función de *V*). Dentro del margen en el que se ha trabajado, ¿se puede considerar lineal? Para contestar a esta pregunta, tiene dos opciones:
   a. Realizar un ajuste lineal de los datos y discutir su validez en función de los parámetros de dicho ajuste, relacionándolos con los objetivos de la práctica.
   b. Realizar un ajuste potencial de los datos (a una expresión del tipo $I = aV^n$), donde el parámetro *n* obtenido del ajuste indicará su linealidad: si *n*=1, la dependencia será lineal, y si *n* es superior o inferior a 1, la dependencia será supralineal o sublineal, respectivamente.

4. Construya para cada lámpara la gráfica de *R* en función de *I* y discuta si es creciente o decreciente. Deduzca de ello si la constante α es positiva o negativa. Teniendo en cuenta que la constante α es positiva para los buenos conductores (metales) y negativa para malos conductores (carbono), deduzca de qué material es el filamento de cada una de las lámparas.

5. Numéricamente, tomando $R_V \approx 2{,}5$ MΩ, y con los datos de la tabla correspondientes a los valores medidos extremos (máximo y mínimos) de la resistencia, para la lámpara de carbono, calcule la resistencia de la lámpara según la expresión obtenida en el apartado 3 del "TRABAJO PREVIO" y discuta la validez de los resultados obtenidos con (4). Identifique la diferencia entre ambas usando tantas cifras significativas como sea necesario, y discuta si esta diferencia es o no significativa en función de la precisión del experimento.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA DE LA RESISTENCIA

En el manual de los multímetros UNI-T UT33B/C/D, el modelo más común en el laboratorio, se especifica la precisión de la medida en modo ohmímetro, dependiendo de la escala utilizada. Por ejemplo, para la escala de 200 Ω, la incertidumbre será del 0.8% de la medida más 5 veces la mínima unidad, que en este caso vale 0,1 Ω. Por lo tanto, si en esa escala midiéramos un valor de 100.0 Ω, su incertidumbre sería:

$$\Delta R = 0.8\% \cdot 100\ \Omega + 5 \cdot 0.1\Omega = 0.8\ \Omega + 0{,}5\Omega = 1{,}3\ \Omega.$$

Range	Resolution	Accuracy			Overload Protection
		UT33B	UT33C	UT33D	
200Ω	0.1Ω	±(0.8%+5)			250V DC or AC
2000Ω	1Ω	±(0.8%+2)			
20kΩ	10Ω				
200kΩ	100Ω				
20MΩ	10kΩ	±(1%+5)			
200MΩ	100kΩ	- - - - - - - - -		± [5%(reading-10)+10]	