

DEMO 161

**Resistencia eléctrica de un metal y de un semimetal.
Bombillas de filamento incandescente: tungsteno vs. carbono**

Fig. 1. Bombilla incandescente con filamento de tungsteno (izquierda) y con filamento de carbono (derecha).

Autor de la ficha	Vladimir García Morales, Manuel Campos Taberner, José Antonio Manzanares
Palabras clave	Resistor no óhmico, ecuación de Drude de la conductividad eléctrica, metal, semimetal, bombilla incandescente, variación de la resistencia eléctrica con la temperatura, ley de Stefan
Objetivo	Mostrar que la curva voltaje-intensidad del filamento de una bombilla incandescente es no lineal. Mostrar que la resistencia eléctrica de un metal aumenta con la temperatura. Mostrar que la resistencia eléctrica del grafito disminuye con la temperatura, evidenciando así que no es un metal (sino un semimetal) pues su densidad de portadores de carga aumenta con la temperatura. Mostrar que la potencia eléctrica consumida se disipa por radiación, según la ley de Stefan, y determina la temperatura del filamento.
Material	Bombilla de filamento de carbono (30 W, 110 V), bombilla de filamento de tungsteno (40 W, 220 V), portalámparas casquillo E27, fuente de alimentación AC regulable o regulador de luz, voltímetro, amperímetro, cables de conexión
Tiempo de Montaje	5 min
Descripción	<p>Los filamentos de las bombillas incandescentes son resistores no óhmicos, es decir, sus curvas voltaje-intensidad son no lineales. El filamento de tungsteno, un metal, tiene una curva voltaje-intensidad cóncava vista desde arriba porque su resistencia eléctrica es tanto mayor cuanto mayor es la intensidad que circula por el mismo. Al contrario, el filamento de carbono (grafito), un semimetal, tiene una curva voltaje-intensidad convexa desde arriba porque su resistencia eléctrica es tanto menor cuanto mayor es la intensidad que circula por el mismo. Según la ecuación de Drude, la resistencia eléctrica aumenta cuando disminuye la movilidad de los portadores de carga y disminuye cuando aumenta la concentración de portadores de carga. En ambos materiales, tungsteno y grafito, el aumento de la corriente eléctrica que circula por ellos provoca un aumento de temperatura, mayor amplitud de las vibraciones atómicas y menor movilidad de los portadores de carga. En el grafito, un semimetal, el aumento de temperatura también provoca un aumento de la concentración de portadores de carga. Este último efecto domina y es responsable de que su resistencia eléctrica disminuya al aumentar la temperatura.</p> <p>Para medir su curva voltaje-intensidad, conecta en serie la bombilla, un amperímetro (escala 1 A) y una fuente de alimentación AC de voltaje variable o un regulador de luz. Conecta un voltímetro en paralelo a la bombilla. Varía el voltaje de la fuente (entre 40 V y 200 V a incrementos de 40 V aprox. para la bombilla de tungsteno y entre 20 V y 100 V a incrementos de 20 V aprox. para la bombilla de filamento de carbono) y mide la intensidad de la corriente y la diferencia de potencial entre los extremos de la bombilla. Representa esta diferencia de potencial en ordenadas frente a la intensidad eléctrica en abscisas, de modo que la pendiente de la curva es la resistencia eléctrica (diferencial) del filamento. En ambas bombillas se observa un comportamiento no óhmico, es decir, una curva no lineal, pero las curvaturas tienen signos opuestos. Por supuesto, para ilustrar el fenómeno, basta con hacer dos medidas con cada bombilla (pues el origen de coordenadas es un tercer punto).</p> <p>En estado estacionario, el cual se alcanza casi instantáneamente, la potencia eléctrica que se disipa en la bombilla por efecto de la resistencia es igual a la potencia emitida por radiación. Según la ley de Stefan, esta última es proporcional a</p>

<p>la cuarta potencia de la temperatura termodinámica del filamento. Por tanto, a mayor intensidad circulando por el filamento, mayor es su temperatura. Se muestra así que la resistencia eléctrica del metal tungsteno aumenta con la temperatura y que la del filamento de carbono (semimetal grafito) disminuye con la temperatura.</p>	
Sugerencias	
Advertencias	<p>La bombilla de filamento de carbono tiene un voltaje AC nominal de 110 V-120 V. No debe aplicarse un voltaje mayor porque se funde. Además, el filamento de carbono es frágil, por lo que la bombilla debe manipularse con cuidado.</p>
Bibliografía	<p>[1] Wilson, J. D.; Buffa, A. J.; Lou, B. <i>College Physics</i>, Pearson Addison-Wesley: San Francisco, CA, 2010, sect 17.3. [2] Wilson, J. D.; Hernández-Hall, C. A. <i>Physics Laboratory Experiments</i>, 8.^a ed., Cengage Learning: Stamford, CT, 2015, p. 335. [3] Katz, D. M. <i>Physics for Scientists and Engineers Foundations and Connections, Extended Version with Modern Physics</i>, Cengage Learning: Boston, MA, 2017, p. 883. [4] Walker Jr., P. L.; Thrower, P. A. (Eds.). <i>Physics and Chemistry of Carbon. A Series of Advances</i>, Vol. 8, Marcel Dekker: New York, 1973, p. 3.</p>