

# Física III - Química (2018)

## Práctica 3

### Corrientes y resistividad

- Un hilo de estaño puro se estira. Suponiendo que su densidad y resistividad no cambian mucho, calcular el cambio de su resistencia cuando:
  - Se estira reduciendo su diámetro en un 25%.
  - Se aplana en forma de cinta, aumentando su longitud al doble de la inicial.
- La resistividad del agua de mar es de unos  $0.25 \Omega m$ . Los portadores de carga son mayormente iones  $Na^+$  y  $Cl^-$ , y de cada uno de ellos hay unos  $3 \times 10^{26} \frac{1}{m^3}$ . Si llenamos un tubo de plástico de 2 m de largo y sección transversal  $100 \text{ cm}^2$  con agua de mar y lo conectamos a una batería de 12 V con los electrodos en cada extremo. ¿Cuál es la velocidad de arrastre resultante de los iones? ¿cuánto vale la corriente?
- Un alambre de cobre de sección  $0.04 \text{ cm}^2$  transporta una corriente de 50 A. Si la densidad del cobre es  $8.9 \frac{g}{\text{cm}^3}$ , su peso atómico es 64, su resistividad  $1.7 \times 10^{-6} \Omega cm$ , y se supone un electrón libre por átomo metálico, calcular:
  - El número de electrones libres por unidad de volumen.
  - La velocidad de deriva promedio de estos electrones.
  - El tiempo medio  $\tau$  entre colisiones de estos electrones con los iones metálicos.
  - Asumiendo el teorema de equipartición de la energía ( $E_{cin} = \frac{3}{2}k_B T$ ) calcular la energía térmica disponible a temperatura ambiente y la velocidad media instantánea de los electrones libres correspondiente. Estime a partir de esta última el camino libre medio  $l$ . Este fue el resultado obtenido por Drude a principios del 1900, ignorando la naturaleza cuántica del gas de electrones.
  - Recurriendo al análisis dimensional, ensamblar una cantidad con unidades de energía a partir de las constantes disponibles en un gas ideal cuántico de electrones: la masa de los electrones, la densidad y la constante de Planck. Evaluar esta cantidad, que será muy cercana (menor en un factor  $\approx 4.6$ ) a la llamada *energía de Fermi*  $\epsilon_F$  del gas: se corresponde con el último nivel de energía (puramente cinética en este modelo) ocupado a temperatura cero, y coincide con el potencial químico del gas). Comparar este valor con el potencial químico de un gas clásico y con la energía cinética asociada al movimiento térmico calculada anteriormente.
  - Evaluar la velocidad característica de los electrones en el nivel de Fermi  $v_F$  y combinarla con el valor de  $\tau$  calculado anteriormente para evaluar nuevamente el camino libre medio  $l$ . (Duda: ¿Por qué tendrá sentido utilizar una propiedad de  $T = 0$  a temperatura ambiente?)
  - A baja temperatura, la resistividad relativa a la de temperatura ambiente llamado RRR (*relative resistance ratio*, el cociente entre ambiente y baja temperatura) puede ser tan grande como  $10^6$  para monocristales muy puros y bien recocidos. Estime en ese caso el camino libre medio a baja temperatura. ¿Es consistente con la suposición de que los electrones chocan con los iones de Cu que conforman el cristal?
  - Si a una dada temperatura el tiempo entre choques con impurezas es de  $\tau_{imp} \approx 10^{-11} s$ , y el de choques con las vibraciones de la red es de  $\tau_{fonón} \approx 10^{-14} s$ , estimar el tiempo entre choques debido a ambos fenómenos. ¿Qué mecanismo de dispersión es el que domina a esa temperatura?
- Un conductor de cobre de 1.29 mm de diámetro puede transportar una corriente máxima de 6 A. La resistividad del cobre a temperatura ambiente es  $\rho = 1.7 \times 10^{-6} \Omega cm$ .
  - Hallar el valor máximo de la diferencia de potencial que puede aplicarse entre los extremos de un cable de 40 m de este conductor.

- (b) Hallar la densidad de corriente, el campo eléctrico y la potencia disipada en el conductor cuando circulan  $6\text{ A}$ .
5. (Opcional) Un conductor esférico hueco de conductividad  $\sigma$  tiene radio interior  $R_1$  y radio exterior  $R_2$ . Calcular la resistencia del conductor si entre las superficies interior y exterior se aplica una diferencia de potencial de modo que fluya una corriente  $i$  en dirección radial hacia fuera.

## Preguntas conceptuales

1. Explique cómo podría utilizar la dependencia de la resistividad con la temperatura de un material para saber si se trata de un metal o de un dieléctrico.
2. Comente cuáles son los factores principales que gobiernan la dependencia en la temperatura de la resistividad de un metal.
3. ¿Cómo explica el modelo de Drude para la resistividad de un metal la existencia de disipación?
4. ¿Qué importancia tiene la estadística de Fermi en las propiedades termodinámicas y de transporte de los electrones de un metal?
5. Verdadero o falso:
  - (a) Dentro de un conductor puede haber campos eléctricos; de otro modo sería imposible sostener una corriente.
  - (b) Aún en condiciones estacionarias una fem siempre entrega energía para mantener a los electrones en movimiento.
  - (c) En un buen conductor los electrones se mueven muy rápidamente, casi al 1% de la velocidad de la luz.
  - (d) Cuando un sistema no está en condiciones electrostáticas pasa lo opuesto que en condiciones estáticas: el campo eléctrico se manifiesta solamente dentro de los conductores. De esta manera, al conectar un alambre a una batería a un cierto potencial la corriente circula solamente dentro del alambre.
  - (e) Tanto para el caso electrostático como en el de corrientes estacionarias, el campo dentro de un conductor se anula.
  - (f) Para un conductor óhmico la conductividad es proporcional al campo eléctrico.
  - (g) La resistividad no depende mucho de la temperatura. Los electrones en un metal chocan todo el tiempo con los átomos y con otros electrones, y ese continuo colisionar no varía con la temperatura.
  - (h) No hace falta conectar un cable a los terminales de una batería para tener una corriente. Por ejemplo, la diferencia de potencial  $\Delta V_{AB}$  entre un punto  $A$  cercano a una carga positiva y un punto  $B$  cerca de una carga negativa es enorme. Si pongo una punta de un cable en  $A$  y la otra punta del cable en  $B$ , tendré una corriente.
  - (i) Una pila es un condensador cargado. La pila se agota cuando ya no queda carga en las placas del condensador.
  - (j) La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo siempre es menor que cualquiera de las resistencias.
  - (k) La corriente eléctrica  $i$  tiene sentido opuesto al de la dirección de las cargas.
  - (l) Una fem es un condensador cargado a un potencial  $\epsilon$ , con una capacidad tan inmensa que tarda mucho en descargarse y mantiene el potencial casi constante por un tiempo muy largo.