

## Práctico N° 2- Corriente eléctrica

### Corriente eléctrica continua, resistencia, potencia, circuitos, conducción nerviosa.

**2.1.1-** Una pila electroquímica consta de dos electrodos de plata introducidos en disolución acuosa de nitrato de plata. Se hace pasar a través de la pila una corriente constante de 0,50A durante una hora.

- a) Hallar la carga total transportada a través de la pila y a cuántos electrones equivale.
- b) Cada electrón que llega a la pila neutraliza un ion de plata cargado positivamente, que se deposita entonces sobre el electrodo negativo. ¿Cuál es la masa total de la plata depositada?

**2.1.2-** Supongamos que tenemos un cable de nicromio de radio 0,321mm. Considerando que la resistividad del nicromio es  $\rho = 1,50 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ :

- a) ¿Cuál es la longitud de éste si tiene una resistencia de 28,0  $\Omega$ ?
- b) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los extremos de este cable si conduce una corriente de 4,30 A?

**2.1.3-** Un alambre de resistencia R, longitud L y sección transversal constante se estira para formar otro cuya longitud es tres veces la original. Encuentre la resistencia del nuevo alambre en función de R suponiendo que la resistividad y la densidad del material no cambian durante el estiramiento.

**2.1.4-** Los electrones móviles que circulan por un conductor tienen una componente importante de energía cinética debida a la agitación térmica (aunque la velocidad promedio es nula), y otra componente pequeña de energía cinética debida a la diferencia de potencial entre los extremos del alambre (que les otorga una velocidad neta de arrastre  $v_d$ ). Considere un alambre de cobre de 1,00 m de longitud, y 1,00 mm de diámetro, por el que circula una corriente de 1,00 A. Considerando que la resistividad del cobre es  $\rho_c = 1,70 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ , su densidad  $\rho = 8,95 \text{ g/cm}^3$ , masa molar 63,5 g/mol, y que hay 1,30 electrones móviles por átomo de cobre, ¿cuánto vale la velocidad de arrastre  $v_d$  de los electrones en el alambre?

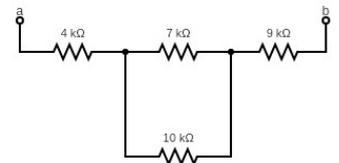
**2.1.5-** Si una persona con las manos húmedas toma dos conductores y tiene una resistencia de 1,0 k $\Omega$ .

- a) ¿Qué diferencia de potencial es necesaria para producir una corriente de 10 mA, suficiente para dejar bloqueadas las manos en los conductores?
- b) ¿Qué diferencia de potencial se necesita para producir una corriente de 100 mA que causaría fibrilación ventricular en un segundo aproximadamente?

**2.1.6- a)** Determinar la resistencia equivalente entre a y b para el circuito de la figura.

**b)** Determinar la corriente en cada resistencia si los puntos se conectan a una batería de 34 V.

**c)** Para el caso anterior, calcular la potencia disipada por cada resistencia y la potencia entregada por la batería al circuito.

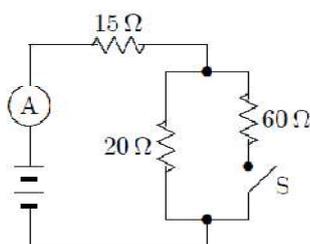


**2.1.7-** Un panel de energía fotovoltaica es capaz de captar una densidad de energía de 100 J/m<sup>2</sup>.

- a) ¿Cuántos metros cuadrados de este panel serán necesarios para suministrar la energía necesaria de una vivienda que dispone de 800 J para iluminación, 500 J para refrigeración, y 1200 J para otras aplicaciones, si el rendimiento de los paneles es del 45% ?
- b) Si demora un día en captar esa energía, ¿cuál es la potencia recibida por el panel?
- c) ¿Cuánta energía capta en una hora?

**2.1.8-** Un calefactor eléctrico está alimentado con una tensión de 220 V y consume una corriente de 10 A. Calcular la potencia y la energía consumidas si está funcionando durante 5,0 horas.

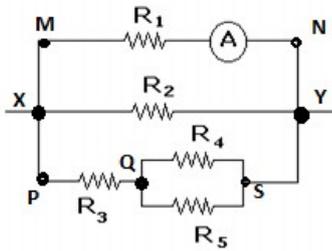
**2.1.9-** Considere un conductor de sección 2,00 mm<sup>2</sup> y longitud 5,00 cm, hecho de un material desconocido. Al conectar los extremos de dicho conductor a una batería ideal de 5,00 mV, se observa que el conductor disipa una potencia de 40,0 mW. ¿Cuánto vale la resistividad del material de dicho conductor?



**2.1.10-** Cuando el interruptor S está abierto, el amperímetro del circuito mostrado en la figura indica 2,00 A, y la potencia que entrega la batería vale  $P_0$ .

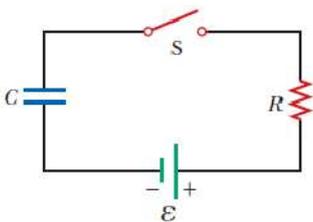
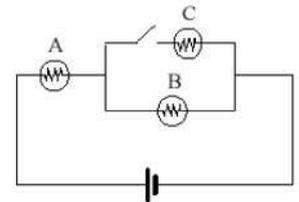
Si se cierra el interruptor S, la potencia que entrega la batería vale  $P_F$ . ¿Cuánto vale el cociente entre la potencia final y la potencia inicial:  $\frac{P_F}{P_0}$ ?

**2.1.11-** Dos lámparas eléctricas incandescentes de resistencias  $R_1 = 100 \Omega$  y  $R_2 = 50,0 \Omega$ , se pueden conectar en serie o en paralelo a una misma fuente, que se supone ideal, y que entrega una diferencia de potencial  $V = 12,0 \text{ V}$ .  
 ¿Cuánto vale el cociente entre la potencia disipada por  $R_1$  cuando se conecta en paralelo con  $R_2$  y la potencia disipada por  $R_1$  cuando se conecta en serie con  $R_2$ ,  $\left(\frac{P_{R1Paralel}}{P_{R1Ser}}\right)$ ?



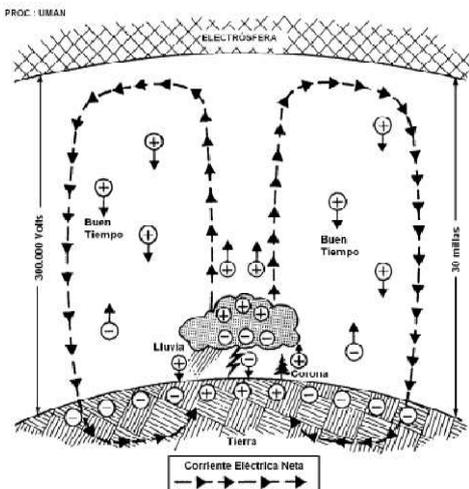
**2.1.12-** Un amperímetro ideal está conectado a una rama de un circuito, como se muestra en la figura, e indica un valor de  $500 \text{ mA}$ . Los valores de cada una de las resistencias son:  $R_1 = 2,00 \Omega$ ,  $R_2 = 4,00 \Omega$ ,  $R_3 = 1,00 \Omega$ ,  $R_4 = 2,00 \Omega$ ,  $R_5 = 1,00 \Omega$ .  
 a) ¿Cuánto vale la resistencia del conjunto?  
 b) ¿Cuánto vale la intensidad de la corriente que pasa a través de la resistencia  $R_4$ ?  
 c) ¿Cuánto vale la diferencia de potencial entre los puntos P y Q ( $V_P - V_Q$ )?  
 d) ¿Cuánto vale la corriente que sale del nodo Y?

**2.1.13-** La figura muestra un circuito donde tres focos idénticos (lámparas incandescentes de filamento), todos con una misma resistencia  $R$ , están conectados a una batería ideal que entrega una diferencia de potencial  $V$  y a un interruptor, inicialmente abierto. ¿Qué le sucede al brillo (poder de iluminación) de las bombillas A y B cuando el interruptor se cierra?



**2.1.14-** Considere el circuito RC en serie de la figura en el cual  $R = 1,00 \text{ M}\Omega$ ,  $C = 5,00 \mu\text{F}$  y  $\mathcal{E} = 30,0 \text{ V}$ . Encuentre:  
 a) la constante de tiempo del circuito;  
 b) la máxima carga en el capacitor después de que se cierra el interruptor;  
 c) la carga en el capacitor y la corriente que circula  $10,0 \text{ s}$  después de cerrar el interruptor,  
 d) el tiempo que demora en alcanzar el capacitor el 75% de la carga máxima.

**2.1.15- Electricidad atmosférica-** Se puede realizar un modelo simple de la actividad eléctrica terrestre de la siguiente forma. La superficie terrestre se puede considerar como un conductor, y se constata que con buen tiempo, es decir sin nubes de tormenta, existe un campo eléctrico con un valor promedio de  $120 \text{ V/m}$ , dirigido hacia el centro de la Tierra. Este campo eléctrico no es uniforme y disminuye con la altura. Cuando se dan las condiciones de tormenta eléctrica, este campo en la atmósfera, cercano al suelo invierte su sentido y aumenta en varios órdenes de magnitud (de  $10,0$  a  $500 \text{ kV/m}$ )  
 En la atmósfera existen portadores de carga libres (iones), con una densidad no uniforme, aumentando con la altura. A



partir de los  $40\text{-}60 \text{ km}$  de altura, la atmósfera tiene una conductividad suficiente como para considerarla conductora y por lo tanto equipotencial. A esta zona que comienza a esa altura y se extiende indefinidamente se le da el nombre de electrósfera.  
 La diferencia de potencial entre la superficie terrestre y la electrósfera es de  $200$  a  $500 \text{ KV}$ , con un valor medio de  $300 \text{ KV}$ .  
 Como hay partículas cargadas en presencia de un campo eléctrico, las mismas se desplazan, produciendo una densidad de corriente  $J$  (corriente por unidad de área) con buen tiempo, como se muestra en la figura. Esta densidad de corriente en buen tiempo se ha medido experimentalmente, y se obtiene un valor de  $J = 2,00$  a  $4,00 \text{ pA/m}^2$ .  
 También se sabe que cada segundo están "cayendo" entre  $40$  y  $100$  rayos a la tierra y cada uno de ellos transfiere una carga negativa promedio de  $20$  coulombs.

- a) A partir del campo eléctrico sobre la superficie terrestre con buen tiempo, determina la densidad superficial de carga  $\sigma$ , y suponiendo que la misma es uniforme en todo el planeta, estima el valor de la carga sobre la superficie terrestre. ¿Corresponde a un exceso de cargas positivas o negativas?
- b) Determina a partir de la densidad media de corriente, la intensidad total que entra sobre la superficie del planeta. A partir del valor hallado estima el tiempo que tardaría la Tierra en descargarse, suponiendo que en todo el planeta hay buen tiempo.
- c) Explica por qué efectivamente no se produce dicha descarga, y se sigue manteniendo cargada.
- d) Realiza un modelo de capacitor para las condiciones de buen tiempo y determina el valor de su capacitancia. ¿Podrías realizar otro modelo de capacitor para la situación de una nube de tormenta y el suelo?

**2.2.1-** Queremos estudiar las propiedades de conducción de células nerviosas. Comenzaremos modelando un axón como un material cilíndrico con la resistividad del axoplasma,  $\rho_a = 2,0 \Omega \cdot m$ , envuelto por un aislante perfecto.

- Si el radio de un axoplasma es de  $5,0 \mu m$ , ¿Cuál es la resistencia de un axón de  $2,5 \text{ cm}$  de largo? ¿Es una resistencia alta o baja en relación a la de un material conductor típico?
- Si el radio del axón fuera mayor, la resistencia sería mayor, menor o igual? Justifique.
- ¿Cuánto debería medir un cable de cobre del mismo radio para que tenga la misma resistencia?

**2.2.2-** En realidad un axón no está envuelto por un aislante perfecto sino por una membrana que tiene cierta resistividad, y parte de las señales (pulsos de corriente) que se transmitan por el axón se perderá a través de ella. Para estudiar la resistencia de pérdidas a través de la membrana, consideramos un material con área de sección igual al área cilíndrica interior del axón, y su largo será el espesor de la membrana.

- Explicar por qué tiene sentido hacer esas consideraciones para el largo y el área de sección para estudiar la resistencia de pérdida.
- Si en un axón sin mielina la resistencia de  $1,0 \text{ m}^2$  de membrana es  $R_m = 0,20 \Omega \cdot m^2$ , ¿Cuánto vale la resistencia de pérdida,  $R_o$ , del axón del ejercicio anterior ( $5,0 \mu m$  de radio y  $2,5 \text{ cm}$  de largo)?
- En el caso de un axón con mielina la resistencia de  $1,0 \text{ m}^2$  de membrana crece a  $R_m = 40 \Omega \cdot m^2$ . ¿Por qué será?

**2.2.3-** A ambos lados de la membrana del axón se acumulan cargas de signos opuestos, por lo que la membrana posee capacidad eléctrica. Considere un axón de  $2,5 \text{ cm}$  de longitud y  $5,0 \mu m$  de radio. El espesor de la membrana es de  $10 \text{ nm}$ , y su constante dieléctrica es  $\kappa = 7,0$ .

- Calcule la capacitancia de la membrana del axón modelando la configuración como un capacitor cilíndrico.
- Calcule la capacitancia de la membrana del axón modelando la configuración como un capacitor plano de placas paralelas.
- Compare y discuta los resultados anteriores.

**2.2.4-** El transporte activo de sodio debido al bombeo Na-Ka se realiza a un ritmo de  $3,0 \times 10^{-7} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$ . Para  $1,0 \text{ m}^2$  de membrana, hallar:

- La corriente en amperios debida a los iones de sodio.
- La potencia consumida contra las fuerzas eléctricas si el potencial de reposo es de  $-90 \text{ mV}$ .

**2.2.5-** La concentración de  $K^+$  en el interior de un axón es de  $165 \text{ mol/m}^3$  y en el exterior es de  $8,0 \text{ mol/m}^3$ .

- ¿Cuál es el potencial de equilibrio a  $37^\circ \text{C}$ ?
- En qué sentido van los flujos de potasio debido a la difusión y al campo eléctrico si el potencial del axón es de aproximadamente  $-90 \text{ mV}$ ? ¿Cuál flujo será mayor?

**2.2.6-** Hasta ahora estudiamos estáticamente las propiedades resistivas y capacitivas de un axón. Veremos qué sucede cuando se lo somete a un estímulo débil. Entendemos como estímulo débil a aquel que no provoca un potencial de acción. Modelaremos el impulso como una fuente de corriente continua y al axón como una serie de resistores y capacitores, acorde a las propiedades que venimos estudiando hasta ahora. Supongamos que tenemos un axón con mielina de  $2,5 \text{ cm}$  de longitud,  $5,0 \mu m$  de radio de axoplasma, resistencia por unidad de membrana de  $R_m = 40 \Omega \cdot m^2$ ,  $10 \text{ nm}$  de espesor de membrana, y constante dieléctrica  $\kappa = 7,0$

- Modelemos el axón como un circuito RC en serie, con  $R$  siendo la resistencia del axón a través del axoplasma y  $C$  la capacitancia de su membrana celular. Si cuando comienza el estímulo (se prende la batería) la carga del capacitor era nula, calcule cuánto tiempo le toma al capacitor en llegar a la mitad de su carga total, y cuánto le toma cargarse al 99%. ¿Estos resultados dependen de la intensidad del estímulo (representado por la batería)? ¿Es realista que así sea?
- En el modelo anterior ignoramos la resistencia de pérdida. Supongamos que, al irse el estímulo, la carga acumulada se pierde a través de la membrana celular. Modelamos entonces la descarga mediante un circuito RC en serie sin fuente, donde  $C$  es la capacidad de la membrana celular, y  $R = R_o$  es la resistencia de pérdida del axón con mielina. ¿Cuánto demora, aproximadamente, en descargarse completamente el capacitor? ¿Qué tomó menos tiempo, la carga o la descarga?
- Esboce el gráfico de la carga como función del tiempo para este axón en el caso de que la carga inicial era nula, aparece el estímulo hasta que el capacitor se carga completamente, y luego se descarga a través de la resistencia de pérdida.

**2.2.7-** Un nervio con mielina cuyo parámetro espacial vale  $0,50 \text{ cm}$  se perturba en un punto donde su potencial se eleva desde su valor en reposo de  $-90 \text{ mV}$  hasta  $-80 \text{ mV}$ . Hallar en el estado estacionario, a partir de ese punto, el potencial a:

- $0,50 \text{ cm}$ , y **b)**  $1,0 \text{ cm}$ .

**2.2.8-** Hallar la velocidad de propagación de un potencial de acción y el tiempo necesario para que recorra  $2,0 \text{ m}$  en un nervio con mielina de radio  $1,0 \mu m$  y en otro de radio  $20 \mu m$ . A partir de estos resultados ¿cómo espera que sea el radio de aquellos axones que activan respuestas de huida en los animales en comparación con el radio de otros axones?