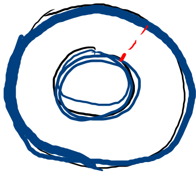
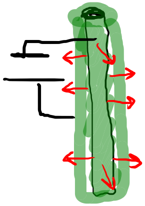
2.2.6- Hasta ahora estudiamos estáticamente las propiedades resistivas y capacitivas de un axón. Veremos qué sucede cuando se lo somete a un estímulo débil. Entendemos como estímulo débil a aquel que no provoca un potencial de acción. Modelaremos el impulso como una fuente de corriente continua y al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



a) 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?

b) 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 $R = R_0$ 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?

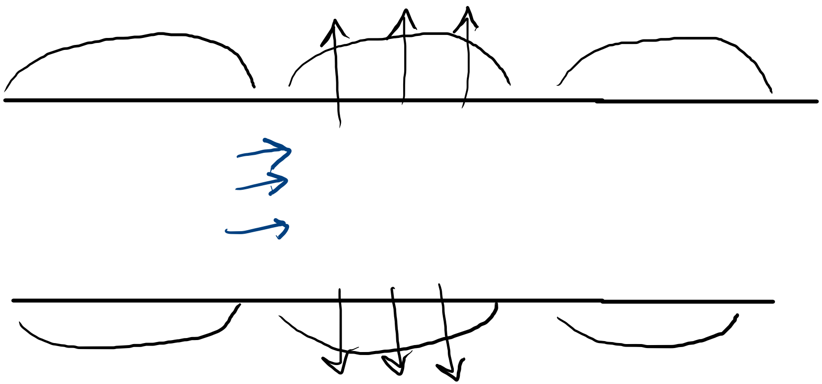


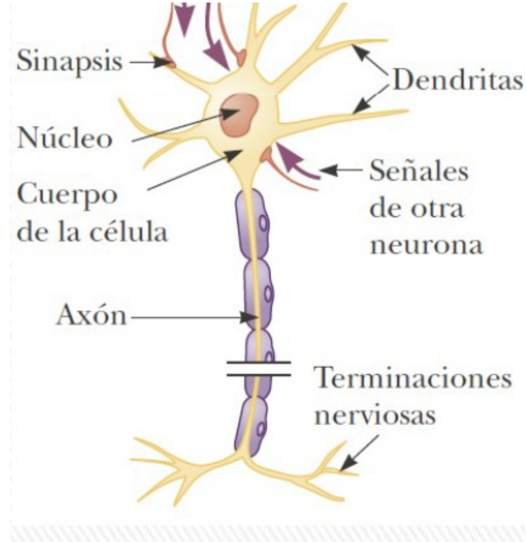
c) Esboce el gráfico de la carga como función del tiempo para este axón en el caso de que la carga inicial era nula, aparece el estímulo hasta que el capacitor se carga completamente, y luego se descarga a través de la resistencia de pérdida.

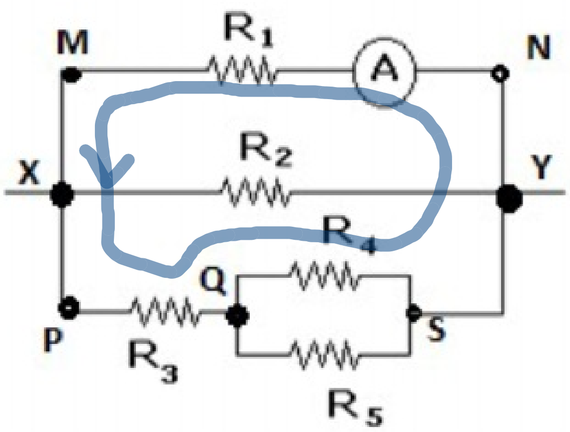
$\rho_a = 2{,}0\ \Omega.m$, $C_m = 5{,}0\times10^{-5}\ F/m^2$; $R_m = 40\ \Omega.m^2$; r = 5,0 μm = $5{,}0\times10^{-6}$ m;
L = 2,5 cm = 0,025 m; d = 10 nm = $1{,}0\times10^{-8}$ m

$$\boxed{R = \frac{\rho_a L}{\pi r^2} = \frac{(2{,}0)(0{,}025)}{\pi(5{,}0\times10^{-6})^2} = 6{,}366\times10^{8}\ \Omega}$$

$$R_0 = \frac{R_m}{2\pi r l} = \frac{40\ \Omega.m^2}{2\pi(5{,}0\times10^{-6}\ m)(0{,}025\ m)} = 5{,}093\times10^{7}\ \Omega$$




Sinapsis
Dendritas
Núcleo
Cuerpo de la célula
Señales de otra neurona
Axón
Terminaciones nerviosas



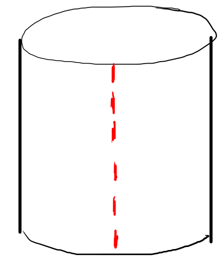
M
R_1
A
N
R_2
X
Y
R_4
Q
P
R_3
S
R_5

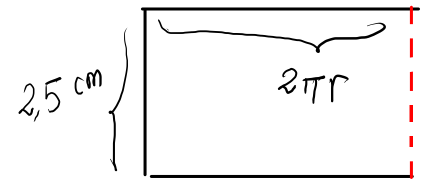
2.2.3- A ambos lados de la membrana del axón se acumulan cargas de signos opuestos, por lo que la membrana posee capacidad eléctrica. Considere un axón de 2,5 cm de longitud y 5,0 μm de radio. El espesor de la membrana es de 10 nm, y su constante dieléctrica es κ = 7,0.

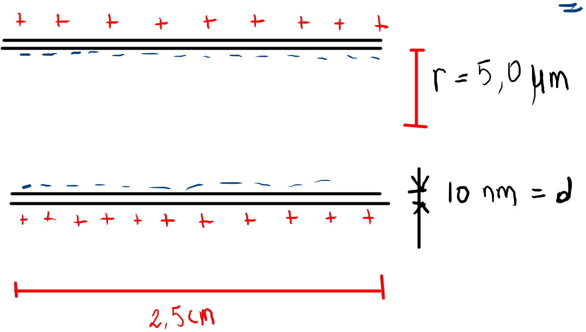
a) Calcule la capacitancia de la membrana del axón modelando la configuración como un capacitor cilíndrico.

b) Calcule la capacitancia de la membrana del axón modelando la configuración como un capacitor plano de placas paralelas.

c) Compare y discuta los resultados anteriores.







a

$$C = \frac{2\pi \kappa \varepsilon_0 L}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

$a = r$

$b = r + d$

$$C = \frac{2\pi \kappa \varepsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r+d}{r}\right)} = \frac{2\pi \kappa \varepsilon_0 L}{\ln\left(1+\frac{d}{r}\right)} = 4,9\times10^{-9}\ F$$

$$\frac{r+d}{r} = \frac{r}{r} + \frac{d}{r} = 1 + \frac{d}{r}$$

b

$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A'}{d} = 4,9\times10^{-9}\ F$$

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, ρ_a = 2,0 Ω.m, envuelto por un aislante perfecto.

a) Si el radio de un axoplasma es de 5,0 μm, ¿Cuál es la resistencia de un axón de 2,5 cm de largo? ¿Es una resistencia alta o baja en relación a la de un material conductor típico?

b) Si el radio del axón fuera mayor, la resistencia sería mayor, menor o igual? Justifique.

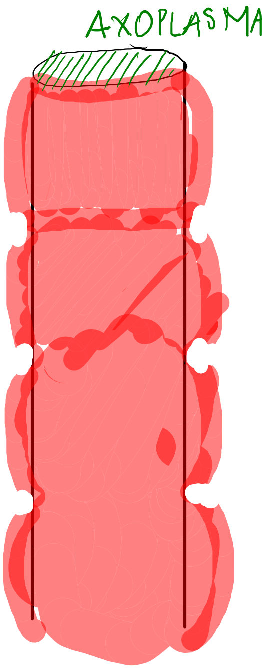
c) ¿cuánto debería medir un cable de cobre del mismo radio para que tenga la misma resistencia?

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.

a) Explicar por qué tiene sentido hacer esas consideraciones para el largo y el área de sección para estudiar la resistencia de pérdida.

b) Si en un axón sin mielina la resistencia de 1,0 m^2 de membrana es R_m = 0,20 Ω.m^2, ¿Cuánto vale la resistencia de pérdida, R_0, del axón del ejercicio anterior (5,0 μm de radio y 2,5 cm de largo)?

c) En el caso de un axón con mielina la resistencia de 1,0 m^2 de membrana crece a R_m = 40 Ω.m^2. ¿Por qué será?



1 a $R = \frac{\rho_a L}{A} = \frac{\rho_a L}{\pi r^2} = 6{,}4 \times 10^8 \ \Omega$

c $\rho_{Cu} = 1.72 \times 10^{-8} \ \Omega m$ $\quad L \approx 2900 \ km$

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, ρ_a = 2,0 Ω.m, envuelto por un aislante perfecto.

a) Si el radio de un axoplasma es de 5,0 µm, ¿Cuál es la resistencia de un axón de 2,5 cm de largo? ¿Es una resistencia alta o baja en relación a la de un material conductor típico?

b) Si el radio del axón fuera mayor, la resistencia sería mayor, menor o igual? Justifique.

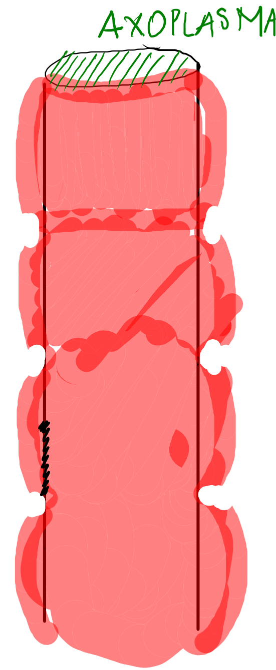
c) ¿cuánto debería medir un cable de cobre del mismo radio para que tenga la misma resistencia?

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.

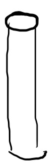
a) Explicar por qué tiene sentido hacer esas consideraciones para el largo y el área de sección para estudiar la resistencia de pérdida.

b) Si en un axón sin mielina la resistencia de 1,0 m^2 de membrana es R_m = 0,20 Ω.m^2, ¿Cuánto vale la resistencia de pérdida, R_0, del axón del ejercicio anterior (5,0 µm de radio y 2,5 cm de largo)?

c) En el caso de un axón con mielina la resistencia de 1,0 m^2 de membrana crece a R_m = 40 Ω.m^2. ¿Por qué será?



2



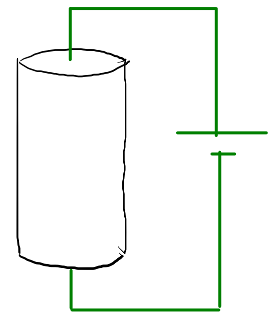
$$R_0 = \frac{R_m}{2\pi r l} = 2{,}55 \times 10^5\ \Omega$$

$$R_0 = \frac{\rho_{mielina} \cdot d}{A}$$

grosor membrana

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 cm de longitud, 5,0 μm de radio de axoplasma, resistencia por unidad de membrana de R_m = 40 Ω.m^2, 10 nm de espesor de membrana, y constante dieléctrica $\kappa = 7{,}0$ $\rho_a = 2{,}0\ \Omega m$

a) 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?



$R = 6.366\times10^{8}\ \Omega$ y $C = 3.927\times10^{-11}\ F$

$Q(t) = Q_0\, e^{-t/RC}$

¿t? $Q(t) = \dfrac{Q_0}{2}$ ó $0.99\, Q_0$

$\cancel{Q_0}\, e^{-t/RC} = 0.99\, \cancel{Q_0}$ $\quad$ $\cancel{Q_0}\, e^{-t'/RC} = \dfrac{\cancel{Q_0}}{2}$

$\ln\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

$-\dfrac{t}{RC} = \ln\left(\dfrac{1}{2}\right)$

$\dfrac{t}{RC} = -\ln\left(\dfrac{1}{2}\right) = \ln\left(\left(\dfrac{1}{2}\right)^{-1}\right) = \ln(2)$

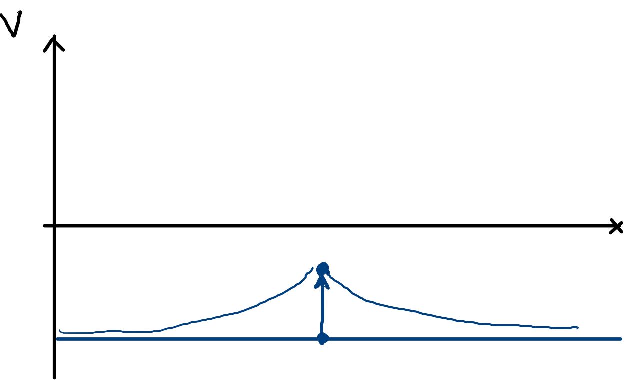
$t = \ln(2)\, RC$

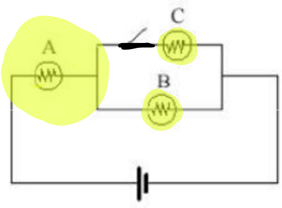
2.2.7- Un nervio con mielina cuyo parámetro espacial vale 0,50 cm se perturba en un punto donde su potencial se eleva desde su valor en reposo de -90 mV hasta -80 mV. Hallar en el estado estacionario, a partir de ese punto, el potencial a:
a) 0,50 cm, y **b)** 1,0 cm.

0,5 cm

$V_s(x) = V_d\, e^{-\frac{x}{\lambda}} \leftarrow V_d = (-80\,mV - (-90\,mV)) = 10\,mV \qquad V_s(x) = 3.68\,mV$

$V(x) = V_r + V_s(x) \rightarrow V(0,5) = -90\,mV + 3.68\,mV = -86,3$



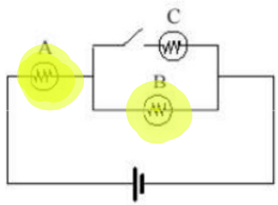


Ab $\qquad\qquad$ Cr

$R_e = 2R \qquad\qquad R_e = 1{,}5R$

$I = \dfrac{\varepsilon}{2R} < \dfrac{\varepsilon}{1{,}5R}$

$= 0{,}5\,\dfrac{\varepsilon}{R} < 0{,}67\,\dfrac{\varepsilon}{R}$



brillo $\propto$ Pot

$P_A = RI^2 \qquad P_B = RI^2 \qquad P_B = R\left(\dfrac{I}{2}\right)^2$

$\dfrac{P_A^{cer}}{P_A^{ab}} = 1{,}78 \qquad \dfrac{P_B^{cer}}{P_B^{ab}} = 0{,}44$