

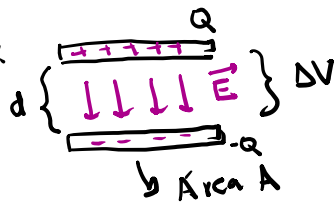
# Capacitores

↳ Dos conductores con la misma carga → diferencia de potencial  $\Delta V$   
 → Se usan para almacenar energía

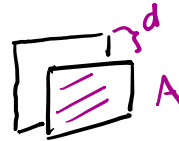
Capacitancia  $C = \frac{Q}{\Delta V}$  → cualquier capacitor

[C] = F Faradio

Placas paralelas:



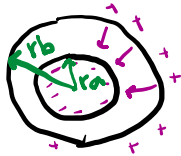
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$   
 "permitividad del vacío"

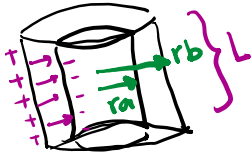
↳ si hay vacío (o aire) entre las placas

Esférico:



$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$$

Cilindrico:



$$C = L \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(r_b/r_a)}$$

Energía potencial:  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$  → Para cualquier capacitor

Densidad de energía:  $u = \frac{U}{Vol} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$  → vale siempre

**Dieléctricos:** material no conductor → aumenta la cantidad de energía almacenada

$C = \frac{Q}{V}$  con dieléctrico  
 $C_0 = \frac{Q_0}{V}$  sin dieléctrico

$k = \frac{C}{C_0}$  constante dieléctrica del material

$k > 1$

→  $\frac{C}{C_0} > 1 \rightarrow C > C_0$

$U = \frac{1}{2} CV^2 > \frac{1}{2} C_0 V^2 = U_0$   
 →  $U > U_0$

...dad:  $\epsilon = k\epsilon_0$  → reemplazo  $\epsilon_0$  por  $\epsilon$  en las fórmulas

Cambia la permitividad:  $\epsilon = k\epsilon_0 \rightarrow$  reemplazo  $\epsilon_0$  por  $\epsilon$  en las fórmulas

Densidad de Carga superficial

$$\sigma = \frac{Q}{\text{superficie}} \quad [\sigma] = \text{C/m}^2$$

↓  
área

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

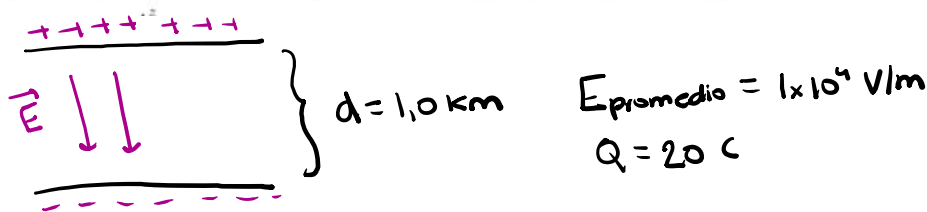
1.2.6- En una tormenta eléctrica, las nubes se encuentran a una altura de 1,0 km sobre el suelo, y se mide un campo eléctrico promedio de  $10^4$  V/m. La zona más baja de las nubes se descarga mediante un rayo que transporta una carga de -20 C a la Tierra.



a) Si inmediatamente después el campo eléctrico desciende a un valor cercano a cero ¿cuál era la energía almacenada en el sistema formado por las nubes y la Tierra?

b) ¿Cuál es el área de las nubes que fueron descargadas por el rayo?

c) El campo eléctrico promedio tiene una intensidad mucho menor que el campo de ruptura del aire (de  $3,0 \times 10^6$  V/m), ¿cómo es posible que se presenten rayos cuando el valor promedio del campo eléctrico es "tan bajo"?



a) Campo eléctrico uniforme:  $E = \frac{\Delta V}{d}$

$$\Delta V = Ed = 1 \times 10^7 \text{ V}$$

$$U = \frac{1}{2} QV = 1 \times 10^8 \text{ J} \rightarrow \text{energía total}$$

(densidad de energía)  
 $\rightarrow [\rho] = \text{J/m}^3$

b)  $C = \frac{Q}{\Delta V} = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = 2,3 \times 10^8 \text{ m}^2$$

↓  
aire

c) Ruptura del dieléctrico:

Si a un dieléctrico le aplico un  $\vec{E}$  o un  $\Delta V$  muy grande, deja de ser dieléctrico y se convierte en conductor.

Si un conductor...  
deja de ser dieléctrico y se convierte en conductor

$$E_{\text{promedio}} = 1 \times 10^4 \text{ V/m}$$

$$E_{\text{ruptura}} = 3 \times 10^6 \text{ V/m} \rightarrow \text{para que haya rayos tiene que ser conductor}$$

Hay rayos en los puntos donde  $E > E_{\text{ruptura}}$

Hay un promedio porque no es uniforme

**1.2.8- Potencial en células humanas.** Algunas membranas celulares del cuerpo humano tienen una capa de carga negativa en la superficie interior y una capa de carga positiva de igual magnitud en la superficie exterior. Suponga que la densidad de carga en cualquier superficie es de  $\pm 0,50 \times 10^{-3} \text{ C/m}^2$ , la membrana celular tiene  $5,0 \text{ nm}$  de espesor, y el material de la membrana celular es aire.

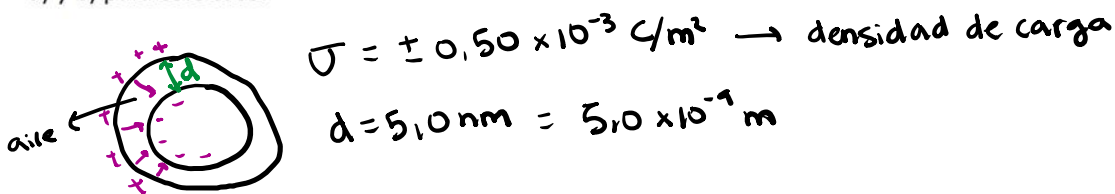
a) Calcule la magnitud del campo eléctrico  $E$  en la pared entre las dos capas de carga.

b) Calcule la diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula. ¿Cuál tiene el potencial más alto?

c) Una célula normal del cuerpo humano tiene un volumen de  $1,0 \times 10^{-16} \text{ m}^3$ . Estime la energía total del campo eléctrico almacenada en la membrana de una célula de este tamaño.

(Sugerencia: Suponga que la célula es esférica y calcule el volumen de la membrana celular).

d) En realidad la membrana celular no está hecha de aire, sino de tejido con una constante dieléctrica de  $5,4$ . Repita los incisos a) y b) para este caso.



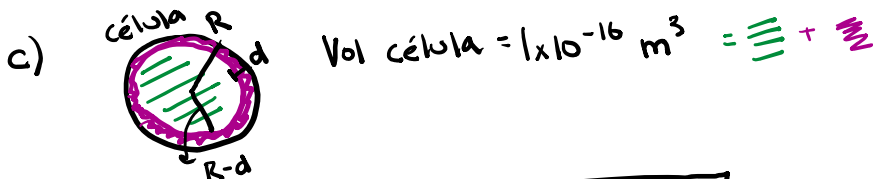
$$\sigma = \pm 0,50 \times 10^{-3} \text{ C/m}^2 \rightarrow \text{densidad de carga}$$

$$d = 5,0 \text{ nm} = 5,0 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$a) E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = 5,65 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$b) V = Ed = 0,28 \text{ V}$$

La capa exterior tiene el potencial más alto porque  $\vec{E}$  va hacia el menor potencial



$$\text{Vol célula} = 1 \times 10^{-16} \text{ m}^3 = \text{---} + \text{---}$$

$$\text{Vol esfera} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rightarrow R_{\text{célula}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \text{Vol célula}}{4\pi}} = 2,88 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Vol ---} = \frac{4}{3}\pi (R-d)^3$$

$$\text{Vol membrana} = \text{Vol célula} - \frac{4}{3}\pi (R-d)^3 = \underline{5,21 \times 10^{-19} \text{ m}^3}$$

$$\underline{\text{Vol membrana}} = \text{Vol célula} - \frac{4}{3}\pi(R-d)^3 = \underline{5,21 \times 10^{-19} \text{ m}^3}$$

$$\underline{U} = u \cdot \text{Vol membrana} = 7,36 \times 10^{-15} \text{ J} = \underline{46 \times 10^3 \text{ eV}}$$

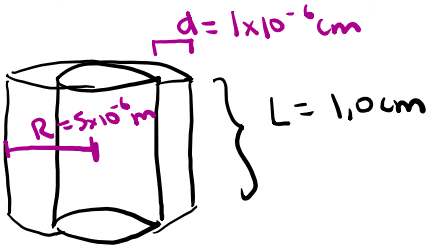
$$u = \frac{U}{\text{Vol}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = 1,4 \times 10^5 \text{ J/m}^3$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$d) K = 5,4 \rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{K\epsilon_0} = 1,0 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$V = Ed = 0,05 \text{ V}$$

1.2.9- Consideremos los axones (fibras nerviosas que transmiten la información) como una larga membrana cilíndrica que contiene un líquido conductor (axoplasma). Calcular la capacidad eléctrica de la membrana para un segmento de axón de 1,0 cm de longitud suponiendo que el espesor es de  $1,0 \times 10^{-6} \text{ cm}$  y el radio de  $5,0 \times 10^{-6} \text{ m}$ .



$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r_b}{r_a}\right)}$$

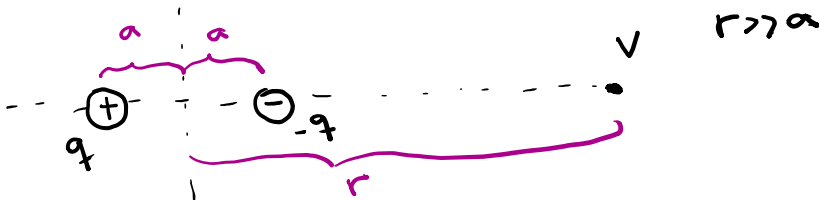
$$r_b = R = 5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$r_a = R - d = 4,99 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$L = 0,01 \text{ m}$$

$$C = 2,78 \times 10^{-10} \text{ F}$$

1.2.12- Para un dipolo hallar el potencial eléctrico en un punto distante sobre la recta que une a las cargas y en un punto distante sobre la recta que pasa por el centro del dipolo y es perpendicular a la recta que une a las cargas



$$V_{\text{total}} = V_+ + V_- = \frac{kq}{r-a} - \frac{kq}{r+a} = \frac{kq(r+a) - kq(r-a)}{(r+a)(r-a)}$$

$$\bullet kq(r+a) - kq(r-a) = kqr + kqa - kqr + kqa = 2kqa$$

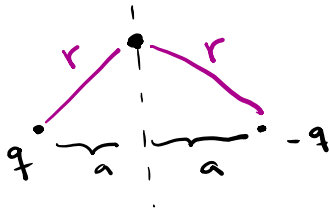
$$(r+a)(r-a) = r^2 - ra + ra - a^2 = r^2 - a^2$$

$$\bullet kq(r-a) - kq(r+a) = kqr - kqr - \dots$$

$$\bullet (r+a)(r-a) = r^2 - ra + ra - a^2 = r^2 - a^2$$

$$\boxed{V_{\text{total}} = \frac{-2kqa}{r^2 - a^2} = \frac{-2kqa}{r^2}}$$

$\hookrightarrow r \gg a, r^2 - a^2 \sim r^2$



$$\boxed{V_{\text{total}} = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r} = 0}$$