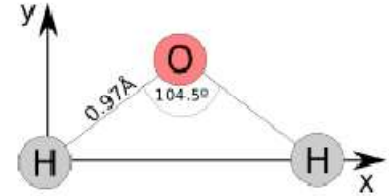


## Práctico N° 1- Electrostática

### Cargas y fuerzas eléctricas, campo eléctrico, energía potencial y potencial eléctrico, capacitancia y dieléctricos

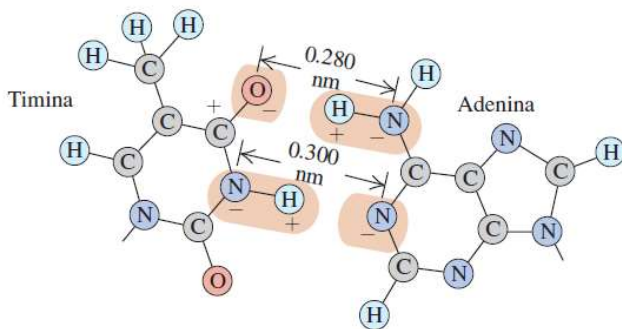
**1.1.1-** Tres cargas puntuales están a lo largo del eje  $x$ . Una carga  $q_1 = -2,00 \mu\text{C}$  está en  $x = 2,00 \text{ m}$  y una carga  $q_2 = -3,00 \mu\text{C}$  está en  $x = 1,00 \text{ m}$ . ¿En dónde debe colocarse una tercera carga positiva  $q_3$ , de modo que la fuerza resultante sobre ella sea cero?

**1.1.2** La molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) está compuesta por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno como se muestra en la figura. El ángulo formado por los enlaces O-H es de  $104,5^\circ$  y la distancia entre el átomo de oxígeno y uno de hidrógeno es de  $0,97 \text{ \AA}$ .



**a)** Encuentre la fuerza neta ejercida por los dos átomos de hidrógeno sobre el átomo de oxígeno. Asuma que cada hidrógeno tiene una carga  $+e$  y el oxígeno una carga  $-2e$ .

**b)** Encuentre el campo eléctrico neto causado por los dos átomos de hidrógeno en el punto donde se encuentra el oxígeno (ignore la presencia del oxígeno).



**1.1.3- Par de bases en el ADN.** Los dos lados de la doble hélice del ADN están conectados por pares de bases (adenina, timina, citosina y guanina).

Debido a la forma geométrica de las moléculas, la adenina se une con la timina, y la citosina con la guanina. La figura muestra el enlace timina-adenina. Cada carga mostrada es  $\pm e$ , y la distancia H-N es de  $0,110 \text{ nm}$ .

**a)** Calcule la fuerza neta que la timina ejerce sobre la adenina. ¿Es de atracción o de repulsión? Para hacer los cálculos sencillos y razonables, solo considere las fuerzas debidas a las combinaciones O-H-N y N-H-N, suponiendo que

son paralelas entre sí. Sin embargo, recuerde que en el grupo O-H-N, el  $\text{O}^-$  ejerce una fuerza tanto sobre  $\text{H}^+$  como sobre  $\text{N}^-$ , de la misma manera que en el grupo N-H-N.

**b)** Calcule la fuerza sobre el electrón en el átomo de hidrógeno, el cual se encuentra a  $0,0529 \text{ nm}$  del protón. Luego compare la intensidad de la fuerza de enlace del electrón en el hidrógeno con la fuerza de enlace de las moléculas de adenina-timina.

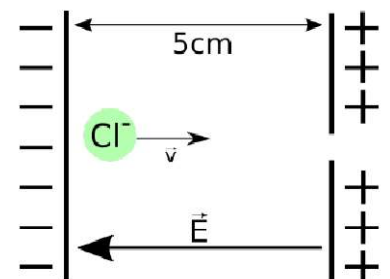
**1.1.4-** Un electrón y un protón se colocan separadamente en reposo a medio camino entre dos placas metálicas de cargas opuestas.

**a)** ¿Cómo se acelerarán el electrón y el protón?

**b)** ¿Cuál de las dos partículas adquiere mayor velocidad antes de chocar contra una de las placas?

**c)** ¿Cuál de las dos partículas adquiere mayor energía cinética antes de chocar contra una de las placas?

**1.1.5-** Un espectrómetro de masas funciona acelerando átomos de un elemento desconocido, y haciéndolos pasar por un campo magnético. A lo largo del curso, iremos aprendiendo cómo funcionan las diferentes partes de un espectrómetro, hasta llegar al instrumento completo. Considere un par de placas paralelas como las que se muestran en la figura. Las placas se encuentran a una distancia de  $5,00 \text{ cm}$ , y están cargadas con signos opuestos. Esto genera un campo eléctrico de magnitud  $E = 1,00 \times 10^5 \text{ N/C}$  entre ellas. En el espacio entre las placas y contra la placa negativa, se coloca en reposo un ion de cloro ( $\text{Cl}^-$ ) con carga neta  $-e$ . Debido al campo eléctrico, el ion experimentará una aceleración y saldrá eventualmente despedido por el pequeño agujero en la placa positiva.



**a)** ¿Qué fuerza y qué aceleración experimenta el ion de cloro?

**b)** ¿Cuál será la velocidad del ion cuando escape por el agujero?

**c)** ¿Cuál será la energía cinética del ión cuando escape por el agujero?

**d)** Repita las partes anteriores, pero considerando que se invierte la polaridad de las placas y se coloca entre ellas (y contra la placa positiva) un ion de sodio ( $\text{Na}^+$ ) con carga neta  $+e$ .

**1.1.6-** En una demostración un docente carga eléctricamente dos pequeñas esferas, cada una de masa 2,00 g, una suspendida de un hilo de masa despreciable de 2,00 m de longitud y la otra unida a una barra aislante para poder manipularla sin descargarla. Se observa que cuando la esfera unida a la barra es acercada a la que está suspendida, esta última se aleja. Cuando la separación entre las esferas es 5,00 cm y horizontal, la esfera suspendida está desplazada 2,00 cm desde su posición de equilibrio. Si se supone que las cargas de ambas esferas tienen el mismo módulo ¿Cuáles son sus posibles valores?



**1.1.7- Campo eléctrico de los axones.** El axón es una estructura nerviosa con forma alargada y delgada que sale del cuerpo de la neurona, con la finalidad de transmitir el impulso nervioso a otra célula nerviosa. Se transmite una señal nerviosa a través de una neurona cuando un exceso de iones  $\text{Na}^+$  entra repentinamente al axón, una parte cilíndrica larga de la neurona. Los axones miden 10,0  $\mu\text{m}$  de diámetro, y las mediciones muestran que aproximadamente  $5,60 \times 10^{11}$  iones de  $\text{Na}^+$  por metro entran durante este proceso. Aun cuando el axón es un cilindro largo, no toda la carga entra en todos lados al mismo tiempo. Un modelo adecuado sería una serie de cargas puntuales que se mueven a lo largo del axón. Sea 0,100 mm la longitud del axón modelado como una carga puntual.

a) Si la carga que entra en cada metro del axón se distribuye de manera uniforme a lo largo de él, ¿cuántos coulombs de carga entran en 0,100 mm de longitud del axón?

b) ¿Qué campo eléctrico (magnitud y dirección) produce la repentina entrada del flujo de carga en la superficie del cuerpo si el axón se localiza 5:00 cm debajo de la piel?

c) Ciertos tiburones responden a campos eléctricos tan débiles como 1,0  $\mu\text{N/C}$ . ¿A qué distancia de este segmento de axón puede estar un tiburón y aun así detectar su campo eléctrico?

**1.1.8-** Para un dipolo hallar el campo 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.

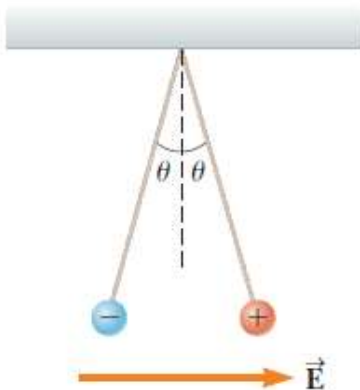
**1.1.9-** La molécula de  $\text{NH}_3$  tiene un momento dipolar eléctrico permanente de  $5,00 \times 10^{-30}$  C.m. Si este se debiera a cargas netas  $+e$  y  $-e$  en dos regiones de la molécula ¿cuál es su separación?

**1.1.10-** Dos esferas metálicas pequeñas de igual tamaño contienen cargas  $q_1$  y  $q_2$  respectivamente. Cuando se encuentran separadas a una distancia de 20,0 cm, cada una ejerce sobre la otra una fuerza de repulsión de  $1,35 \times 10^{-4}$  N. Luego las esferas se ponen en contacto y se las separa nuevamente a 20,0 cm. En esta ocasión la fuerza de repulsión es de  $1,41 \times 10^{-4}$  N. ¿Cuáles son los posibles valores para  $q_1$  y  $q_2$ ?

- a)  $q_1 = -5,00$  nC y  $q_2 = -5,00$  nC;                      b)  $q_1 = 20,0$  nC y  $q_2 = 30,0$  nC;                      c)  $q_1 = 20,0$  nC y  $q_2 = -40,0$  nC;  
 d)  $q_1 = -20,0$  nC y  $q_2 = -40,0$  nC;                      e) Ninguna de las anteriores

**1.1.11-** La bomba de sodio-potasio bombea iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) del interior al exterior de una célula, y de potasio ( $\text{K}^+$ ) del exterior al interior. Si el ancho de la membrana celular es de 4,0 nm y asumimos que el campo eléctrico dentro de la membrana es constante y vale  $E = 1,6 \times 10^7$  N/C, ¿Cuánto trabajo invierte la bomba en transportar un ion de  $\text{Na}^+$  o  $\text{K}^+$ ?

**1.1.12-** En un día con poca humedad, con una regla de plástico cargada por frotamiento, por ejemplo en el cabello o en un paño de lana, es posible levantar pequeños trocitos de papel que tienen carga neta nula. ¿Cómo es posible que aparezca una fuerza hacia arriba que equilibre a la gravedad si los trozos de papel tienen carga neta cero? ¿Esta fuerza variaría si los trocitos de papel fueran conductores?



**1.1.13-** Dos esferas de 2,00 g están suspendidas mediante hilos ligeros de 10,0 cm de largo. En la dirección  $x$  se aplica un campo eléctrico uniforme. Si las esferas tienen cargas de  $+5,00 \times 10^{-8}$  C y  $-5,00 \times 10^{-8}$  C, determine la intensidad del campo eléctrico que permite a las esferas estar en equilibrio en  $\theta = 10,0^\circ$ .

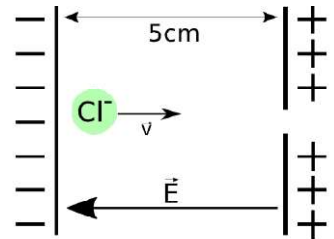


**1.2.1-** En el rectángulo mostrado en la figura, los lados tienen una longitud de 5,00 cm y 15,0 cm,  $q_1 = -5,00 \mu\text{C}$  y  $q_2 = +2,00 \mu\text{C}$ .  
**a)** ¿Cuánto trabajo externo se requiere para mover a una tercera carga  $q_3 = +3,00 \mu\text{C}$  desde B hasta A a lo largo de una diagonal del rectángulo?  
**b)** En este proceso, ¿se convierte el trabajo externo en energía potencial electrostática o viceversa?

**1.2.2-** Una cierta fibra nerviosa (axón) es un cilindro de  $1,00 \times 10^{-4}$  m de diámetro y 0,100 m de longitud. Su interior está a un potencial 90,0 mV por debajo del fluido circundante y se halla separado de ese fluido por una membrana delgada (es decir que la superficie interior es negativa en relación a la superficie exterior). Los iones de sodio positivo  $\text{Na}^+$  son transportados por una reacción química al exterior de la fibra a una tasa de  $3,00 \times 10^{-11}$  moles por segundo por  $\text{cm}^2$  de membrana.

- a) ¿Cuánta carga eléctrica por hora se transporta fuera de la fibra?
- b) ¿Cuánto trabajo se ha de realizar por hora contra la fuerza eléctrica?

**1.2.3-** Vamos a volver a estudiar el primer tramo de un espectrómetro de masa. Para ello, consideren el mismo sistema del ejercicio 1.1.5. Nuevamente, colocamos un ion de cloro  $\text{Cl}^-$  entre las placas. Esta vez, en lugar de establecer el campo eléctrico entre las placas, colocaremos ambas a una diferencia de potencial  $V = 250\text{V}$ , siendo la placa de la derecha la que se encuentra a mayor potencial.



- a) Calcule la energía potencial eléctrica del ion  $\text{Cl}^-$  cuando se lo coloca en reposo en su posición inicial.
- b) Calcule la energía cinética del ion de cloro al pasar por el agujero.
- c) Repita el cálculo anterior, pero por un medio diferente al usado antes.
- d) Repita las partes anteriores, pero considerando que se invierte la polaridad de las placas y se coloca entre ellas (y contra la placa positiva) un ion de sodio ( $\text{Na}^+$ ) con carga neta  $+e$ .

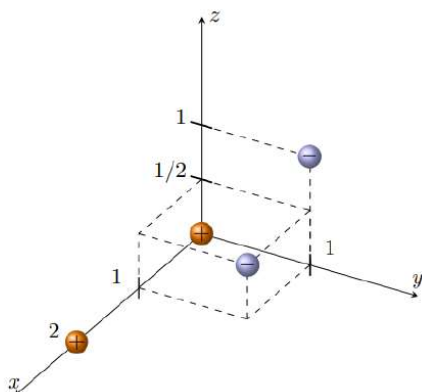
**1.2.4-** Un condensador está formado por dos hojas metálicas, cada una de ellas de  $1,0 \text{ m}^2$  de superficie, separadas por un papel de 0,050 mm de espesor. ¿Cuánto vale su capacidad?

**1.2.5-** Un condensador de placas paralelas separadas 1,80 mm, está sometido a una diferencia de potencial de 20,0 V. Calcular: **a)** El campo eléctrico entre las placas.  
**b)** La densidad superficial de carga.  
**c)** La capacidad del condensador, si cada una de las placas tiene  $400 \text{ cm}^2$  de superficie.  
*Nota:* A efectos del cálculo puede hacerse la aproximación usual de placas infinitas.

**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  $10^4 \text{ V/m}$ . La zona más baja de las nubes se descarga mediante un rayo que transporta una carga de  $-20 \text{ C}$  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  $3,0 \times 10^6 \text{ V/m}$ ), ¿cómo es posible que se presenten rayos cuando el valor promedio del campo eléctrico es “tan bajo”?



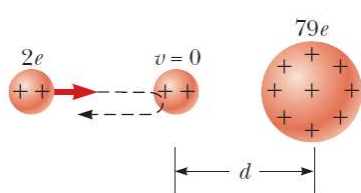
**1.2.7 -**Una molécula de hidrógeno,  $\text{H}_2$ , está formada por dos protones y dos electrones. Calcule la energía potencial eléctrica del conjunto si las partículas se encuentran en las siguientes coordenadas  $(x, y, z)$ , con  $x, y, z$  dados en  $\text{Å}$  (recordar que  $1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ ):  
 protones:  $(0, 0, 0)$  y  $(2, 0, 0)$ ; electrones:  $(0, 1, 1)$  y  $(1, 1, 1/2)$ .

*Observación:* tomar como estado de cero energía potencial el estado en el cual las partículas están infinitamente separadas.

**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 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.

**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  $5,0 \times 10^{-6} \text{ m}$ .

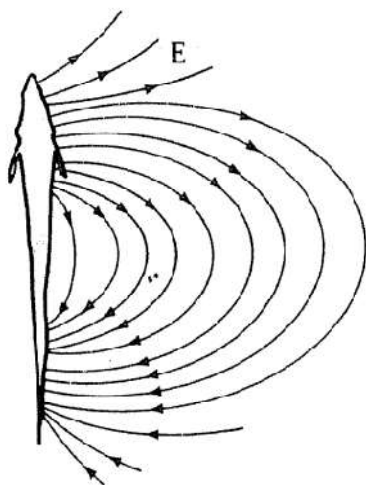
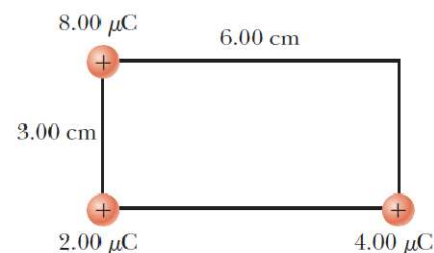


**1.2.10-** En el famoso experimento de dispersión de Rutherford, que condujo al modelo planetario del átomo, se dispararon partículas alfa (con cargas de  $2e$  y masas de  $6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ) hacia un núcleo de oro con carga  $+79e$ . Una partícula alfa, inicialmente muy lejos del núcleo de oro, se disparó a  $2,00 \times 10^7 \text{ m/s}$  como en la figura. ¿Cuánto se acerca la partícula alfa al núcleo de oro antes de dar la vuelta? Suponga que el núcleo de oro permanece estacionario.

**1.2.11-** Algunos componentes electrónicos tienen una etiqueta de advertencia que dice “No abrir: Voltaje peligroso en el interior”. ¿Qué pueden contener estos dispositivos que los haga tan peligrosos aún si el equipo está desconectado?

**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

- 1.2.13- a)** Encuentre el potencial eléctrico, considerado cero en el infinito, en la esquina superior derecha (la esquina sin carga) del rectángulo de la figura.
- b)** Repita si la carga de  $2,00 \mu\text{C}$  se sustituye con una carga de  $-2,00 \mu\text{C}$ .
- c)** Considerando la configuración inicial, ¿cuánto vale la energía potencial electrostática del sistema? y, ¿cuánta energía se gastaría para mover la carga de  $8,00 \mu\text{C}$  al infinito?



**1.2.14- Peces débilmente eléctricos.** Ciertos peces emplean el campo eléctrico para la detección y comunicación. Para ello generan un campo eléctrico de tipo dipolo (ver figura), y poseen un órgano que es capaz de detectarlo.

- a) Dibuje las líneas de campo y líneas equipotenciales de un pez eléctrico cuando se encuentra lejos de otros elementos.
- b) Supongamos que ahora el pez se aproxima a un elemento pequeño que tiene conductividad alta. Modelamos el elemento como una esfera conductora. Dibuje las líneas de campo y equipotenciales en este caso.