GUÍA DE PROBLEMAS 1 - INTERACCIÓN ELÉCTRICA

Temas

- Ley de Coulomb.
- Campo eléctrico
- Movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico.
- Energía potencial eléctrica. Potencial eléctrico.

En cada problema realizar los esquemas pertinentes.

Problemas

1.1. Dos pelotitas de corcho de **0.20 g** de masa cada una, se cuelgan con hilos aislantes de **20.0 cm** de longitud, de un punto común. Se les comunican cargas iguales, mediante una varilla de teflón. Las pelotas se repelen y se desvían como se ve en la Figura 1-1. Calcular:

a) la carga que se ha comunicado a cada pelotita y cuantos electrones o protones representa.
b) la relación entre la magnitud de la fuerza de Coulomb y la fuerza gravitacional ejercida entre ellas.

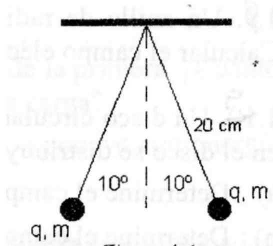

Figura 1-1

1.2. Comparar la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional para el protón y el electrón de un átomo de hidrógeno. Suponer un modelo clásico del átomo, en el cual el electrón describe una órbita circular alrededor del protón, que está en el centro. El radio de un átomo de hidrógeno es aproximadamente **5×10^{-11} m**.

	Masa (Kg)	Carga (C)
Protón, p	1.673×10^{-27}	1.602×10^{-19}
Electrón, e	9.11×10^{-31}	1.602×10^{-19}

Constante gravitacional $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 Kg^{-2}

1.3. En el sistema de cargas de la Figura 1-2:

a) ¿Cuál es la fuerza neta sobre la carga **q** debido a las otras cargas?
b) Calcular la fuerza sobre una carga **Q = 2q** colocada en el origen.

$q = 1.10^{-8}$ C $\qquad$ **ℓ = 2 cm**

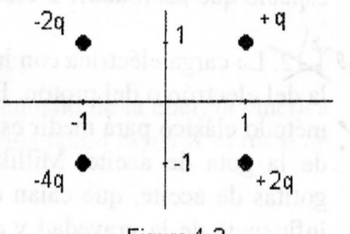

Figura 1-2

1.4. En la distribución de cargas del problema 1.3 calcular el campo eléctrico en los puntos **P** (ℓ, ℓ) y **O** (0.0).

1.5. Una varilla delgada conductora de **10 cm** de longitud, con **5 μC** de carga total y uniformemente cargada se coloca en el eje **z**, centrada en el origen. Determine el campo eléctrico en los puntos **(5 cm, 0 cm, 0 cm)** y en **(5 cm , 5 cm, 0cm)**.

1.6. Calcule el campo eléctrico debido a una varilla delgada, infinitamente larga, con carga uniforme y densidad de carga **4 μC/m**, a una distancia de **50 cm** de la varilla. Suponga que la varilla está alineada con el eje **x**.

1.7. Un anillo de radio **R** y carga **Q** uniformemente distribuida se encuentra ubicado en el plano **xy**. Calcular el campo eléctrico para puntos que se encuentran en el eje **z**.

1.8. Un disco circular delgado, de radio **R**, está en el plano **xy**, con el centro en el origen. Una carga **Q** en el disco se distribuye uniformemente en su superficie.

a) Determine el campo eléctrico debido al disco, en el punto $\mathbf{Z} = \mathbf{Z_0}$ en el eje **Z**.
b) Determine el campo eléctrico en el límite cuando $\mathbf{Z_0} \rightarrow \mathbf{0}$
c) Determine el campo eléctrico en el límite cuando $\mathbf{Z_0} \rightarrow \infty$
d) Determine el campo eléctrico en el límite cuando $\mathbf{R} \rightarrow \infty$

1.9. Dos placas conductoras grandes, planas y verticales son paralelas entre sí y están separadas por una distancia **d**. Una posee una densidad superficial de carga **+σ** y la otra **-σ**. ¿Cuál es el campo eléctrico en el espacio que las rodea? ¿Y entre ellas?

1.10. Dos cargas positivas fijas de valor **q**, están separadas una distancia ℓ. Una tercera carga positiva **q** tiene masa **m** y está restringida a moverse en una recta entre las cargas fijas. (ver Figura 1-3.)

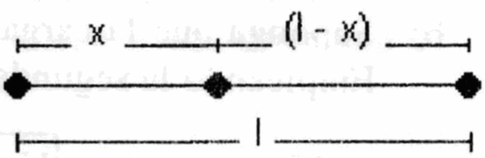

Figura 1-3

a) Cuando la tercera carga está en la posición mostrada en la figura, cuál es la fuerza neta sobre ella?
b) ¿Cuál es la fuerza neta como función del desplazamiento de la tercera carga respecto del punto de equilibrio?
c) Para valores pequeños respecto del punto de equilibrio, la tercera carga se comporta como si actuara sobre ella un resorte. ¿Cuál es el valor de la frecuencia de oscilación?

1.11. La Figura 1-4 muestra un electrón de masa m y carga e, proyectado con velocidad $\mathbf{V_0}$ en ángulo recto a un campo uniforme **E**. Podemos hacer que el electrón incida en la pantalla fluorescente **P**, colocada a cierta distancia mas allá de las placas. Este electrón, junto con otros que siguen el mismo camino se harán visibles como un punto brillante pequeño. Este es el principio utilizado en el osciloscopio electrostático de rayos catódicos.

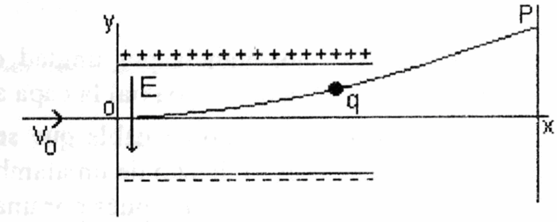

Figura 1-4

a) Describa el movimiento.

b) El campo eléctrico entre las placas es de **1.2×10^4 N/C** ¿Qué desviación experimenta un electrón, si entra en ángulo recto al campo con una energía cinética de **2.0 KeV = (3.2×10^{-16} J)**? El dispositivo de desviación tiene **1.5 cm** de largo y se encuentra a **10 cm** de la pantalla **P**.

1.12. Se trae del infinito una carga de **3 μC**, y se fija en el origen de un sistema de coordenadas.

a) ¿Cuánto trabajo se efectúa?

b) Del infinito se trae una segunda carga de **5 μC**, y se coloca a **10 cm** de distancia de la primera. ¿Cuánto trabajo efectúa el campo eléctrico de la primera carga cuando se trae la segunda carga?

c) ¿Cuánto trabajo efectúa el agente externo para traer la segunda carga, si esta se mueve con energía cinética invariable?

1.13. .a) Haga un esquema de las líneas de campo eléctrico de las distribuciones de cargas mostradas en las Figuras 1-5 a, b y c

b) Analizar el signo del trabajo que hace un agente externo para mover una carga puntual $\mathbf{q_1 < 0}$ sin variación de energía cinética desde el punto **S** hasta el **T**.

Figura1-5 a

Figura 1-5 b

Figura 1-5 c

1.14. Se coloca una carga positiva de **5.0×10^{-5} C** a **1.0 cm** sobre el origen de un sistema de coordenadas, y una carga negativa de las misma magnitud se coloca a **1.0 cm** abajo del origen, ambas en el eje **z**. ¿Cuál es la energía potencial de una carga positiva de **4.0×10^{-6} C**, colocada en la posición **(x, y, z) = (10cm, 0cm, 15cm)**? Y en **(10cm, 0cm, 0cm)**?

1.15. Entre el cátodo y el ánodo de un tubo de **rayos X** se aplica una **d.d.p**. de **3 KV**. El cátodo es calentado y emite electrones con velocidad cero. Calcular la energía cinética con la que llegan los electrones al ánodo, en **KeV**. Este es el principio de funcionamiento del tubo de rayos X. Un porcentaje pequeño de la energía cinética de los electrones al chocar con el ánodo se transforma en la radiación conocida como rayos X el resto de la energía se convierte en calor motivo por el cual el ánodo está refrigerado.

1.16. Trazar (en diferentes vistas) las líneas de campo eléctrico y las superficies equipotenciales de:

a) un disco delgado con carga superficial uniforme
b) un anillo cargado.
c) un hilo corto

1.17. Se tiene una carga distribuida en un cilindro infinitamente largo de radio **R**, cuyo eje es el eje **z**. La distribución de carga sólo depende de la distancia **r** al eje **z**. El potencial está expresado para **r< R**, por $\mathbf{V(r) = (Q/2\pi\varepsilon_0)\,[A(r/R) + B(r/R)^2 + C]}$, siendo constantes **A**, **B** y **C**. ¿Cuál es el campo eléctrico dentro de la varilla? Cuál es el valor de **C** si se define al potencial como cero en la superficie del cilindro?

1.18. Un anillo delgado de **42 cm** de radio tiene una carga uniformemente distribuida de $\mathbf{4.7 \times 10^{-7}}$ **C**. Se coloca una carga negativa, $\mathbf{q = -4.8 \times 10^{-8}}$ **C**, en el eje del anillo, a **34 cm** del plano del mismo ¿Cuánto trabajo debe efectuar un agente externo para mover lenta y continuamente la carga a una distancia de **120 cm**, también medida sobre el eje?

1.19. Un dipolo eléctrico consiste en dos cargas puntuales de $\mathbf{q_1 = 2.0}$ **pC** y $\mathbf{q_2 = -2.0}$ **pC**, separadas en una distancia de **4 μm**.

a) Calcular el momento dipolar y hacer un dibujo indicando la dirección y sentido.

b) Si el dipolo se coloca en el interior de un campo eléctrico uniforme de valor $\mathbf{4.0 \times 10^4}$ **N/C**, calcular el torque ejercido sobre el dipolo.

c) Calcular la energía del dipolo. ¿Cuál es su valor cuando el momento dipolar es paralelo al campo. Analizar si es una posición de equilibrio estable. Analizar qué sucedería en el caso que el dipolo se encuentre en un campo eléctrico no uniforme.

PROBLEMAS ADICIONALES:

UNIDAD 1: "Interacción eléctrica"

1) Se coloca una carga positiva $\mathbf{q_1 = 2}$ **μC** en la posición **(x, y, z)= (0, 10 cm, 0)** y una carga $\mathbf{q_2 = q_1}$ en **(x, y, z)= (10cm, 0, 0)**

Calcular:

a) el campo eléctrico en el origen de coordenadas (dar módulo, dirección y sentido)

b) la fuerza eléctrica sobre una carga $\mathbf{q_3 = -2}$ **μC** que se coloca en el origen de coordenadas (dar módulo, dirección y sentido)

c) el trabajo que debe realizar un agente externo para trasladar, con energía cinética invariable, la carga $\mathbf{q_3}$ hasta la posición **P= (0, 5 cm, 0)**.

2) Suponer que una partícula de prueba con carga $\mathbf{q_0 = -6}$ **nC** y masa $\mathbf{m_0 = 1.10^{-6}}$ **kg** parte del reposo a una distancia de **90 mm** de una partícula fija con carga **q = 50 nC**.

Si la única fuerza que actúa sobre la partícula de prueba es eléctrica:

a) ¿cuánto valdrá su velocidad cuando está a **30 mm** de la partícula fija?
b) ¿qué trabajo realiza la fuerza eléctrica sobre la partícula durante el desplazamiento?
c) ¿cuánto cambiará la energía potencial de la partícula como resultado de su desplazamiento?

3) Dos cargas positivas, de magnitud **q**, están sobre el eje **y** en los puntos ***y* = +*a*** e ***y*= -*a***. Una tercera carga negativa del mismo valor se suelta desde el reposo sobre el eje **x**, a gran distancia a la izquierda del origen, ¿cuál sería su velocidad cuando pasa por éste? ¿Y su aceleración?

4)- En cada uno de los vértices de un cuadrado de lado **a = 0,20 m** se coloca y se fija una carga **q = 6,0 μC**

a) Calcular la energía necesaria para conseguir este sistema de cargas puntuales.
b) Calcular el campo eléctrico en el centro del cuadrado.
c) Si las cuatro cargas se soltaran, ¿cuál sería la variación de energía cinética del sistema cuando están infinitamente alejadas entre sí?

5) Una varilla delgada conductora muy larga, uniformemente cargada con una densidad de carga lineal **λ = 2 μC/m** se coloca horizontalmente sobre el eje **x**.

a) Calcular el campo eléctrico a una distancia **R = 50 cm**, perpendicular a la varilla.
b) Calcular el trabajo que realiza el campo eléctrico sobre un electrón para moverlo desde la distancia **R** hasta **R/2**.

6) La carga eléctrica con la magnitud mínima que se puede aislar, es la del electrón o del protón. En 1909, Robert A. Millikan desarrolló un método clásico para medir esa carga, que se conoce como experimento de la gota de aceite, Millikan pudo implantar cargas en diminutas gotitas de aceite, que caían a determinada velocidad terminal bajo la influencia de la gravedad y de la resistencia del aire. Colocando esas gotitas entre placas paralelas horizontales y cargadas, como en la Figura 1, el campo eléctrico entre las placas produce una fuerza que puede anular, en parte la fuerza gravitacional. Si la masa y el tamaño de la gotita se conocen, entonces determinando la velocidad de caída de las gotitas con y sin campo eléctrico, se puede medir la carga.

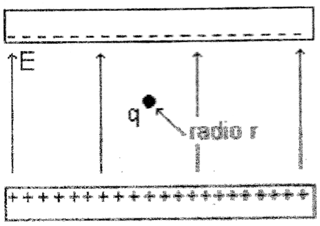

Figura 1

a) La fuerza de frenado o de resistencia sobre la gotita de radio r que cae a una velocidad constante por el aire, se dirige hacia arriba y está expresada por la ley de Stokes, $\mathbf{F_{frenado}} = \mathbf{6\pi\eta r v}$, siendo η la viscosidad del aire.
b) Suponga que la carga mínima es **1.6×10^{-19} C**, la densidad del aceite **0.85 g/cm^3** y el radio de la gotita es **2.0×10^{-4} cm**. La gotita tiene la carga mínima. Calcule el valor de **E** que mantenga estacionaria a la gotita entre las placas.
c) Demuestre, de acuerdo con la segunda ley de Newton, que la velocidad límite $\vec{V}_0$ de la gota sin carga es $V_0 = 2\ r^2\ \rho\ g\ /\ 9\ \eta$, siendo **ρ** la densidad del aceite y **g** la aceleración de la gravedad.
d) Suponga que la carga de la gota **q**, es positiva y que el campo se dirige verticalmente hacia arriba. Empleando la segunda ley de Newton , demuestre que la carga es:

$$q = \frac{18\pi\left|\vec{V}_1 + \vec{V}_0\right|}{E}\sqrt{\frac{V_0\eta^3}{2\rho g}}$$, donde $\vec{V}_1$ es la velocidad límite cuando existe el campo eléctrico **E**.

7) En el sistema de coordenadas cartesianas **XYZ** un hilo conductor muy largo paralelo al eje **z** está ubicado en algún punto del eje **x** y tiene una carga **λ** = **-2μC/m**. El campo eléctrico en alguna zona del eje **x** con **x>0** puede escribirse como

$$\vec{E}(x) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(x-a)}\hat{i} \quad , \text{a>o}$$

a) ¿Dónde está ubicado el conductor?
b) Representar la situación y mostrar en distintos puntos del plano **XY** el campo eléctrico
c) Escribir la/s expresión/es para los restantes puntos del eje **x**
d) Graficar **E_x(x) vs x**
e) Representar en el diagrama algunas superficies equipotenciales útiles para el cálculo en el inciso f)
f) Hallar y calcular la variación de energía potencial eléctrica cuando se hace mover una carga puntual de **– 0.1** μC desde **P = (a; a; 0)** hasta **Q = (5a; 3a;0)** con **a = 0.25m**