1.- Una esfera de radio a está cargada con una carga total Q. Utilizar la Ley de Gauss para calcular el campo eléctrico $\vec{E}(r) = E(r)\,\check{r}$ a una distancia arbitraria r del centro de la esfera. Considerar los siguientes casos:

a) Si la esfera es hueca y la carga se halla uniformemente distribuida sobre su superficie, entonces demostrar que $E(r) = 0\,(r < a)$; $E(r) = Q/(4\pi\epsilon_0\, r^2)\,(r \geq a)$. Represente $E(r)$ para $0 \leq r \leq 2\,a$, tomando $Q/(4\pi\epsilon_0) = 5\,(Volt \cdot m)$ y $a = 0{,}5\,m$.

b) Si la esfera es sólida y la carga se halla uniformemente distribuida en su volumen, entonces demostrar que $E(r) = Q\,r/(4\pi\epsilon_0\, a^3)\,(r \leq a)$; $E(r) = Q/(4\pi\epsilon_0\, r^2)\,(r \geq a)$. Represente $E(r)$ para $0 \leq r \leq 2\,a$, tomando los valores anteriores.

2.- Calcular la intensidad de campo eléctrico generado por el núcleo del átomo de hidrógeno del problema 2 de la guía número 1, en el lugar donde se halla la órbita del electrón. Evalúe el potencial eléctrico a esa misma distancia. ¿Cuánto vale la energía potencial electrostática del electrón en eV (electrón-volt)?

3.- El cátodo incandescente de un tubo de imágen de un televisor emite electrones cuya velocidad inicial puede despreciarse. Los electrones recorren el espacio (vacío) interior del tubo y chocan contra la superficie de la pantalla luego de haber sido acelerados a través de una diferencia de potencial de 30.000 V. Calcular la velocidad de los electrones al chocar con la pantalla. ¿Cuál es su energía cinética? Expresar este último resultado en eV.

4.- Considerar dos láminas conductoras planas y paralelas, separadas por una distancia d, muy pequeña en comparación con las dimensiones de las láminas. Las láminas están cargadas uniformemente con densidades superficiales σ (C/m^2) y $-\sigma$, respectivamente, de modo que el sistema completo es eléctricamente neutro. Si la diferencia de potencial entre ambas láminas es de 100 volts y $d = 2$ mm, entonces

a) Indicar la dirección y sentido del campo $\vec{E}$ en el espacio entre láminas, y calcular su magnitud $|\vec{E}|$.

b) Utilizar la Ley de Gauss para calcular la densidad superficial σ a partir de $|\vec{E}|$.

c) Una partícula α parte del reposo desde la lámina cargada positivamente, y es acelerada libremente por la fuerza electrostática. Calcular la velocidad de llegada a la placa negativa. $Q_\alpha = +2\,e$ y $m_\alpha = 6{,}65 \times 10^{-27} kg$.

5.- Considerar el dipolo eléctrico $\vec{p}$ orientado a lo largo del eje y, tal como se especifica al comienzo del problema 5 de la guía número 1.

a) El potencial eléctrico en cualquier punto $\vec{r} = (x, y)$ del plano viene dado por $V(\vec{r}) = q/(4\pi\epsilon_0)\,\{\,[x^2 + (y-a)^2]^{-1/2} - [x^2 + (y+a)^2]^{-1/2}\,\}$. Interpretar este resultado.

b) Encuentre que para grandes distancias r al centro del dipolo ($r \gg a$) se puede escribir $V(r) = p/(2\pi\epsilon_0)\,[\cos(\theta)/r^2]$, donde θ es el ángulo entre $\vec{p}$ y $\vec{r}$ [Observe que $\cos(\theta) = y/r$].

c) Obtener en este último caso el campo eléctrico en cualquier punto del plano, usando la relación $\vec{E} = -\vec{\nabla}\,V$.

PROBLEMAS ADICIONALES

Estos problemas suplementan la ejercitación práctica en los temas correspondientes a la presente guía, y es por lo tanto recomendable que los alumnos los analicen y resuelvan. Los problemas que pueden presentar alguna dificultad especial, en particular de índole matemático, han sido marcados con un asterisco (*).

A1.- Un conductor sólido que lleva una carga neta Q tiene una cavidad vacía en su interior. ¿Cuánto vale el campo eléctrico dentro del conductor sólido? ¿Y dentro de la cavidad? ¿Varía el potencial de un punto a otro dentro del conductor sólido? ¿Qué sucede dentro de la cavidad? ¿Cómo se compara el potencial dentro de la cavidad con el potencial dentro del conductor sólido?

* **A2.-** Un cilindro infinito de radio a está cargado con una carga total λ por unidad de longitud. Utilizar la Ley de Gauss para calcular el campo eléctrico a una distancia arbitraria r del eje del cilindro. Considerar los siguientes casos:

a) El cilindro es hueco y la carga se halla uniformemente distribuida sobre su superficie.

b) El cilindro es sólido y la carga se halla uniformemente distribuida en su volumen.

Represente $E(r)$ tomando $\lambda/(2\pi\epsilon_0) = 3\,(Volt)$ y $a = 0{,}2\,m$.

A3.- Un anillo delgado de radio $R = 3\,cm$ está uniformemente cargado con una carga total $Q = -5\,\mu C$.

a) Demostrar que el potencial eléctrico generado por el anillo sobre un punto arbitrario x de su eje vale $V(x) = Q/\{4\pi\epsilon_0 \cdot [x^2 + R^2]^{1/2}\}$. Calcule $V(x = 0)$ y $V(x = R)$.

b) Usando la relación $\vec{E} = -\vec{\nabla} V$ obtenga $\vec{E}$ sobre cualquier punto del eje (compare con el tercer problema adicional de la guía 1).

* **A4.-** Un disco circular delgado de 10 cm de radio está cargado uniformemente con una carga total de 7×10^{-4} C. Calcular el potencial eléctrico en un punto arbitrario de su eje.

A5.- Calcular el potencial eléctrico generado por la esfera del problema 1, considerando los casos allí enumerados.

* **A6.-** Calcular el potencial eléctrico generado por el cilindro del problema A2. ¿Cómo se comporta el potencial a grandes distancias del cilindro ($r \gg a$)?

A7.- Utilizar los resultados de los problemas 1 y A5, aplicados al caso de una esfera hueca de radio 10 cm y densidad superficial de carga $\sigma = -1$ μC/m^2; y calcular

a) El campo $\vec{E}$ y el potencial V en la superficie de la esfera.

b) Si un electrón parte del reposo desde la superficie de la esfera, y se mueve libremente bajo la acción de la fuerza electrostática, ¿Cuál será su velocidad al alejarse infinitamente de la esfera?