

## LMA Física II: Electricidad y Magnetismo - 1C 2022

## Guía N°1: Cargas y campos eléctricos

**Problema 1:** La unidad de carga discreta *libre* más pequeña, que se conoce como carga elemental, es la carga del electrón  $-e$  (ver valores de las constantes al final de la guía). El protón es una partícula de carga igual y opuesta a la del electrón.

- a) El radio característico de un electrón en el átomo de H (el cual consta de un solo protón) es  $a_0 \simeq 5,292 \times 10^{-11}$  m. Calcular la fuerza de atracción eléctrica y gravitatoria entre el electrón y el protón. Comparar.
- b) La distancia media entre dos protones en el núcleo del átomo de He es del orden de  $10^{-15}$  m. Calcular la fuerza de atracción gravitatoria y repulsión eléctrica entre los protones. Comparar.
- c) Teniendo en cuenta los ítems anteriores, cuál es la razón por la cual a escala astronómica la única fuerza que se considera entre “partículas” es la gravitatoria?

**Problema 2:** En cada vértice de un cuadrado hay una partícula de carga  $q$ . En el centro del cuadrado se ubica una partícula de carga opuesta y valor  $Q$ . Calcular  $Q$  para que la fuerza resultante sobre todas las partículas resulte nulo. ¿Es estable ese equilibrio?

**Problema 3:** Considerar dos cargas  $q_1$  y  $q_2$  de igual signo y colocadas a una distancia  $d$  entre sí. Ubicar el o los puntos del espacio donde el campo eléctrico es nulo. Si una carga de prueba se ubica allí en reposo, ¿su equilibrio es estable?

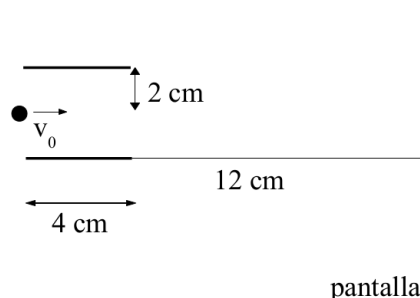
**Problema 4:** Dos cargas puntuales de magnitudes  $e$  y  $-e$ , ubicadas sobre el eje  $z$  en las posiciones  $z = \pm a$  respectivamente (con  $a > 0$ ), forman lo que se conoce como un “dipolo eléctrico”.

- a) Dibuje algunas líneas de campo.
- b) Determine analíticamente el campo eléctrico producido por el dipolo a lo largo del eje  $z$ .
- c) Analice el comportamiento del campo hallado en el ítem anterior cuando  $|z| \gg a$ .
- d) Calcule y dibuje el campo que produce el dipolo sobre el plano  $z = 0$  (plano  $x - y$ ).

**Problema 5:** Una delgada varilla está curvada en forma de semicircunferencia con radio constante  $R$  y tiene una carga  $Q$  distribuida uniformemente sobre su longitud. Calcular el campo eléctrico en el centro de la semicircunferencia.

**Problema 6:** Calcular el campo eléctrico sobre el eje de simetría de un anillo de espesor despreciable y radio  $R$ , sobre el que se distribuye de manera uniforme una carga  $Q$ .

**Problema 7:** Un osciloscopio de rayos catódicos consta de dos placas delgadas, planas y paralelas, con cargas de igual magnitud y diferente signo. El campo eléctrico generado por este sistema resulta perpendicular a las placas, y dirigido desde la placa con carga positiva (superior) hacia aquella con carga negativa (inferior), causando la deflexión de la trayectoria de partículas cargadas, las cuales eventualmente impactan contra una pantalla fluorescente (ver figura). Suponga que entre las placas de deflexión existe un campo eléctrico de magnitud  $3 \times 10^4$  N/C.



- ¿Cuánto vale la fuerza que este campo ejerce sobre un electrón?
  - ¿Cuál es la aceleración que adquiere el electrón en presencia de este campo? Desprecie efectos gravitatorios.
- Suponiendo que el electrón se lanza con una velocidad inicial de  $2 \times 10^7$  m/s en la dirección de un eje equidistante de las placas como se ilustra en la figura:
- ¿Cuál es el desplazamiento perpendicular a la dirección de movimiento original cuando el electrón pasa por el extremo de las placas?
  - ¿Cuánto vale el ángulo que forma el vector velocidad del electrón con la dirección original de movimiento cuando abandona las placas?
  - ¿A qué distancia del eje choca el electrón en la pantalla fluorescente?

**Problema 8:** Considere un campo de la forma  $\vec{E}(\vec{r}) = A r \hat{r}$ , expresado en coordenadas esféricas y con  $A$  una constante positiva.

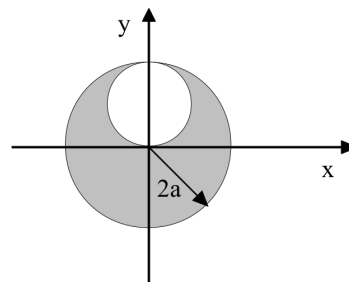
- Represente gráficamente el campo (orientación y magnitud).
- Calcule el flujo del campo a través de una superficie esférica de radio  $R$  centrada en el origen y orientada con la normal hacia afuera.

**Problema 9:** Considerar una esfera de radio  $a$ , uniformemente cargada con carga total  $Q$ .

- Teniendo en cuenta la simetría del problema, indicar de qué coordenada(s) puede depender el campo eléctrico y cómo debe apuntar.
- Calcular el campo eléctrico en todo el espacio.

- c) Graficar la intensidad del campo como función de la distancia al centro de la esfera.
- d) ¿Hay discontinuidad en el valor del campo sobre la superficie de la esfera? ¿Hay discontinuidad en su centro?

**Problema 10:** Considere una esfera de radio  $2a$ , con una distribución uniforme de carga  $\rho$ . Esta esfera tiene en su interior una cavidad esférica de radio  $a$  como se muestra en la figura. Demuestre que el campo eléctrico dentro de la cavidad es uniforme y está dado por  $E_x = 0$ ,  $E_y = \rho a / (3\epsilon_0)$ ,  $E_z = 0$ .

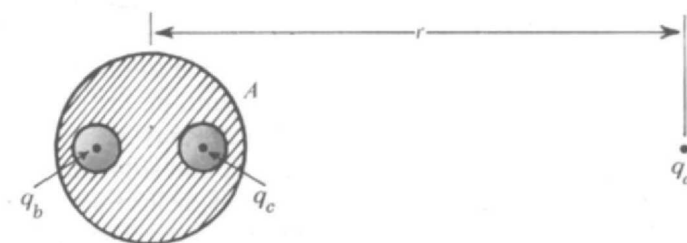


Ayuda: El campo eléctrico dentro de la cavidad se puede calcular como la suma del campo debido a la esfera de radio  $2a$  completa y el campo debido a una esfera de radio  $a$ , con densidad de carga  $-\rho$ , ocupando el volumen de la cavidad.

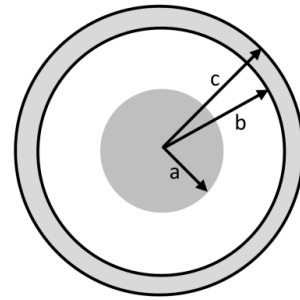
**Problema 11:** Un plano tiene una distribución superficial de carga uniforme  $\sigma$ . Este plano se encuentra adosado a una capa infinita de espesor  $d$ , cargada uniformemente con una distribución volumétrica de carga  $\rho$  constante. Calcular el vector campo eléctrico en todo punto del espacio.

**Problema 12:** Considerar una densidad superficial uniforme de carga  $\sigma$  distribuida sobre la superficie de un cilindro hueco de radio  $a$ , cuyo largo aproximamos como infinito. Calcular el vector campo eléctrico en todo punto del espacio.

**Problema 13:** Una esfera conductora  $A$  de carga total nula contiene dos cavidades esféricas. En los centros de dichas cavidades se colocan las cargas puntuales  $q_b$  y  $q_c$ . A una distancia  $r$  mucho mayor que el radio de la esfera conductora, se fija una carga puntual  $q_d$  según se muestra en la figura. Calcular la fuerza eléctrica sobre cada una de las tres cargas puntuales y sobre la esfera conductora.



**Problema 14:** Una esfera sólida conductora de radio  $a$  tiene una carga eléctrica positiva  $2Q$ . Un cascarón esférico conductor de radio interior  $b$  ( $b > a$ ) y radio exterior  $c$ , concéntrico con la esfera sólida, tiene una carga  $-Q$ .



a) Encuentre el campo eléctrico en todo el espacio.

b) ¿Cuál es la distribución de carga en el cascarón?

Algunas constantes físicas

Masa en reposo del electrón:  $m_e \simeq 9,109 \times 10^{-31}$  kg

Masa en reposo del protón:  $m_p \simeq 1,673 \times 10^{-27}$  kg

Carga elemental:  $e \simeq 1,602 \times 10^{-19}$  C

Constante de Newton:  $G \simeq 6,674 \times 10^{-11}$  N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>

Permitividad eléctrica del vacío:  $\epsilon_0 \simeq 8,854 \times 10^{-12}$  N<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> C<sup>2</sup>

Constante de Coulomb:  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \simeq 8,987 \times 10^9$  N m<sup>2</sup> C<sup>-2</sup>