

## FÍSICA GENERAL III - CURSO 2015

### Práctica 2: **Campo electrostático.**

- 1- En base a la definición teórica de campo electrostático, y teniendo en cuenta la factibilidad de medir el campo en sentido práctico, analice las siguientes afirmaciones, justifíquelas e ilustre con ejemplos.
  - a) Las dimensiones geométricas de la partícula de prueba deben ser tan pequeñas como sea posible.
  - b) La carga  $q$  residente en la partícula de prueba debe ser de magnitud tan pequeña como sea posible.
  - c) Es conveniente (aunque no imprescindible) que la carga  $q$  residente en la partícula de prueba sea positiva.
- 2- Resulta especialmente práctico en muchas aplicaciones, suponer que una partícula portadora de carga es “puntual” (por supuesto que esto es sólo una manera de modelar). Entonces, discuta el alcance de este modelo. En particular, explique qué debe interpretarse cuando el módulo del campo electrostático tiende a infinito, al acercarnos a una “carga puntual”.
- 3- Compare las fuerzas que actuarían sobre un electrón y un protón libres y en reposo, bajo la acción de un mismo campo electrostático. Compare las correspondientes aceleraciones.
- 4- Dos partículas puntuales, con cargas de  $5 \mu C$  y  $-10 \mu C$  están rígidamente sostenidas con una separación de  $1 m$ .
  - a) Determine el campo electrostático en un punto situado a  $0,6 m$  de la primera partícula y a  $0,8 m$  de la segunda.
  - b) ¿En qué punto resultará nulo el campo electrostático debido a estas cargas?
  - c) Determine el punto sobre la línea que une ambas partículas, donde las cargas contribuyen con campos exactamente iguales.
- 5- Un dispositivo formado por dos placas conductoras planas paralelas, separadas una distancia bastante menor que sus dimensiones lineales, puede utilizarse para producir campos electrostáticos aproximadamente uniformes. Suponga que uno de estos dispositivos está formado por dos placas cuadradas de  $4 cm$  de lado, colocadas en posición horizontal y separadas  $1 cm$ . En el espacio entre ellas se genera un campo electrostático vertical, que puede ser modelado como uniforme en el espacio entre placas y nulo en cualquier otro sitio.

Un electrón es lanzado con rapidez inicial  $v_0 = 10^7 m/s$  en dirección paralela a las placas y desde un punto que equidista de las mismas.

- a) Si cuando el electrón sale de la región del campo, pasa justamente por el borde de la placa superior, determine el vector campo electrostático  $\vec{E}$  producido por las placas.
- b) Determine el vector velocidad de “salida” del electrón.
- 6- Cada una de las cargas que componen un dipolo eléctrico tienen un valor absoluto de  $0,5 \text{ nC}$ , y se encuentran separadas una distancia de  $1 \text{ mm}$ . Calcule el campo electrostático en un punto del plano de simetría del dipolo, situado a  $10 \text{ cm}$  de su centro.
- 7- Un ión de cloro de carga  $-e$  se sitúa frente a una molécula de agua, cuyo momento dipolar eléctrico apunta exactamente al ión. La distancia entre ambas partículas es  $5 \times 10^{-8} \text{ m}$ . El módulo del momento dipolar eléctrico  $\vec{p}$  de la molécula de agua es  $p = 6,17 \times 10^{-30} \text{ C m}$ . Encuentre la fuerza eléctrica ejercida por la molécula sobre el ión. ¿Es una fuerza atractiva o repulsiva?<sup>1</sup>
- 8- Cuatro partículas pequeñas se emplazan rígidamente en los vértices de un cuadrado de  $10 \text{ cm}$  de lado.
- a) Considere el caso en que todas las partículas están igualmente cargadas con  $100 \mu\text{C}$ . Construya un gráfico del montaje y utilice razonamientos de simetría para determinar la dirección y sentido del campo electrostático en el centro del cuadrado y en el punto medio de cada lado<sup>2</sup>. ¿Qué componentes serán nulas en cada punto? Luego calcule las componentes no nulas.
- b) Repita el análisis para el caso en que las partículas poseen alternadamente cargas de  $100 \mu\text{C}$  y  $-100 \mu\text{C}$ .
- c) Idem para el caso en que tres partículas tienen cargas de  $100 \mu\text{C}$  y la restante tiene  $-100 \mu\text{C}$ .
- 9- Alta simetría para integrar fácil...

La ley de Coulomb y el principio de superposición conducen a una expresión muy compacta para calcular campos producidos por distribuciones continuas de carga. Si  $D$  representa la distribución de carga, tenemos que

$$\vec{E}(\vec{r}) = k \int_D \frac{dq}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} \frac{\vec{r} - \vec{r}'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

---

<sup>1</sup>Observe que la distancia entre la molécula y el ión es mucho mayor que las dimensiones atómicas o moleculares. Por lo tanto cabe modelar la molécula de agua como un dipolo puntual y el ión de cloro como una carga puntual.

<sup>2</sup>Trate de resolver esta parte sin hacer cuentas. El objetivo es que usted se entrene en razonamientos vectoriales que le permitan predecir resultados, como futura herramienta de control y formación de criterio.

donde  $\vec{r}$  es la posición en que se quiere calcular el campo,  $\vec{r}'$  representa la posición del elemento de carga  $dq$  y  $k$  es la constante universal que vale

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

$D$  representa el dominio sobre el que hay cargas, el cual puede ser una curva, una superficie o un volumen. Observe que dependiendo de los casos,  $dq$  debe reemplazarse en función de la densidad correspondiente. Esto es:

- I) Si  $D$  es una curva,  $dq = \lambda dl$ , donde  $\lambda$  es una densidad lineal de carga.
- II) Si  $D$  es una superficie,  $dq = \sigma ds$ , donde  $\sigma$  es una densidad superficial de carga.
- III) Si  $D$  es un volumen,  $dq = \rho dv$ , donde  $\rho$  es una densidad volumétrica de carga.

En algunos casos de alta simetría, esta integral es especialmente simple. Son justamente estos casos los que constituyen problemas clásicos, por lo que conviene resolver cuidadosamente esta pequeña colección.

- a) Calcule el campo electrostático producido en cualquier punto del espacio, por un hilo de longitud  $l$  uniformemente cargado con densidad  $\lambda$ .
- b) Extienda el caso anterior a la situación en que la longitud  $l$  tiende a infinito.
- c) Calcule el campo electrostático sobre el eje de un anillo de radio  $R$ , uniformemente cargado con densidad lineal  $\lambda$ .
- d) Extienda el análisis anterior al caso de un disco de radio  $R$  uniformemente cargado con densidad superficial  $\sigma$ .
- e) Extienda el análisis anterior al caso de un plano infinitamente extendido ( $R$  tendiendo a infinito).

**10-** Considere dos planos paralelos infinitamente extendidos y separados una distancia  $d$ . Sobre cada uno de ellos yacen distribuciones uniformes de cargas de densidades superficiales  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  respectivamente. Determine el campo electrostático en todas partes y en cada uno de los siguientes casos:

- a)  $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = 3 \text{ mC/m}^2$ .
- b)  $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = -3 \text{ mC/m}^2$ .
- c)  $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = 5 \text{ mC/m}^2$ .
- d)  $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = -5 \text{ mC/m}^2$ .

**11-** Una esfera hueca no conductora de radio  $R = 12 \text{ cm}$  y espesor despreciable, se separa en dos mitades. Una de las partes se retira y la otra se carga uniformemente a razón de  $400 \text{ } \mu\text{C/m}^2$ . Determine el campo electrostático en el centro de curvatura de la pieza.

- 12-** Un anillo de  $12\text{ cm}$  de radio posee una carga de  $50\ \mu\text{C}$  uniformemente distribuida. Un tubo delgado yace fijo a lo largo del eje del anillo<sup>3</sup>. Dentro del tubo se desliza una partícula de  $4\text{ g}$  cuya carga es de  $-20\ \mu\text{C}$  (libre de rozamiento). Se observa que la partícula realiza oscilaciones armónicas con una amplitud de  $1,4\text{ cm}$ .
- Determine la frecuencia de oscilación.
  - Construya las funciones que describen el movimiento (posición, velocidad y aceleración como funciones del tiempo).
  - Determine los módulos máximos de velocidad y aceleración.
- 13-** Dibuje algunas líneas de campo para las siguientes distribuciones de carga:
- Carga puntual negativa.
  - Dipolo eléctrico.
  - Dos cargas puntuales negativas iguales.
  - Dos cargas puntuales de distinto signo, tales que el valor absoluto de una de ellas es cinco veces mayor que el de la otra.
  - Cuatro cargas puntuales positivas idénticas situadas en los vértices de un cuadrado.
- 14-** Una partícula de prueba cargada se coloca en un punto del espacio donde existe un campo electrostático, y se la libera en reposo. ¿Coincidirá la trayectoria de la partícula con una línea de campo? Analice los siguientes casos y discuta similitudes y diferencias:
- Cuando el campo es producido por una carga puntual.
  - Cuando el campo es producido por un dipolo eléctrico.

---

<sup>3</sup>Suponga que el tubo no interactúa eléctricamente con el sistema. Sólo funciona como guía.