

FÍSICA GENERAL III - CURSO 2013
Práctica 3: **Flujo del campo electrostático. Ley de Gauss.**

- 1- Sea S una superficie orientada cualquiera, que yace en cierto lugar del espacio en el que existe un campo electrostático $\vec{E}(\vec{r})$. El flujo $\Phi_{\vec{E}S}$ del campo electrostático a través de la superficie S se define como

$$\Phi_{\vec{E}S} = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

donde $d\vec{s}$ es un vector cuyo módulo representa un área infinitesimal de la superficie S , su dirección es perpendicular a S y su sentido es el que define la orientación de la superficie (en general, el sentido debe ser elegido y especificado claramente antes de calcular el flujo).

- a) Considere una superficie semiesférica de radio $R = 16 \text{ cm}$, tal que su curva límite (que por supuesto, es una circunferencia) se encuentra sobre el plano $x - y$. En la región yace un campo electrostático uniforme orientado en el sentido positivo del eje z , dado por

$$\vec{E} = (0 \text{ N/C}, 0 \text{ N/C}, 40 \text{ N/C})$$

Utilice la definición anterior para calcular el flujo del campo electrostático a través de la superficie indicada.

- b) Repita el análisis si se considera una superficie esférica completa.

- 2- La posición en la que se encuentra una partícula que aloja una carga de $50 \mu\text{C}$ se elige como origen de coordenadas. Una superficie circular de 4 cm de radio se sitúa con su centro sobre el eje z y en posición paralela al plano $x - y$, a 12 cm del mismo. Calcule la integral de flujo del campo electrostático producido por la carga de la partícula, a través de la superficie indicada.

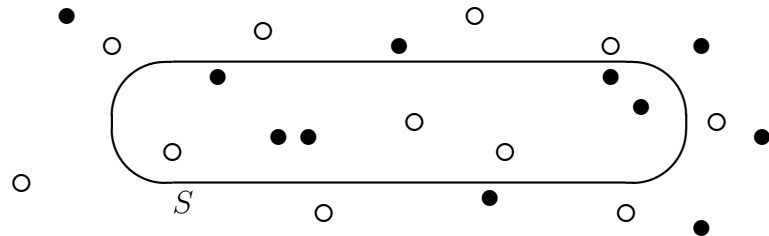
- 3- La ley de Gauss expresa que el flujo del campo electrostático $\vec{E}(\vec{r})$ a través de cualquier superficie cerrada S es proporcional a la carga Q_{RS} residente en el volumen limitado por dicha superficie. Esto es

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{RS}}{\epsilon_0}$$

donde $d\vec{s}$ es un vector normal exterior a la superficie S .

Los dos problemas anteriores pueden simplificarse mucho si aprovechamos en la resolución los buenos oficios de la ley de Gauss. Reflexione de qué manera puede aprovecharse en estos casos y verifique que conduce a los mismos resultados.

- 4- Considere una pirámide imaginaria de base cuadrada de lado L y altura $L/2$. Suponga que una partícula puntual de carga Q se halla rígidamente emplazada en la cúspide de la pirámide. Determine el flujo del campo electrostático a través de la base y de cada cara lateral de la pirámide.
- 5- En cierta región del espacio existe un campo electrostático uniforme de módulo $E_0 = 24,6 \text{ N/C}$. Un marco cuadrado imaginario de 10 cm de lado, yace en dicha región, orientado de modo que la normal al plano que lo contiene forma un ángulo de 33° con la dirección del campo. Determine el flujo del campo electrostático a través de “cada una” de las infinitas superficies imaginarias limitadas por el marco.
- 6- La figura siguiente representa una superficie cerrada imaginaria S , situada en una región del espacio donde yacen partículas cargadas en posiciones fijas. Los círculos llenos representan partículas con carga positiva de $20 \mu\text{C}$, y los vacíos partículas negativas de $30 \mu\text{C}$.
- a) ¿Cuál es el flujo del campo electrostático a través de la superficie S ?
- b) ¿Es posible establecer que en alguna zona de la superficie S , exista flujo saliente? Justifique cualitativamente.



- 7- Considere una esfera de radio R , que posee una carga Q uniformemente distribuida en su volumen. Sea S una superficie esférica imaginaria de radio $3R$, situada concéntricamente con la primera. Determine el flujo de campo electrostático a través de S , y estime si se observarán cambios de flujo en los siguientes casos (si la respuesta es afirmativa, recalculé el flujo).
- a) Si el radio de S se reduce a $2R$.
- b) Si el radio de S se reduce a $R/2$.
- c) Si S adquiere una forma irregular manteniéndose exterior a la esfera que contiene la carga.
- d) Si S mantiene su radio original, pero su centro se desplaza una distancia R del centro de la esfera cargada.

- e) La misma situación del apartado d pero con una distancia $5R$ entre centros.
- f) Si en la situación original, se agrega una segunda esfera idéntica a la primera y con igual carga, con su centro situado a $5R$ del centro de la primera.
- g) Si en el montaje inicial se redistribuye la carga dentro de la esfera, en forma irregular.

8- Evalúe si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y justifique sus respuestas¹

- a) La ley de Gauss es válida sólo en el caso de distribuciones de carga simétricas.
- b) El campo electrostático involucrado en la ley de Gauss, es debido exclusivamente a las cargas que se encuentran dentro de la superficie gaussiana.
- c) Si en el interior de cierta superficie cerrada S , no hay cargas eléctricas, entonces el campo electrostático es nulo en todos los puntos de la superficie S .
- d) Si el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada S es nulo, entonces el campo electrostático es nulo en todos los puntos de S .
- e) Si el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada S es nulo, entonces no hay cargas distribuidas en el volumen interior a S .

9- Dos esferas iguales de radio $R = 5 \text{ cm}$ uniformemente cargadas con densidad $\rho = 30 \mu\text{C}/\text{cm}^3$, se encuentran emplazadas con sus centros separados 15 cm . Utilice la ley de Gauss y el principio de superposición para establecer el campo electrostático en un punto que se encuentra a 3 cm del centro de una de las esferas, medidos perpendicularmente a la línea que une los centros².

10- La densidad volumétrica de carga en un cuerpo esférico viene dada por

$$\delta(r') = \begin{cases} C r'^2 & \text{si } r' < R \\ 0 & \text{si } r' > R \end{cases}$$

siendo C una constante positiva. Determine el campo electrostático en todo el espacio como función de la coordenada radial r .

11- Una corteza cilíndrica infinitamente larga, posee radios interior $R_1 = 4 \text{ cm}$ y exterior $R_2 = 6 \text{ cm}$ (imagine la geometría de un caño). En la parte material, existe carga uniformemente distribuida con densidad δ . En un punto situado a

¹En caso que su respuesta sea “verdadero”, su justificación debe ser un razonamiento general basado en leyes o principios físicos. Si su respuesta es “falso”, como justificación bastará un contraejemplo.

²Este problema supone una condición irreal, debido a que la sola presencia de las esferas, produce efectos mutuos de polarización que modificarían la uniformidad de la densidad de carga. A sabiendas de esto, proponemos que el estudiante resuelva el problema sin tener en cuenta dicho efecto, para evitar la complejidad que resultaría inabordable ahora.

10 *cm* del eje del sistema, el campo electrostático tiene un módulo de 20 *N/C*, y apunta en dirección radial hacia el eje.

a) Determine la densidad volumétrica de carga δ .

b) Encuentre expresiones para el campo electrostático en todo el espacio.

- 12-** Una lámina no conductora plana bastante grande, con densidad superficial de carga uniforme σ , se encuentra emplazada en posición vertical. Una bolita plástica de masa m posee una carga eléctrica Q del mismo signo que la carga de la lámina. La bolita cuelga de un punto de la lámina mediante un hilo no conductor de masa despreciable y longitud l .

En condiciones electrostáticas, determine el ángulo que forman el hilo y la lámina.