

## TRABAJO PRÁCTICO Nº 3

### FLUJO ELÉCTRICO. LEY DE GAUSS.

Si tiene dudas de cómo calcular una integral de flujo consulte la guía TP0 .

Para un análisis de las simetrías de diferentes configuraciones de carga ver la filmación de simetrías .

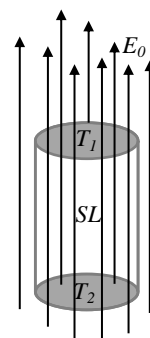
**P1.** Un día en el que amenaza una tormenta, sobre la superficie de la Tierra se mide un campo eléctrico vertical, dirigido hacia abajo, de magnitud  $2 \times 10^4 \text{ N/C}$ . Un auto, que puede considerarse como un paralelepípedo de techo con lados  $5 \text{ m}$  y  $2 \text{ m}$ , viaja a lo largo de un camino inclinado  $10^\circ$  hacia abajo. Determine el flujo eléctrico a través de la base inferior del auto. ¿Cómo será su resultado si cambia el sentido de la normal?

**P2.** Se determina que el flujo eléctrico sobre una esfera que encierra la Tierra es de  $-7,67 \times 10^{16} \text{ Nm}^2/\text{C}$ . ¿Qué carga total sobre la Tierra está implicada en esta medida?

**P3.** Un disco circular no conductor posee una densidad superficial de carga  $2 \times 10^{-10} \text{ C/m}^2$ . Dicho disco está rodeado completamente por una esfera de  $1 \text{ m}$  de radio. Si el flujo a través de la esfera es  $5,2 \times 10^2 \text{ Nm}^2/\text{C}$ . ¿Cuál es el diámetro del disco? ¿Se puede calcular el campo eléctrico debido al disco sobre la superficie de la esfera?

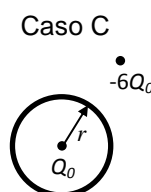
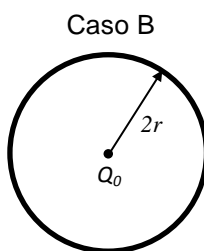
**C1.** Se dispone de un cilindro de radio  $A$  y altura  $L$ . Llamamos  $T_1$  y  $T_2$  a las tapas del cilindro y  $SL$  a su superficie lateral. Si dicho cilindro se encuentra en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme de intensidad  $E_0$  y el eje del cilindro es paralelo a la dirección de dicho campo,

- encuentre el valor y el signo del flujo a través de las tres superficies que constituyen el cilindro.
- ¿El flujo neto a través de la superficie es positivo, negativo o nulo?



**C2.** Cada una de las tres superficies gaussianas (imaginarias) esféricas ilustradas en la figura encierra una carga  $Q_0$ . En el caso C existe una carga adicional de  $-6 Q_0$  fuera de la superficie. Determine cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera.

- Dado que las superficies gaussianas de los casos A y C son iguales y como la carga exterior cambia el campo eléctrico, el flujo (a través de cada superficie) en ambos casos es diferente.
- El flujo a través de las tres superficies gaussianas es el mismo.
- El flujo eléctrico para la superficie del caso B es el menor, ya que la superficie es la que posee mayor área.




**P4.** Una esfera maciza no conductora de radio  $2 \text{ cm}$  tiene una carga uniformemente distribuida de  $1 \text{ nC}$ . Un cascarón esférico conductor de radio interior  $4 \text{ cm}$  y radio exterior  $5 \text{ cm}$ , concéntrico a la esfera está cargado con carga  $Q$ .

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3 \text{ km}$ ; radio de Marte:  $3,39 \times 10^3 \text{ km}$ .


P: problemas; C: ejercicios conceptuales; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos;

L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- Determine el valor y el signo de la carga  $Q$  sabiendo que el flujo eléctrico sobre una esfera de  $10\text{ cm}$  de radio es de  $-113\text{ Nm}^2/\text{C}$ .
- Calcule las densidades superficiales de carga en cada superficie del cascarón.

**P5.** Una partícula de carga  $Q$  está en el centro de un cascarón esférico conductor cargado con una carga de  $-3Q$ . Si el cascarón tiene radios interior  $R_1$  y exterior  $R_2$ , calcule:

- la densidad de carga en cada superficie del cascarón,
- el campo electrostático en todas partes del espacio (como función de la coordenada radial).
- Repita los incisos anteriores considerando que la partícula tiene carga  $-Q$ .

**P6.**  Dos esferas iguales de radio  $5\text{ cm}$  uniformemente cargadas con densidades volumétricas de carga de  $30\text{ }\mu\text{C}/\text{m}^3$ , se encuentran fijas en el espacio con sus centros separados  $15\text{ cm}$ . Utilice la Ley de Gauss y el principio de superposición para establecer el campo electrostático en un punto que se encuentra a  $3\text{ cm}$  del centro de una de las esferas, medido perpendicularmente a la línea que une los centros.


**P7.** Suponga un campo electrostático determinado por

$$\vec{E}(x) = \begin{cases} -300\text{ N/C } \hat{i} & \text{si } x < 0 \\ 300\text{ N/C } \hat{i} & \text{si } x > 0 \end{cases}$$

Imagine una superficie cerrada cilíndrica con tapas, cuya longitud es  $10\text{ cm}$ , su radio es  $4\text{ cm}$  y su centro coincide con el origen de coordenadas. El eje de simetría del cilindro coincide con el eje  $x$ .

- Realice un esquema de la situación planteada.
- Determine el flujo del campo electrostático que atraviesa cada tapa del cilindro y la superficie curvada del mismo (cuerpo).
- ¿Cuál será el flujo total a través de la superficie cerrada?
- ¿Cuál será la carga neta en el interior del cilindro?

**P8.** Calcule el campo electrostático producido por un hilo de longitud infinita uniformemente cargado con densidad  $\lambda$ , en cualquier punto del espacio. Compare sus resultados con los obtenidos en el *ejercicio P7 de la guía de trabajos prácticos N° 2*.

**P9.**  Un cable coaxil se compone de un alambre metálico recubierto por una capa aislante, que a la vez está recubierta por una corteza cilíndrica metálica, de manera que los ejes del alambre y la corteza coinciden. Considere un cable coaxil recto y muy largo, tal que el radio del alambre interior es de  $1,5\text{ cm}$  y los radios interior y exterior de la corteza metálica son  $4,5\text{ cm}$  y  $6,5\text{ cm}$ , respectivamente. Suponga que una densidad lineal de carga de  $6\text{ nC}/\text{m}$  se distribuye uniformemente en el conductor interior.

- ¿Cuáles serán las densidades superficiales de carga en el alambre y en las superficies interior y exterior de la corteza?
- Determine el campo electrostático como función de la distancia al alambre (coordenada radial en el sistema de coordenadas cilíndrico).
- ¿Cambiaría la respuesta del inciso a) si los ejes de ambos conductores se conservan paralelos pero no coincidentes?

**P10.** Considere una esfera cargada con densidad volumétrica de carga dada por la función:

$$\rho(r) = \begin{cases} Ar & \text{si } r < R \\ 0 & \text{si } r > R \end{cases}$$

siendo  $A$  una constante con unidades.

- Determine las unidades de  $A$ .

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$ ;  $k = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; *radio de la Tierra*:  $6,378 \times 10^3\text{ km}$ ; *radio de Marte*:  $3,39 \times 10^3\text{ km}$ .

P: problemas; C: ejercicios conceptuales; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos;

L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- b) Calcule el campo electrostático en todos los puntos del espacio como función de la coordenada radial  $r$ , suponiendo que la carga es positiva.
- c) Calcule el campo electrostático en todos los puntos del espacio como función de la coordenada radial  $r$ , suponiendo que la carga es negativa.

**P11.** Calcule el campo eléctrico en todos los puntos del espacio para las siguientes configuraciones de carga (suponga que los espesores de los conductores son despreciables):

- a) dos esferas concéntricas conductoras de radios  $A$  y  $B$  cargadas con carga  $Q$  y  $-Q$  respectivamente,
- b) dos cilindros conductores muy largos, con el mismo eje, de radios  $A$  y  $B$  cargados con densidad lineal de carga  $\lambda$  y  $-\lambda$  respectivamente,
- c) dos planos infinitos conductores paralelos separados una distancia  $A$  cargados con densidad superficial de carga  $\sigma$  y  $-\sigma$  respectivamente.

**P12.** Una placa plana infinita, no conductora, de espesor  $4 \text{ cm}$  está uniformemente cargada con una densidad de carga de  $2 \times 10^{-8} \text{ C/m}^3$ .

- a) Obtenga la expresión del campo eléctrico en el interior y en el exterior de dicha placa.
- b) Represente el módulo del campo eléctrico en función de la distancia a la placa.

**C3.** Se tiene una esfera conductora con densidad de carga  $\sigma$  y radio  $R$ . Se elige para aplicar Gauss una superficie imaginaria esférica concéntrica a la carga, de radio igual a  $3R$ .

- a) ¿cambiará el valor del flujo eléctrico si:
  - i. el radio disminuye a  $2R$ ?
  - ii. la superficie se sustituye por una irregular?
  - iii. la esfera cargada permanece en el interior de la superficie gaussiana, pero se la desplaza del centro?
  - iv. la esfera cargada se sitúa fuera de la superficie gaussiana?
  - v. aparte de la carga inicial se colocan dos esferas cargadas con diferente carga fuera de la superficie gaussiana?
- b) Calcular el flujo en cada caso.
- c) Indique en cuáles de los casos del inciso a (i, ii, iii, iv, v) puede calcular el campo eléctrico utilizando la Ley de Gauss.

**C4.** Indique si puede utilizar la Ley de Gauss para calcular el campo eléctrico, justificando su respuesta, si se tiene una esfera no conductora con densidad volumétrica:

- a)  $\rho = K$ ,
- b)  $\rho = Kr$ ,
- c)  $\rho = Kr^2$ ,
- d)  $\rho = K \sin \theta \cos \varphi$ ,
- e)  $\rho = Kr \cos \theta \cos \varphi$ ,

donde  $K$  es una constante,  $r$  es la coordenada radial en el sistema de coordenadas esféricas y  $\theta$  y  $\varphi$  son las coordenadas angulares en el sistema de coordenadas esféricas.

**C5.** Justifique por qué **no** puede realizar las siguientes afirmaciones

- a) La Ley de Gauss es válida sólo en el caso de distribuciones de cargas simétricas.
- b) El campo eléctrico en una región del espacio está dado por las cargas que se encuentran en el interior de la superficie gaussiana.
- c) Si no existe ninguna carga en una región del espacio, el campo eléctrico debe ser cero en todos los puntos de una superficie que rodea a la región citada.

Constantes:

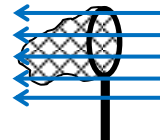
$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; *radio de la Tierra*:  $6,378 \times 10^3 \text{ km}$ ; *radio de Marte*:  $3,39 \times 10^3 \text{ km}$ .

P: problemas; C: ejercicios conceptuales; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos;

L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- d) Se puede deducir a partir de la Ley de Gauss que en el interior de cualquier conductor en equilibrio electrostático el campo eléctrico es nulo.

- A1.** Una red para cazar mariposas está inmersa en una región donde existe un campo eléctrico uniforme. El aro es un círculo de radio  $A$  y está alineado perpendicularmente al campo. Halle el flujo eléctrico a través de la red, respecto de la normal hacia afuera. ¿Cómo cambiaría el flujo eléctrico si se considerara la normal hacia adentro?



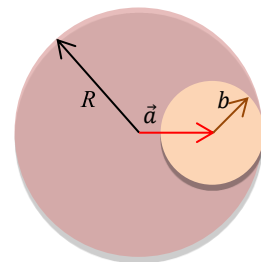
- A2.** Los vehículos espaciales que viajan a través de los cinturones de radiación de la Tierra chocan con electrones. Puesto que en el espacio no se puede "conectar la nave a Tierra", la carga resultante acumulada puede ser significativa y dañar a los componentes electrónicos, generando averías en los circuitos de control y otras anomalías operativas. Un satélite metálico esférico de  $1,3\text{ m}$  de diámetro acumula  $2,4\text{ }\mu\text{C}$  en una revolución orbital.

- a) Determine la densidad de carga superficial.  
b) Calcule el campo eléctrico resultante inmediatamente afuera de la superficie del satélite. Compare con el **ejercicio A4 de la guía de trabajos prácticos N° 2**.

- A3.** Una esfera de radio  $R$  posee una carga uniformemente distribuida en todo su volumen y tiene una cavidad esférica de radio  $b$ , como se ilustra en la figura. El centro de la cavidad está desplazado respecto al centro de la esfera por una distancia  $a$ . Demuestre que el campo eléctrico en la cavidad es uniforme y está dado por:

$$\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{a}$$

siendo  $\vec{a}$  el vector posición que apunta desde el centro de la esfera al centro de la cavidad.



Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$ ;  $k = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; *radio de la Tierra*:  $6,378 \times 10^3\text{ km}$ ; *radio de Marte*:  $3,39 \times 10^3\text{ km}$ .