

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

## TRABAJO PRÁCTICO Nº 3

### FLUJO ELÉCTRICO. LEY DE GAUSS.

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

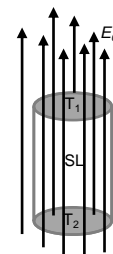
Para un análisis de las simetrías de diferentes configuraciones de carga ver la filmación de simetrías .

**P1.** Un día en el que amenaza una tormenta, sobre la superficie de la Tierra se mide un campo eléctrico vertical de magnitud  $2 \times 10^4$  N/C. Un auto, que puede considerarse como un paralelepípedo de techo con lados 5 m y 2 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.

**P2.** Un disco circular no conductor posee una densidad superficial de carga  $2 \times 10^{-10}$  C/m<sup>2</sup>. Dicho disco está rodeado por una esfera de 1 m de radio. Si el flujo a través de la esfera es  $5,2 \times 10^{-2}$  Nm<sup>2</sup>/C. ¿Cuál es el diámetro del disco?

**C1.** Se dispone de un cilindro de radio A y altura L. Llamaremos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> 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<sub>0</sub> 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?



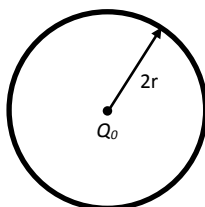
**C2.** Cada una de las tres superficies gaussianas (imaginarias) esféricas ilustradas en la figura encierra una carga Q<sub>0</sub>. En el caso C existe una carga adicional de -6 Q<sub>0</sub> fuera de la superficie. Determine cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera.

- 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.

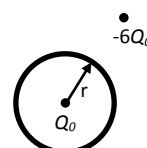
Caso A



Caso B



Caso C




**P3.** Una partícula de carga Q está en el centro de un cascarón esférico cargado con una carga de -3 Q. Si el cascarón tiene radios interior R<sub>1</sub> y exterior R<sub>2</sub>, 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.

**P4.** Dos esferas iguales de radio 5 cm uniformemente cargadas con densidades volumétricas de carga de 30 μC/m<sup>3</sup>, se encuentran emplazadas con sus centros separados 15 cm. Utilice la Ley de

Constantes:

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

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

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, medido perpendicularmente a la línea que une los centros.


**P5.** 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 cm, su radio es 4 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?

**P6.** Una lámina no conductora con densidad superficial de carga constante, se encuentra en posición vertical. Una bolita plástica de masa  $m$  posee una carga eléctrica  $Q$  del mismo signo de la carga de la lámina. La bolita cuelga de un punto de la lámina mediante un hilo no conductor de masa despreciable. En condiciones electrostáticas, determine el ángulo que forman el hilo y la lámina (recuerde el ejercicio P10 de la guía de trabajos prácticos N°2).

**P7.**  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 cm y los radios interior y exterior de la corteza metálica son 4,5 cm y 6,5 cm, respectivamente. Suponga que una densidad lineal de carga de 6 nC/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?

**P8.** La densidad volumétrica de carga en una región del espacio es esféricamente simétrica y está dada por

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

siendo  $A$  una constante con unidades.

- Determine las unidades de  $A$ .
- Calcule el campo electrostático en todos los puntos del espacio como función de la coordenada radial  $r$ , suponiendo que la carga es positiva.
- Calcule el campo electrostático en todos los puntos del espacio como función de la coordenada radial  $r$ , suponiendo que la carga es negativa.

**P9.** 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):

- dos esferas concéntricas conductoras de radios  $A$  y  $B$  cargadas con carga  $Q$  y  $-Q$  respectivamente,
- dos cilindros conductores muy largos, con el mismo eje, de radios  $A$  y  $B$  cargados con densidad lineal de carga  $\lambda$  y  $-\lambda$  respectivamente,

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 para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- c) dos planos infinitos conductores paralelos separados una distancia  $A$  cargados con densidad superficial de carga  $\sigma$  y  $-\sigma$  respectivamente.

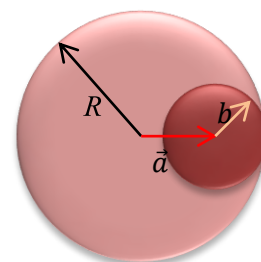
**P10.** Una placa plana infinita, no conductora, de espesor 4 cm está uniformemente cargada con una densidad de carga de  $2 \times 10^{-8} \text{ C/m}^3$ .

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

**P11.** 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.



**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  $3 R$ .

- ¿cambiará el valor del flujo eléctrico si:
  - el radio disminuye a  $2 R$ ?
  - la superficie se sustituye por una irregular?
  - la esfera cargada permanece en el interior de la superficie gaussiana, pero se la desplaza del centro?
  - la esfera cargada se sitúa fuera de la superficie gaussiana?
  - aparte de la carga inicial se colocan dos esferas cargadas con diferente carga fuera de la superficie gaussiana?
- Calcular el flujo en cada caso.
- 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:

- $\rho = K$ ,
- $\rho = K r$ ,
- $\rho = K r^2$ ,
- $\rho = K \sin \theta \cos \varphi$ ,
- $\rho = K r \cos \theta \cos \varphi$ ,


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

- La Ley de Gauss es válida sólo en el caso de distribuciones de cargas simétricas.
- El campo eléctrico en una región del espacio está dado por las cargas que se encuentran en el interior de la superficie gaussiana.
- 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.
- 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.

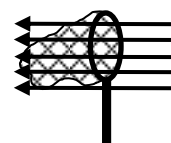
Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; 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 para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

**A1.** Marte es uno de los planetas del sistema solar que ha desarrollado la imaginación de muchos humanos. Fue llamado así por el dios de la guerra de la mitología romana, Marte y apodado el Planeta rojo por el color con el que lo vemos. Este color está dado por el óxido de hierro que se encuentra en su superficie. Posee dos satélites naturales, Deimos y Fobos. Se han realizado numerosos análisis de su trayectoria por diversos astrónomos célebres, como ser Tycho Brahe y Johannes Kepler (quien a partir de los datos observacionales dedujo las leyes de Kepler que determinan el movimiento de los planetas). Algunos astrónomos han sugerido que este peculiar planeta tiene un campo eléctrico parecido al de la Tierra y que produce un flujo neto de  $3,63 \times 10^{16} \text{ Nm}^2/\text{C}$  en su superficie. ¿Cuál será la carga total y la densidad de carga del planeta rojo? Compare con los resultados del ejercicio P3 de la guía de trabajos prácticos N°2.

**A2.** Una red para cazar mariposas está inmersa en una región donde existe un campo eléctrico uniforme (ver figura). 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?



**A3.** Los vehículos espaciales que viajan a través de los cinturones de radiación de la Tierra chocan con electrones atrapados (en los cinturones). 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 m de diámetro acumula  $2,4 \mu\text{C}$  en una revolución orbital.

- Determine la densidad de carga superficial.
- 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.