

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 2

### CAMPO ELECTROSTÁTICO.

#### E1. Visualización de líneas de campo eléctrico

*Materiales:*

Papel aluminio (de cocina), aceite, un saquito de té, un frasco, cable, cinta adhesiva, bolita de vidrio (canica) o plaquita pequeña que entre en el frasco, televisión vieja (o monitor viejo), tijeras.

*Armado del dispositivo:*

- Envuelva la bolita o la plaquita con papel aluminio. Trate que no queden rebordes o salientes.
- Pele los dos extremos del cable.
- Pegue el cable a la bolita envuelta en papel aluminio con la cinta adhesiva.
- Perfore la tapa del frasco y haga pasar el cable por el agujero, de forma tal que la bolita quede dentro del frasco.
- Abra el saquito de té y vierta el contenido en el frasco.
- Coloque aceite en el frasco (sin llegar al borde) de forma tal que la bolita que cuelga de la tapa se encuentre totalmente sumergida en el aceite.
- Cierre el frasco y pegue el otro extremo de cable a un rectángulo de papel aluminio grande (del tamaño de la pantalla de la televisión) con la cinta adhesiva.
- Pegue el rectángulo papel aluminio con cinta adhesiva a la pantalla de la televisión apagada (tenga cuidado de no dañar la pantalla).
- Prenda la televisión y observe el frasco.
  - ¿Qué observa?
  - ¿Cómo puede explicar la disposición espacial adoptada por el té?
  - ¿Coincide lo observado con la teoría?
- Para desconectar primero apague la televisión y luego acerque un cable conectado a tierra (podría estar conectado a un marco metálico de una puerta) al papel aluminio. Si quita el papel aluminio sin conectarlo a tierra sufrirá descargas (conocidas como “patadas”).

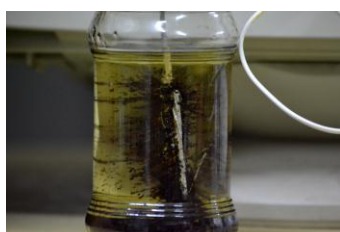
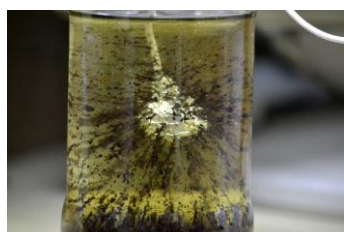


Campos eléctricos	
Localización	Valor (N/C)
Superficie de núcleo de uranio	$3 \times 10^{21}$
Órbita de electrón en átomo de hidrógeno	$5 \times 10^{11}$
Descarga en el aire	$5 \times 10^6$
Cilindro cargado de fotocopidora	$10^5$
Televisión (acelerador de haz de electrones)	$10^5$
Peine cargado	$10^3$
Parte baja de la atmósfera	$10^2$
Alambre de cobre en circuitos domésticos	$10^{-2}$

*Esfera*

*Plano*


*Plano*



Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  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

Hilo



Cilindro hueco



Esfera con plano






**Al realizar los ejercicios recuerde que el campo eléctrico y las fuerzas son magnitudes vectoriales. Si tiene dudas cómo operar con vectores revise la guía de trabajos prácticos TP0.**

- P1.** Una carga puntual de  $64,4 \mu\text{C}$  se encuentra ubicada en  $(-4; 3; 2) \text{ m}$ . Halle el campo eléctrico en el origen del sistema de coordenadas debido a esta carga.
- P2.** Dos cargas puntuales idénticas de valor  $Q$  están separadas por una distancia  $d$ .
- Encuentre el campo eléctrico  $\vec{E}$  para todos puntos entre las cargas sobre la línea que une las dos cargas.
  - Realice un gráfico mostrando el módulo del campo eléctrico en función de la distancia a una de las cargas.
- P3.** El campo eléctrico justo por encima de la superficie de la Tierra es de  $150 \text{ N/C}$ , dirigido hacia abajo. ¿Qué carga total sobre la Tierra está implicada en esta medida? Calcule la fuerza sobre un electrón ubicado en la superficie de la Tierra.
- P4.** Suponga un dipolo (dos cargas puntuales de igual magnitud y signo contrario separadas una distancia pequeña fija) ubicado sobre el eje  $x$ .
- Calcule el campo eléctrico sobre cualquier punto del plano  $xy$ .
  - Calcule el campo eléctrico sobre cualquier punto del eje  $x$  y del eje  $y$ .
  - Considerando que la separación entre las dos cargas es muy pequeña frente a la distancia donde calcula el campo, encuentre la nueva expresión del campo sobre cada uno de los ejes.
- A1.** Un ión de cloro de carga  $-e$  se sitúa frente a una molécula de agua cuyo momento dipolar eléctrico  $|\vec{p}| = 6,17 \times 10^{-30} \text{ C m}$  apunta al ión. La distancia entre ambas partículas es  $10^{-10} \text{ m}$ .
- Encuentre la fuerza eléctrica ejercida por la molécula sobre el ión. ¿Es una fuerza atractiva o repulsiva?
  - ¿Puede explicar por qué la sal común se disuelve en agua a partir de su análisis? (la fórmula química de la sal común es  $\text{NaCl}$  y es un compuesto iónico). Considere a la atracción entre los átomos de la sal como una interacción de tipo coulombiana y a la distancia entre el sodio y el cloro en la molécula de  $0,28 \text{ nm}$ .
- P5.** Cuatro partículas se emplazan rígidamente en los vértices de un cuadrado de  $10 \text{ cm}$  de lado. Considere el caso en que todas las partículas están igualmente cargadas con  $100 \mu\text{C}$ .
- Realice un gráfico de la situación planteada.
  - Determine la dirección y sentido del campo electrostático en el centro del cuadrado y en el punto medio de cada lado sin realizar ningún cálculo.
  - Compruebe los resultados obtenidos en el inciso anterior analíticamente.

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3 \text{ km}$ .

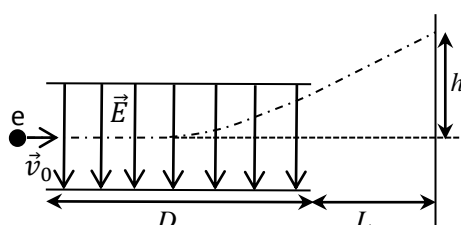
P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- d) Para el caso en que tres partículas tienen cargas positivas y la restante negativa, calcule el campo en el centro del cuadrado y en el punto medio de una arista que tenga como vértice a la carga negativa.
- P6.**  Suponga un hilo de longitud  $L$  uniformemente cargado con densidad  $\lambda$  y el origen de coordenadas en el punto medio del hilo. Calcule:
- el campo electrostático producido en un punto arbitrario localizado sobre el eje que pasa por el punto medio del hilo,
  - el campo electrostático producido en un punto arbitrario localizado sobre la recta que contiene al hilo.
  - Plantee las expresiones necesarias que le permitan calcular el campo eléctrico en un punto arbitrario del plano.
  - Analice las expresiones y discuta como resolvería las integrales que resultan.
- P7.**  Suponga ahora un hilo de longitud infinita.
- Sin realizar cálculos explique en qué dirección apuntará el campo eléctrico en cualquier punto del espacio.
  - Calcule el campo eléctrico en todo punto del espacio utilizando los resultados obtenidos en el ejercicio anterior.
- P8.** Suponga un anillo de radio  $A$  uniformemente cargado con densidad lineal  $\lambda$ .
- Sin realizar cálculos explique en qué dirección apuntará el campo eléctrico en cualquier punto del eje del anillo.
  - Calcule el campo eléctrico en cualquier punto del eje del anillo.
- P9.** Suponga un disco de radio  $A$  uniformemente cargado con densidad superficial  $\sigma$ .
- Sin realizar cálculos explique en qué dirección apuntará el campo eléctrico en cualquier punto del eje del disco.
  - Calcule el campo eléctrico en todo punto del eje del disco.
- P10.** Suponga un plano infinito uniformemente cargado con densidad superficial  $\sigma$  (sin espesor).
- Sin realizar cálculos explique en qué dirección apuntará el campo eléctrico en cualquier punto.
  - Calcule el campo eléctrico en todo punto del espacio utilizando los resultados obtenidos en el ejercicio anterior.
- P11.** Considere dos planos no conductores 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:
- $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = 3 \text{ mC/m}^2$
  - $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = -3 \text{ mC/m}^2$
  - $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = 5 \text{ mC/m}^2$
  - $\sigma_1 = 3 \text{ mC/m}^2$  y  $\sigma_2 = -5 \text{ mC/m}^2$
- P12.** Una lámina vertical grande, no conductora posee una densidad superficial de carga de  $25 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$ . Cerca de la lámina se coloca una pequeña esfera de masa  $0,1 \text{ g}$  y carga  $3 \text{ nC}$ , colgando del techo por un hilo de seda de  $5 \text{ cm}$  de longitud. Calcule el ángulo que formará el hilo con la vertical.

Constantes:


$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3 \text{ km}$ .

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

- C1.** ¿El campo eléctrico producido por una carga  $Q$  en un punto donde está situada otra carga  $Q'$  ( $Q' > Q$ ) es mayor, igual o menor que el campo eléctrico debido a  $Q'$  en el punto donde está situada  $Q$ ? ¿Cómo es la fuerza sobre cada una de las cargas debido al campo correspondiente?
- C2.** Una carga de prueba se coloca en un punto del espacio donde existe un campo electrostático liberándola desde el reposo. Describa la trayectoria de la partícula para los siguientes campos eléctricos:
- campo generado por una carga puntual,
  - campo generado por un dipolo eléctrico.
- A2.** Los tubos de rayos catódicos suelen formar parte de los osciloscopios, los viejos televisores y monitores. Un electrón se lanza con cierta velocidad inicial  $\vec{v}_0$  por el punto medio entre dos placas de desviación del tubo. Estas placas, de largo  $D$ , se encuentran cargadas y generan un campo eléctrico perpendicular a la dirección de la velocidad del electrón (ver figura). A una distancia  $L$  se coloca una pantalla donde incidirá el electrón.
- 
- Establezca, según el gráfico, cómo están cargadas cada una de las placas.
  - Ignorando los efectos de la gravedad, demuestre que la ecuación de la trayectoria seguida por la carga dentro del campo está dada por  $y = \frac{e|\vec{E}|}{2m v_0^2} x^2$ .
  - Determine la distancia  $h$  en función de los parámetros conocidos.
- A3.** Este mismo dispositivo puede ser utilizado en una impresora de chorro de tinta. Las letras se forman rociando tinta en el papel mediante una boquilla en movimiento rápido. Las gotas salen de la boquilla y atraviesan un dispositivo que da a cada gota una carga. Las gotas pasan después entre placas deflectoras paralelas que ubican a la gota en el lugar preciso en el papel. Suponga que a las gotas de tinta (de masa de  $1,3 \times 10^{-10}$  kg) se las carga con  $-1,5 \times 10^{-13}$  C y se las hace entrar al sistema de placas desviadoras (de longitud 1,6 cm que generan un campo eléctrico de intensidad  $1,4 \times 10^6$  N/C) con velocidad inicial de 18 m/s.
- Realice un esquema del dispositivo mostrando el recorrido realizado por la gota.
  - ¿Cuántos electrones de la gota fueron agregados?
  - ¿Cuál es la desviación vertical de la gota de tinta en el extremo más alejado de las placas?
- A4.** De acuerdo con las normas de seguridad del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), los seres humanos deberían evitar exposiciones prolongadas a campos eléctricos cuyos módulos sean superiores a 614 N/C.
- ¿Cuál será el módulo de la fuerza eléctrica ejercida sobre un electrón por este campo?
  - Las distancias atómicas son del orden de  $10^{-10}$  m (entre partículas cargadas positivamente y negativamente dentro de un átomo). ¿Cuál será el módulo de la fuerza eléctrica ejercida por un protón sobre un electrón perteneciente al mismo átomo? Compare este resultado con el obtenido en el inciso anterior.
- A5.** La copiadora electrostática funciona al agrupar en forma selectiva cargas positivas según el patrón a copiar (recuerde el funcionamiento visto en el ejercicio A3 de la guía de trabajos prácticos N°2). Considere que cada partícula de tóner tiene una masa de  $9 \times 10^{-16}$  kg y transporta en promedio 20 electrones adicionales. Si se supone que la fuerza eléctrica sobre una partícula de tóner debe

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  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

superar dos veces su peso para que la atracción resulte suficiente, calcule la magnitud del campo eléctrico que se debe generar cerca de la superficie del tambor para obtener una copia.

- A6.** En una experiencia de Millikan (*recuerde el funcionamiento del dispositivo visto en el ejercicio P1 de la guía de trabajos prácticos N°2*) la fuerza de frenado o de resistencia sobre la gota de radio  $R$  que cae a velocidad constante por el aire, se dirige hacia arriba y está descrita por la ley de Stokes  $F_{res} = 6 \pi \eta R v$ , siendo  $\eta$  la viscosidad del aire.

- Realice un esquema de la situación planteada.
- Encuentre la expresión para la velocidad límite de la gota cuando no existe un campo eléctrico aplicado:

$$v_{lim} = \frac{2 R^2 \rho g}{9 \eta},$$

con  $\rho$  la densidad de la gota de aceite y  $g$  la aceleración de la gravedad.

- Encuentre que la carga de la gota (positiva) considerando que el campo eléctrico aplicado se dirige hacia arriba, se escribe

$$q = \frac{18 \pi (v_{lim} - v_1)}{E} \sqrt{\frac{v_{lim} \eta^3}{2 \rho g}},$$

donde  $v_1$  es la velocidad límite cuando existe campo eléctrico.

- A7.** La ausencia de campos eléctricos en cavidades cerradas rodeadas por conductores permite blindar instrumentos electrónicos delicados contra campos eléctricos atmosféricos y otros campos eléctricos presentes. El dispositivo consiste en una jaula metálica llamada Jaula de Faraday. Con frecuencia, la jaula consta de una malla de alambre de cobre y no de láminas, brindando un blindaje lo suficientemente bueno (la malla no es un blindaje perfecto) para los requerimientos del instrumental.

- A8.** ¿Podría usted explicar el blindaje de ciertas construcciones contra rayos?

- A9.** ¿Cómo funciona un pararrayos? Describa las diferencias con el blindaje contra rayos.

- A10.** En un día de tormentas eléctricas se encuentra en el campo en una carpa. ¿Prefiere quedarse dentro de la carpa o se refugiará en un auto?

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  km.