



DISCUSIÓN DE PROBLEMAS No. 1

UNIDAD I: CAMPO ELÉCTRICO Y LEY DE GAUSS

A – REVISIÓN DE CONCEPTOS

1 – Defina o explique los siguientes conceptos:

| | | |
|-----------------------|------------------------------|---|
| 1) Electrostática | 13) Cuantización de la carga | 25) Propiedades de la carga de prueba |
| 2) Cuerpo neutro | 14) Conservación de la carga | 26) Principio de superposición |
| 3) Carga eléctrica | 15) Carga por frotamiento | 27) Dipolo eléctrico |
| 4) Átomo | 16) Carga por contacto | 28) Momento dipolar eléctrico |
| 5) Electrón | 17) Carga por inducción | 29) Densidad lineal de carga |
| 6) Protón | 18) Dieléctrico | 30) Densidad superficial de carga |
| 7) Ion Positivo | 19) Semiconductor | 31) Densidad volumétrica de carga |
| 8) Ion negativo | 20) Ley de Coulomb | 32) Líneas de fuerza de campo eléctrico |
| 9) Carga positiva | 21) Campo escalar | 33) Flujo de campo eléctrico |
| 10) Carga negativa | 22) Campo vectorial | 34) Superficie abierta |
| 11) Carga puntual | 23) Campo eléctrico | 35) Superficie gaussiana |
| 12) Carga distribuida | 24) Carga de prueba | 36) Ley de Gauss |

2 - Argumente acerca de la veracidad o falsedad de las afirmaciones siguientes:

- a) Únicamente los cuerpos no conductores pueden adquirir carga eléctrica por frotamiento.
- b) Cuando dos cuerpos se atraen eléctricamente, necesariamente uno de ellos debe poseer carga positiva y el otro, carga negativa.
- c) Un átomo puede ganar o perder electrones, pero no protones.
- d) La cuantificación de la carga eléctrica se basa en el principio de conservación de la energía.
- e) La conservación de la carga eléctrica se basa en el principio de conservación de la masa.
- f) Al duplicar la distancia entre dos cargas puntuales, el valor de la fuerza con que interactúan se reduce a la mitad.
- g) La ley de Coulomb solo es válida para cargas puntuales.
- h) Al duplicar el valor de dos cargas puntuales, la magnitud de la fuerza con que interactúan se cuadruplica.
- i) La aceleración que experimentan dos cargas puntuales debido a la fuerza eléctrica con que interactúan es independiente de la masa de éstas.
- j) La fuerza eléctrica que una carga puntual ejerce sobre otra cambia cuando otras cargas puntuales se le acercan.
- k) Las fuerzas electrostáticas obedecen el principio de superposición.
- l) El cuanto de carga eléctrica es 1.6×10^{-19} C, el cuanto de masa es el gramo.
- m) Una carga de prueba puede ser positiva o negativa.
- n) La magnitud de la carga de prueba puede ser de cualquier valor.
- o) La intensidad del campo eléctrico en un punto depende del valor de la carga de prueba colocada en dicho punto.
- p) La dirección del campo eléctrico en un punto es igual a la dirección de la fuerza que el campo ejerce sobre una carga puntual colocada en ese punto.
- q) La fuerza neta sobre un dipolo en un campo eléctrico uniforme o no uniforme vale cero.
- r) El campo eléctrico en cualquier punto interior de un conductor de la forma que sea con carga electrostática vale cero.
- s) El número de líneas de fuerza que salen de una carga puntual positiva o entran a una carga negativa es proporcional al valor de éstas.
- t) El número de líneas que atraviesan una superficie gaussiana es proporcional a la carga neta encerrada.
- u) Si la carga neta encerrada por una superficie gaussiana vale cero, el campo eléctrico en los puntos de dicha superficie vale cero.
- v) La ley de Gauss es válida únicamente cuando se tiene una distribución simétrica de carga.

3 - Responda las siguientes preguntas:

- a) ¿Puede un cuerpo poseer cualquier valor de carga eléctrica sea ésta positiva o negativa?
- b) ¿A qué se le denomina carga elemental?
- c) Una esfera conductora neutra, suspendida de un hilo, es atraída por una barra de caucho pero, luego de interactuar con ésta por contacto, se repelen. ¿Por qué?
- d) ¿Qué se entiende por átomo neutro?
- e) Se afirma que desde un punto de vista atómico, la carga que adquieren los cuerpos es debido únicamente a la transferencia de electrones. ¿Cómo se justifica esa afirmación?
- f) ¿Qué se quiere decir cuando se afirma que las fuerzas electrostáticas obedecen al principio de superposición?
- g) Un electrón (carga = $-e$) gira alrededor de un núcleo en un átomo de helio (carga = $+2e$). ¿Qué partícula ejerce la fuerza mayor sobre la otra?
- h) ¿Qué se quiere decir al afirmar que una cantidad física está cuantizada o cuando se afirma que se conserva?
- i) Cuando se define operacionalmente el campo eléctrico, ¿qué se quiere decir con $\lim q_0 \rightarrow 0$, por qué debe ser así?
- j) ¿Hay algún punto en la recta que une a dos cargas puntuales donde el campo eléctrico resultante sea cero si éstas son de igual signo o si son de signos diferentes?
- k) Si un electrón y un protón se colocan en un campo eléctrico, ¿cómo es la fuerza que experimenta cada uno de ellos? ¿Y, la aceleración?
- l) Si una carga puntual se está moviendo en ángulo recto con las líneas de fuerza en un campo eléctrico, ¿debe actuar alguna fuerza sobre ella?
- m) En el plano medio de un dipolo eléctrico, ¿es el campo eléctrico paralelo o antiparalelo al momento dipolar eléctrico (\vec{p}) de éste?
- n) ¿Para qué orientación de un dipolo eléctrico en un campo eléctrico uniforme la torca (o momento de torsión) es mayor y, para qué orientación es menor?
- o) ¿Por qué se dice que las líneas de fuerza eléctrica nunca se cruzan?
- p) ¿Cuándo el flujo neto de campo eléctrico en una superficie gaussiana es positivo, negativo o cero?
- q) Explique por qué el flujo de campo eléctrico a través de una superficie cerrada con carga neta encerrada distinta de cero, es independiente del tamaño y forma de la superficie.
- r) Si se conoce la carga total dentro de una superficie cerrada, pero no se especifica la forma de la distribución de dicha carga, ¿puede aplicarse la ley de Gauss para encontrar el campo eléctrico? Justifique su respuesta.

PROBLEMAS

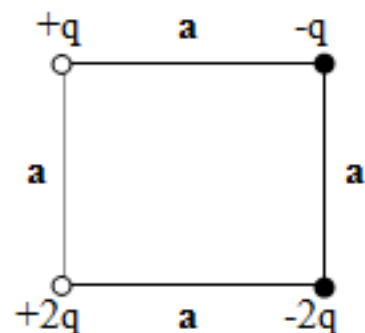
Naturaleza eléctrica de la materia. Cuantización y conservación de la carga eléctrica.

1. (a) ¿Cuántos electrones tendrían que ser retirados de una moneda de cobre de 3.11 g para dejarla con una carga de $+ 1.15 \times 10^{-7} \text{ C}$? (b) ¿A qué fracción de los electrones en la moneda corresponde los electrones calculados en el literal anterior? (Número atómico del cobre es 29 y masa molar de 63.5 g/mol)
2. Usted tiene un anillo de oro puro con masa de 17.7 g. El oro tiene una masa atómica de 197 g/mol y un número atómico de 79.
 - a) ¿Cuántos protones hay en el anillo?
 - b) Si el anillo no tiene carga neta. ¿Cuántos electrones hay en él?
3. Un vaso contiene 250 cm^3 de agua. Determine: a) ¿Cuántos protones hay en esa cantidad de agua? y b) ¿Cuánta carga positiva en coulomb?
4. Se tiene un alambre de plata, pequeño y delgado, con masa de 10.0 g. El número atómico de la plata es de 47 y su masa molar es 107.90 g/mol. a) Calcular el número de electrones y de protones que debe contener el alambre en condición neutra. b) ¿Cuántos electrones debe perder el alambre para que su carga positiva neta sea de 1.00 mC ? c) ¿Qué fracción, respecto a los electrones totales, representan los electrones perdidos?
5. Una esferita conductora “A” posee una carga de $4 \times 10^{-5} \text{ C}$, cuando es tocada sucesivamente y por separado por otras dos esferitas “B” y “C”, las cuales están inicialmente descargadas. Las tres esferitas en mención son idénticas. a) ¿Cuál es la carga q_A , q_B y q_C de cada una después de la interacción? b) ¿Cuál es la carga neta de las tres esferitas juntas?

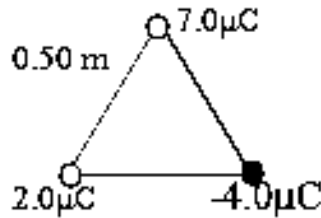
1.6 Ley de Coulomb.

6. Dos pequeñas esferas conductoras idénticas se colocan con sus centros separados 0.300 m. A una se le da una carga de 12.0 nC y a la otra una carga de -18 nC . a) Encuentre la fuerza eléctrica ejercida por una esfera sobre la otra. b) Si las esferas, permaneciendo en sus sitios, se conectan por un alambre conductor que luego de alcanzar el equilibrio entre sus cargas se retira, ¿cuál es el valor de la fuerza con que en esta nueva situación interactúan las esferas?

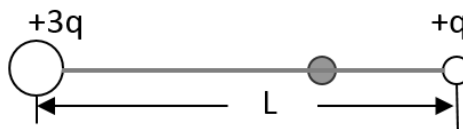
7. Dos pequeñas esferas de plata, cada una de 100 g, están separadas 1.0 m. Calcule la fracción de los electrones que de una esfera deben transferirse a la otra para producir una fuerza atractiva de 1.0×10^4 N (aproximadamente una tonelada) entre las esferas. (El número atómico de la plata es 47 y su masa atómica 107.87 g/mol)
8. Suponga que 1.00 g de hidrógeno se separa en electrones y protones y que los protones son colocados en el polo norte terrestre y los electrones en el polo sur. ¿Cuál es la fuerza de compresión resultante sobre la Tierra?
9. En un átomo de hidrógeno la distancia media entre el electrón y el protón es de 5.3×10^{-11} m, la masa del electrón es de 9.11×10^{-31} kg y la del protón es de 1.67×10^{-27} kg. Determinar:
 - a) La fuerza electrostática electrón-protón ($e = 1.60 \times 10^{-19}$ C)
 - b) La fuerza gravitacional entre dichas partículas si $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg².
 - c) La relación entre la fuerza electrostática y la gravitacional.
10. Dos cargas puntuales experimentan una fuerza de atracción de magnitud igual a 3 N cuando están separadas 0.20 m en el vacío. Calcular la separación que deben tener para que la magnitud de la fuerza sea: a) El doble. b) La mitad. c) 9 N d) 1 N.
11. Dos pequeñas esferas iguales de 1.0 g de masa cada una y con igual carga "q", se encuentran suspendidas de un mismo punto mediante hilos de seda de 1.00 m de longitud. Si la distancia entre dichas cargas es de 10 cm, ¿cuál es el valor de su carga?
12. Tres carga puntuales, $q_1 = 8 \times 10^{-6}$ C, $q_2 = 3 \times 10^{-6}$ C y $q_3 = -5 \times 10^{-6}$ C, están ubicadas en los vértices de un triángulo equilátero de 0.50 m de lado. Calcular el módulo de la fuerza neta sobre q_2 .
13. Tres cargas puntuales están alineadas sobre el eje x. La carga $q_1 = -10 \mu\text{C}$, en $x_1 = 0.06$ m, $q_2 = 4 \mu\text{C}$ en $x_2 = 0.04$ m, ¿a dónde debe estar colocada q_3 para que la fuerza neta sobre ella sea cero?
14. En la figura mostrada, determine las componentes (a) horizontal y (b) vertical de la fuerza eléctrica resultante sobre la carga de la esquina inferior izquierda del cuadrado. Suponga que $q = 1.13 \mu\text{C}$ y $a = 15.2$ cm. Las cargas están en reposo.



15. En la siguiente figura se muestran tres cargas puntuales ubicadas en las esquinas de un triángulo equilátero de 0.50 m de lado. Calcule la fuerza eléctrica neta sobre la carga de $7.0\mu\text{C}$.



16. Dos pequeñas esferas cargadas positivamente experimentan una fuerza de repulsión mutua de 1.52 N cuando sus centros se ubican a 0.200 m de separación. La suma de las cargas es de $6\mu\text{C}$. ¿Cuál es la carga de cada una de ellas?
17. Cierta carga Q va a dividirse en dos partes, en $(Q-q)$ y q . ¿Cuál es la relación de Q a q , para que a una distancia dada la fuerza coulombica de repulsión sea máxima?
18. En la teoría de Bohr del átomo de hidrógeno, un electrón se mueve en una órbita circular en torno a un protón, donde el radio de la órbita es $0.529 \times 10^{-10}\text{ m}$. (a) Encuentre la fuerza eléctrica entre los dos. (b) Si esta fuerza provoca la aceleración centrípeta del electrón, ¿cuál es la rapidez del electrón?
19. Dos pequeñas cuentas con cargas positivas de $+3q$ y $+q$ están fijas en los extremos opuestos de una barra aislante de longitud L y una tercera cuenta pequeña, también con carga, se puede deslizar sobre la barra, tal como se muestra en la figura. ¿A qué distancia de la carga mayor esta tercera cuenta puede estar en equilibrio?



20. Dos partículas con cargas iguales, colocadas a 0.10 m una de la otra, se sueltan desde el reposo. Se observa que la aceleración inicial de una de ellas es de 3.5 m/s^2 y de 4.5 m/s^2 el de la otra. Si la partícula de mayor masa es de $9 \times 10^{-3}\text{ kg}$, determinar: a) La masa de la otra. b) La magnitud de sus cargas.

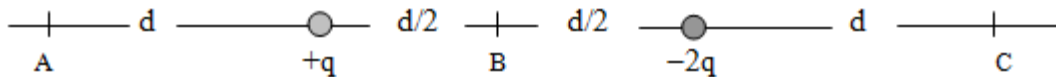
Concepto de campo eléctrico.

21. Una partícula con carga $q = -2.0\text{ nC}$, se encuentra sometida a una fuerza eléctrica vertical hacia abajo de $3 \times 10^{-6}\text{ N}$ en un campo eléctrico uniforme. a) ¿Cuál es la magnitud y dirección del campo eléctrico? b) ¿Cuál es la magnitud y dirección de la fuerza que experimentaría un protón colocado en ese campo?

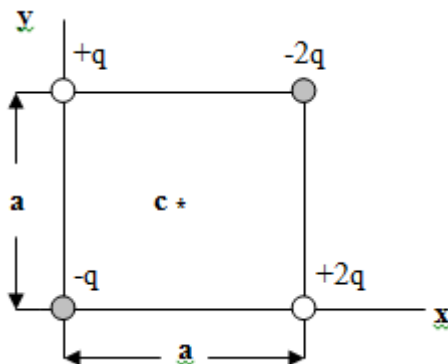
22. Una pequeña esfera cargada, de masa $m = 1.0 \text{ g}$, está suspendida de un hilo en presencia de un campo eléctrico uniforme: $\vec{E} = (3\hat{i} + 5\hat{j}) \times 10^5 \text{ N/C}$. El hilo forma un ángulo $\theta = 37^\circ$ con la vertical. Determinar: a) La carga de la esfera. b) La tensión del hilo.
23. La fuerza eléctrica sobre una carga puntual de $4.0 \text{ } \mu\text{C}$ en algún punto es de $6.9 \times 10^{-4} \text{ N}$ en la dirección x positiva. ¿Cuál es el valor del campo eléctrico en ese punto?

Campo eléctrico de un sistema de cargas puntuales.

24. Dos cargas puntuales q_1 y q_2 de igual signo están separadas una distancia " r ". Si en un punto a un tercio de su distancia medida desde q_1 , el campo eléctrico es cero, ¿qué relación hay entre las cargas?
25. Dos cargas iguales de magnitud $q = 2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ pero de signos contrarios están separadas 15 cm .
 a) ¿Cuál es el valor y la dirección del campo eléctrico a la mitad de la distancia entre las cargas?
 b) ¿Cuál es el valor y la dirección de la fuerza sobre un electrón colocado en el punto antes mencionado?
26. Las cargas $+q$ y $-2q$ están fijas y separadas una distancia " d " como se muestra en la figura. Encuentre \vec{E} en los puntos A, B y C indicados.

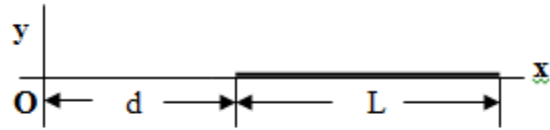


27. Calcule el campo eléctrico de un dipolo eléctrico de momento dipolar de $3.56 \times 10^{-29} \text{ C}\cdot\text{m}$ en un punto a 25.4 nm de distancia a lo largo del eje bisector.
28. Halle el campo eléctrico en el centro c del cuadrado de la figura. Suponga que $q = 11.8 \text{ nC}$ y $a = 5.20 \text{ cm}$.

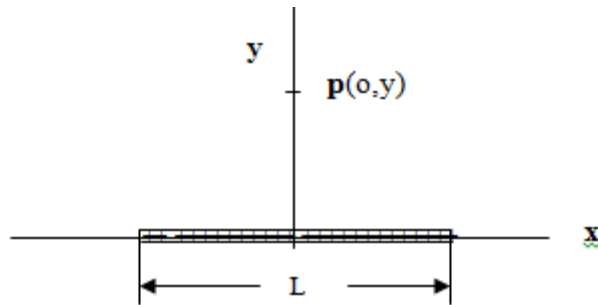


Campo eléctrico de una distribución homogénea de carga.

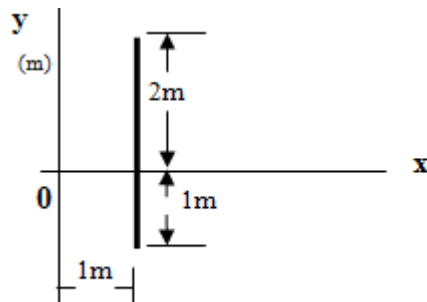
29. Una carga lineal de longitud L se encuentra sobre el eje x del lado positivo y se extiende desde $x = d$, tal como se ilustra en la figura. La densidad lineal varía con x de acuerdo a $\lambda = \lambda_0 (x - d) / d$. Hallar el campo eléctrico en el origen.



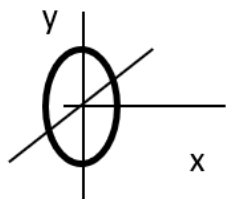
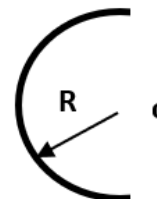
30. Una línea continua de carga empieza en $x = x_0$ y se extiende hasta el infinito positivo. La línea posee una densidad uniforme de carga λ . ¿Cuál es la magnitud y dirección del campo eléctrico en $x = 0$?
31. Una varilla no conductora de longitud finita " L " contiene una carga total " q ", distribuida uniformemente a lo largo de ella. Demuestre que " E " en el punto p sobre la bisectriz perpendicular en la figura mostrada está dado por: $E = q / 2\pi\epsilon_0 y (L^2 + 4y^2)^{1/2}$



32. Determinar el vector campo eléctrico en el punto $P(0,0)$ debido a la distribución recta de carga $Q = 1 \text{ C}$ dispuesta en la forma que se muestra en la figura.



33. Una línea continua de carga tiene forma de semicircunferencia de radio R y posee una carga Q . Obtener una expresión en términos de Q y de R para la magnitud del campo eléctrico en el centro c de la semicircunferencia.

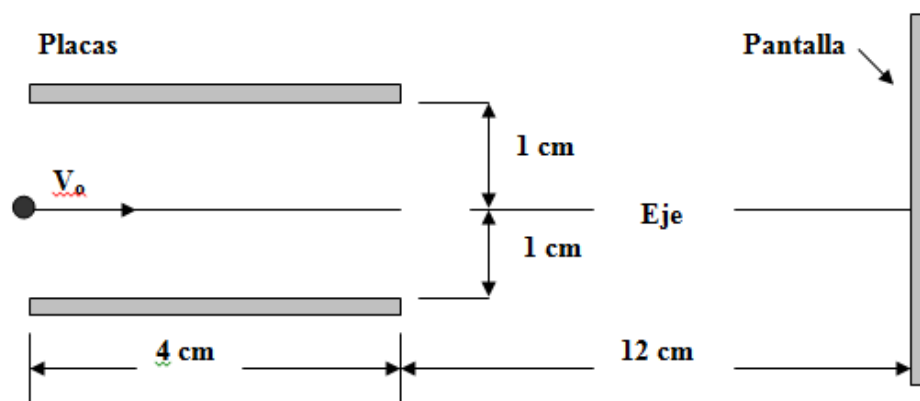


34. Se tiene un aro de 5 cm de radio con una carga de $8 \mu\text{C}$ uniformemente distribuida. Determinar la magnitud del campo eléctrico en: a) A 2 cm de su centro sobre el eje, perpendicular al plano de ésta. b) En su centro y c) Repetir el primer literal para 10 cm y 100 cm.

35. Obtener una expresión para la magnitud del campo eléctrico en un punto sobre el eje de un disco, a una distancia " h " de su centro, si éste posee una densidad uniforme de carga " σ " y su radio es " R ".

Movimiento de cargas eléctricas puntuales en un campo eléctrico.

36. Cada uno de los electrones en un haz de partículas tiene una energía cinética de $1.6 \times 10^{-17} \text{ J}$. ¿Cuáles son la magnitud y dirección del campo eléctrico que detendrá estos electrones en una distancia de 10.0 cm?
37. Un protón se mueve a $4.50 \times 10^5 \text{ m/s}$ en la dirección horizontal. Entra a un campo eléctrico vertical uniforme de $9.60 \times 10^3 \text{ N/C}$. Ignore todos los efectos gravitacionales y encuentre.
- El tiempo que tarda el protón en viajar 5.00 cm en forma horizontal
 - Su desplazamiento vertical después de que ha recorrido 5.00 cm horizontalmente, y
 - Las componentes horizontal y vertical de su velocidad después de que ha recorrido 5 cm en la dirección horizontal.
38. Un electrón es lanzado con una velocidad inicial $V_0 = 2 \times 10^7 \text{ m/s}$ en la dirección del eje central entre las placas de un tubo de rayos catódicos tal como se ilustra en la figura. El campo eléctrico entre las placas es uniforme y de intensidad $E = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$ hacia arriba. Determinar: a) La distancia vertical que ha descendido el electrón por debajo del eje cuando alcanza el borde de las placas. b) El ángulo de la velocidad del electrón con el eje en el instante en que abandona las placas. c) La distancia vertical desde el eje hasta el punto donde el electrón choca con la pantalla.

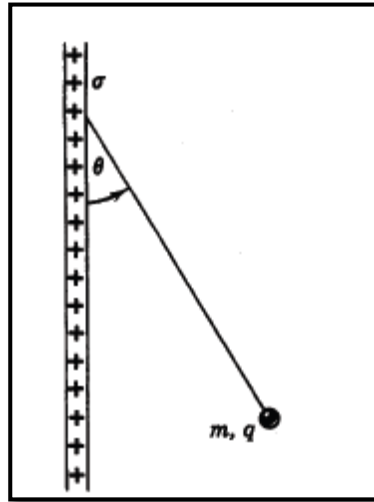


39. Un dipolo eléctrico, que consta de cargas de 1.48 nC de magnitud separadas $6.23 \mu\text{m}$ se encuentra dentro de un campo eléctrico uniforme de 1100 N/C . a) ¿Cuál es la magnitud del momento dipolar eléctrico? b) ¿Cuál es la diferencia de la energía potencial correspondiente a las orientaciones dipolares paralela y antiparalela al campo.
40. Un protón se acelera desde el reposo en un campo eléctrico uniforme de 640 N/C . Después de un tiempo su rapidez es de $1.2 \times 10^6 \text{ m/s}$. Determinar: a) La aceleración del protón. b) El tiempo que tarda el protón en alcanzar la rapidez indicada. c) La energía cinética del protón. ($m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$)

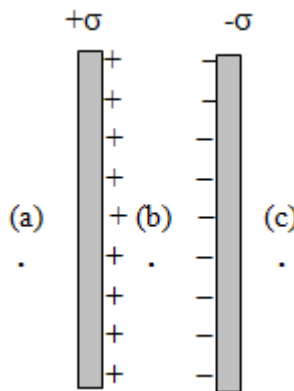
Aplicaciones de la Ley de Gauss.

41. Calcular el número total de líneas de campo eléctrico en $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$, que atraviesan una superficie gaussiana en el vacío, con una carga “q” en su centro si:
- $q = 2 \times 10^{-5} \text{ C}$ y la superficie es esférica con radio $r = 10 \text{ cm}$.
 - $q = 2 \times 10^{-5} \text{ C}$ y la superficie es cúbica con 10 cm de arista.
 - $q = 2 \times 10^{-5} \text{ C}$ y la superficie es esférica con $r = 20 \text{ cm}$.
 - $q = -2 \times 10^{-5} \text{ C}$ y la superficie es esférica con $r = 10 \text{ cm}$.
 - $q = 1 \times 10^{-5} \text{ C}$ y la superficie es irregular.
42. Una esfera conductora uniformemente cargada de 1.22 m de radio tiene una densidad de carga superficial de $8.13 \mu\text{C}/\text{m}^2$. (a) Halle la carga de la esfera. (b) Determine el flujo eléctrico total que sale de la superficie de la esfera. (c) Calcule el campo eléctrico en la superficie de la esfera.
43. Una línea de carga infinita produce un campo eléctrico de 45.2 kN/C a una distancia de 1.96 m . Calcular la densidad lineal de carga.

44. Una esfera pequeña cuya masa “ m ” es de 1.12 mg contiene una carga de 19.7 nC. Cuelga en el campo gravitatorio de la tierra de un hilo de seda que forma un ángulo de 27.4° con una lámina grande no conductora y uniformemente cargada como se muestra en la siguiente figura. calcule la densidad superficial de carga uniforme para la lámina.



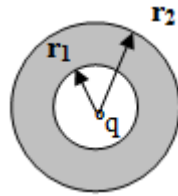
45. Dos placas metálicas grandes están una frente a la otra, como se muestra en la figura, y contienen cargas con densidad superficial de carga $+\sigma$ y $-\sigma$ respectivamente sobre sus superficies internas. Determinar la magnitud del campo eléctrico en los puntos (a), (b) y (c) indicados. Considerar que los puntos están alejados de los extremos de las láminas y que sus distancias a éstas son lo suficientemente pequeñas comparadas con el tamaño de las mismas.



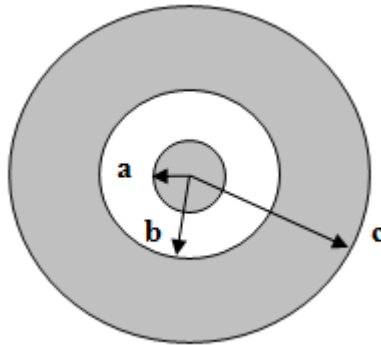
46. Un cilindro no conductor infinitamente largo de radio R , tiene una densidad de carga volumétrica “ ρ ”. Aplicando la ley de Gauss obtener una expresión para la magnitud E del campo eléctrico en las regiones: (a) $r > R$ y (b) $r < R$



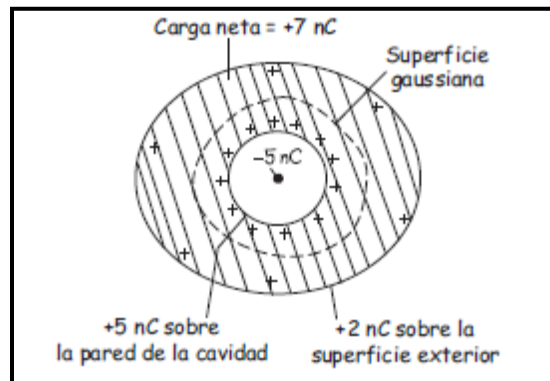
47. Una carga puntual “ q ” se encuentra en el centro de una esfera hueca metálica de radio interno r_1 y radio externo r_2 . Hallar una expresión para el campo eléctrico en (a) El interior de la esfera (b) Entre r_1 y r_2 (c) En el exterior de la esfera.



48. Una esfera sólida aislante de radio “ a ” tiene una densidad volumétrica de carga ρ y una carga total Q . Concéntrica a esta esfera se tiene una esfera conductora hueca, con carga neta cero, de radio interno “ b ” y radio externo “ c ”, tal como se muestra en la figura. a) Determinar la intensidad del campo eléctrico en las regiones $r < a$, $a < r < b$, $b < r < c$ y $r > c$. b) Determinar la densidad superficial de carga inducida en la esfera hueca.



49. Un conductor sólido con una cavidad tiene una carga total de $+7 \text{ nC}$. Dentro de la cavidad, aislada del conductor, hay una carga puntual de -5 nC . ¿Cuánta carga hay en cada superficie (interna y externa) del conductor?



RESPUESTAS DISCUSIÓN 1

- 1) a) 7.18×10^{11} b) $8.39 \times 10^{-11} \%$
- 2) a) 4.27×10^{24} protones b) 4.27×10^{24} electrones
- 3) a) 8.36×10^{25} b) 13.4 MC
- 4) a) 2.62×10^{24} b) 6.25×10^{15} c) $2.38 \times 10^{-7} \%$
- 5) a) $q_A = 1 \times 10^{-5} \text{C}$, $q_B = 2 \times 10^{-5} \text{C}$ y $q_C = 1 \times 10^{-5} \text{C}$
- 6) a) $2.16 \times 10^{-5} \text{ N}$ b) $9 \times 10^{-7} \text{ N}$
- 7) $25.1 \times 10^{-9} \%$
- 8) 514 kN
- 9) a) $8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ b) $3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$ c) 2.3×10^{39}
- 10) a) 0.141 m. b) 0.283 m c) 0.115 m d) 0.346 m
- 11) 23.5 nC
- 12) 0.756 N
- 13) $X_3 = 5.6 \times 10^{-3} \text{ m}$
- 14) a) 2.34 N, b) -0.642 N
- 15) 0.873 N a 330°
- 16) $4.5 \mu\text{C}$ y $1.5 \mu\text{C}$
- 17) $q = Q/2$
- 18) (a) 82.2 nN (b) 2.19 Mm/s
- 19) 0.63L
- 20) a) $7 \times 10^{-3} \text{ kg}$ b) 187 nC
- 21) a) 1500 N/C hacia arriba b) $2.4 \times 10^{-16} \text{ N}$ hacia arriba
- 22) a) 10.9 nC b) $5.43 \times 10^{-3} \text{ N}$
- 23) 172.5 N/C
- 24) $q_2 = 4q_1$
- 25) a) $6.4 \times 10^5 \text{ N/C}$ b) $1.024 \times 10^{-13} \text{ N}$, hacia la carga positiva.
- 26) $E_A = -\frac{kq}{2d^2}$ $E_B = \frac{12kq}{d^2}$ $E_C = -\frac{7kq}{4d^2}$
- 27) 19.6 kN/C
- 28) 111 j (kN/m)
- 29)
$$E = \frac{K\lambda_0}{d} \left[\ln \frac{d+L}{d} - \frac{L}{d+L} \right]$$
- 30) $\frac{k\lambda}{x_0}$
- 32) $-(4.8 \text{ i} + 0.78 \text{ j}) 10^9 \text{ N/C}$
- 33) $\frac{2KQ}{\pi R^2}$
- 34) a) $9.2 \times 10^6 \text{ N/C}$ b) 0 c) $5.2 \times 10^6 \text{ N/C}$, 71.7 $\times 10^3 \text{ N/C}$
- 35) $E = 2\pi K\sigma [1 - h / (h^2 + R^2)^{1/2}]$
- 36) 1000 N/C
- 37) a) 111 ns b) 5.68 mm c) $4.5 \times 10^5 \text{ m/s}$; $1.02 \times 10^5 \text{ m/s}$
- 38) a) 0.702 cm b) 19.34° c) 4.914 cm
- 39) b) 20.2 pJ
- 40) a) $6.13 \times 10^{10} \text{ m/s}^2$ b) $19.6 \mu\text{s}$ c) 1.2 fJ
- 41) a) $2.26 \times 10^6 \text{ Nm}^2/\text{C}$ e) $1.13 \times 10^6 \text{ Nm}^2/\text{C}$
- 42) a) $152 \mu\text{C}$ b) $17.2 \times 10^6 \text{ N.m}^2/\text{C}$ c) 919 kN/C
- 43) $4.9 \times 10^{-6} \text{ C/m}$
- 44) $5.11 \times 10^{-9} \text{ C/m}^2$.
- 45) a) Cero b) $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ c) Cero
- 46) a) $\frac{\rho R^2}{2r\epsilon_0}$ b) $\frac{\rho r}{2\epsilon_0}$
- 47) a) Kq/r^2 b) 0 c) Kq/r^2
- 48) a) $\vec{E} = \frac{\rho r}{3\epsilon} \hat{r}$ b) $\vec{E} = \frac{kQ}{r^2} \hat{r}$ c) $\vec{E} = 0$
d) $\vec{E} = \frac{kQ}{r^2} \hat{r}$
- 49) +2 nC y +5 nC