

Departamento de Física

Guía de Problemas

5° año

2025

UNIDAD I

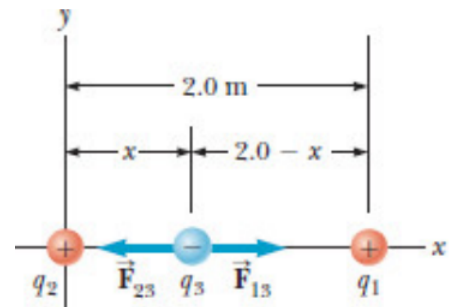
Principios de Electroestática, Ley de Coulomb y Campo eléctrico

I. PROBLEMAS

Datos: $m_{\text{protón}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $q_{\text{protón}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; $q_{\text{electrón}} = -q_{\text{protón}}$; $m_{\text{electrón}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

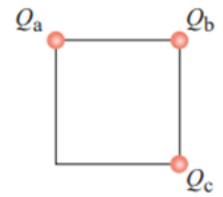
1. Compare la fuerza eléctrica con la fuerza gravitatoria:
 - (a) ¿Qué similitudes hay entre ellas?
 - (b) ¿Cuáles son sus diferencias más significativas?
 - (c) Según el modelo de Bohr, el átomo de Hidrógeno tiene un protón en su núcleo y un electrón en su órbita, de radio $5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$, en situación estática. Compare la fuerza de interacción gravitatoria F_G con la fuerza de interacción eléctrica F_E , entre el protón y el electrón.
2. Imaginemos que nos ubicamos entre dos cargas de signo opuesto, de 1 C cada una, una en el piso y la otra arriba nuestro, separadas por 1 m. Despreciando la interacción eléctrica de dichas cargas con nosotros, ¿cuánto vale la fuerza que estas cargas ejercen sobre nuestro cuerpo? ¿Es físicamente posible realizar este experimento?

3. Tres cargas se encuentran alineadas sobre el eje x. La carga $q_1 = 25 \mu\text{C}$ está a 2 m del origen, mientras que la carga $q_2 = 30 \mu\text{C}$ se encuentra en el origen. ¿Dónde debe ubicarse la carga q_3 para que se encuentre en equilibrio electrostático?



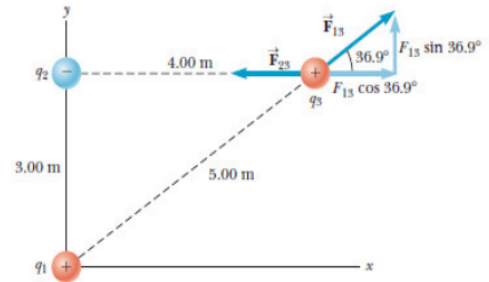
4. Dos cargas puntuales se atraen entre sí por una fuerza eléctrica de módulo F . Si una carga se reduce a un tercio de su valor original, y la distancia entre ellas se duplica, la magnitud de la fuerza resultante es:
 - (a) $\frac{1}{12} F$
 - (b) $\frac{1}{6} F$
 - (c) $\frac{1}{3} F$
 - (d) $\frac{3}{4} F$
 - (e) $\frac{4}{3} F$
 - (f) Ninguna de las anteriores

5. Tres cargas eléctricas iguales están ubicadas sobre los vértices de un cuadrado. Si la fuerza que Q_a ejerce sobre Q_b tiene magnitud F_{ab} y la fuerza que ejerce Q_a sobre Q_c tiene magnitud F_{ca} . Determine la relación (F_{ca} / F_{ba}).



6. Tres cargas se encuentran en las esquinas de un triángulo rectángulo: $q_1 = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$, $q_2 = -2 \times 10^{-9} \text{ C}$, $q_3 = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$.

- (a) Calcular F_{23} (la fuerza que ejerce 2 sobre 3).
 (b) Calcular F_{13} (la fuerza que ejerce 1 sobre 3)
 (c) Calcular la fuerza resultante en q_3 .



7. Una esfera A cargada positivamente está suspendida en el aire mediante un soporte y un hilo aislante. Otra esfera B de masa $m = 10 \text{ g}$ y con carga igual y opuesta a la de la esfera A, se coloca 10 cm debajo de ésta. En estas condiciones se encuentra que B permanece en reposo al soltarla. Hallar:

- (a) La fuerza eléctrica entre las esferas.
 (b) La magnitud de la carga de cada esfera.
 (c) El número de electrones que determina la carga neta negativa en B.

8. En la atmósfera terrestre se suele tomar como valor promedio del campo eléctrico en buen tiempo 120 N/C (120 V/m) y hacia abajo. Suponiendo que ponemos una partícula de 10^{-5} kg en algún punto de la atmósfera y observamos que queda suspendida. Determine:

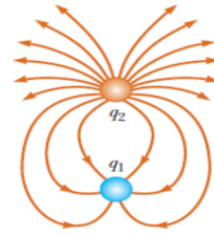
- (a) ¿Cuánto vale la carga de la partícula?
 (b) ¿Cuál debe ser la relación entre la carga y la masa de la partícula para que quede suspendida en la atmósfera terrestre?
 (c) Analice si es físicamente posible electrizar un cuerpo de esta manera y observarlo suspendido en la atmósfera terrestre.

9. Una carga $Q = 90 \mu\text{C}$ se encuentra en el origen de un sistema de coordenadas.

- (a) Calcule el potencial en $x_A = 3 \text{ m}$ y en $x_B = 6 \text{ m}$.
 (b) Calcule la variación de energía cinética que experimenta una carga de $q = 0,04 \mu\text{C}$ cuando es trasladada de x_A hasta x_B .
 (c) Si en lugar de trasladar la carga de $0,04 \mu\text{C}$ se traslada otra de $-0,04 \mu\text{C}$, ¿cambia el potencial en x_A o en x_B ? ¿Cambia la energía potencial de la carga de $-0,04 \mu\text{C}$? Justifique.

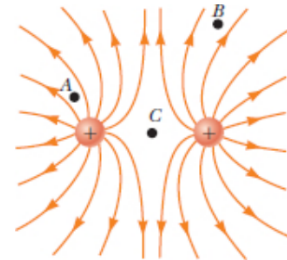
10. En la figura se muestran las líneas de campo eléctrico generadas por las cargas q_1 y q_2 . Señalar la respuesta correcta.

- (a) q_2 es positivo y q_1 negativo ; $\frac{q_2}{q_1} = 3$
- (b) q_2 es positivo y q_1 negativo ; $\frac{q_2}{q_1} = 4$
- (c) q_2 es negativo y q_1 positivo ; $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{3}$
- (d) No se puede cuantificar por inspección visual
- (e) Ninguna de las anteriores



11. Ordenar las magnitudes de los campos eléctricos en los puntos A, B y C, de mayor a menor:

- (a) A, B, C
- (b) A, C, B
- (c) C, A, B
- (d) No se puede determinar por inspección visual
- (e) Ninguna de las anteriores

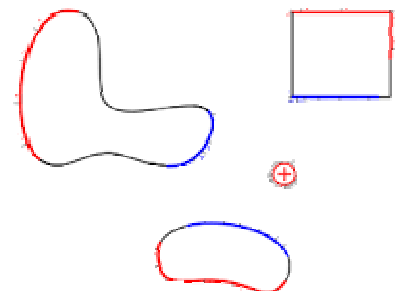


12. En un campo eléctrico uniforme $E_x = 1,5 \times 10^3$ N/C:

- (a) Un protón se libera desde el reposo en $x_i = -0,02$ m. Calcular el cambio de energía potencial ΔE_p asociado al protón, cuando éste llega a $x_f = 0,05$ m.
- (b) Se dispara un electrón desde x_i en el mismo campo. Calcular ΔE_p para $x_f = 0,12$ m.
- (c) Ahora se invierte el sentido del campo E_x . Calcular ΔE_p cuando el electrón se libera en reposo desde $x_i = 0,03$ m y llega a $x_f = 0,07$ m.
- (d) Calcular ΔE_p para un electrón que se dispara hacia $+\hat{x}$ desde $x_i = 0,12$ m y llega a $x_f = -0,18$ m, con el mismo E_x positivo

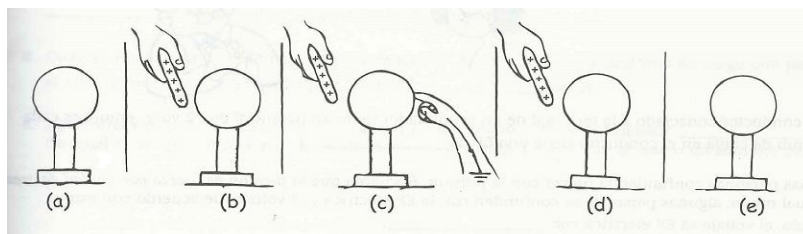
13. Un electrón ingresa con una velocidad de 4×10^6 m/s en una región de campo eléctrico uniforme de 300 N/C, paralelo a dicha velocidad. Si su velocidad aumenta, calcule su valor una vez que recorrió 15 cm. Si se frena, determine la distancia que recorrerá dentro de la región antes de invertir el sentido de su movimiento.

14. Una carga puntual positiva se encuentra rodeada por las tres superficies conductoras, que se muestran en la figura. Represente la densidad de carga en los conductores, y las líneas de campo eléctrico en el sistema.



II. PREGUNTAS CONCEPTUALES

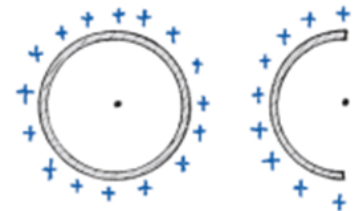
1. Cuál es la diferencia fundamental entre:
 - (a) Un material conductor y un aislante. Dé ejemplos de cada uno de ellos.
 - (b) Un objeto eléctricamente cargado y un objeto eléctricamente polarizado. Ejemplifique.
2. Un cuerpo cargado positivamente se acerca a la bolita de un péndulo eléctrico. La esferita se acerca al cuerpo, entonces, ¿podemos concluir que la esferita está cargada negativamente?
3. Un electroscopio se encuentra cargado negativamente y acercamos a su esfera una barra cargada B. Hallamos que las hojas del electroscopio aumentan su separación. ¿Cuál es el signo de la barra B?
4. Usted tiene un objeto con carga negativa. ¿Cómo puede emplearlo para cargar negativamente una esfera metálica aislada? ¿Y para cargarla positivamente?
5. Dos objetos metálicos idénticos están montados en soportes aislantes. Describa cómo podría cargarlos con exactamente la misma magnitud pero de signo opuesto.
6. Los cuerpos de la figura son una esfera conductora, aislada mediante un pie y una barra de vidrio cargada positivamente. Suponiendo que inicialmente la esfera es eléctricamente neutra. Explicar los procesos que se producen en cada etapa. Trazar la distribución de cargas correctas en cada caso:



7. Si usted camina sobre una alfombra de nailon y luego toca un objeto metálico grande, como una perilla, puede recibir una chispa y una descarga. ¿Qué es lo que sucede y por qué esto tiende a ocurrir más bien en los días secos que en los húmedos?

8. Un auto en movimiento adquiere carga eléctrica debido al roce con el aire:
- Si el ambiente del lugar es seco, ¿el auto permanecerá electrizado?
 - Al bajarse del auto o al subirse, se sufre una “patada”, ¿por qué?
 - El fenómeno anterior no es común en días húmedos, ¿por qué?
9. Se sabe que el cuerpo humano es buen conductor. Explique, entonces, por qué una persona con una barra metálica en sus manos no consigue electrizarla por frotamiento.
10. Los campos eléctricos suficientemente fuertes hacen que los átomos se ionicen positivamente, es decir, que pierdan uno o más electrones. Explique por qué ocurre esto.
11. Se coloca un protón en un campo eléctrico uniforme y luego se libera. Después se sitúa un electrón en el mismo punto y también se libera. ¿Experimentan las dos partículas la misma fuerza? ¿Y la misma aceleración? ¿Se mueven en la misma dirección y en el mismo sentido cuando se liberan?
12. A una distancia R de una carga puntual su campo eléctrico es E . ¿A qué distancia (en términos de R) de la carga puntual, el campo eléctrico será de $\frac{1}{4}E$?

13. Dos piezas de plástico, una con forma de anillo cerrado y la otra con forma de semianillo, tienen los mismos radios de curvatura y la misma densidad de carga eléctrica positiva, (ver figura). Explicar con fundamento cuál campo eléctrico en el punto central tiene mayor intensidad.



14. ¿Verdadero o Falso?

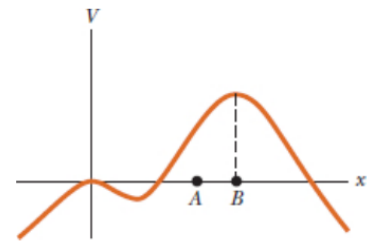
- Un protón pierde energía potencial cuando se mueve en la dirección del campo eléctrico.
- Un electrón pierde energía potencial cuando se mueve en la dirección del campo eléctrico.
- Cuando un electrón se libera desde el reposo en un campo eléctrico constante, el cambio en energía potencial eléctrica asociada al electrón se vuelve más negativo con el tiempo.
- Si un electrón se dispara en sentido $+\hat{x}$, y se encuentra sujeto a un campo E_x , éste termina desplazándose en sentido $-\hat{x}$.

15. ¿Verdadero o Falso?

- (a) Al liberarse desde el reposo, las cargas positivas se aceleran espontáneamente desde regiones de alto potencial eléctrico a otras de bajo potencial.
- (b) Al liberarse desde el reposo, las cargas negativas se aceleran espontáneamente desde regiones de alto potencial eléctrico a otras de bajo potencial.
- (c) Si a una carga positiva se le proporciona cierta velocidad en la dirección en la que aumenta el potencial eléctrico, se mantendrá siempre en esa dirección.
- (d) Para que una carga negativa se desplace en la dirección en la que disminuye el potencial eléctrico, es necesario realizar trabajo.

16. El potencial eléctrico a lo largo de la dirección x puede representarse como en la figura. Si se coloca una carga positiva en la posición A, la partícula:

- (a) Se desplazará hacia la derecha.
- (b) Se desplazará hacia la izquierda.
- (c) Permanecerá en A.
- (d) Oscilará en torno a B.

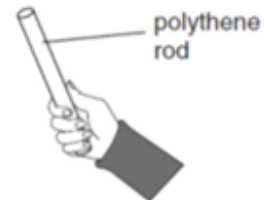
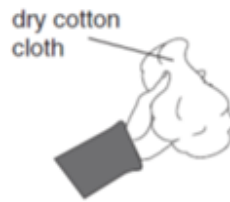


17. Repita el ejercicio anterior considerando una carga negativa.

III. ACTIVIDADES

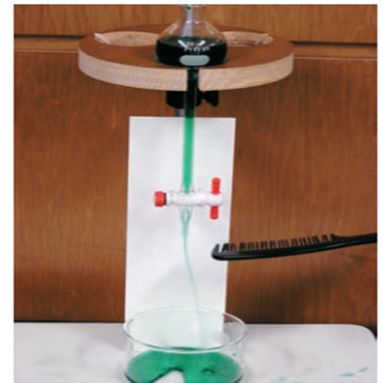
1. Un estudiante mantiene una varilla de polietileno en una de sus manos y un paño de algodón seco en la otra.

(a) ¿Qué debe realizar el estudiante para conseguir cargar con electricidad estática a la varilla de polietileno?



(b) Si el estudiante en la situación (a), usa una varilla de cobre en lugar de una varilla de polietileno; ¿qué sucede? ¿Por qué?

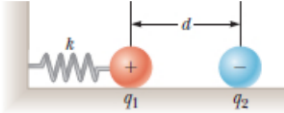
2. En un día seco, pase un peine por su cabello (esto funciona mejor si su cabello está limpio y seco y no ha usado acondicionador) o frote el peine en un suéter de lana. Cuando esté seguro de que el peine está cargado (observando el comportamiento de su cabello, escuchar crujidos, etc.), vaya a una canilla y ábrala para que salga un fino chorro de agua. No importa si la corriente se rompe en gotitas cerca del fondo. Sostenga el peine cargado cerca del chorro de agua. Verá que el agua experimenta una fuerza debido a la carga en el peine (ver figura). ¿La fuerza es atractiva o repulsiva? ¿Significa esto que el agua viniendo del grifo tiene una carga neta? Explique con fundamento.

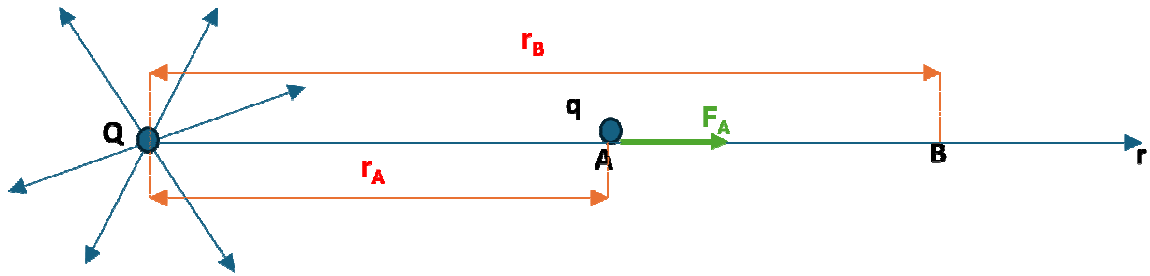


3. A un conductor hueco cilíndrico dispuesto sobre una base aislante (ver figura) se lo carga electrostáticamente al conectarlo a una máquina de Wimshurst. El dispositivo contiene dos péndulos electrostáticos, uno interno al cilindro y el otro, externo. Explique y fundamente: ¿por qué el péndulo interno no cambia de disposición y en el externo las esferas se separan?



IV. PROBLEMAS AVANZADOS (OPCIONALES)

1. ¿Cómo sabemos que la fuerza de Coulomb es proporcional a r^{-2} , y no por ejemplo a $r^{-2,0000000000000002}$, ó a $r^{-1,9999999999999}$?
2. ¿Cómo sabemos que la carga del electrón q_e es igual a la del protón q_p ? ¿No podría ser que $\frac{q_e}{q_p} = 1,000000000000002$?
3. ¿Cómo sabemos que TODAS las cargas que existen tienen que ser $N \times q_e$, cuando N es un número ENTERO? ¿No puede existir un objeto cargado con $32,5 q_e$?
4. ¿Por qué se eligió al Coulomb como unidad, si es una cantidad enorme de cargas?
5. Una carga $q_1 = 2,70 \mu\text{C}$ está ligada a un resorte, y todo el sistema está montado sobre una superficie sin rozamiento. Cuando se acerca otra carga $q_2 = -8,6 \mu\text{C}$, a una distancia $d = 9,50 \text{ cm}$ de ésta, el resorte se estira una distancia $x = 5 \text{ mm}$ (o sea, la distancia entre ambas cargas ahora es 9 cm). Calcular la constante elástica del resorte.

6. Retome el Problema N° 8 y calcule: ¿cuánto vale la carga total de la Tierra?
7. Se considera una carga eléctrica puntual Q positiva (carga fuente) ubicada en el origen de coordenadas y otra carga puntual positiva q (carga de prueba) que se desplaza desde el punto A hacia el B siguiendo el trayecto de una línea de fuerza (ver figura). Con el objetivo de obtener el trabajo del campo eléctrico generado por la carga fuente sobre la carga de prueba, al desplazarse desde el punto A hacia el B, se propone seguir los siguientes pasos:



(a) Escriba las expresiones de la fuerza eléctrica que realiza la carga eléctrica fuente sobre la carga eléctrica de prueba en las posiciones A y B.

(b) Como la fuerza eléctrica sobre la carga de prueba en el trayecto no es de módulo constante, entonces para calcular el trabajo sobre la carga de prueba se deberían emplear procesos reglados por el análisis matemático (discuta esto con su docente). Para eludir estos procesos se propone emplear una aproximación, que se basa en considerar a la fuerza media F_m que ejerce la carga fuente sobre la de prueba entre las posiciones A y B. Dado que el módulo de la fuerza eléctrica tiene una dependencia con el inverso del cuadrado de la distancia, se utilizará el módulo de la fuerza media a partir de la media geométrica de los valores de la fuerza sobre la carga de prueba en las posiciones A y B. Es decir: $F_m = (F_A \cdot F_B)^{1/2}$. Entonces la expresión del trabajo W que realiza la fuerza eléctrica de la carga fuente sobre la de prueba cuando ésta se desplaza desde A hacia B es:

$$W = F_m \cdot d_{AB} \cdot \cos 0^\circ$$

A partir de aquí se pide demostrar que:

$$W = KqQ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

(c) La expresión anterior se puede obtener de manera general empleando procesos de cálculo fundados en el análisis matemático y así demostrar que el trabajo de la fuerza que el campo de la carga eléctrica fuente Q ejerce sobre la carga de prueba q no depende de la trayectoria sino de la posición inicial y final de la carga de prueba. ¿Qué ocurre si la trayectoria que sigue la carga de prueba es cerrada? (Discuta esto con su docente).

(d) Si ahora $r_B \rightarrow \infty$ y $r_A = r$; obtenga una expresión para el trabajo por unidad de carga W/q ; ¿qué se puede asegurar acerca del valor de esta relación W/q en cualquier punto que rodee a la carga fuente?

(e) Discuta con su docente: ¿qué representa esta magnitud W/q ? ¿En qué unidades se mide? ¿Qué relación tiene con la energía potencial eléctrica?

V. RESPUESTAS A PROBLEMAS

1. (c) $|F_E| \approx 2 \times 10^{39} |F_G|$
2. $|F| = 9 \times 10^9 \text{ N}$
3. $x = 1,05 \text{ m}$
4. (a)
5. $\frac{F_{ca}}{F_{ba}} = \frac{1}{2}$
6.
 - (a) $F_{23} = (-5,62 \times 10^{-9} \text{ N} ; 0 \text{ N})$
 - (b) $F_{13} = (8,64 \times 10^{-9} \text{ N} ; 6,48 \times 10^{-9} \text{ N})$
 - (c) $F_{\text{tot}} = (3,02 \times 10^{-9} \text{ N} ; 6,48 \times 10^{-9} \text{ N})$ ó $|F_{\text{tot}}| = 7,15 \times 10^{-9} \text{ N}$ y $\theta = 65^\circ$
7.
 - (a) $F = 0,098 \text{ N}$
 - (b) $q = 3,3 \times 10^{-7} \text{ C}$
 - (c) $N_e = 2,1 \times 10^{12}$
8.
 - (a) (a) $q = -8,2 \times 10^{-7} \text{ C}$
 - (b) $\frac{q}{m} = 0,082 \text{ C/kg}$
9.
 - (a) $V_A = 2,7 \times 10^5 \text{ V} ; V_B = 1,3 \times 10^5 \text{ V}$
 - (b) $\Delta E_C = 5,4 \times 10^{-3} \text{ J}$
 - (c) El potencial no cambia, la variación de energía cambia de signo.
10. (a)
11. (a)
12.
 - (a) $\Delta E_p = -1,7 \times 10^{-17} \text{ J}$
 - (b) $\Delta E_p = 3,4 \times 10^{-17} \text{ J}$
 - (c) $\Delta E_p = -9,6 \times 10^{-18} \text{ J}$
 - (d) $\Delta E_p = -7,2 \times 10^{-17} \text{ J}$
13. Se frena, y recorre 15,2 cm antes de invertir el sentido.

14.

