

41. Las normales en todos los puntos de una curva pasan por un punto fijo. Hallar la ecuación de la curva.
42. Hallar la ecuación de la familia de curvas tales que la pendiente de la tangente en un punto cualquiera tiene el valor de $\frac{b^2x}{a^2y}$.
43. Se sabe que $dA = \sqrt{2px} dx$, además $A = \frac{p^2}{3}$ cuando $x = \frac{p}{2}$. Calcular el valor de A cuando $x = 2p$.
44. En cada punto de cierta curva la segunda derivada de y es $\frac{12}{x^3}$. Hallar la ecuación de la curva si se sabe que pasa por el punto $(1, 0)$ y es tangente en ese punto a la recta $6x + y = 6$.
45. Un objeto se lanza desde el suelo hacia arriba. En un segundo llega a una altura de 25 metros. Calcular la altura máxima alcanzada por el objeto.
47. En un cuarto a una temperatura de $20^\circ C$ se observa que un líquido tiene una temperatura de $70^\circ C$; después de 5 minutos, de $60^\circ C$. Suponiendo que la rapidez de enfriamiento sea proporcional a la diferencia de la temperatura del líquido y del cuarto, hallar la temperatura del líquido 30 minutos después de la primera observación.
48. La velocidad de una reacción química en la que x es la cantidad que se transforma en el tiempo t es la razón de la variación de x con respecto al tiempo. Sea a la concentración al principio del experimento. Entonces $\frac{dx}{dt} = k(a - x)$, puesto que la velocidad de variación de la cantidad que se transforma es proporcional a la concentración en el mismo instante, demostrar que k , la constante de la velocidad, es igual a $\frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x}$.

46. Dentro de ciertas limitaciones de velocidad, la resistencia del aire en un automóvil es proporcional a la velocidad. Por tanto, si F es la fuerza neta generada por el motor, se tiene que $M \frac{dv}{dt} = F - kv$. Expresar la velocidad en función de t , sabiendo que $v = 0$ cuando $t = 0$.

50. La razón de cambio del volumen V de una esfera de nieve que se derrite es proporcional a la superficie S de la esfera, es decir $\frac{dV}{dt} = -kS$, donde k es una constante positiva. Si el radio de la esfera es $r = 2$ centímetros cuando $t = 2$ segundos y posteriormente $r = 0,5$ centímetros cuando $t = 10$ segundos, ¿cuál fue el radio de la esfera a los 5 segundos?

49. Todos los seres vivos contienen Carbono 12 que es estable y Carbono 14 que es radiactivo. Mientras esté vivo un animal o planta, la razón entre los dos isótopos de carbono permanece constante, debido a que el Carbono 14 se renueva constantemente; después de su muerte no se absorbe más Carbono 14. La vida media del Carbono 14 es de 5730 años. Si los leños carbonizados de una choza muestran sólo el 70 % del Carbono 14 que era de esperarse en la materia viva. Calcule la edad aproximada de la choza (suponga que la choza se quemó poco después de ser construido con troncos recién cortados).

1. Se le dan a usted dos esferas de metal montadas sobre soportes aislantes portátiles. Halle una manera de darles cargas iguales y opuestas. Puede emplear una varilla de vidrio frotada con seda pero no puede tocar las esferas. ¿Han de ser las esferas de igual tamaño para que su método funcione?

3. Una varilla cargada atrae partículas de polvo de corcho seco, las cuales, después de tocar la varilla, a menudo se alejan de ella violentamente. Explique.
5. Una carga positiva se aproxima a un conductor aislado sin carga. El conductor se pone a tierra mientras la carga se mantiene cerca. ¿Se carga el conductor positiva o negati-

vamente, o no se carga en absoluto si (a) se retira la carga y luego la conexión a tierra se suprime, y (b) se suprime la conexión a tierra y luego se retira la carga?

7. Si frota enérgicamente una moneda entre los dedos no logrará que resulte cargada por la fricción. ¿Por qué?
9. ¿Por qué los experimentos de electrostática no funcionan bien en los días húmedos?
11. Se dice que una varilla aislada lleva una carga eléctrica. ¿Cómo podría usted verificarlo y determinar el signo de la carga?
13. En la figura 7, ¿actúa alguna fuerza eléctrica resultante sobre la barra de metal? Explique.
15. (a) Una barra de vidrio cargada positivamente atrae un objeto suspendido. ¿Puede concluirse que el objeto está cargado negativamente? (b) Una barra de vidrio cargada positivamente repele a un objeto suspendido. ¿Puede concluirse que el objeto está cargado positivamente?
19. Si los electrones de un metal como el cobre pueden moverse libremente, deben dirigirse hacia la superficie de metal. ¿Por qué no continúan su movimiento y abandonan el metal?

17. ¿Cambia la fuerza eléctrica que una carga ejerce sobre otra si se les aproximan otras cargas?

21. La ley de Coulomb predice que la fuerza ejercida por una carga puntual sobre otra es proporcional al producto de las dos cargas. ¿Qué haría usted para verificar la validez de la ley en el laboratorio?

23. Un electrón (carga = $-e$) gira alrededor de un núcleo de helio (carga = $+2e$) en un átomo de helio. ¿Qué partícula ejerce la fuerza mayor sobre la otra?

27. ¿Qué queremos decir con que una cantidad física está (a) cuantizada o (b) se conserva? Dé algunos ejemplos.

29. ¿Cómo sabemos que las fuerzas electrostáticas no son la causa de la atracción gravitatoria, por ejemplo entre la Tierra y la Luna?

Sección 27-4 La ley de Coulomb

1. Una carga puntual de $+3.12 \times 10^{-6} \text{ C}$ está a una distancia de 12.3 cm de una segunda carga puntual de $-1.48 \times 10^{-4} \text{ C}$. Calcule la magnitud de la fuerza para cada carga.

3. En el trayecto de retorno de un rayo típico (véase la figura 9) fluye una corriente de $2.5 \times 10^4 \text{ A}$ durante 20 μs . ¿Cuánta carga se transfiere en este proceso?

25. El teorema de Earnshaw afirma que ninguna partícula puede estar en un equilibrio estable bajo la acción de fuerzas electrostáticas únicamente. Sin embargo, considere al punto P en el centro de un cuadrado formado por cuatro cargas positivas iguales, como en la figura 8. Si se introduce una carga positiva testigo (de prueba) podría parecer que está en equilibrio estable. Cada una de las cuatro cargas externas empujan hacia P . Sin embargo, el teorema de Earnshaw se cumple. ¿Puede usted explicar cómo?
5. La figura 10a muestra dos cargas, q_1 y q_2 , separadas por una distancia fija d . (a) Encuentre el valor de la fuerza eléctrica que actúa sobre q_1 . Suponga que $q_1 = q_2 = 21.3 \mu\text{C}$ y $d = 1.52 \text{ m}$. (b) Una tercera carga $q_3 = 21.3 \mu\text{C}$ se introduce y se coloca como se muestra en la figura 10b. Calcule la intensidad de la fuerza eléctrica q_1 ahora.

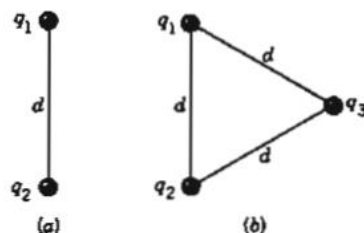


Figura 10 Problema 5.

7. Tres partículas cargadas se encuentran en una línea recta y están separadas por una distancia d como se muestra en la figura 12. Las cargas q_1 y q_2 se mantienen fijas. La carga q_3 , la cual puede moverse libremente, está en equilibrio bajo la acción de las fuerzas eléctricas. Halle q_1 en términos de q_2 .



Figura 12 Problema 7.

9. Dos cargas positivas de $4.18 \mu\text{C}$ cada una, y una carga negativa, de $-6.36 \mu\text{C}$, están fijas en los vértices de un triángulo equilátero de 13.0 cm de lado. Calcule la fuerza eléctrica sobre la carga negativa.
11. Dos esferas conductoras idénticas, que tienen cargas de signo opuesto, se atraen entre sí con una fuerza de 0.108 N cuando están separadas por 50.0 cm . Las esferas se conectan súbitamente con un alambre conductor delgado, que luego se retira, y después las esferas se repelen entre sí con una fuerza de 0.0360 N . ¿Cuáles eran las cargas iniciales de las esferas?

13. Dos cargas puntuales libres $+q$ y $+4q$ están separadas por una distancia L . Se coloca una tercera carga de modo que todo el sistema esté en equilibrio. (a) Halle el signo, la magnitud, y la ubicación de la tercera carga. (b) Demuestre que el equilibrio es inestable.
15. Cierta carga Q va a dividirse en dos partes $(Q - q)$ y q . ¿Cuál es la relación de Q a q si las dos partes, separadas por una distancia dada, han de tener una repulsión Coulomb máxima?
17. Si las bolas de la figura 14 son conductoras, (a) ¿qué les sucede después de que una se ha descargado? Explique la respuesta. (b) Halle la nueva separación de equilibrio.

23. Calcule el período de oscilación de una partícula de carga positiva $+q$ desplazada del punto medio y a lo largo de la línea que une a las cargas en el problema 22.

25. En un cristal de sal, un átomo de sodio transfiere uno de sus electrones a un átomo vecino de cloro, formando un enlace iónico. El ion positivo de sodio y el ion negativo de cloro resultantes se atraen entre sí a causa de la fuerza

electrostática. Calcule la fuerza de atracción si los iones están separados por 282 pm .

31. Calcule el número de coulomb de carga positiva en un vaso de agua. Supóngase que el volumen del agua es de 250 cm^3 .

19. Dos cargas puntuales positivas iguales q se mantienen separadas por una distancia fija $2a$. Una carga puntual de prueba se localiza en un plano que es normal a la línea que une a estas cargas y a la mitad entre ellas. Determine el radio R del círculo en este plano para el cual la fuerza sobre la partícula de prueba tiene un valor máximo. Véase la figura 15.

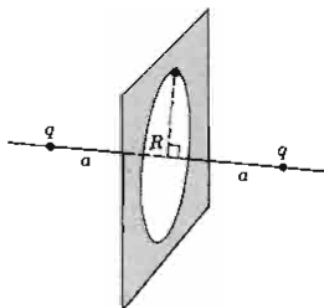


Figura 15 Problema 19.

21. Un cubo de arista a porta una carga puntual q en cada esquina. Demuestre que la fuerza eléctrica resultante sobre cualquiera de las cargas está dada por

$$F = \frac{0.262q^2}{\epsilon_0 a^2},$$

dirigida a lo largo de la diagonal del cubo hacia afuera del mismo.

29. Un electrón está en el vacío cerca de la superficie de la Tierra. ¿En dónde estaría situado un segundo electrón de modo que la fuerza neta sobre el primer electrón, debida al otro electrón y a la gravedad, sea cero?
27. Se piensa que un neutrón está compuesto de un quark "arriba" de carga $+\frac{2}{3}e$ y dos quarks "abajo" cada uno de los cuales tiene una carga de $-\frac{1}{3}e$. Si los quarks abajo están con una separación de 2.6×10^{-15} m adentro del neutrón, ¿cuál es la fuerza eléctrica de repulsión entre ellos?
35. Identifique al elemento X en las siguientes reacciones nucleares:

- (a) ${}^1\text{H} + {}^9\text{Be} \rightarrow \text{X} + \text{n};$
 (b) ${}^{12}\text{C} + {}^1\text{H} \rightarrow \text{X};$
 (c) ${}^{15}\text{N} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{X}.$

(Sugerencia: Véase el apéndice E.)

5. Las líneas de fuerza eléctricas nunca se cruzan. ¿Por qué?
7. Una carga puntual se está moviendo en un campo eléctrico en ángulo recto con las líneas de fuerza. ¿Actúa alguna fuerza sobre ella?

13. En el problema muestra 3, una carga situada en el punto P en la figura 3 está en equilibrio porque no actúa sobre ella ninguna fuerza. ¿Es el equilibrio estable (a) para desplazamientos a lo largo de la línea que une a las cargas y (b) para desplazamientos en ángulo recto con esta línea?
14. En la figura 8, la fuerza sobre la carga más baja apunta hacia arriba y es finita. Sin embargo, el aglomeramiento de las líneas de fuerza sugiere que E es infinitamente grande en la ubicación de esta carga (puntual). Una carga inmersa en un campo infinitamente grande debería expe-

1. Un electrón es acelerado hacia el este a razón de 1.84×10^9 m/s² por medio de un campo eléctrico. Determine la magnitud y la dirección del campo eléctrico.

3. Una partícula alfa, el núcleo de un átomo de helio, tiene una masa de 6.64×10^{-27} kg y una carga de $+2e$. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección del campo eléctrico que equilibrará a su peso?

5. ¿Cuál es la magnitud de una carga puntual elegida de tal modo que el campo eléctrico alejado a una distancia de 75.0 cm tenga una magnitud de 2.30 N/C?

1. Nombre tantos campos escalares y vectoriales como pueda.
2. (a) En la atracción gravitatoria entre la Tierra y una piedra, ¿podemos decir que la Tierra se encuentra en el campo gravitatorio de la piedra? (b) ¿Cuál es la relación entre el campo gravitatorio que pertenece a la piedra y el que pertenece a la Tierra?
3. Una bola cargada positivamente pende de un hilo de seda largo. Deseamos medir a E en un punto en el mismo plano horizontal que el de la carga colgante. Para hacerlo, ponemos una carga de prueba positiva q_0 en el punto y medimos F/q_0 . ¿Será F/q_0 menor que, igual a, o mayor que E en el punto en cuestión?
4. Al explorar los campos eléctricos con una carga de prueba, a menudo hemos supuesto, por conveniencia, que la carga de prueba era positiva. ¿Realmente constituye ello alguna diferencia para determinar el campo? Ilustre con un caso sencillo su propia idea.
5. Las líneas de fuerza eléctricas nunca se cruzan. ¿Por qué?
6. En la figura 6, ¿por qué las líneas de fuerza alrededor de la figura parecen, cuando se extienden hacia atrás, irradiar uniformemente desde el centro de la figura?
7. Una carga puntual se está moviendo en un campo eléctrico en ángulo recto con las líneas de fuerza. ¿Actúa alguna fuerza sobre ella?
8. En la figura 9, ¿por qué se alinearían las semillas de pasto con las líneas de fuerza eléctricas? Normalmente las semillas de pasto no portan ninguna carga eléctrica. (Véase "Demonstration of the Electric Fields of Current-Carrying Conductors", por O. Jefimenko. *American Journal of Physics*, enero de 1962, pág. 19.)
9. ¿Cuál es el origen de la "adherencia estática", un fenómeno que a veces se presenta en la ropa cuando se retira de una secadora?
10. Dos cargas puntuales de magnitud y signo desconocidos están situadas a una distancia d de separación. El campo eléctrico es cero en un punto entre ellas, sobre la línea que las une. ¿Qué puede concluirse acerca de las cargas?
11. Dos cargas puntuales de magnitud y signo desconocidos están situadas a una distancia d de separación. (a) Si es posible que $E = 0$ en algún punto no situado entre las cargas sino sobre la línea que las une, ¿cuáles son las condiciones necesarias y en dónde se localiza el punto? (b) Es posible, en cualquier arreglo de dos cargas puntuales, hallar dos puntos (ninguno de ellos en el infinito) en los cuales $E = 0$? De ser así, ¿en qué condiciones?
12. Dos cargas puntuales de signo y magnitud desconocidos están fijas a una distancia d de separación. ¿Podemos tener $E = 0$ en puntos fuera del eje (excluyendo el infinito)? Explique.

7. Calcule la magnitud del campo eléctrico, debido a un dipolo eléctrico de un momento dipolar de 3.56×10^{-29} C · m, en un punto a 25.4 nm de distancia a lo largo del eje bisector.

11. En la figura 4, considere un punto a una distancia z desde el centro de un dipolo a lo largo de su eje. (a) Demuestre que, para valores grandes de z , el campo eléctrico está dado por

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}.$$

(Compare con el campo en un punto de la bisectriz perpendicular.) (b) ¿Cuál es la dirección de E ?

9. La carátula de un reloj tiene cargas puntuales negativas $-q, -2q, -3q, \dots, -12q$ fijas en las posiciones de los números correspondientes. Las manecillas del reloj no perturban al campo. ¿En qué momento la manecilla de las horas apunta en la misma dirección que el campo eléctrico en el centro de la carátula? (Sugerencia: Considere cargas diametralmente opuestas.)