

Relación Problemas Tema 6: Campo Eléctrico

1.- Supón una carga puntal de $2 \mu\text{C}$. ¿Qué fuerza de atracción ejercerá sobre otra carga de $3 \text{ } 000 \text{ uee}$, de signo contrario, situada en el vacío, a 3 cm de distancia?

Solución: $F = 20 \text{ N}$.

2.- ¿Cuál sería la fuerza de atracción en el problema anterior si el medio interpuesto entre las cargas fuese azufre? La permitividad relativa del azufre es 4 .

Solución: $F = 5 \text{ N}$.

3.- Dos cargas eléctricas iguales, a 2 cm de distancia en el vacío, se repelen con 100 dyn de fuerza. ¿Cuánto valen las cargas eléctricas?

Solución: $Q = \pm \frac{20}{3} \text{ nC}$

4.- Un cuerpo de 100 g está cargado con $10 \text{ } 000 \text{ uee}$. ¿A qué distancia de él debe colocarse otro cuerpo cargado con $100 \text{ } 000 \text{ uee}$ de signo contrario para que el primero no caiga por la acción de su peso?

Solución: $r = 1 \text{ m}$.

5.- ¿Cuál es la fuerza eléctrica y la gravitatoria entre dos partículas alfa situadas en el vacío a 1 \AA de distancia? Calcular también la relación entre ambas fuerzas. La carga de la partícula α es $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ y su masa es de $6,62 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$.

Solución: $F_e = 9,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$; $F_g = 2,9 \cdot 10^{-43} \text{ N}$; $F_e/F_g = 3,2 \cdot 10^{35}$.

6.- Tres cargas iguales de $2 \mu\text{C}$ cada una se sitúan en el vacío sobre los vértices de un triángulo rectángulo cuyos catetos miden 6 cm y 8 cm . ¿Cuánto vale la fuerza que actúa sobre la carga situada en el vértice del ángulo recto?

Solución: $F = 11,47 \text{ N}$.

7.- Supón que las cargas de $2 \mu\text{C}$ del problema anterior se sitúan en los vértices de un triángulo equilátero de 10 cm de lado. ¿Qué fuerza actuará sobre cada una de ellas?

Solución: $F = 6,24 \text{ N}$.

8.- Tres cargas de $2 \mu\text{C}$ cada una están situadas en los vértices de un triángulo rectángulo isósceles. Se sabe que la fuerza que actúa sobre la carga situada en el vértice del ángulo recto vale $5,66 \cdot 10^3 \text{ N}$. ¿Cuánto miden los catetos del triángulo?

Solución: $l = 3 \text{ mm}$.

9.- La carga de una esfera metálica A vale $+0,066 \mu\text{C}$ y una segunda esfera metálica B tiene una carga de $0,026 \mu\text{C}$. Las dos esferas, que pueden considerarse puntuales, se ponen en contacto un momento. Se pregunta la fuerza que actúa entre ellas cuando se separan nuevamente hasta que disten entre sí 30 cm .

Solución: $F = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$.

10.- Disponemos de tres bolitas esféricas conductoras idénticas, A, B y C, de radio tan pequeño, que se pueden considerar puntuales. Las dos primeras esferillas están fijadas a una distancia $l = 100 \text{ cm}$ y tienen carga eléctrica negativa, siendo la de A cinco veces mayor que la B. La esferilla C se encuentra inicialmente en el estado neutro y se puede mover libremente a la recta AB horizontal. A) Cogemos la bolita C con unas pinzas aislantes y ponemos en contacto con la A, dejándola luego en libertad. Determinar la posición en que dicha bolita C quedará en equilibrio. B) Volvemos a coger la bolita C con las pinzas, poniéndola en contacto con la B y dejándola posteriormente libre. Determinar la nueva posición de equilibrio.

Solución: a) a $0,613 \text{ m}$ de la A; b) a $0,544 \text{ m}$ de la A.

11.- Si situamos una carga positiva de $2 \mu\text{C}$ en el origen de coordenadas, encontramos que experimenta una fuerza de $8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ en la dirección positiva del eje OX. A) ¿Cuál es el valor y el sentido del campo eléctrico en dicho punto? b) ¿Cuál sería la fuerza que se ejercería en dicho punto sobre una carga negativa de $6 \mu\text{C}$?

Solución: a) $\vec{E} = 400 \vec{i}$ (SI); b) $\vec{F} = -2,4 \cdot 10^{-3} \vec{i}$ (SI).

12.- ¿Qué exceso de electrones habría que añadirse a una esfera conductora (en el vacío) de 10 cm de diámetro para que en un punto muy próximo a su superficie haya un campo de 10^{-3} N/C? .

Solución: $n = 1,74 \cdot 10^3$ electrones.

13.- Tenemos un campo eléctrico uniforme, dirigido verticalmente de abajo hacia arriba, cuya intensidad es de 10^4 N/C. a) Calcúlese la fuerza ejercida por este campo sobre un electrón. b) Compárese la fuerza ejercida con el peso del electrón. c) Calcúlese la velocidad que adquirirá el electrón cuando haya recorrido 1 cm partiendo del reposo. D) Calcúlese la energía cinética adquirida. E) Calcúlese el tiempo que necesita para recorrer la distancia de 1 cm. (Datos: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-28}$ g.)

Solución: a) $F = 1,6 \cdot 10^{-15}$ N; b) $F/P = 1,76 \cdot 10^{14}$; c) $v = 5,93 \cdot 10^6$ m/s; d) $E_c = 1,6 \cdot 10^{-17}$ J; e) $t = 3,37 \cdot 10^{-9}$ s.

14.- Dos cargas eléctricas puntuales, una de $+\frac{1}{3}$ nC y otra de $-\frac{2}{3}$ nC, distan entre sí 10 cm en vacío . Hallar la intensidad del campo eléctrico en el punto medio del segmento que une ambas cargas. ¿ Y si las dos cargas fueran positivas?

Solución: $E = 3,6 \cdot 10^3$ N/C; $E' = 1,2 \cdot 10^3$ N/C.

15.- De dos hilos de 1 cm de longitud, sujetos al mismo punto del techo, cuelgan dos esferillas iguales, de 1 gramo de masa cada una. Se cargan idénticamente ambas esferillas, con lo cual se repelen hasta que sus hilos forman entre si un ángulo de 90° . Hallar el valor de la carga eléctrica comunicada a cada esfera.

Solución: $Q = \pm 1,475 \mu\text{C}$.

16.- Dos esferillas sumamente pequeñas, de 20 g de masa cada una y cargadas negativamente con la misma carga, están situadas en el extremos de dos hilos de seda de 1 cm de longitud, suspendidos del mismo punto. En la posición de equilibrio cada hilo forma con la vertical un ángulo de 30° . A) Calcular la tensión de los hilos en la posición de equilibrio. B) Hallar la carga de cada esfera. C) Si se descarga una de las esferillas, calcular la velocidad de la otra cuando pasa por la vertical. D) Si se desea que al descargarse una de las esferillas la otra permanezca en la misma posición de equilibrio inicial, hallar el valor, en módulo, dirección y sentido, del campo eléctrico que será necesario aplicar.

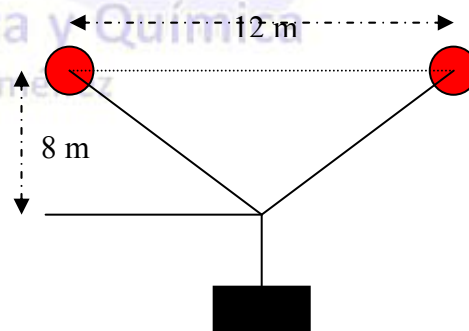
Solución: A) $T = 0,226$ N; B) $Q = -3,54 \mu\text{C}$; C) $v = 1,62$ m·s⁻¹; D) $E = 3,19 \cdot 10^4$ N/C, en la misma dirección y sentido contrario al de la fuerza que antes actuaba.

17.- Dos pequeños péndulos eléctricos están sujetos del mismo punto y sus respectivos hilos de suspensión, de masa despreciable, son de la misma longitud, de tal forma que ambas esferas están en contacto. Se cargan las dos con la misma carga, repeliéndose hasta que carga original han perdido cuando el ángulo entre ambos se reduce a 60° .

Solución: $\Delta Q/Q = 0,463$.

18.- Disponemos de dos globos exactamente iguales, de masas muy pequeñas, que, tras ser llenados con helio en condiciones normales de temperatura y presión, se unen mediante dos hilos, a los que se ata un cuerpo de 8 g. En el centro de ambos globos se colocaron previamente dos cargas eléctricas positivas iguales, Q. Tras alcanzar el equilibrio, el conjunto adquiere la disposición que se indica en la figura. Determinar: A) La tensión en los hilos, B) La carga Q.

Solución: A) $T = 4,9 \cdot 10^{-2}$ N; B) $Q = 21,7 \mu\text{C}$.



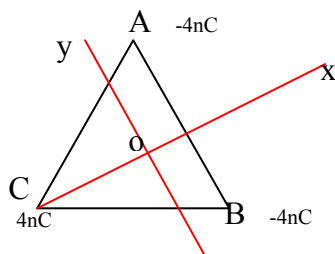
19.- Supongamos dos cargas positivas e iguales separadas por una distancia $2a$. Por el punto medio del segmento que las une se traza un plano perpendicular al segmento. El lugar geométrico de los puntos de dicho plano en que la intensidad de campo es máxima es, por razón de simetría, una circunferencia. Calcular su radio.

Solución: $r = a/\sqrt{2}$.

20.- Si en un campo eléctrico abandonamos libremente una carga eléctrica, ¿se desplazará siguiendo la línea de fuerza que pasa por el punto inicial?

21.- Una esfera metálica conductora tiene una densidad superficial de carga de $8,85 \cdot 10^{-8} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2}$. Calcular el radio de dicha esfera, sabiendo que la intensidad del campo eléctrico creado por ella en un punto situado exteriormente a 2 m de su superficie es 3 600 N/C.

Solución: $R = 3 \text{ m}$.



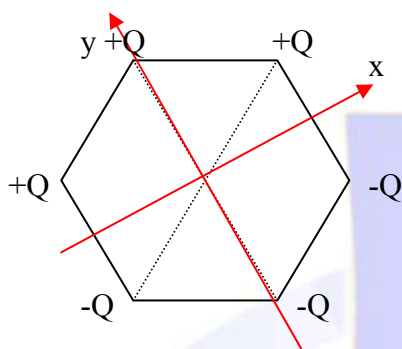
22.- Hallar el vector intensidad de campo en el centro de masas del triángulo equilátero de la figura, cuyo lado mide $\sqrt{3} \text{ m}$, estando situadas en sus vértices las cargas que se indican.

Solución: $\vec{E} = 72 \vec{i} \text{ (SI)}$.

23.- Si se toma la tierra como origen de potenciales, ¿por qué en la definición de esta magnitud decimos que $V = 0$ para $r \rightarrow \infty$?

24.- Una carga de 600 franklins crea un campo eléctrico en el vacío. Calcular: A) La intensidad en un punto del campo situado a 3 mm de la carga; B) El potencial en dicho punto; C) La fuerza con que el campo actúa sobre una carga puntual de $1 \mu\text{C}$ colocada en dicho punto.

Solución: A) $E = 2 \cdot 10^8 \text{ N/C}$; B) $V = 6 \cdot 10^5 \text{ V}$; C) $F = 200 \text{ N}$.



25.- En los puntos de la figura, referidos a un sistema plano de ejes coordenados y que corresponden a los vértices de un hexágono regular de 5 cm de lado, están situadas las cargas que se indican ($Q=1 \text{ nC}$). Hallar el valor del campo eléctrico en el origen de coordenadas, que coincide con el centro del hexágono.

Solución: $\vec{E} = -14\,400 \vec{j} \text{ (SI)}$.

26.- Una carga de $5 \mu\text{C}$ crea un campo eléctrico en el aire. A) ¿Cuánto vale el potencial en dos puntos situados a 3 cm y 5 cm, respectivamente, de la carga?. B) ¿Qué trabajo se realiza al trasladar una carga de $2 \mu\text{C}$ desde un punto a otro?

Solución: A) $V_1 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ V}$; $V_2 = 9 \cdot 10^5 \text{ V}$; B) $W = 1,2 \text{ J}$.

27.- Dos cargas puntuales de $+25 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ se encuentran situadas en los puntos (3,0) y (-3,0), respectivamente, estando sus coordenadas expresadas en metros. Calcular el campo y el potencial electrostáticos en el punto (0, 4).

Solución: $\vec{E} = 14,4 \vec{j} \text{ (N/C)}$; $V = 90 \text{ V}$.

28.- Dadas dos cargas de $+3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ y $-4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, colocadas, respectivamente, en los puntos (4,0,0) y (0,0,4), calcular: A) el potencial eléctrico en el punto (0,3,0); B) el trabajo necesario para llevar una carga de prueba (1C) desde este punto al (0,0,0). Las coordenadas están expresadas en metros.

Solución: a) $V = -1,8 \text{ V}$; B) $W = 0,45 \text{ J}$ (realizado por las fuerzas del campo).

29.- Determinar el campo eléctrico y el potencial en el punto P, vértice recto de un triángulo rectángulo de catetos 3 y 4 metros, sabiendo que la carga más lejana es de $-4 \mu\text{C}$ y la más cercana es de $2 \mu\text{C}$. Calcular el trabajo necesario para transportar una carga $Q' = -3 \mu\text{C}$ desde el punto P hasta el punto medio de la hipotenusa.

Solución: $E_p = 3,01 \cdot 10^3 \text{ N/C}$; $V_p = -3 \cdot 10^3 \text{ V}$; $W = -1,26 \cdot 10^2 \text{ J}$ (contra las fuerzas del campo)

30.- Se tienen dos cargas eléctricas puntuales: $Q_1 = 20 \text{ nC}$ y $Q_2 = -20 \text{ nC}$, situadas en la base de un triángulo isósceles de lados iguales 4 metros y base 6. Calcular: A) el potencial eléctrico en el vértice superior (sin carga); B) el trabajo que es necesario realizar para trasladar una carga puntual de $+4 \text{ nC}$ desde el punto B, situado en la base del triángulo y a 2 metros de la carga negativa, hasta el punto A.

Solución: a) $V_A = 0 \text{ V}$; B) $W = -1,8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ (contra las fuerzas del campo).

31.- En un punto situado a una cierta distancia de una carga puntual el potencial eléctrico es de 1 200 V y el campo eléctrico en ese mismo punto es 400 N/C. Determinar el valor de la carga y a qué distancia de ella está situado el punto en cuestión.

Solución: $Q = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$; $r = 3 \text{ m}$.

32.- En los puntos (1, 0) y (0, 1) de un sistema cartesiano plano, cuyas dimensiones se expresan en metros, existen dos cargas fijas de $+1/9$ y $-1/3 \mu\text{C}$, respectivamente. A) el valor de la intensidad del campo eléctrico en el origen de coordenadas. Hágase un esquema vectorial claro; B) el valor del potencial eléctrico en el origen y en el punto (1, 1); C) el trabajo necesario para trasladar una carga de $+3 \mu\text{C}$ desde el origen al punto (1, 1).

Solución: A) $\vec{E} = -1\,000 \vec{i} + 3\,000 \vec{j}$ (SI); B) $V_{(0,0)} = -2\,000 \text{ V}$; $V_{(1,1)} = -2\,000 \text{ V}$; C) $W = 0 \text{ J}$.

33.- Dos gotas de agua, aisladas, de radios 0,5 mm y 0,8 mm, están cargadas con 40 uee y 50 uee, respectivamente. Dichas gotas reúnen para originar una sola gota. Calcular: a) El radio de esta gota; B) la carga total que adquiere; C) el potencial en un punto de su superficie.

Solución: a) $R = 8,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$; b) $Q = 90 \text{ uee}$; c) $V = 3,14 \cdot 10^5 \text{ V}$.

34.- Dos pequeñas esferas metálicas, A y B, cuyos radios respectivos son: $r_A = 1 \text{ cm}$ y $r_B = 4 \text{ cm}$, colocadas a 1 m de distancia en el vacío y cargadas con electricidades del mismo signo, se repelen con una fuerza de $2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. Se las pone en contacto y se las coloca luego a una distancia igual a la cuarta parte de antes, siendo entonces la fuerza de repulsión entre ellas de $5,76 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. Calcular: A) la carga inicial de las dos esferas; B) el potencial eléctrico que tienen al final.

Solución: a) $Q_A = 1/3 \mu\text{C}$; $Q_B = 2/3 \mu\text{C}$; b) $V = 1,8 \cdot 10^5 \text{ V}$.

35.- Una misma cantidad de electricidad se distribuye en una esfera de radio 10 cm y en otra de radio 20 cm. Calcular: A) la relación de densidades eléctricas; b) La relación entre los respectivos potenciales en cada una de las superficies.

Solución: a) $\sigma_1/\sigma_2 = 4$; b) $V_1/V_2 = 2$.

36.- Se tienen dos cargas iguales y de signos contrarios, situadas la primera, Q, en el punto (0, 0, 0) y la segunda, -Q, en el punto (0, 2, 0). Determinese la función del potencial en cada punto del campo. Calcúlese, asimismo, la ecuación de la superficie equipotencial.

Solución: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon \cdot \epsilon_0} \left[\frac{Q}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} - \frac{Q}{\sqrt{x^2 + (y-2)^2 + z^2}} \right]$; el plano $y = 1$.

37.- La intensidad de un campo eléctrico varía según la expresión: $E = x^3 - 3x^2$ (SI). Calcular la diferencia de potencial entre dos puntos A y B, determinados por las coordenadas $X_A = 0$ y $X_B = 2 \text{ m}$.

Solución: $V_B - V_A = 4 \text{ V}$.

38.- En el origen de coordenadas se encuentra situada una carga puntual positiva de 2 nC, mientras que otra puntual, negativa, de 5 nC, está fija, sobre el eje de ordenadas, a 4 m del origen. Determinar: A) la intensidad de campo eléctrico en el punto A, situado a 3 m del origen sobre el eje de abscisas; b) El trabajo que es necesario realizar para trasladar una carga de 2nC desde B, cuyas coordenadas son (6, 8) metros, a A.

Solución: a) $\vec{E} = 0,92\vec{i} + 1,44\vec{j}$ (SI); b) $W = -2,88 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ (contra las fuerzas del campo).

39.- El potencial eléctrico en un punto viene dado por la ecuación: $V = 4x + 2y^2 - z^3$ en la que V se expresa en voltios y las coordenadas x, y, z en metros. Determinar el vector intensidad de campo eléctrico el punto (2,-1,1).

Solución: $\vec{E} = -4\vec{i} + 4\vec{j} + 3\vec{k}$

40.- Calcular el flujo de campo eléctrico que atraviesa un hemisferio de radio R, situado en el interior de un campo \vec{E} uniforme y paralelo al eje del hemisferio.

Solución: $\phi = \pi R^2 \cdot E$.

41.- Ocho cargas iguales de $5 \cdot 10^{-4}$ C se encuentran en los vértices de un cubo regular de 1 m de lado. En el centro del cubo se encuentra situada una novena carga de valor $-7 \cdot 10^{-3}$ C. Si consideramos una superficie esférica con centro coincidente con el del cubo y radio R, calcular el flujo del campo eléctrico creado a través de dicha superficie, en los siguientes supuestos: a) El radio de la esfera tiene un valor $R_1 = 0,5$ m; B) el radio de la esfera vale $R_2 = 2$ m.

Solución: a) $\phi = -7,9 \cdot 10^8$ V · m; b) $\phi = -3,4 \cdot 10^8$ V · m.

42.- Dos cargas eléctricas puntuales, de $3 \mu\text{C}$, se encuentran fijas en los puntos de coordenadas (2, 0) y (0, 1) soltamos una partícula de 30 gramos de masa y carga $0,5 \mu\text{C}$. ¿Qué velocidad tendrá esta partícula al pasar por el punto (0, 3)? Considerar despreciables las fuerzas gravitatorias. Las coordenadas están expresadas en metros.

Solución: $v = 0,555$ m/s.

43.- Dos cargas puntuales, $q_1 = 3$ mC y $q_2 = 12$ mC, están situadas respectivamente en los puntos A y B de una recta horizontal, separadas 20 cm.

a) Razone cómo varía el campo electrostático entre los puntos A y B y represente gráficamente la variación en función de la distancia al punto A. b) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el campo E sea cero? En caso afirmativo calcule su posición. $K = 9 \cdot 10^9$ N m² C⁻².

44.- Una partícula de carga +6 mC se encuentra en reposo en el punto (0, 0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de 500 N C⁻¹, dirigido en el sentido positivo del eje OY.

a) Describa la trayectoria seguida por la partícula hasta el instante en que se encuentre en el punto A, situado a 2 m del origen. ¿Aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento? ¿En qué se convierte dicha variación de energía? b) Calcule el trabajo realizado por el campo en el desplazamiento de la partícula y la diferencia de potencial entre el origen y el punto A.

CEL 47.- Un electrón penetra en un condensador plano paralelamente a sus láminas, de 30 cm de longitud, con una velocidad de $3 \cdot 10^6$ m/s. Se observa que cuando sale de las mismas, la velocidad del electrón forma un ángulo de 30° con las placas. Calcule la intensidad del campo eléctrico en el interior del condensador.

46.- Un acelerador lineal consiste básicamente en un tubo donde se ha hecho el vacío y entre cuyos extremos se establece una diferencia de potencial. Las partículas cargadas introducidas en un extremo del tubo se aceleran dirigiéndose hacia el otro extremo. a) Realice un análisis energético que explique el funcionamiento del acelerador. b) Si la diferencia de potencial es de 105 V y se introduce un electrón con una velocidad de 102 m s⁻¹, calcule la velocidad con que llegará al otro extremo del tubo. c) Si se introdujera un protón, ¿habría que realizar alguna modificación en la experiencia?

Datos: $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg ; $m_p = 1,7 \times 10^{-27}$ kg ; $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C

47.- Dos partículas con cargas positivas iguales, de 4 mC, ocupan dos vértices consecutivos de un cuadrado de 1 m de lado. a) Calcule el potencial electrostático creado por ambas cargas en el centro del cuadrado. ¿Se modificaría el resultado si las cargas fueran de signo opuesto? b) Calcule el trabajo necesario para trasladar una carga de 5×10^{-7} C desde uno de los vértices restantes hasta el centro del cuadrado. ¿Depende este resultado de la trayectoria seguida por la carga?. Datos: $K = 9 \times 10^9$ N m² C⁻².

48.- a) Determine razonadamente en qué punto (o puntos) del plano XY es nula la intensidad del campo eléctrico creado por dos cargas idénticas $q_1 = q_2 = -4 \mu\text{C}$, situadas en los puntos (-2,0) y (2,0) m, respectivamente. b) ¿Es también nulo el potencial en ese punto (o puntos). Calcule en cualquier caso su valor. Datos $K = 9 \times 10^9$ N m² C⁻².

49.- Dos partículas de 10 g se encuentran suspendidas de dos hilos, de 30 cm cada uno, desde un mismo punto. Si se les suministra a ambas partículas la misma carga se separan de modo que los hilos forman entre sí un ángulo de 60° . a) Dibuje en un diagrama las fuerzas que actúan sobre las partículas y analice la energía del sistema en esa situación. b) Calcule el valor de la carga que se suministró a cada partícula.

50.- Dos cargas, $q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ C y $q_2 = -4 \cdot 10^{-6}$ C están fijas en los puntos A (0,2) m y B (1,0) m, respectivamente. a) Dibuje el campo electrostático producido por cada una de las cargas en el punto O (0,0) m y en el punto P (1,2) m y calcule el campo total en el punto P. b) Calcule el trabajo necesario para

desplazar una carga $q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ desde el punto O hasta el punto P y explique el significado del signo de dicho trabajo. Datos: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

51.- Dos cargas puntuales iguales, de $-1,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ cada una, están situadas en los puntos A(0,8) m y B(6,0) m. Una tercera carga, de $-1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, se sitúa en el punto P (3,4) m. a) Represente en un esquema las fuerzas que se ejercen entre las cargas y calcule la resultante sobre la tercera carga. b) Calcule la energía potencial de dicha carga. $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

52.- Dos pequeñas bolitas, de 20 g cada una, están sujetas por hilos de 2,0 m de longitud suspendidas de un punto común. Cuando ambas se cargan con la misma carga eléctrica, los hilos se separan hasta formar un ángulo de 15° . Suponga que se encuentran en el vacío, próximas a la superficie de la Tierra: a) Calcule la carga eléctrica comunicada a cada bolita. b) Se duplica la carga eléctrica de la bolita de la derecha. Dibuje en un esquema las dos situaciones (antes y después de duplicar la carga de una de las bolitas) e indique todas las fuerzas que actúan sobre ambas bolitas en la nueva situación de equilibrio.

53.- (Septiembre 2004) Una carga eléctrica positiva se mueve en un campo eléctrico uniforme. Razone cómo varía su energía potencial electrostática si la carga se mueve: a) En la misma dirección y sentido del campo eléctrico. ¿Y si se mueve en sentido contrario? b) En dirección perpendicular al campo eléctrico. ¿Y si la carga describe una circunferencia y vuelve al punto de partida?

54.- (Septiembre 2005. Opción A) Una esfera pequeña de 100 g, cargada con 10^{-3} C , está sujeta al extremo de un hilo aislante, inextensible y de masa despreciable, suspendido del otro extremo fijo. a) Determine la intensidad del campo eléctrico uniforme, dirigido horizontalmente, para que la esfera se encuentre en reposo y el hilo forme un ángulo de 30° con la vertical. b) Calcule la tensión que soporta el hilo en las condiciones anteriores. ($g = 10 \text{ m s}^{-2}$).

55.- (Opción B. Junio 2006) Una partícula con carga $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de $500 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ en el sentido positivo del eje OY. a) Describa el movimiento seguido por la partícula y la transformación de energía que tiene lugar a lo largo del mismo. b) Calcule la diferencia de potencial entre los puntos (0,0) y (0,2) m y el trabajo realizado para desplazar la partícula entre dichos puntos.

56.- (Opción B. Junio 2007) Una partícula de masa m y carga -10^{-6} se encuentra en reposo al estar sometida al campo gravitatorio terrestre y a un campo eléctrico uniforme $E = 100 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ de la misma dirección. A) Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y calcule su masa. B) Analice el movimiento de la partícula si el campo eléctrico aumentara a $120 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ y determine su aceleración.

57.- (Opción B. Junio 2008) Una bolita de plástico de 2g se encuentra suspendida de un hilo de 20cm de longitud. Al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de $1000 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical. a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica. b) Explique como cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico.

58- Calcular la fuerza de atracción entre un ión cloruro y un ión sodio a una distancia de $2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ el uno del otro, si se encuentran

- a) En el vacío
- b) En agua ($\epsilon_r = 81$)

Solución: a) $(5,76 \cdot 10^{-9} \text{ N})$ b) $(7,11 \cdot 10^{-11} \text{ N})$

59.- Dos partículas α (He^{++}), están separadas 10^{-14} m . Calcular la fuerza electrostática con la que se repelen, la fuerza gravitatoria con la que se atraen y comparar ambas entre sí.
(datos $m_\alpha = 6,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $q_\alpha = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Solución: $F_e = 9,216 \text{ N}$; $F_g = 2,98 \cdot 10^{-35} \text{ N}$

60.- Dos esferas muy pequeñas (de radio despreciable) pesan 4 N cada una y están suspendidas de un mismo punto por sendos hilos de 5 cm de longitud. Al cargar cada una de las esferas con la misma carga negativa, los hilos se separan y, en la situación de equilibrio, forman un ángulo de 45° con la vertical. Calcular el valor de la carga.

Solución: $Q = -1,46 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

61.- Un cuerpo cuyo peso es 1 N está cargado con $2 \mu\text{C}$. ¿A qué distancia sobre él debe colocarse otro cuerpo cargado con $3 \mu\text{C}$, de signo contrario, para que el primero no caiga por la acción de su peso?

Solución: 0,23 m

62.- Una carga positiva de $2 \mu\text{C}$ está en el origen de un sistema de coordenadas. Calcular:

- Campo eléctrico en el punto (2,3) m y fuerza electrostática ejercida sobre una partícula cargada con $-2 \mu\text{C}$ situada en dicho punto.
- Potencial eléctrico V en un punto P situado a 4 m del origen (considerando $V_\infty = 0$)
- ¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar una carga de $3 \mu\text{C}$ desde el infinito hasta P ?

Solución: A) $E = (768 \text{ i} + 1152 \text{ j}) \text{ N/C}$; $F_e = -1,54 \cdot 10 \text{ i} - 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ j N}$ b) $(V = 4500 \text{ V})$ c) $(W_{\text{ext}} = -W_e = 0,0135 \text{ J})$

63.- Dos cargas eléctricas puntuales, la una A triple que la otra B , están separadas un metro. Determinar el punto en que la unidad de carga positiva está en equilibrio cuando:

- A y B tienen el mismo signo
- A y B tienen signos opuestos
- ¿Se anulará el potencial electrostático en dichos puntos? Razonar.

Solución: a) $r_A = 0,64 \text{ m}$, $r_B = 0,37 \text{ m}$ b) $r_A = 2,37 \text{ m}$, $r_B = 1,37 \text{ m}$

64.- Dos cargas $q_1 = 2 \mu\text{C}$ y $q_2 = 4 \mu\text{C}$ están situadas, respectivamente, en los puntos (0,2) y (0,-2) m. Calcular:

- Campo y potencial electrostáticos en el punto (4,0) m.
- Trabajo necesario para trasladar una carga de $6 \mu\text{C}$ desde el infinito hasta el punto (4,0) m.

Solución: a) $E = 2415 \text{ i} + 402,5 \text{ j N/C}$; $V = 12075 \text{ V}$ b) $W_{\text{ext}} = -W_e = 0,072 \text{ J}$

65.- El potencial creado por una carga puntual a cierta distancia de ella es de 600 V y el campo eléctrico en el mismo punto es 200 N/C . ¿Cuál es la distancia a la carga desde el punto? ¿Cuál es el valor de la carga?

Solución: $r = 3 \text{ m}$, $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

66.- Una carga puntual Q crea un campo electrostático. Al trasladar una carga q desde un punto A al infinito, se realiza un trabajo de 5 J. Si se traslada desde el infinito hasta otro punto C , el trabajo es de -10 J.

- ¿Qué trabajo se realiza al llevar la carga desde el punto C hasta el A ? ¿En qué propiedad del campo electrostático se basa la respuesta?
- Si $q = -2 \mu\text{C}$, ¿Cuánto vale el potencial en los puntos A y C ?

Solución: a) $W_{CA} = 5 \text{ J}$ b) $V_A = -2,5 \cdot 10^6 \text{ V}$; $V_B = 5 \cdot 10^6 \text{ V}$

67.- Aceleramos un electrón desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 10 kV.

- Analizar energéticamente el proceso, calculando la velocidad que alcanza el electrón. Realizar un esquema, indicando el movimiento realizado por el electrón, y la disposición de los puntos de mayor y menor potencial.
- Repetir el apartado anterior para un protón, y para un neutrón.

(datos: $m_p \approx m_n = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Solución: a) $v = 5,93 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ b) protón: $v = 1,39 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; neutrón: no se acelera

68.- Una partícula de carga $6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de 500 NC⁻¹, dirigido en el sentido positivo del eje OY.

- Describe la trayectoria seguida por la partícula hasta el instante en que se encuentra en el punto A , situado a 2 m del origen. ¿aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento?, ¿en qué se convierte dicha variación de energía?
- Calcule el trabajo realizado por el campo en el desplazamiento de la partícula y la diferencia de potencial entre el origen y el punto A .

Solución: $W_e = 6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$; $V_o - V_A = 1000 \text{ V}$

69.- Un electrón se lanza con una velocidad de 10^7 ms^{-1} y penetra en la región comprendida entre dos conductores horizontales, planos y paralelos, de 8 cm de longitud y separados entre sí 1 cm, en la que existe

un campo eléctrico uniforme. El electrón penetra en la región por un punto equidistante de los dos conductores planos y, a la salida, pasa justamente por el borde del conductor superior.

- Razonar qué tipo de movimiento describirá el electrón.
- Calcular el campo eléctrico que existe entre los conductores y diferencia de potencial entre ellos.
(datos: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Solución: $E = -887,5 \text{ j N/C}$ $\Delta V = 8,85 \text{ V}$

70.- Una esfera uniformemente cargada tiene un potencial de 450 V en su superficie y a una distancia radial de 20 cm de la superficie, el potencial es de 150 V. Calcular el radio de la esfera y su carga.

Solución: $R = 0,1 \text{ m}$, $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

71.- Una esfera de 8 cm de radio posee una carga eléctrica de $-0,3 \mu\text{C}$. Calcular:

- Potencial en un punto de la superficie.
- Campo y potencial en un punto situado a 12 cm de la superficie.

Solución: a) $V_{\text{sup}} = -33750 \text{ V}$; b) $E = 67500 \text{ N/C}$, $V = -13500 \text{ V}$

72.- Una carga de $4 \mu\text{C}$ está distribuida uniformemente sobre una superficie esférica de 10 cm de radio. Calcular:

- Trabajo necesario para alejar radialmente una carga de $-3 \mu\text{C}$ desde un punto situado a 10 cm de la superficie esférica, una distancia de 5 cm.
- En qué puntos sería nulo el campo si colocamos una carga puntual de $6 \mu\text{C}$ a 20 cm de distancia de la superficie esférica?

Solución: a) $W_{\text{ext}} = -W_e = 0,108 \text{ J}$ b) $r_1 = 0,135 \text{ m}$; $r_2 = 0,165 \text{ m}$

73.- Calcular la energía del electrón de un átomo de hidrógeno en su estado fundamental (según el modelo de Bohr) (Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $r = a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$)

Solución: $E = -13,56 \text{ eV}$

CEL 1.- Una carga de $+1 \mu\text{C}$ se coloca a 1 cm de un alambre largo delgado, cargado con $+5 \mu\text{C/m}$. Calculad la fuerza que el alambre ejerce sobre esa carga. Calculad la diferencia de potencial existente entre ese punto y otro situado a 3 cm del alambre. ¿Qué trabajo hay que realizar para llevar la carga dada desde este punto al anterior? ¿Y al revés?. (Marzo 89;)

CEL 3.- Un condensador de $0,1 \mu\text{F}$ está cargado a 10000 voltios. Se unen sus placas a las de otro condensador, descargado del todo, de capacidad $0,3 \mu\text{F}$. Determinad la carga de cada condensador después de la unión, la diferencia de potencial común entre las placas, la energía inicial, la energía final en cada condensador, y la que ha pasado de un condensador a otro. ¿Se cumple el principio de conservación de la energía? ¿Por qué?. (Marzo 89; Burbano, XXVII, 415, 18)

CEL 5.- Se tienen tres condensadores de 2, 3 y 5 microfaradios. El primero se carga a 2000 V, el segundo a 1500 V y el tercero a 3000 V. Calculad la energía almacenada en cada uno de ellos. Determinad la diferencia de potencial que existirá entre las placas del sistema formado por dichos condensadores cargados cuando se conecten en paralelo. Una vez hecha la conexión, calculad la energía almacenada y explicad por qué no coincide con la calculada antes de la conexión. (Mayo 89; Burbano, XXVII, 416, 20)

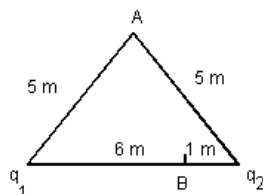
CEL 9.- Comparad las intensidades del campo gravitatorio y del campo eléctrico creados por una partícula de 10 kg de masa cargada con $10^{-12} \text{ culombios}$, en un punto situado a 10 metros de la misma. ($G = 6,67 \cdot 10^{-11}$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ en el S.I.)

CEL 2.- Un electrón penetra en un campo eléctrico uniforme, de 10^5 V/m , perpendicularmente a sus líneas de fuerza, con una velocidad inicial de 10^4 m/s . Calculad la aceleración que experimenta el electrón, la ecuación de la trayectoria que describe, y su velocidad al cabo de 1 s de penetrar en ese campo. ($q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$) (Marzo 89; Burbano, XXVI, 400, 13)

CEL 4.- Un cilindro metálico hueco tiene un hilo conductor en su interior justo sobre su eje. El hilo está a potencial cero y el cilindro a 1000 voltios. Al calentarse el hilo cuando pasa una corriente eléctrica empiezan a

desprenderse electrones que son atraídos por el potencial positivo del cilindro. Calculad con qué velocidad llegan esos electrones al cilindro que los atrae. (Carga del electrón, $1.6 \cdot 10^{-19}$ Culombios; masa del electrón, $9.1 \cdot 10^{-31}$ Kg.) (Mayo 89; Burbano, XXVI, 398, 10)

CEL 6.-Calculad el potencial creado por un volumen esférico de radio **R** en el que se halla distribuida una carga positiva, conociendo la densidad de carga por unidad de volumen ρ , en puntos a una distancia **r** del centro tal que $r > R$. (Mayo 89; Burbano, XXVI, 394, 6)



CEL 8.-En la figura adjunta se tiene que $q_1 = 25 \cdot 10^{-9}$ C, $q_2 = -25 \cdot 10^{-9}$ C. a)¿Cuál es el potencial en el punto **A**? b)¿Qué trabajo se ha de hacer sobre una carga de $-8 \cdot 10^{-9}$ C para trasladarla del punto **A** al punto **B**? (Set. 89; Sel., Dep. Enseny., junio 89)

CEL 11.-Un condensador de 1 microfaradio se carga a una tensión de 300 voltios, y otro de 3 microfaradios se carga a 500 voltios. Se conectan en paralelo, y se pide calcular a que tensión quedará el conjunto. Determinad también la carga de cada condensador después de la unión, y la energía almacenada en el conjunto. ¿Es la misma que la que había antes de hacer la conexión?. (Mayo 90; Burbano, XXVII, 416, 19)

CEL 15.-Tres cargas positivas de 100 microculombios cada una están colocadas en los puntos de coordenadas **A**=(0,0,0), **B**=(0,1,0) y **C**=(0,2,0) (en metros). Calculad la fuerza total que ejercen **A** y **B** sobre **C**. Ídem. de **A** y **C** sobre **B**. Encontrar el vector campo eléctrico en el punto (0,1,0). (Mayo 91; Anaya Sel., Barcelona, junio 89)

CEL 17.-Dos cargas positivas de valor **q** están situadas en el eje **X** de un sistema de referencia, en los puntos $x = +d$, $x = -d$. Hallad una expresión para el potencial eléctrico **V** en función de **x** para puntos situados en el eje **X** tales que a) $x < -d$ b) $-d < x < +d$ c) $x > +d$. (Mayo 91; Anaya Sel., Cádiz, 89)

CEL 19.-Un núcleo atómico tiene una carga positiva equivalente a la de 50 electrones. Calcúlese el potencial eléctrico que crea en un punto situado a 10^{-12} m de dicho núcleo, y la energía potencial de un protón situado en ese punto, en Julios y en electrón-Voltios (eV). Explicar qué sucedería si se dejase en libertad a ese protón. ($K = 9 \cdot 10^9$ en el S.I., carga del electrón = $1.6 \cdot 10^{-19}$ C) (Mayo 91; Anaya Sel., Granada, 89).

CEL 21.-Tres cargas puntuales iguales de $3 \cdot 10^{-7}$ C están colocadas en los vértices de un triángulo equilátero de 1 m de lado. Calculad: a)El campo eléctrico en el centro del triángulo. b)La energía potencial del sistema. (Set. 91; McGraw, VIII, 251)

CEL 10.-Se tienen dos cargas eléctricas puntuales de +2 y -5 microculombios, separadas 10 cm. Calculad el campo y el potencial en: a) un punto situado a 20 cm de la carga positiva, tomados en la dirección de la recta que une las cargas y en el sentido de la negativa a la positiva. b) un punto a 20 cm de la negativa, contados en la misma recta que antes, pero en sentido de la positiva a la negativa. Calculad en qué punto de esa línea el potencial es nulo. (Mayo 90; Burbano, XXVI, 392, 4)

CEL 12.-Una carga positiva de 10^{-2} μ C está situada en el origen de un sistema de coordenadas. Otra carga idéntica pero negativa está situada en el punto (0,1). Calculad el campo eléctrico en el punto de coordenadas (1,3). Calculad el trabajo necesario para mover +1 μ C desde el punto **A**(1,1) hasta el punto **B**(2,3). (Mayo 90; Abril 97)

CEL 14.-Una carga positiva de 6 microculombios se encuentra en el origen de coordenadas. Calculad: a)El potencial a 4 m de distancia de la carga. b)El trabajo que tenemos que hacer para traer otra carga positiva de 2 microculombios desde el infinito hasta esa distancia. c)La energía potencial de esa carga en esa posición. d)Dibujar la superficie equipotencial correspondiente a un potencial $V = 1500$ voltios. (Set. 90; McGraw, VIII, 233, ap.9)

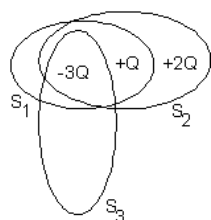
CEL 16.-Un electrón se lanza con una velocidad inicial de $2 \cdot 10^7$ m/s en la dirección del eje central de un tubo de rayos catódicos, cuyas placas están separadas 2 cm y tienen una longitud de 4 cm. El campo eléctrico uniforme entre ellas es de 20000 N/C, vertical y hacia arriba. A 12 cm de la salida de las placas está la

pantalla del tubo. Calculad la desviación vertical sufrida por el electrón justo al salir de las placas, y encontrar el punto de impacto en la pantalla. (Mayo 91; Anaya Sel., Barcelona, junio 89)

CEL 18.-Dadas tres cargas puntuales de 100, -50, -100 microculombios, situadas respectivamente en los puntos (-3,0), (3,0), (0,2), encontrar el campo y el potencial en el punto (0,0). Calculad la energía que se utilizó para formar esa distribución. Hallad el trabajo que debe hacerse para traer una carga de -10 microculombios desde el infinito hasta el origen. Interpretar físicamente el resultado. (Mayo 91; Anaya Sel., Canarias, 89)

CEL 23.-Una esfera conductora de 8 cm de radio posee una carga de 0.3 mC. Calculad: a)El potencial en $r=4$ cm; b)ídem en $r=8$ cm; c)ídem en $r=12$ cm; d)la densidad superficial de carga sobre la esfera; e)la energía almacenada en la esfera. (Abril 92; Burbano, XXVII, 406, 3; Schaum, IX, 176, 7)

CEL 25.-Dos pequeñas esferas conductoras están suspendidas de hilos de la misma longitud y de masa despreciable, de forma que se están tocando. Se cargan las dos con la misma carga, repeliéndose hasta que los hilos de los que cuelgan forman un ángulo de 90° . Poco a poco, y debido a la conductividad del aire (que no es un aislante perfecto), las esferas van perdiendo carga idéntica y uniformemente. Calculad el tanto por ciento de carga perdida cuando los hilos de suspensión formen un ángulo de 60° . (Abril 92; Schaum, 173, 4)



CEL 27.-Enunciad el Teorema de Gauss para el campo electrostático. En la figura adjunta, calculad el flujo del campo a través de cada una de las tres superficies dadas. (Abril 92; Anaya Sel., la Laguna, 89)

CEL 20.-Una carga eléctrica positiva de 5 microculombios se encuentra fija en el origen de un sistema de coordenadas. Otra carga positiva de 1 microculombio se acerca desde una distancia de 100 cm a otra de 10 cm a la primera carga. Calculad el trabajo necesario para realizar ese desplazamiento. Encontrar la fuerza necesaria para mantener la segunda carga en reposo en la posición alcanzada. ($K=9 \cdot 10^9$ en el S.I.) (Mayo 91; Anaya Sel., Granada, 89).

CEL 24.-Un electrón se encuentra en reposo en un punto **A** situado a 1 m de una esfera conductora de 1 cm de radio, que tiene una carga de 10^{-8} C. El electrón, atraído por la esfera, empieza a moverse hacia ella, que permanece en reposo ya que tiene una masa muy superior a la del electrón. Calculad la velocidad de éste cuando haya recorrido 50 cm desde **A** hacia la esfera. ($m_e=9.1 \cdot 10^{-31}$ kg; $q_e=1.6 \cdot 10^{-19}$ C). (Abril 92; Schaum, IX, 177, 9)

CEL 26.-Explicad cómo es el campo eléctrico y el potencial dentro, en la superficie, y en el exterior de una esfera conductora cargada. (Abril 92)

CEL 31.-Una gota de agua de 2 mm de radio se carga a un potencial de 300 voltios. Calculad la carga que adquiere. Si se unen dos gotas como esa para formar una sola, ¿cuál sería el potencial de la gota resultante?. (Mayo 93; Anaya Sel., País Vasco, junio 91).

CEL 33.-El potencial debido a una carga negativa es siempre negativo. ¿Puede decirse lo mismo respecto a la energía potencial debida a una carga negativa? Entonces ¿cuál es la diferencia entre el potencial y la energía potencial? (Mayo 93; McGraw, VIII, 249, c.9)

CEL 35.-a)El potencial eléctrico en una cierta región del espacio es constante. ¿Qué puedes decir del campo eléctrico en esa zona?. b)El campo eléctrico en una cierta región del espacio es constante. ¿Qué puedes decir del potencial eléctrico en esa zona?. (Set. 93; Mayo 96; Anaya Sel., Castilla-La Mancha, junio 92)

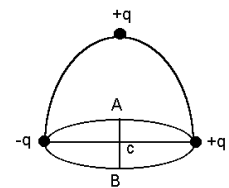
CEL 37.-Dos cargas iguales $+q$ están separadas una distancia de 6 m. Se sabe que en un punto situado en la mediatriz del segmento que une ambas cargas, y a una distancia de 4 m del punto medio entre ellas, la intensidad del campo eléctrico es de 2 V/m. Calculad la intensidad del campo eléctrico en un punto situado en la misma mediatriz, a 8 m del punto medio entre ambas cargas. Calculad el trabajo realizado cuando una carga de $+1000 \mu\text{C}$ pase del primer punto al segundo. (Mayo 94; Crespo, 178, 6)

CEL 30.-Tres cargas iguales de $+5 \text{ mC}$ se encuentran situadas en tres vértices de un cuadrado de 20 mm de lado. Hallad el campo y el potencial en el cuarto vértice. Razónese cuál sería la solución si las cargas fuesen de -5 mC . (Mayo 93; Anaya Sel., Cádiz, junio 91).

CEL 32.-Dos cargas puntuales de $+20 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ y $-12 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ están separadas una distancia de 5 cm . Un electrón, inicialmente en reposo, se abandona entre las dos cargas, a una distancia de 1 cm de la negativa. Calculad su velocidad cuando se encuentre a 1 cm de la carga positiva. ($m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) (Mayo 93; Anaya Sel., Navarra, junio 91)

CEL 45.-Un electrón tiene una energía cinética de $1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$. Calculad su velocidad. ¿Cuál será la dirección, sentido y módulo de un campo eléctrico que haga que ese electrón se detenga por completo a una distancia de 10 cm desde su entrada en la región ocupada por el campo? Datos: carga del electrón $= -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa del electrón $= 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. (Mayo 96, Anaya, Selectividad, Madrid, 1993)

CEL 50.-En una cúpula semiesférica de radio $R=3 \text{ m}$ se encuentran situadas tres cargas iguales, con los signos que pueden verse en la figura, cada una de ellas de $5 \mu\text{C}$. Calculad el campo eléctrico total en el punto **C**, centro de la semiesfera. Calculad el trabajo necesario para desplazar una carga negativa de $-10 \mu\text{C}$ desde el punto **A** al punto **B** en línea recta. (Mayo 98)



3. Sean dos cargas puntuales, $-3Q$ en $x = 1$ y Q en $x = 5$. Halla en qué puntos del eje x :
- se anula el potencial eléctrico
 - se anula el campo eléctrico

Solución: a) $x = 4$, $x = 7$ b) $x = 10,46$