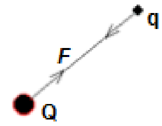
1. CAMPO ELÉCTRICO

Ley de Coulomb:

Fuerza entre dos cargas Q y q situadas a una distancia r: $\vec{F} = k\frac{Q \cdot q}{r^2}\vec{u}$



Sentido: según el valor de las cargas. Repulsiva del mismo signo.

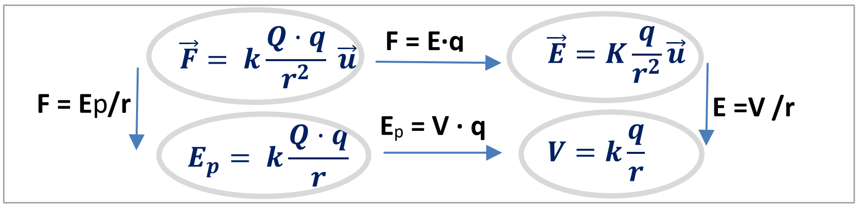
K: Constante de Coulomb: $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ Permitividad relativa $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o}$

Campo eléctrico

Sólo está presente una carga: $\vec{E} = K\frac{q}{r^2}$; $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

Creado por *superposición de cargas:* $E = \sum_i E_i = \sum_i K\frac{q_i}{r_i^2}\vec{u}_i$ Suma vectorial

Relación entre la fuerza y campo: $F = q \cdot E$ Dirección misma que el campo, pero sentido según la carga (+/-)

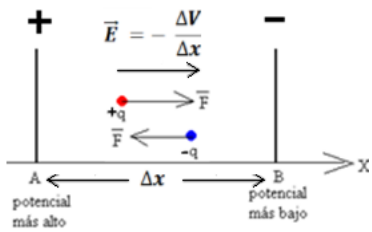


Trabajo y energía potencial

Trabajo sistema: $W = -\Delta Ep = -(Ep_B - Ep_A) = -Q\Delta V = -Q(V_B - V_A) = Q(V_A - V_b)$

Trabajo fuerzas externas: $W = +\Delta E_p = +Q(V_B - V_A)$; $W = \int F dr$

- El campo eléctrico realiza un trabajo W positivo cuando una carga positiva **+** q se mueve desde un lugar A de potencial más alto a otro B de potencial más bajo: Si q**+** y VA>VB → W>**+**
- Una fuerza externa tendrá que realizar un trabajo contrario → W f ext < 0



Energía potencial: $E_p = k\frac{Q \cdot q}{r}$; $E_p = 0$ para $r = \infty$

La energía total de la partícula es constante, en cualquier punto de la trayectoria: $Ec + Ep = Cte$

ΔEc + Δ Ep = W o también: ΔEp = - W

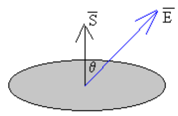
Potencial eléctrico: $V = k\frac{q}{r}$; para $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$; $V/E = r$ es escalar y se mide en volt (V)

Es la energía potencial de una carga positiva imaginaria $V = \frac{E_p}{q}$ ó $E_p = V \cdot q$

Diferencia de potencial: $\Delta V = V_B - V_A = \frac{-W_{AB}^{el}}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$; campo $\vec{E} = -\frac{\Delta V}{d}$

Flujo del campo eléctrico:

$\Phi = \int_S \vec{E} \cdot ds = \frac{q}{\varepsilon_o} \rightarrow \Phi = \mathbf{E \cdot S \cdot \cos\theta}$



(E campo) · (Superficie) Perpendicular al plano que la contiene.

En una superficie *gausiana* cerrada: $\Phi = \frac{q}{\varepsilon}$

Condensador:

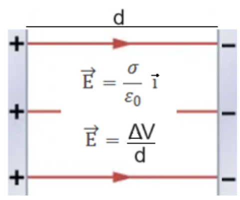
Dispositivo formado por dos placas paralelas y con igual carga pero de signo contrario.

El campo entre las placas valdrá: $E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}$ siendo σ la carga por unidad de superficie

Su diferencia de potencial: $\Delta V = E \cdot d = \frac{\sigma \cdot d}{\varepsilon} = \frac{Q \cdot d}{\varepsilon \cdot S}$

Capacidad C (carga entre dif de potencial): $C = \frac{Q}{\Delta V}$

Su energía acumulada: $U = \frac{Q^2}{2C}$



Ejercicios de campo eléctrico:

1. Responde a las siguientes cuestiones:

a) En un relámpago típico, la diferencia de potencial entre la nube y la Tierra es 10^9 V y la cantidad de carga transferida vale 30 C. ¿Cuánta energía se libera?

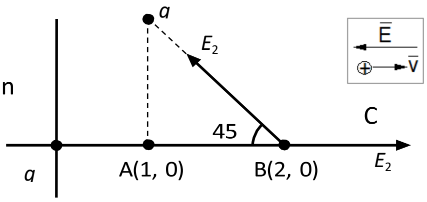
b) Suponiendo que el campo eléctrico entre la nube y la Tierra es uniforme y perpendicular a la Tierra y que la nube se encuentra a 500 m sobre el suelo, calcula la intensidad del campo eléctrico.

2. Un protón se acelera desde el reposo bajo la acción de un campo eléctrico uniforme E = 640 N/C. Calcula el tiempo que tarda en alcanzar una velocidad de $1{,}2 \cdot 10^6$ m/s.
Datos: carga del protón: $1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

3. Dos cargas en el vacío de 3μC y -2μC están situadas en dos vértices de un triángulo equilátero de lado 10 cm. Calcular: a) El vector intensidad de campo en el otro vértice (P); b) La fuerza que actúa sobre una carga de -2μC situada en P.

4. Si una carga puntual produce, a cierta distancia r, un potencial eléctrico de 10 V y un campo de módulo E, ¿cuánto vale el potencial en otro punto en el cual el campo es E/4?

5. Una carga de $3 \cdot 10^{-6}$ C se encuentra en el origen de coordenadas y otra carga de $-3 \cdot 10^{-6}$ C está situada en el punto (1, 1) m. a) Dibuja en un esquema el campo eléctrico en el punto B (2, 0) m y calcula su valor. ¿Cuál es el potencial eléctrico en el punto B? b) Calcula el trabajo necesario para desplazar una carga de $10 \cdot 10^{-6}$ desde el punto A (1,0) m hasta el punto B (2,0).
Dato: $K = 9 \cdot 10^9$ N m^2 C^{-2}.



6. Un protón se introduce en una zona del espacio donde hay un campo eléctrico $\vec{E} = -10^3\, \vec{\imath}$ N/C, con una velocidad $\vec{v} = 10^5\, \vec{\imath}$ m/s. Calcula: **a**) Su posición 1 μs después de haberse introducido. **b**) Su velocidad en ese instante.
Datos: masa y carga del electrón $m = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg $q = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C

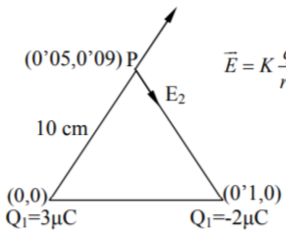
7. En una regió de l'espai hi ha un camp uniforme d'intensitat E = 2000 N/C. Es llança un protó amb una velocitat de 10^5 m/s en sentit contrari al camp. Quina distància recorre com a màxim fins a parar-se? $m_p = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg

Soluciones:

1.- a) $W = (V_B - V_A) \cdot q = 10^9 V \cdot 30 C = 3 \cdot 10^{10}$ J
b) $E = V/R = 2 \cdot 10^6$ N/C

2: $t = \dfrac{v}{a} = \dfrac{v}{F/m} = \dfrac{v \cdot m}{E \cdot q} = 1{,}96 \cdot 10^{-5}\ s$

3.-



$$\vec{E} = K\frac{q}{r^2}\vec{u}_r = K\frac{q}{r^2}\frac{\vec{r}}{r} = K\frac{q}{r^3}\vec{r}$$

$$\vec{F} = \vec{E}_T \cdot q = \left(2'25\cdot10^6 i + 8'1\cdot10^5 j\right)\cdot(-2\cdot10^{-6}) = -4'5i - 16'2j$$

$$\vec{E}_1 = 9\cdot10^9\frac{3\cdot10^{-6}}{(0,1)^3}(0'05,0'09) = 1'35\cdot10^6 i + 2'43\cdot10^6 j$$

$$\vec{E}_2 = 9\cdot10^9\frac{-2\cdot10^{-6}}{(0,1)^3}(-0'05,0'09) = 9\cdot10^5 i - 1'62\cdot10^6 j$$

$$\vec{E}_T = 2'25\cdot10^6 i + 8'1\cdot10^5 j$$

4.

Si $E = \dfrac{Kq}{r^2}$ y $E_1 = \dfrac{Kq}{r_1^2}$ se cumple $\dfrac{E}{E_1} = \dfrac{r_1^2}{r^2} \Rightarrow \dfrac{E}{E/4} = \left(\dfrac{r_1}{r}\right)^2$

De donde se deduce $4 = \left(\dfrac{r_1}{r}\right)^2 \Rightarrow r_1 = 2r$. De la definición de potencial tenemos $V = \dfrac{Kq}{r}$; $\dfrac{V_1}{V} = \dfrac{r}{r_1}$; $V_1 = \dfrac{V \cdot r}{r_1} = \dfrac{10r}{2r} = 5V$

5 a) $|\vec{E}_1| = \dfrac{Kq_1}{r^2} = \dfrac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{4} = 6{,}75 \cdot 10^3\ N/C$;

$\vec{E}_1 = 6{,}75 \cdot 10^3 \cdot \vec{\imath}\ N/C$

$\vec{E}_2 = \dfrac{Kq_2}{r^2} = \dfrac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2} = 13{,}5 \cdot 10^3\ N/C$;

$|E_{2x}| = |E_{2y}| = 13{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}707 = 9{,}5 \cdot 10^3\ N/C$

$\Sigma E_x = E_1 - E_{2x} = 6{,}75 \cdot 10^3 - 9{,}5 \cdot 10^3 = -2{,}75 \cdot 10^3$

$\vec{E}_T = -2{,}75 \cdot 10^3\, \vec{\imath} + 9{,}5 \cdot 10^3\, \vec{\jmath}$; $|\vec{E}_T| = 9{,}94 \cdot 10^3\ N/C$

$V_B = V_1 + V_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-3}\left(\dfrac{1}{2} - \dfrac{1}{\sqrt{2}}\right) = -5{,}6 \cdot 10^3\ V$

b) $V_A = V_1 + V_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\dfrac{1}{1} - \dfrac{1}{1}\right) = 0$

$W = (V_B - V_A) \cdot q = -5{,}6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = -5{,}6 \cdot 10^{-2}\ J$

6. $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}_e}{m} = \dfrac{\vec{E}q}{m} = \dfrac{-10^3\, \vec{\imath} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}} = -9{,}58 \cdot 10^{10}\ m/s^2$

a) $x = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2 = 10^5 \cdot 10^{-6} - \dfrac{1}{2} \cdot 9{,}58 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-12} =$
$= 5{,}2 \cdot 10^{-2}$ m

b) $v = v_0 + at = 10^5 - 9{,}58 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-6} = 4{,}2 \cdot 10^3\ m/s$

7. $a = F/m = 1{,}92 \times 10^{11}$; $t = 5{,}21 \times 10^{-7}$ s ; $x = -2{,}61$ cm

8. Dos cargas puntuales iguales, de valor $2 \cdot 10^{-6}$ C, están situadas, respectivamente, en los puntos (0, 8) y (6, 0). Si las coordenadas están expresadas en metros, determina:

a) La intensidad del campo eléctrico en el origen de coordenadas (0, 0).

b) El trabajo que es necesario realizar para llevar una carga de $q = 3 \cdot 10^{-6}$ C desde el punto P (3,4), punto medio del segmento que une ambas cargas, hasta el origen de coordenadas.

9. Una carga positiva de 6,0 μC se encuentra en el origen de coordenadas. Calcula:

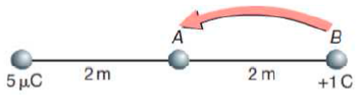
a) ¿Cuál es el potencial a una distancia de 4 m?

b) ¿Qué trabajo tenemos que hacer para traer otra carga positiva de 2,0 μC desde el infinito hasta esa distancia?

c) ¿Cuál será la energía potencial de esa carga en dicha posición?

10.- Calculeu el potencial en A de la distribució de càrregues puntuals de la figura.

11. En el sistema de la figura, trobar el treball per desplaçar una càrrega puntual de +1 C des de B fins a A.



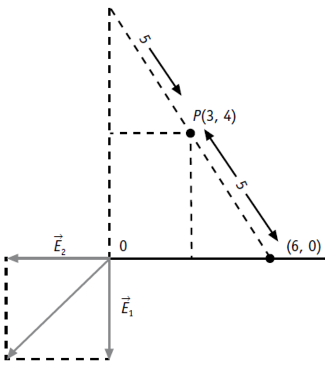
12. Pengem una càrrega esfèrica de 50 μC i 40 g de massa de l'extrem d'un fil de 70 cm. Apliquem un camp elèctric uniforme, horitzontal de 10 000 N/C. Calculeu l'angle respecte de la vertical, i la tensió del fil.

13. Un cèrcol de radi 5 cm està carregat uniformement amb una densitat lineal de càrrega elèctrica de 20 nC/m. Calculeu el camp i el potencial en el seu centre.

14. Quin treball cal fer per separar dues càrregues de 2 mC i –6 mC, respectivament, des d'1 m fins a 6 m?

Soluciones

8.-



a) $|\vec{E}_1| = K\dfrac{q_1}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{64} = 2{,}8 \cdot 10^2\ N/C$

$|\vec{E}_2| = 9 \cdot 10^9 \dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{36} = 5 \cdot 10^2\ N/C\ ;$

$\vec{E}_T = -5 \cdot 10^2\,\vec{i} - 2{,}8 \cdot 10^2\,\vec{j}\ ;\ \ |\vec{E}_T| = 5{,}73 \cdot 10^2$ N/C

b) $d = \sqrt{64 + 36} = 10$ m. P dista 5 m de las cargas.

$V_0 = K\dfrac{q_1}{r_1} + K\dfrac{q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \left(\dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{8} + \dfrac{2 \cdot 10^{-6}}{5}\right) = 5\,250$

$V_P = K\left(\dfrac{q_1}{r_1} + \dfrac{q_2}{r_2}\right) = 9 \cdot 10^3 \cdot \left(\dfrac{2}{5} + \dfrac{2}{5}\right) = 7\,200V$

$W_{P0} = (V_P - V_0) = (7\,200 - 5\,250) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 5{,}85 \cdot 10^{-3}\ J$

9.

a) $V = K\dfrac{q}{r} = 9 \cdot 10^9\ \mathrm{N\,m^2C^{-2}} \cdot \dfrac{6 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}{4\ \mathrm{m}} = 1{,}35 \cdot 10^4\ \mathrm{V}$

b) $W = q\,V = 2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C} \cdot 1{,}35 \cdot 10^4\ \mathrm{V} = 2{,}7 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{J}$

c) $E_p = K\dfrac{Qq}{r} = 9 \cdot 10^9\ \mathrm{N\,m^2C^{-2}} \cdot \dfrac{6 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C} \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}{4\ \mathrm{m}} =$

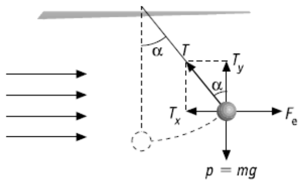
$= 2{,}7 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{J}$

10. $V = V_1+V_2 = 9\cdot10^9\,(-30\cdot10^{-9}/0{,}5 + 90\cdot10^{-9}/1{,}5) = 0$ V

11. $V_a=9\cdot10^9\cdot5\cdot10^{-6}/2= 22500$ V ; $V_b=9\cdot10^9\cdot5\cdot10^{-6}/4=11250$ V

$V_a-V_b = -W_{b-a} \rightarrow W_{ba}=11250-22500 = -11250$ J

12.



$\Sigma\vec{F} = 0.$

$$\left.\begin{aligned} F_e - T_x &= 0 \\ T_y - m\,g &= 0 \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} T\ \sin\alpha &= EQ \\ T\ \cos\alpha &= mg \end{aligned}\right\}\ \mathrm{tg}\ \alpha = \frac{EQ}{m\ g} = 51{,}9^\circ\ ,\ T = \frac{mg}{\cos\alpha} = 0{,}64\ \mathrm{N}$$

13. E=0 ; $Q = 20\cdot2\pi r = 2 \rightarrow V = K\cdot Q / r = 1130{,}9$ V

14. $W_{ext}=\Delta E_p=q\cdot\Delta V=9\cdot10^9\cdot2\cdot10^{-3}(-6\cdot10^{-3})\cdot(1/6-1/1)=9\cdot10^4$ J

Problemas MG:

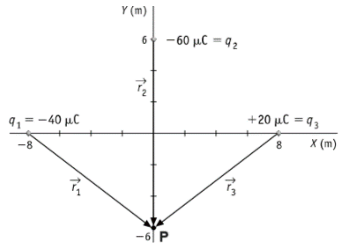
3. Llei de Coulomb: Dues càrregues de 20 μC i –30 μC estan situades en els punts (3, 2) i (–5, 4) respectivament. Calculeu la força que actua sobre la càrrega negativa i expresseu el resultat vectorialment i en mòdul.

5. Camp elèctric: Sobre una càrrega de +20 nC i massa 8 g actua un camp elèctric uniforme de $5{\cdot}10^4$ N/C. Suposant negligible el camp gravitatori, amb quina acceleració es mou? Amb quina velocitat va al cap d'1 s? Quin espai ha recorregut?

7. Una càrrega +Q crea un camp de $2{\cdot}10^4$ N/C a una distància de 3 m d'aquesta. Quina càrrega Q' cal afegir a Q perquè el camp sigui de 10^4 N/C en el mateix punt?

10. Un camp elèctric uniforme actua sobre una càrrega de 20 mC i de massa 1 cg. La càrrega parteix del repòs i es deixa anar lliurement, i en recórrer 4 m aconsegueix una velocitat de 500 m/s. Quin és el mòdul de la intensitat de camp elèctric?

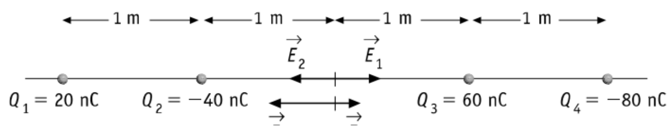
11. *Puntuales*: Si tenim una distribució de càrregues com la representada en la figura, a) calculeu el camp en P.
b) Si en aquest punt situem una càrrega de valor 7 mC, calculeu la força que rep.



12. En una regió de l'espai hi ha un camp uniforme d'intensitat E = 2000 N/C. Es llança un protó amb una velocitat de 105 m/s en sentit contrari al camp. Quina distància recorre com a màxim fins a parar-se? Dades: e: $1{,}602{\cdot}10^{-19}$ C; mp = $1{,}67{\cdot}10^{-27}$ kg

13. Dues càrregues de 30 nC i 60 nC es troben a una distància de 2 cm. A quina distància de la primera s'anul·la. la el camp?

14. Calculeu: a) El camp en P de la distribució de càrregues elèctriques de la figura. b) La força que rep una càrrega de 30 mC situada a P



Soluc:

3. $\vec{F} = K\dfrac{QQ'}{r^2}\vec{u} = 9\cdot 10^9\cdot\dfrac{(20\cdot 10^{-6})\cdot(-30\cdot 10^{-6})}{68}\cdot\dfrac{(-8,2)}{\sqrt{68}} = (0{,}077\vec{i} - 0{,}019\vec{j})\ \text{N} \quad F = \sqrt{0{,}077^2 + (-0{,}019)^2} = 0{,}079\ \text{N}$

5. $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m} = \dfrac{10^{-3}\vec{i}}{8\cdot 10^{-3}} = 0{,}125\vec{i}\ \text{m/s}^2 \quad \vec{v} = \vec{a}t = 0{,}125\vec{i}\ \text{m/s} \quad x = \dfrac{1}{2}\cdot 0{,}125\vec{i}\cdot 1^2 = 0{,}0625\vec{i}\ \text{m}$

7. $9\cdot 10^9\cdot\dfrac{Q}{3^2} = 2\cdot 10^4\ \text{N/C} \rightarrow Q = 2\cdot 10^{-5}\ \text{C} \qquad 9\cdot 10^9\cdot\dfrac{Q+Q'}{3^2} = 10^4\ \text{N/C} \rightarrow Q' = -10^{-5}\ \text{C}$

10. $\Delta E_c = \dfrac{1}{2}\cdot 10^{-5}\cdot 500^2 = 1{,}25\ \text{J} \quad \Delta E_c = W = 1{,}25\ \text{J} = Fx = EQx \Rightarrow E = \dfrac{1{,}25}{Qx} = 15{,}625\ \text{N/C}$ ó Eq=ma 4 = 1/2 500/t $t^2 \Rightarrow E = 15{,}625$ N/C

11. $\vec{E} = 9\cdot 10^9\cdot\left(\dfrac{-40\cdot 10^{-6}}{10^2}\cdot\dfrac{(8,-6)}{10} + \dfrac{-60\cdot 10^{-6}}{12^2}\cdot(0,-1) + \dfrac{20\cdot 10^{-6}}{10^2}\cdot\dfrac{(-8,-6)}{10}\right) = (-4320\vec{i} + 4830\vec{j})\ \text{N/C} \quad \vec{F} = (-30{,}24\vec{i} + 33{,}81\vec{j})\ \text{N}$

12. $F = QE = 3{,}2\cdot 10^{-16}\ \text{N} \quad a = \dfrac{F}{m} = 1{,}92\cdot 10^{11}\ \text{m/s}^2 \quad v = v_0 + at \rightarrow t = 5{,}21\cdot 10^{-7}\ \text{s} \quad x = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2 = -0{,}026\ \text{m}$

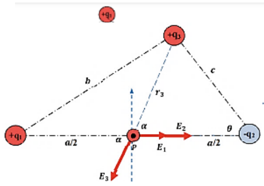
13. $K\cdot\dfrac{30}{x^2} = K\cdot\dfrac{60}{(2-x)^2} \rightarrow \dfrac{(2-x)^2}{x^2} = 2 \rightarrow \dfrac{2-x}{x} = \sqrt{2} \rightarrow x = \dfrac{2}{1+\sqrt{2}}$

14. $\vec{E} = 9\cdot 10^9\left(\dfrac{20\cdot 10^{-9}}{2^2} - \dfrac{40\cdot 10^{-9}}{1^2} - \dfrac{60\cdot 10^{-9}}{1^2} + \dfrac{80\cdot 10^{-9}}{2^2}\right)\vec{i} = -675\vec{i}\ \text{N/C} \qquad \vec{F} = -675\cdot 30\cdot 10^{-3}\vec{i} = -20{,}25\vec{i}\ \text{N}$

Ejercicios cargas puntuales.

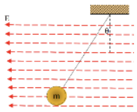
Ejercicio 1 Dos cargas puntuales q_1= + 80 µC, q_2= +120 µC, se encuentran encima de una recta, separados 120 cm, Determinar la distancia a partir de la carga q_1 donde el campo eléctrico es nulo.

Ejercicio 2: Dos cargas puntuales están ubicadas en dos vértices de un triángulo tal como se muestra en la figura, donde q_1= -65 µC, q_2= +80 µC, los lados del triángulo miden a = 90 cm, b = 60 cm y c= 80 cm Determinar el campo eléctrico en el punto P ubicado en el tercer vértice del triángulo y la dirección del mismo respecto al eje x.

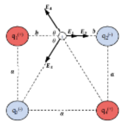


Ejercicio 3: Tres cargas puntuales están ubicadas en los vértices de un triángulo tal como se muestra en la figura, donde q1=+10 µC, q2= -20 µC, q3= +30 µC los lados del triángulo miden a = 70 cm, b = 60 cm y c= 40 cm Determinar el campo eléctrico y la dirección del mismo respecto al eje x en el punto *P* ubicado a la mitad del lado *a*.

Ejercicio 4: Un péndulo 500 g de masa y carga q= 40 µC y 100 cm de longitud es afectado por un campo eléctrico horizontal uniforme de E_x= 20000 N/C, de modo que desvía al péndulo respecto a la vertical un ángulo θ, hallar la tensión de la cuerda del péndulo y el ángulo θ.

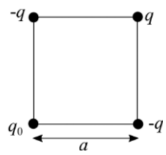


Ejercicio 5: En los vértices de un cuadrado de 2 m de lado se sitúan cuatro cargas de valores -5, +5, -5 y +5, en µC, de manera que las de signo igual están en vértices opuestos. Calcula el campo eléctrico en el punto medio de cualquiera de los lados, en módulo y ángulo.



6 Madrid 2024 Sea una distribución de tres cargas puntuales fijas, situadas en los vértices de un triángulo equilátero, en el plano xy : Q_1 = 4 nC situada en el punto P_1 (0, 0) cm, Q_2 = −2 nC situada en el punto y Q_3 = −4 nC situada en el punto P_3 (4, 0) cm. a) Calcule la fuerza total que Q_1 y Q_2 ejercen sobre la carga Q_3. b) Obtenga la energía electrostática de la distribución de cargas. *Dato: K = 9·10⁹ N m² C⁻².*

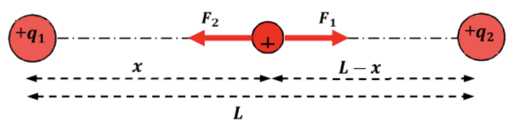
7 PAU 2019 J . Em situat una partícula puntual amb una càrrega q = 10 µC i dues partícules puntuals amb una càrrega –q als vèrtexs d'un quadrat de costat a = 1,50 cm tal com s'indica en la figura. a) Quin és el valor de la càrrega puntual q0 situada al quart vèrtex si la força elèctrica sobre la càrrega q és nul·la? b) Quin treball haurem de fer per a portar una càrrega puntual de 0,50 µC des d'una distància molt gran fins al centre del quadrat?



Dada: .K = 8,99 10^9Nota: Suposeu que les velocitats inicial i final de la càrrega que portem fins al centre del quadrat són nul·les.

Soluciones:

1



$\sum E_X = 0 \quad E_1 - E_2 = 0 \quad E_1 = E_2 \quad k_o \cdot \frac{q_1}{(L-x)^2} = k_o \cdot \frac{q_2}{(x)^2} \quad x = 0{,}661 m$

2

$\sum E_X = -1{,}970 x10^5$ N/C $\quad E = \sqrt{(E_X)^2 + (E_Y)^2} = 6{,}289x10^5$ N/C

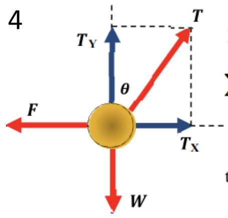
$\sum E_Y = -5{,}973x10^5$ N/C $\quad Tan\alpha = \frac{E_Y}{E_X} \rightarrow \alpha = 71{,}747°$

3

$\sum E_X = 14{,}477x10^5$ N/C $\quad E = \sqrt{(E_X)^2 + (E_Y)^2} = 23{,}177x10^5$ N/C

$\sum E_Y = -18{,}099x10^5$ N/C $\quad Tan\theta_1 = \frac{E_Y}{E_X} = \rightarrow \theta_1 = 51{,}344°$

4



$F = E \cdot q$

$\sum F = 0 \quad T_X - F = 0 \quad T_Y - W = 0$

$T = 4{,}970$ N

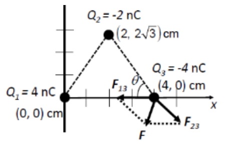
$tg\theta = \frac{T_X}{T_Y} \quad \theta = 9{,}263°$

5

$\sum E_X = E_1 + E_2 - E_3x - E_4x = 65560{,}124$ N/C $\quad E = \sqrt{(Ex)^2 + (Ey)^2} = 65560{,}124$ N/C

$\sum E_Y = E_4y - E_3y = 0$ N/C $\quad tg(\phi) = \frac{Ry}{Rx} = \frac{0}{65560{,}124} \Rightarrow \phi = 0°$

6

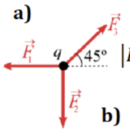


$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = K\frac{Q_1Q_3}{r_{13}^2}\vec{u}_{13} + K\frac{Q_2Q_3}{r_{23}^2}\vec{u}_{23} \quad r_{13}^2 = 4^2 = 16\,\text{cm}^2; \quad r_{23}^2 = 2^2 + \left(2\sqrt{3}\right)^2 = 16\,\text{cm}^2 \quad \vec{F} = \left(-6,75 \cdot 10^{-5}\vec{i} - 3,90 \cdot 10^{-5}\vec{j}\right)$ N

$E = E_{12} + E_{13} + E_{23} = K\frac{Q_1Q_2}{r_{12}} + K\frac{Q_1Q_3}{r_{13}} + K\frac{Q_2Q_3}{r_{23}} \quad E = -3,6 \cdot 10^{-6}$ J

7

a)



$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = k\frac{q^2}{a^2} = 4000$ N $\quad |\vec{F}_3| = k\frac{q \cdot q_0}{2a^2} \quad \sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \begin{Bmatrix} -|\vec{F}_1| + |\vec{F}_3|\cos(45) = 0 \\ -|\vec{F}_2| + |\vec{F}_3|\sin(45) = 0 \end{Bmatrix} \Rightarrow |\vec{F}_3| = \frac{8000}{\sqrt{2}}$ N $\quad q_0 = 28{,}3$ µC

b) $d = \frac{\sqrt{2}}{2}a = 1{,}06$ cm $\quad V = -k\frac{q}{d} - k\frac{q}{d} + k\frac{q}{d} + k\frac{q_0}{d} = 1{,}55 \times 10^7$V $\quad W_{Apl} = -W_{Camp} = q\Delta V = 7{,}75$ J

Ejercicios que hay que saber

Ejercicio 1 La masa de un protón es $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg y su carga eléctrica $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Relaciona la fuerza de repulsión eléctrica entre dos protones situados en el vacío con la fuerza de atracción gravitatoria que actúa entre ellos. (*$K = 9 \cdot 10^9$ N m^2 C^{-2} ; G=6,67 10^{-11}*)

Ejercicio 2 Dos pequeñas bolas, de 10 g de masa cada una de ellas, están suspendidas del mismo punto mediante dos hilos de 1 m de longitud cada uno. Si al cargar las bolitas con la misma carga eléctrica, los hilos se separan formando un ángulo de 10°, determina el valor de la carga eléctrica. (*$K = 9 \cdot 10^9$ N m^2 C^{-2}*)

Ejercicio 3: Dibuja las líneas de campo eléctrico y las superficies equipotenciales del campo eléctrico creado por una carga q = −4 µC. ¿Qué distancia hay entre la superficie equipotencial de −12000 V y la de −4000 V?

Ejercicio 4: Un electrón se deja en reposo en el origen de coordenadas donde actúa un campo eléctrico uniforme de intensidad: $\vec{E} = -400\,\vec{\imath}$ N/C. a) Determina la diferencia de potencial entre el origen de coordenadas y el punto A(5, 0) cm. b) Calcula la velocidad del electrón cuando pasa por el citado punto A. Datos: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg ; $q_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

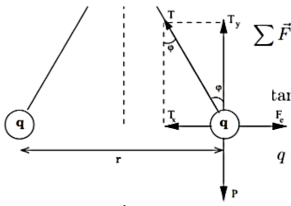
Ejercicio 5: Un electrón que lleva una velocidad de $v = 5 \cdot 10^6\,\vec{\imath}$ m/s accede perpendicularmente a un campo eléctrico uniforme de intensidad $E = 3000\,\vec{\jmath}$ N/C. Deduce la ecuación de la trayectoria que describe el electrón. ¿Qué distancia recorre verticalmente el electrón después de trasladarse horizontalmente 12 cm? Datos: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg ; $q_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

Ejercicio 6: Considérese una carga q1 = 6 µC, situada en el origen de coordenadas. Determine:
a) El <u>trabajo</u> necesario para llevar una carga q2 = 10 µC desde una posición muy alejada, digamos x ≈ ∞, hasta la posición x = 10 m. b) El punto entre ambas cargas en el que una carga q estaría en equilibrio. $K = 9{\cdot}10^9$ N m^{2}C^{-2}

Soluciones

1: $$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K\,q^2/r^2}{G\,m^2/r^2} = \frac{K\,q^2}{G\,m^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19})^2}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot (1{,}67 \cdot 10^{-27})^2} = 1{,}24 \cdot 10^{36}$$

2:

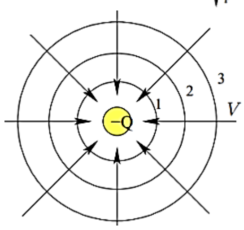


$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_e = 0 \Rightarrow \begin{cases} T_x = F_e \\ T_y = P \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T\sin\varphi = \frac{K q^2}{r^2} \\ T\cos\varphi = m\,g \end{cases}$$

$$\tan\varphi = \frac{K\,q^2}{m\,g\,r^2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{m\,g\,r^2\,\tan\varphi}{K}} = r\sqrt{\frac{m\,g\,\tan\varphi}{K}}$$

$$q = 2 \cdot 1 \cdot \sin 5° \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8 \cdot \tan 5°}{9 \cdot 10^9}} = 1{,}7 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{C}$$

3:



$$V = \frac{K\,q}{r} \Rightarrow r = \frac{K\,q}{V}$$

$$r_{(-4000)} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-4 \cdot 10^{-6})}{-4000} = 9\ \mathrm{m}$$

$$r_{(-12000)} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-4 \cdot 10^{-6})}{-12000} = 3\ \mathrm{m}$$

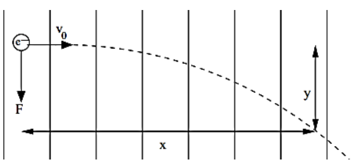
6 m.

4:

$$\Delta V = V_A - V_O = 20\ \mathrm{V} \Rightarrow V_A = 20 + V_O = 20 + 0 = 20\ \mathrm{V}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = 0; \quad \Delta E_c = -\Delta E_p \Rightarrow \frac{1}{2}\,m_e\,v_A^2 = -q_e\,\Delta V \quad \Rightarrow v_A = 2{,}65 \cdot 10^6\ \mathrm{m/s}$$

5:



$$a = \frac{F_e}{m} = \frac{|q|\,E}{m}$$

$$x = v_0, t \qquad y = \frac{1}{2}\,a\,t^2 = -\frac{1}{2}\,\frac{|q|\,E}{m}\,t^2 = -0{,}15\ \mathrm{m}$$

6.

a) $$W_{externo,\,r=\infty \to r=10m} = q_2(V_{r=10m} - V_{r=\infty}) = q_2\left(K\frac{q_1}{r} - 0\right) = 10 \cdot 10^{-6} \cdot \left(9 \cdot 10^9\,\frac{6 \cdot 10^{-6}}{10}\right) = 0{,}054\,J$$

trabajo externo al campo (no el que realizaría el campo) positivo: se trata de un trabajo que hay que aportar externamente.

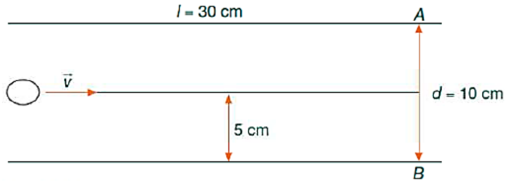
b) $$F_1 = F_2 \Rightarrow \cancel{K}\frac{q_1\,q}{x^2} = \cancel{K}\frac{q_2\,q}{(10-x)^2} \Rightarrow \left(\frac{10-x}{x}\right)^2 = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \frac{10-x}{x} = \sqrt{\frac{10 \cdot \cancel{10^{-6}}}{6 \cdot \cancel{10^{-6}}}} \Rightarrow x = 4{,}36\,m$$

PAUS CAMP ELÈCTRIC

1.- 2011J. Entre dues plaques metàl·liques conductores, de 30 cm de llargària, hi ha un camp elèctric uniforme vertical, d'intensitat $E = 10^4$ V/m, tal com mostra la figura.

Dades: $m_{electró} = 9{,}11\cdot10^{-31}$ kg; $Q_{electró} = 1{,}602\cdot10^{-19}$ C

a) A quina velocitat (horitzontal) s'ha de llançar un electró des de la posició *I*, a l'entrada del camp, perquè en surti fregant un dels extrems (A o B) de les plaques? b) Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu l'electró dins del camp. Calculeu el treball que fa la força elèctrica que actua sobre l'electró en el recorregut que descriu pel camp



2.- 2016. Un núvol elèctricament carregat està situat a 4,7 km d'altura sobre el terra. La diferència de potencial entre la base del núvol i el terra és de $2{,}3\cdot10^6$ V. Suposem que el camp elèctric en aquesta regió és uniforme i que la càrrega elèctrica del núvol és positiva. Una gota d'aigua que es troba entre el núvol i el terra té una massa d'1,3 mg i una càrrega de valor Q. En un moment donat, la gota ascendeix cap al núvol amb una velocitat constant de 2 m.s^{-1} (sense tenir en compte els corrents d'aire ni el fregament). a) Dibuixeu un esquema de la situació descrita pel problema i representeu-hi les càrregues elèctriques implicades i els camps vectorials (gravitatori i elèctric). Calculeu la intensitat del camp elèctric que hi ha entre el núvol i el terra, i indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit. b) Calculeu el valor de la càrrega Q (en nC) i expliqueu raonadament quin signe hauria de tenir. Dada: g = 9,81 m s^{-2}.

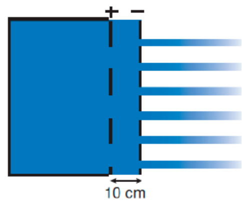
3.- 2017. Una partícula α ($^4_2$He) es dirigeix directament cap al nucli d'un àtom d'urani ($^{238}_{92}$U). El radi del nucli d'urani és, aproximadament, de 0,008 pm (picòmetres). Compareu quantitativament els valors del mòdul de la intensitat del camp elèctric degut al nucli d'urani en dos punts, A i B, situats a 0,008 nm i 0,008 pm, respectivament, del centre d'aquest nucli. Quanta energia cinètica ha de tenir, com a mínim, la partícula α quan passa pel punt A per arribar fins al punt B? (Ignoreu la influència que els electrons pròxims puguin tenir.) *Dades*: q elemental = $1{,}60\cdot10^{-19}$ C. Z urani = 92.

4.2014 En algunes missions espacials s'han utilitzat motors iònics. En aquests motors es produeixen ions positius que s'envien a una cambra on un camp elèctric constant els impulsa. El motor expulsa ions positius a gran velocitat i la nau adquireix impuls en sentit contrari. Considereu un motor iònic en què ions Xe^+, inicialment en un estat de repòs, s'acceleren entre dues plaques separades 10 cm fins a adquirir una velocitat de $3{,}0\cdot10^5$ m/s.

Dades: Q (ions Xe+) = $+1{,}60\cdot10^{-19}$ C, m (ions Xe^+) = 132 u, 1 u = $1{,}66\cdot10^{-27}$ kg

a) Calculeu l'acceleració dels ions i el camp elèctric (que podeu considerar constant) a la cambra d'acceleració.

b) Calculeu la diferència de potencial entre les dues plaques amb les dades de la figura. Indiqueu també el valor que hauria de tenir aquesta diferència de potencial si les dues plaques estiguessin separades només 6 cm per aconseguir la mateixa velocitat de sortida dels ions.



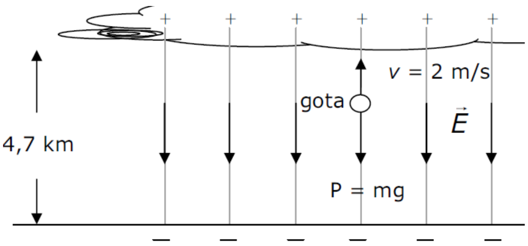
Solucions:

1 **a)** Vert: $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{eE}{m} = \dfrac{1{,}6\cdot10^{-19}\cdot10^4}{9{,}11\cdot10^{-31}} = 1{,}76\cdot10^{15}$ m/s^2 $\quad \dfrac{1}{2}at^2 = 0{,}05 \Rightarrow t = \sqrt{\dfrac{2\cdot0{,}05}{1{,}76\cdot10^{15}}} = 7{,}54\cdot10^{-9}$ s

Horiz: $v_0 t = 0{,}3 \Rightarrow v_0 = \dfrac{0{,}3}{7{,}54\cdot10^{-9}} = 3{,}98\cdot10^7$ m/s

b) parabòlic. $W_{sistema} = -q\Delta V = -\left(-1{,}602\cdot10^{-19}\right)\cdot500 = 8{,}01\cdot10^{-17}$ J

2:



$$\left|\vec{E}\right| = \frac{\Delta V}{d} = \frac{2{,}3\cdot10^6}{4700} = 489 \text{ V/m}$$

$$\sum\vec{F} = 0 \Rightarrow mg\vec{j} + QE\vec{j} = 0$$

$$Q = \frac{-mg}{E} = \frac{-1{,}3\cdot10^{-6}\cdot9{,}81}{489} = -26 \text{ nC}$$

3:

$^{238}_{92}U$ 92 protons

$$E_A = K\frac{Q}{r^2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{92\cdot1{,}60\cdot10^{-19}}{\left(8\cdot10^{-12}\right)^2} = 2{,}07\cdot10^{15} \text{ N/C}$$

$$E_B = 9\cdot10^9\cdot\frac{92\cdot1{,}60\cdot10^{-19}}{\left(8\cdot10^{-15}\right)^2} = 2{,}07\cdot10^{21} \text{ N/C}$$

$$\frac{E_B}{E_A} = 10^6$$

$$E_c = W = Q_\alpha\left(V_B - V_A\right)$$

$$V_A = K\frac{Q}{r} = 9\cdot10^9\cdot\frac{92\cdot1{,}60\cdot10^{-19}}{8\cdot10^{-12}} = 1{,}656\cdot10^4 \text{ V}$$

$$V_B = 9\cdot10^9\cdot\frac{92\cdot1{,}60\cdot10^{-19}}{8\cdot10^{-15}} = 1{,}656\cdot10^7 \text{ N/C}$$

$$E_c = 5{,}29\cdot10^{-12} \text{ J}$$

4:

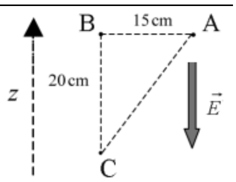
a) $a = \dfrac{v^2}{2x} = \dfrac{\left(3\cdot10^5\right)^2}{2\cdot0{,}1} = 4{,}5\cdot10^{11}$ m/s^2 $\quad E = \dfrac{F}{Q} = \dfrac{ma}{Q} = \dfrac{132\cdot1{,}66\cdot10^{-27}\cdot4{,}5\cdot10^{11}}{1{,}60\cdot10^{-19}} = 6{,}16\cdot10^5$ N/C

b) $\left|\Delta V\right| = Ex = \dfrac{Fx}{Q} = \dfrac{m\cdot a\cdot x}{Q} = \dfrac{m}{Q}\dfrac{v^2}{2x}x = \dfrac{1}{2}\dfrac{mv^2}{Q} = \dfrac{E_c}{Q} = \dfrac{0{,}5\cdot132\cdot1{,}66\cdot10^{-27}\cdot\left(3\cdot10^5\right)^2}{1{,}60\cdot10^{-19}} = 6{,}16\cdot10^4$ V

5. 2012J En una regió de l'espai hi ha un camp elèctric constant de mòdul 500 NC^{-1} dirigit cap avall. Vegeu la figura, en què l'eix z representa la vertical.

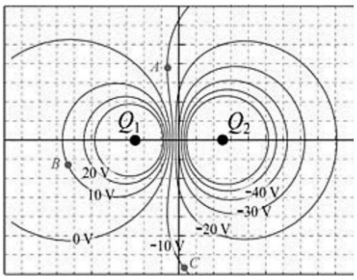
a) Calculeu les diferències de potencial següents: $V_A - V_B$, $V_B - V_C$ i $V_A - V_C$.

b) Col·loquem una partícula carregada, de massa 2,00 g, en el punt C i volem que es mantingui en equilibri. Calculeu quina càrrega i quin signe hauria de tenir aquesta partícula. Estarà en equilibri en algun altre punt d'aquesta regió? Justifiqueu les respostes.



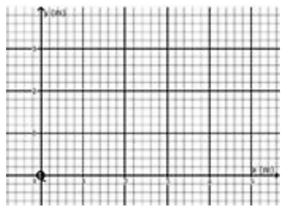
6. 2018: Un electró és projectat a l'interior d'un camp elèctric uniforme $E=(-2000NC^{-1})\vec{j}$ amb una velocitat inicial $v_o=(10^6\ ms^{-1})\ \vec{i}$ perpendicular al camp. a) Compareu (digueu quantes vegades és més gran) la força gravitatòria de l'electró amb la força elèctrica exercida sobre aquest electró. b) Quant s'haurà desviat verticalment l'electró quan hagi recorregut 1,0 cm en la direcció x? *Dades*: Càrrega electró, $q_e=1{,}60\times10^{-19}$C. Massa electró, $m_e=9{,}10\times10^{-31}$kg

7. 2023 5. Quan mesurem els valors de potencial elèctric en una cubeta obtenim la distribució representada a la figura, en què podem observar dues càrregues (Q1 i Q2), una de positiva i una de negativa. a) Determineu de manera raonada quina és la càrrega positiva i quina la negativa. Segons la vostra resposta, dibuixeu la direcció i el sentit del camp elèctric al punt A. b) Suposeu que un electró es mou del punt A al punt B. Calculeu el *treball* que fa el camp elèctric durant aquest moviment. Quin treball fa el camp elèctric quan l'electró es mou del punt A al punt C passant per B? *Dada: |e| = 1,602 ·10⁻¹⁹ C*



8. 2022 S En la figura adjunta, hem situat una càrrega puntual Q=+1,00nC a l'origen de coordenades. a) Determineu a quina distància de la càrrega el potencial és igual a 3,00V, 6,00V, 9,00V i 12,0V, respectivament. Representeu dins de la figura les línies equipotencials corresponents als potencials de 3,00V, 6,00V, 9,00V i 12,0V. Digueu si la distància entre les línies equipotencials és constant i quant val o valen aquestes distàncies.

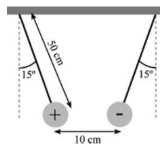
b) En la mateixa figura, representeu 8 línies de camp elèctric. Quin angle formen les línies de camp amb les línies equipotencials en el punt on es creuen? *Dada: K = 9·10⁹*



9. 2020 J Dues esferes iguals de 20g de massa pengen cadascuna d'un fil de 50cm de llarg, tal com mostra la figura. Totes dues esferes tenen càrregues elèctriques iguals, però de signe contrari. A causa de l'atracció elèctrica que hi ha entre les esferes, els fils formen un angle de 15° amb la vertical. En aquesta configuració, la distància entre les esferes és de 10cm.

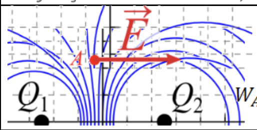
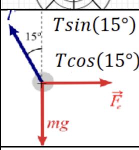
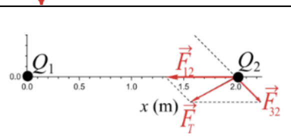
a) Calculeu el mòdul de la força elèctrica entre les esferes i el valor de les seves càrregues elèctriques.

b) Si retiréssim la càrrega positiva, quin camp hauríem de crear al voltant de la càrrega negativa perquè aquesta última no canviés de posició? Indiqueu-ne el mòdul i representeu esquemàticament la direcció i el sentit que tindria. Com hauria de ser aquest camp si, en lloc de retirar la càrrega positiva, retiréssim la càrrega negativa? *K=9·10⁹*



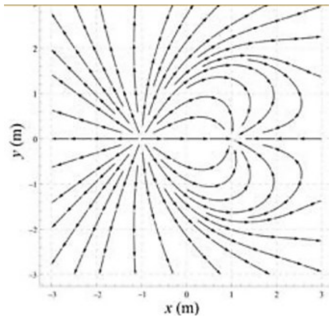
10. 2021 J . Tenim *tres càrregues puntuals* fixes, Q1=–3µC, Q2=2µC i Q3=3µC, situades respectivament a l'origen de coordenades i en els punts (2, 0) m i (0, 2) m. a) Representeu les tres càrregues indicant clarament els eixos de coordenades, etiquetant numèricament els segments i indicant les unitats. Determineu les components i el mòdul de la força que actua sobre Q2. Indiqueu esquemàticament la direcció i el sentit d'aquesta força en la representació de les tres càrregues. b) Quin *treball* haurem de fer per a portar una càrrega puntual de 5µC des d'una distància molt gran fins al punt (2, 2)m? *Dada: K = 8,99 10⁹*

Solucions:

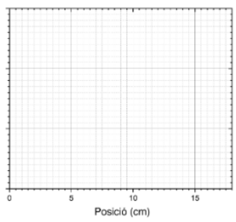
5	**a)** $\Delta V = -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r}$: $V_A - V_B = -\left(-500\vec{k}\right)\cdot\overrightarrow{BA} = 0$ $V_B - V_C = -\left(-500\vec{k}\right)\cdot 0{,}2\vec{k} = 100$ V $V_A - V_C = 100$ V **b)** $\sum\vec{F} = 0 \Rightarrow 500\,Q\vec{k} + 0{,}002\cdot 9{,}8\vec{k} = 0 \Rightarrow Q = -3{,}92\cdot10^{-5}$ C
6	*La força elèctrica és 3,6×10¹³vegades més gran que la força gravitatòria*
7	 $V = k\dfrac{Q}{r}$ $W_{A\to B} = -q\Delta V = -(-e)(V_B - V_A) = 1{,}602\times10^{-19}(10-(-10)) = 3{,}204\times10^{-18}$ J
8	 $V = k\dfrac{q}{r} \Rightarrow r = k\dfrac{q}{V}$ $r_1 = 3$ m, $r_2 = 1{,}5$ m, $r_3 = 1$ m i $r_4 = 0{,}75$ m. La distància entre les superfícies equipotencials no és constant. Són 1,5m, 0,5 m i 0,25 m
9	 $\left.\begin{matrix} T\sin(15°) = k\dfrac{q^2}{d^2} \\ T\cos(15°) = mg \end{matrix}\right\} \Rightarrow \tan(15°) = k\dfrac{q^2}{mg\,d^2} \Rightarrow q = d\sqrt{\tan(15°)\dfrac{mg}{k}} = 2{,}42\times10^{-7}$ C $\lvert\vec{F}\rvert = \left\lvert k\dfrac{q^2}{d^2}\right\rvert = 5{,}26\times10^{-2}$ N
10	 $\lvert\vec{F}_{12}\rvert = k\dfrac{\lvert Q_1Q_2\rvert}{r_{12}^2} = -13{,}5\times10^{-3}$ N $\vec{\imath}$ $\vec{F}_{32} = 4{,}77\times10^{-3}$ N $(\vec{\imath}-\vec{\jmath})$ $\vec{F}_T = 10^{-3}$ N $(-8{,}72\vec{\imath} - 4{,}77\vec{\jmath})$ $\lvert\vec{F}_T\rvert = \sqrt{F_{T,x}^2 + F_{T,y}^2} = 9{,}93\times10^{-3}$ N $V = k\dfrac{Q_1}{r_1} + k\dfrac{Q_2}{r_2} + k\dfrac{Q_3}{r_3}$ $r_1 = \sqrt{2^2+2^2} = 2$ m $V = 12940$ V $W_{Apl} = -W_{Camp} = q\Delta V = 5\times10^{-6}(12940-0) = 0{,}0647$ J $= 6{,}47\times10^{-2}$ J

11.2019 S Tres càrregues elèctriques puntuals, de valor q=1,0 nC, es troben situades en els vèrtexs d'un triangle equilàter de 10,0 cm de costat. Dues d'aquestes càrregues són positives, mentre que la tercera és negativa. a) Calculeu la intensitat del camp elèctric en el baricentre del triangle (punt G). b)Calculeu la variació d'energia potencial electroestàtica que experimenta el sistema si les càrregues se separen fins a formar un altre triangle equilàter de 20 cm de costat. Digueu si l'energia potencial electroestàtica augmenta o disminueix i justifiqueu la resposta.

12. 2023. P2. En el pla (x, y) de la figura següent es representen les línies de camp elèctric. En aquest pla hi ha dos ions, un de carregat positivament i un altre de carregat negativament. Sabem que un dels ions ha perdut o guanyat 4 electrons i que l'altre ió ha perdut o guanyat 1 electró.
a) Determineu les coordenades x i y de la posició de l'ió carregat positivament i de l'ió carregat negativament. Determineu quina és la càrrega de cada ió, i indiqueu si és positiva o negativa. Justifiqueu les respostes.
b) Si ens situéssim molt lluny d'aquests dos ions, quina seria la forma aproximada de les superfícies equipotencials? Justifiqueu la resposta.



13. 2023 Sept En un laboratori s'ha fet l'experiment que es mostra a la figura 1. En una cubeta de plàstic transparent s'ha afegit aproximadament un centímetre d'aigua de l'aixeta, i s'han col·locat a banda i banda dues plaques conductores de coure separades a una distància de 20 cm. Les plaques s'han connectat a una font d'alimentació. A sota de la cubeta transparent hi ha un paper quadriculat que permet determinar les posicions (figura 1). A la placa connectada al terminal negatiu de la font d'alimentació s'hi ha connectat el terminal negatiu del voltímetre. El terminal positiu del voltímetre s'ha mogut per diferents punts de la quadrícula per a mesurar el potencial elèctric i el resultat s'indica a la taula de sota.



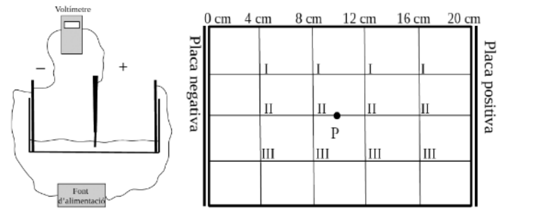


FIGURA 1. Esquema del muntatge de l'experiment i paper quadriculat de la cubeta

x (cm)	V_I (V)	V_{II} (V)	V_{III} (V)	$V_{mitjà}$ (V)
4,00	1,4	1,5	1,4	
8,00	2,8	2,9	2,8	
12,00	4,2	4,3	4,4	
16,00	5,7	5,7	5,8	

a) Empleneu la taula de dalt amb la mitjana aritmètica del potencial elèctric a les posicions x = 4, 8, 12 i 16 cm. Dibuixeu les línies equipotencials a x = 4, 8, 12 i 16 cm i les línies de camp elèctric en el paper quadriculat de la cubeta (figura 1). Representeu en els eixos de coordenades (figura 2) la mitjana aritmètica del potencial elèctric en funció de x. Calculeu el mòdul del camp elèctric a partir de la gràfica.
b) Col·loquem una càrrega positiva de 3,00 mC al punt P indicat dins la cubeta en la figura 1. Indiqueu quina trajectòria seguirà. Representeu en el paper quadriculat (figura 1) la direcció i el sentit de la força que aplica el camp elèctric sobre aquesta càrrega. Determineu el mòdul de la força. Calculeu el treball que fa el camp elèctric per moure la càrrega des de x = 8 cm fins a x = 0 cm.

Solucions:

11 Per simetria s'anul·len les components horitzontals. $E = k\frac{q}{r^2}$ $E_{\text{Total}} = E + 2E\sin 30 = E(1 + 2\sin 30)$

$E_{\text{Total}} = k\frac{q}{r^2} + 2k\frac{q}{r^2}\frac{1}{2} = 2k\frac{q}{r^2} = 5400\ \text{N/C}$

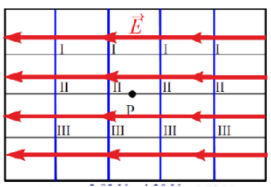
b)
$$\left.\begin{array}{l} U_{\text{inicial}} = k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} \\ l_{\text{in}} = 0{,}10\ \text{m} \end{array}\right\} \Rightarrow U_{\text{inicial}} = -k\frac{q^2}{l_{\text{in}}} = -8{,}99\times10^{-8}\ \text{J}$$
$$\left.\begin{array}{l} U_{\text{final}} = k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} - k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} \\ l_{\text{fin}} = 0{,}20\ \text{m} \end{array}\right\} \Rightarrow U_{\text{final}} = -k\frac{q^2}{l_{\text{fin}}} = -4{,}50\times10^{-8}\ \text{J}$$

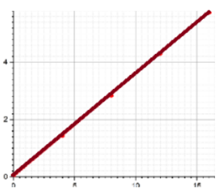
$\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}} = 4{,}50\times10^{-8}\ \text{J}$
L'energia augmenta

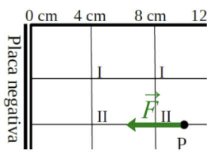
12 l'ió positiu es trobarà on hi hagi una font de línies de camp. Aproximadament al punt (-1,0) m. L'ió negatiu es trobarà on hi hagi un pou de línies de camp, al punt (1,0) m. El nombre de línies de camp que surt d'una càrrega puntual (o va a morir a una càrrega puntual) és proporcional al valor absolut de la càrrega. Surten més línies de camp de la posició on es troba l'ió carregat positivament,(-1,0), que de la posició on es troba l'ió carregat negativament, (1,0) per tant a (-1,0) tenim una càrrega +4e i a (1,0) tenim una càrrega –e b)Si ens situem a una distància molt més gran que al separació de les dues càrregues, el que veuríem es una càrrega puntual de valor igual a la suma de les dues càrregues, és a dir, veuríem el camp creat per una càrrega puntual de magnitud +3e. Per tant, la superfície equipotencial s'aproximarà al d'una càrrega puntual, és a dir, serà una superfície esfèrica.

13

$V_{mitjà}$
1,43
2,83
4,30
5,73



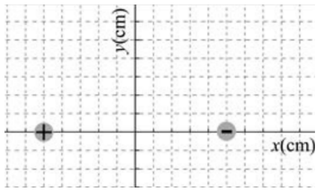




$F = qE = 3\times10^{-3}\times 35{,}8 = 0{,}107\ \text{N}$
$W = -q\Delta V = -3\times10^{-3}(0 - 2{,}83) = 8{,}49\times10^{-3}\ \text{J}$

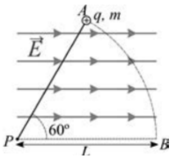
14. 2022 J. Un dipol elèctric és un sistema de dues càrregues puntuals d'igual magnitud Q i signe oposat.

a) Representeu dins del requadre adjunt les línies de camp elèctric creades per un dipol elèctric. Representeu la projecció de les superfícies equipotencials en el pla de la figura. Orientació: per al camp elèctric dibuixeu 12 línies de camp i 3 línies equipotencials per cada càrrega.



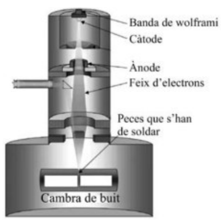
b)El valor de la càrrega és |Q|=1,50µC, la càrrega positiva està situada a $-5\ \vec{\imath}$ cm i la càrrega negativa està situada a $5\ \vec{\imath}$ cm. Calculeu el camp elèctric creat pel dipol elèctric a l'origen de coordenades i també el valor del potencial elèctric a l'origen de coordenades. Per a les magnituds vectorials podeu donar les components o el mòdul, la direcció i el sentit. *Dada: K = 8,99·10*^{9}.

15. 2022 J 2Una partícula carregada és a sobre d'una taula horitzontal sense fricció i dins d'un camp elèctric homogeni i constant. La partícula està lligada amb un fil a un punt P respecte del qual pot pivotar lliurement. Inicialment, la partícula està subjectada al punt A i en repòs, de manera que el fil, que està tens, forma un angle de 60° respecte al camp elèctric. a) En la figura anterior, representeu sobre la partícula la força elèctrica i la força que fa el fil . Calculeu el mòdul de la força elèctrica que actua sobre la partícula quan és a la posició A. Aquesta força elèctrica serà constant al llarg de la trajectòria des de A fins a B? Justifiqueu la resposta. b) Calculeu el mòdul de la velocitat de la partícula quan passa pel punt B. Justifiqueu la resposta i indiqueu el principi físic en què us heu basat. *Dades:L=1,0 m.m=2,5g. =1,2×103 V/m.q=3µC.*



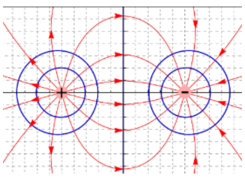
16. 2024 J. La superfície de la Terra és principalment aigua que conté ions en dissolució i que li fan adquirir una càrrega neta negativa. Es pot considerar que la Terra té un camp elèctric en punts propers a la seva superfície amb un mòdul constant de 150 N/C. a) Dibuixeu l'esfera terrestre i representeu-hi el camp elèctric al voltant de la superfície. Calculeu el valor de la càrrega total que produeix aquest camp elèctric. Per fer-ho, considereu que el camp elèctric creat per una superfície esfèrica carregada uniformement és igual al generat per tota la càrrega situada al centre de l'esfera. b) Calculeu el mòdul de la força elèctrica que produirà el camp elèctric sobre un electró lliure situat a la vora de la superfície de la Terra. Calculeu la massa que ha de tenir una gota esfèrica d'aigua amb una càrrega extra d'un sol electró perquè el seu pes es compensi amb la força elèctrica. Feu un esquema en què es mostrin les forces que actuen sobre la gota. Calculeu el diàmetre d'aquesta gota d'aigua. *Dades: Radi Terra, RT = 6,37 × 10*^{6} *Densitat 'aigua, ρ = 103 kg/m3. Massa electró, Me = 9,11 × 10*$^{-31}$ *kg. S: 4πr2. V: 4/3πr*^{3} *|e| = 1,602 × 10*$^{-19}$ *C g=9,81m/s2.*

17. 202S J2. Per a aconseguir soldadures profundes, en la indústria aeroespacial s'utilitza la tècnica de feixos d'electrons d'alta densitat energètica. Aquesta tècnica consisteix a bombardejar amb electrons d'alta energia les peces que s'han de soldar dins d'una cambra de buit. El feix d'electrons es genera escalfant a alta temperatura una banda de wolframi. Posteriorment, el feix s'accelera sota l'acció d'un camp elèctric uniforme que es crea aplicant una diferència de potencial de 15kV entre l'ànode i el càtode. a)Si la separació entre el càtode i l'ànode és d'1,50cm, determineu el mòdul del camp elèctric que es crea entre l'un i l'altre. Feu un esquema que indiqui la trajectòria dels electrons i la direcció i el sentit del camp elèctric. Quina placa es troba a un potencial més alt, l'ànode o el càtode? Justifiqueu la resposta. b)Considerant que un electró està situat al càtode i parteix del repòs, determineu l'energia i el mòdul de la velocitat de l'electró quan surt de l'ànode. Si la peça que s'ha de soldar es troba al mateix potencial que l'ànode, a quina velocitat impacta l'electró contra aquesta peça?



Dades: me=9,11×10^{-31}*kg. |e|=1,602×10*$^{-19}$*C.*

Solucions:

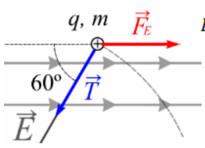
14. 

b) $E_p=E_n=k\frac{|Q|}{r^2}$, $E_p=E_n=8,99\times10^{9}\frac{1,5\times10^{-6}}{0,05^{2}}=5,39\times10^{6}$ N/C

$\vec{E}=\vec{E_p}+\vec{E_n}=1,08\times10^{7}\vec{\imath}$ N/C

$V_p=k\frac{|Q|}{r}=2,70\times10^{5}$ V, $V_n=-k\frac{|Q|}{r}=-2,70\times10^{5}$ V $V=V_p+V_n=0$ V

15



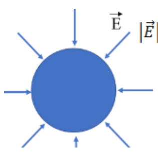
$F_e = qE = 3,00 \times 10^{-6} \times 1,2 \times 10^{3} = 3,60 \times 10^{-3}$ N

$E_{m,A} = E_{m,B} \Rightarrow E_{C,A} + U_{E,A} = E_{C,B} + U_{E,B}$ $\quad E_{C,B} = U_{E,A} - U_{E,B} = q(V_A - V_B) = -q(V_B - V_A)$

$L(1-\cos(60°)) = 0,5$ m. $\quad V_B - V_A = -Ed = -600$ V

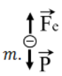
$E_{C,B} = -q(V_B - V_A) = 1,8 \times 10^{-3}$ J $\quad E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2\,E_{C,B}}{m}} = 1,20$ m/s

16



$|\vec{E}| = k\frac{q}{r^2}$ $\quad |q| = \frac{|E|r^2}{k} = \frac{150\cdot(6,37\ 10^6)^2}{8,99\ 10^9} = 6,77 \cdot 10^5\ C$ $\quad |\vec{F_e}| = q|E| = 1,602\ 10^{-19}\cdot 150 = 2,403\ 10^{-17}N$

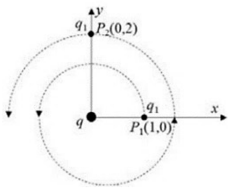
$|\vec{F_e}| = |\vec{P}| = mg$ i, per tant, $m = \frac{|\vec{F_e}|}{g} = \frac{2,403\ 10^{-17}}{9,81} = 2,45\ \ 10^{-18}\ kg$ $\quad r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3\cdot 2,45\ \ 10^{-18}}{4\pi\cdot 10^3}} = 0,836\cdot 10^{-7}\ m.$



$d = 0,167\mu m$

17 $W_{Camp} = -q\Delta V \Longrightarrow V_{ànode} > V_{càtode}$ $\quad \Delta E_C = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_{Camp} = -q\Delta V = |e|\Delta V = 2,403\ \times 10^{-15}$J $\quad v = \sqrt{\frac{2W_{Camp}}{m}} = 7,26\ \times 10^{7}$ m/s

Comunidad de Madrid.

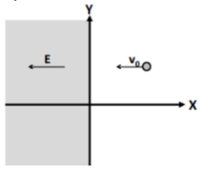


1. 2016- Una carga puntual, q = 3 µC, se encuentra situada en el origen de coordenadas, tal y como se muestra en la figura. Una segunda carga q1 = 1 µC se encuentra inicialmente en el punto P1(1,0)m y, recorriendo la espiral de la figura, llega al punto P2(0,2) m. Determine:
a) La diferencia de potencial entre los puntos P1 y P2.
b) El trabajo realizado para llevar la carga q1 del punto P1 al P2.

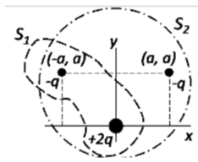
2. 2014.A El campo electrostático creado por una carga puntual q, situada en el origen de coordenadas, viene dado por la expresión: $\vec{E} = \frac{9}{r^2}\,\overrightarrow{u_r}$, donde r se expresa en m y $\overrightarrow{u_r}$ es un vector unitario dirigido en la dirección radial. Si el trabajo realizado para llevar una carga q' desde un punto A a otro B, que distan del origen 5 y 10 m, respectivamente, es de -9×10^{-6} J, determine: a) El valor de la carga puntual q que está situada en el origen de coordenadas. b) El valor de la carga q' que se ha transportado desde A hasta B.

3. 2014 .B M. Dos partículas de idéntica carga, q, se encuentran situadas en los puntos de coordenadas (0, 3) cm y (0,-3) cm, respectivamente. El potencial eléctrico en el punto (1,0) cm es de 5 kV. Calcule:
a) El valor de la carga q y el potencial en el punto (0,0). b) El vector campo eléctrico en el punto (-1,0) cm.

4. 2014-J B M.- Un electrón se propaga en el plano XY con velocidad v_o constante de 100 m s^{-1} en el sentido negativo del eje X. Cuando el electrón cruza el plano x = 0 se adentra en una región del espacio donde existe un campo eléctrico uniforme de 8×10^{-9} N·C^{-1} en el sentido negativo del eje X, tal y como se indica en la figura.



a) Describa el tipo de movimiento que seguirá el electrón una vez se haya introducido en esa región del espacio. Discuta cual será la velocidad final del electrón.
b) Calcule la fuerza ejercida sobre el electrón así como la aceleración que éste experimenta y la distancia recorrida. *Datos: Masa e = 9,1·10⁻³¹ kg ; Carga |e| = 1,60·10⁻¹⁹ C*



5. 2023 JM Tres cargas -q, -q y +2q se encuentran situadas en los puntos del plano (-a, a), (a, a) y (0, 0), respectivamente, tal y como se describe en la figura. Determine, en función de la constante de Coulomb, K, el valor de la carga, q, y la distancia, a:
a) La expresión de la fuerza electrostática que se ejerce sobre la carga situada en la posición (a, a) y la expresión del trabajo que habrá realizado esa fuerza electrostática para traer la carga -q desde el infinito a la posición (a, a).
b) El flujo del campo eléctrico a través de las superficies cerradas S_1 y S_2. *Dato: Perm. eléct. vacío; $\varepsilon_o = 1/4\pi K$.*

6 2023 J A3. Gauss: Una corteza esférica hueca de radio 3 cm y centrada en el origen de coordenadas está cargada con una densidad superficial homogénea de carga σ = 2 µC·m^{-2}.
a) Calcule el campo eléctrico en los puntos (0,01, 0,01, 0) m y (2, 3, 0) m.
b) Obtenga el trabajo realizado por el campo eléctrico para trasladar una partícula de carga 1 nC desde el punto (0, 2, 0) m al punto (3, 0, 0) m. *Datos: Constante Coulomb, K = 9·10⁹ N m2 C⁻².*

Soluciones:

1 a) $V_{P_2}-V_{P_1}=\frac{Kq}{R_2}-(\frac{Kq}{R_1})=Kq(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1})=9\cdot10^9\cdot3\cdot10^{-6}\cdot(\frac{1}{2}-1)=-1{,}35\cdot10^4\,V$

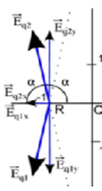
b) $W_{1\to2}=-q_1(V_{P_2}-V_{P_1})=-10^{-6}\cdot(-1{,}35\cdot10^4)=1{,}35\cdot10^{-2}\,J$

El campo eléctrico es conservativo: la diferencia de potencial entre dos puntos solamente depende de dichos puntos.

2 a) $\vec{E}=K\frac{q}{r^2}\vec{u}_r=\frac{9}{r^2}\vec{u}_r\Rightarrow Kq=9\Rightarrow q=\frac{9}{K}=\frac{9}{9\cdot10^9}=10^{-9}C=1\,nC$

b) W=-q'ΔV → -9·10⁻⁶=9q'/10 → q'=-10⁻⁵ C = -10 µC $W_{A\to B}=\int_A^B\vec{F}\,d\vec{r}=q'\int_5^{10}\frac{9}{r^2}dr=\frac{9q'}{10}$

3



a) $V(P)=V_1(P)+V_2(P)=2V_1(P)=2K\frac{q}{r_{q_1-P}}\Rightarrow q=\frac{5\cdot10^3\cdot\sqrt{0{,}001}}{9\cdot10^9}\approx8{,}78\cdot10^{-9}C$ $V(Q)=V_1(Q)+V_2(Q)=2V_1(Q)=2K\frac{q}{r_{q_1-Q}}=5{,}27\,kV$

b) $\vec{E}_1=9\cdot10^9\cdot\frac{8{,}78\cdot10^{-9}}{0{,}01^2+0{,}03^2}(-0{,}316\,\vec{i}-0{,}949\,\vec{j})$ $\vec{E}_2=9\cdot10^9\cdot\frac{8{,}78\cdot10^{-9}}{0{,}01^2+0{,}03^2}(-0{,}316\,\vec{i}+0{,}949\,\vec{j})$ $\vec{E}_{total}=\vec{E}_1+\vec{E}_2=-5\cdot10^4\,\vec{i}\,N/C$

4 $\Delta E_m=0\Rightarrow\Delta E_c-\Delta E_p=0\Rightarrow-\frac{1}{2}mv^2-q\,\Delta V=0$ $\frac{-1}{2}mv^2=-qEd\Rightarrow d=\frac{mv^2}{2qE}=\frac{9{,}1\cdot10^{-31}\cdot100^2}{2\cdot(-1{,}6\cdot10^{-19})(-8\cdot10^{-9})}=3{,}55\,m$

b) $\vec{F}=q\vec{E}=-1{,}6\cdot10^{-19}\cdot(-8\cdot10^{-9}\vec{i})=1{,}28\cdot10^{-27}\vec{i}\,N$ $\vec{a}=\frac{\vec{F}}{m}=\frac{1{,}28\cdot10^{-27}\vec{i}}{9{,}1\cdot10^{-31}}=1407\,\vec{i}\,m/s^2$ $v^2-v_0^2=2as\Rightarrow s=\frac{-v_0^2}{2a}=\frac{-(-100)^2}{2\cdot1407}=-3{,}55\,m$

5 $\vec{E}(P)=-K\frac{q}{4a^2}\vec{i}+K\frac{2q}{2a^2\sqrt{2}}\vec{i}+K\frac{2q}{2a^2\sqrt{2}}\vec{j}=\frac{Kq}{a^2}\left((\frac{1}{\sqrt{2}}-\frac{1}{4})\vec{i}+\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{j}\right)$ $\vec{F}(P)=q_P\cdot\vec{E}=\frac{Kq^2}{a^2}\left((\frac{1}{4}-\frac{1}{\sqrt{2}})\vec{i}-\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{j}\right)$

$W_{realizado\ por\ el\ campo,\infty\to P}=-\Delta E_p=-(E_p(P)-E_p(\infty))=-(E_{p1}(P)+E_{p2}(P)-0)$ $W=-(K\frac{(-q)(-q)}{2a}+K\frac{(2q)(-q)}{a\sqrt{2}})=-K\frac{q^2}{a}(\frac{1}{2}-\sqrt{2})$

b) Gauss $\Phi=\frac{\Sigma Q_{interior}}{\varepsilon_0}=4\pi K\,\Sigma Q_{interior}$ Para S_1, $\Phi_1=4\pi K(-q+2q)=4\pi Kq$ Para S_2, $\Phi_2=4\pi K(-q-q+2q)=0$

6 $\oint_{esfera}\vec{E}\,d\vec{S}=\frac{\Sigma Q_{interior}}{\varepsilon_0}\Rightarrow E\,4\pi r^2=\frac{\Sigma Q_{interior}}{\varepsilon_0}$ $E=9\cdot10^9\frac{4\pi\,0{,}03^2\cdot2\cdot10^{-6}}{2^2+3^2}=15{,}66\,N/C$ $\vec{E}=15{,}66(\frac{2}{\sqrt{13}}\vec{i}+\frac{3}{\sqrt{13}}\vec{j})\,N/C$

b) $W_{realizado\ por\ el\ campo,A\to B}=-\Delta E_p=-q\,\Delta V=-q(V(B)-V(A))=-q\,K\,q_{corteza}(\frac{1}{r_B}-\frac{1}{r_A})=3{,}39\cdot10^{-8}\,J$