Ejercicios resueltos de electrostática: Ley de Coulomb. Campo Eléctrico. Potencial Eléctrico

Ejercicio resuelto Nº 1 *(pág. Nº 1)*

Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas q_1 y q_2 distantes una de la otra 5 cm

Datos:

$K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$ (en el vacío)

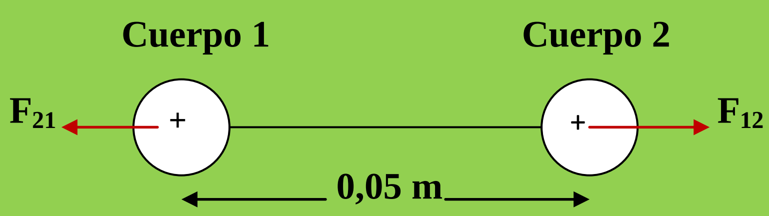
$q_1 = + 1 \cdot 10^{-6}\ C$

q_2 = + 2,5 . 10-6 C

$r = 5\ \cancel{cm} \cdot 1\ m/100\cancel{cm} = 0{,}05\ m$

Resolución

Las dos cargas tienen el mismo signo y por lo tanto se repelerán.



F_{12} es la fuerza repulsiva que ejerce el cuerpo *1* sobre el cuerpo *2*.

F_{21} es la fuerza repulsiva que ejerce el cuerpo *2* sobre el cuerpo *1*.

Se cumple que: $|F_{12}| = |F_{21}|$

Nos vamos a la ecuación de Coulomb y sustituimos datos:

$$F = K \cdot |q_1| \cdot |q_2| / r^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 2{,}5 \cdot 19^{-6}\ C/\ (0{,}05\ m)^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6} / 0{,}0025\ \ N \cdot \cancel{m^2}/\cancel{C^2} \cdot \cancel{C^2}/\cancel{m^2}$$

$$F = 9000 \cdot 10^{9} \cdot 10^{-12}\ N = 9000 \cdot 10^{-3}\ N = 9\ N$$

_N_ (Newton) = Unidad de Fuerzae en el Sistema Internacional de unidades

Conclusión: Los dos cuerpos se repelen con una fuerza de intensidad:

$$F = 9\ N$$

Ejercicio resuelto Nº 2 *(pág. Nº 2)*

(Fuente Enunciado: Oscar Contreras. Resolución: A. Zaragoza)

Determinar la fuerza que actúa sobre las cargas eléctricas $q_1 = -1{,}25 \cdot 10^{-9}$ C. y $q_2 = +2 \times 10^{-5}$ C. que se encuentran en reposo y en el vacío a una distancia de 10 cm.

Datos:

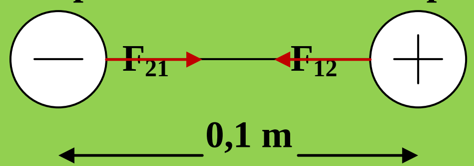
$K = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2$

$q_1 = -\ 1{,}25 \cdot 10^{-9}\ C$

$q_2 = 2 \cdot 10^{-5}\ C$

$r = 10\ \cancel{cm} \cdot 1\ m/\ 100\cancel{cm} = 0{,}1\ m$

Cuerpo 1 **Cuerpo 2**



En este caso, al ser las dos cargas eléctricas de distinto signo se *ATRAERÁN*, con una intensidad de fuerza que nos la proporcionará la ley de Coulomb:

$$F = K \cdot |q_1| \cdot |q_2| / r^2$$

Llevando datos:

$$F = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-9}\ C \cdot 2 \cdot 10^{-5}\ C / (0{,}1\ m)^2$$

$$F = 22{,}5/0{,}01 \cdot 10^{-5}\ N.\cancel{m^2}/\cancel{C^2} \cdot \cancel{C^2} / \cancel{m^2} = 2250 \cdot 10^{-5}\ N$$

Conclusión: Los dos cuerpos se atraen con una fuerza de intensidad *$2250 \cdot 10^{-5}$ N*

Ejercicio resuelto Nº 3 *(pág. Nº 3)*

Fuente de Enunciado: Profesor en Línea. Resolución: A. Zaragoza

Dos cargas puntuales (q_1 y q_2) se atraen inicialmente entre sí con una fuerza de 600 N, si la separación entre ellas se reduce a un tercio de su valor original ¿cuál es la nueva fuerza de atracción? 5400N

Resolución

Según la ley de Coulomb:

$F = K \cdot |q_1| \cdot |q_2|/r^2$ **podemos quitar las barras (valores absolutos)**

y nos quedaría:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 /r^2$$

Llamemos a la longitud de separación inicial *Xo*, luego:

$$600 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2/(Xo)^2 \ ; \quad 600 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2 /Xo^2 \quad (1)$$

Al reducir la distancia inicial en 1/3, la distancia de separación será *Xo/3* y nos aparecerá una nueva fuerza que le vamos a llamar F_2:

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot q_1 \cdot q_2/r^2 \ ; \quad F_2 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2 / (Xo/3)^2$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9\ q_1 \cdot q_2 / Xo^2/9$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot q_1 \cdot q_2/Xo^2 \quad (2)$$

De la ecuación (1) puedo obtener:

$$q_1 \cdot q_2 / Xo^2 = 600/9 \cdot 10^9$$

De la ecuación (2) podemos obtener:

$$q_1 \cdot q_2 / Xo^2 = F_2 / 9 \cdot 10^9 \cdot 9$$

Si los dos miembros de la izquierda de las dos últimas ecuaciones son iguales también lo serán los dos miembros de la derecha, es decir:

$$600/9.10^9 = F_2 / 9 \cdot 10^9 \cdot 9 \ ; \ 600 = F_2 / 9 \ ; \ F_2 = 600 \cdot 9 = 5400\ N$$

Ejercicio resuelto Nº4 *(pág. Nº 4)*

Fuente Enunciado: Profesor en Línea. Resolución: A. Zaragoza

¿Cuál debe ser la separación entre dos cargas de +5 µC para que la fuerza de repulsión sea 4 N?

Resolución

DATOS:

Aparece un submúltiplo del Coumobio, el microCoulombio (*µC*)

Sabemos que 1µC = 10^{-6} C

$q_1 = + 5\ \mu C = +5 \cdot 10^{-6}\ C$

$q_2 = +5\ \mu C = + 5 \cdot 10^{-6}\ C$

$F = 4\ N$

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2$$

Sustituimos los datos:

$$4\ N = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 5 \cdot 10^{-6} C / r^2$$

$$4\ N = 225 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2/\cancel{C^2} \cdot \cancel{C^2}/r^2$$

$$4\ N = 225 \cdot 10^{-3}\ N / r^2$$

La incógnita es *"r"*:

$$4\ N \cdot r^2 = 225 \cdot 10^{-3}\ N \ ; \ r^2 = 225 \cdot 10^{-3}\ \cancel{N} \cdot m^2/4\ \cancel{N}$$

$$r^2 = 56,25 \cdot 10^{-3}\ m^2 \ ; \ r = (56,25 \cdot 10^{-3}\ m^2)^{1/2}$$

$$r = 0,23,7\ m$$

Ejercicio resuelto Nº 5 *(pág. Nº 4)*

Dos cragas puntuales q_1= 3.10^{-6} C y q_2= 4.10^{-6} C estan separadas 0,5 m y ubicadas en el vacio. Calcule el valor de la fuerza entre las cargas.

Resolución

$q_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ C
$q_2 = 4 \cdot 10^{-6}$ C — **Como las dos cargas son del mismo signo (+) existirá una fuerza de *REPULSIÓN***
R = 0,5 m

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

Llevando datos: Estamos en S.I

$$F = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 4 \cdot 10^{-6}\ C/(0{,}5\ m)^2$$

$$F = 432 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot C^2/m^2$$

$$F = 432 \cdot 10^{-3}\ N = 0{,}432\ N$$

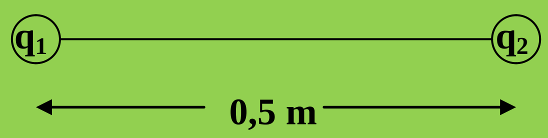
Ejercicio resuelto Nº 6 *(pág. Nº 5)*
Fuente de enunciado: Fisicanet
Calcular la carga de dos partículas igualmente cargadas, que se repelen con una fuerza de 0,1 N, cuando están separadas por una distancia de 50 cm en el vacío.

Resolución

Si las cargas se repelen es porque tienen el *mismo signo* (positivas o negativas).

50 cm = 0,5 m

Además se cumple que $|q_1| = |q_2| = q$



Según Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2 \;\; ; \;\; q_1 = q_2 \rightarrow F = K \cdot q \cdot q / R^2$$

$$F = K \cdot q^2/R^2 \;\; ; \;\; q^2 = F \cdot R^2 / K$$

$$q = [0{,}1\ N \cdot (0{,}5\ m)^2 / 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2]^{1/2}$$

$$q = [0{,}0028 \cdot 10^{-9}\ N \cdot m^2 \cdot C^2/N \cdot m^2]^{1/2}$$

$$q = [2{,}8 \cdot 10^{-3}\ C^2]^{1/2} \;\; ; \;\; q = 0{,}059 \cdot 10^{-3}\ C$$

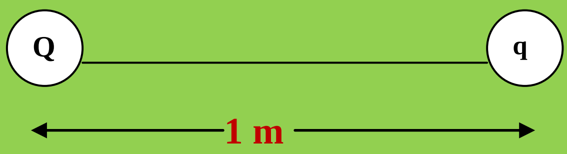
$$q_1 = q_2 = q = 5{,}9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}\ C = 5{,}9 \cdot 10^{-5}\ C$$

Ejercicio resuelto Nº 7 *(pág. Nº 6)*

Fuente Enunciado: Fisicanet

Hallar el valor de la carga Q de una partícula tal que colocada a 1 m de otra, cuya carga es de 2.10^{-8} C, la atrae con una fuerza de 2 N. Realiza un croquis de la acción entre las dos cargas

Resolución



$q = 2 \cdot 10^{-8}$ C
R = 1 m
F = 2 N

La carga *Q* debe ser *NEGATIVA* puesto que atrae a *q* que es *POSITIVA*. El módulo de *Q* lo obtendremos mediante la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot Q \cdot q / R^2 \;\; ; \;\; Q = F \cdot R^2 / K \cdot q \rightarrow$$

$$\rightarrow \quad Q = 2\ N \cdot (1\ m)^2 / [9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2] \cdot 2 \cdot 10^{-8}\ C$$

$$\rightarrow \quad Q = 0{,}111\ N \cdot 10^{-1}\ m^2 \cdot C^2 / N \cdot m^2 \cdot C = 0{,}0111\ C$$

$$\rightarrow \quad Q = -\ 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ C$$

Ejercicio resuelto Nº 8 *(pág. Nº 7)*

Fuente de Enunciado: Fisicanet

Calcular la distancia "r" que separa dos partículas cargadas con 2.10^{-2} C cada una, sabiendo que la fuerza de interacción entre ambas es de 9.10^{5} N.

Resolución

$q_1 = q_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ C

$F = 9 \cdot 10^{5}$ N

Según la ecuación de Coulomb:

$$F = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2 \;;\; F \cdot r^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 \;;\; r = (K \cdot q_1 \cdot q_2 / F)^{1/2}$$

$$r = [9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \ C \cdot 2 \cdot 10^{-2} \ C / 9 \cdot 10^5 \ N]^{1/2}$$

$$r = (4 \cdot 10^9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-5} \ m^2)^{1/2} \;;\; r = 2 \ m$$

Ejercicio resuelto Nº 9 *(pág. Nº 7)*

Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas $q_{1} = +1 \cdot 10^{-6}$ C y $q_{2} = + 2,5 \cdot 10^{-6}$ C distantes una de la otra 5 cm. La permitividad relativa del medio es de 4

Resolución

5 cm . 1 m / 100 Cm = 0,05 m

Según la Ley de Coulomb:

$$F = K/\varepsilon_r \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 / 4 \cdot \ 1 \cdot 10^{-6} \ C \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \ C / (0,05 \ m)^2$$

$$F = 2250 \cdot 10^{-3} \ N \cdot m^2 \cdot C^2/C^2 \cdot m^2 = 2,250 \ N$$

Ejercicio resuelto Nº 10 ***(pág. Nº 8)***

¿Determinar la permitividad relastiva del medio en donde se encuentran dos cuerpos cargados eléctricamente con el mismo signo y valor de +5 µC, separadas una distancia de 1,5 m para que la fuerza de repulsión sea 8 N?

Resolución

$q_1 = q_2 = + 5\ \mu C = + 5 \cdot 10^{-6}\ C$

$R = 1,5\ m$

Nuestro amigo Coulomb nos dice que:

$$F = K/\varepsilon_r \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

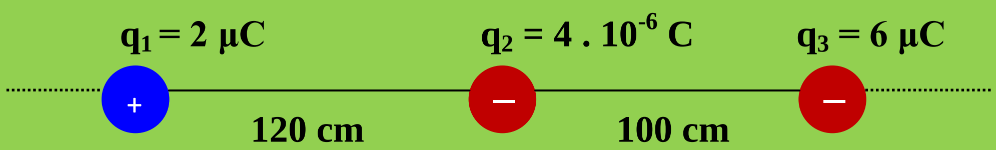
$$F \cdot \varepsilon_r \cdot R^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 \ ; \ \varepsilon_r = K \cdot q_1 \cdot q_2 / F \cdot R^2$$

$$\varepsilon_r = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 5 \cdot 10^{-6}\ C / 8\ N \cdot (1,5\ m)^2$$

$$\varepsilon_r = 12,5\ N \cdot m^2/C^2 \cdot C^2/N \cdot m^2 = 12,5\ \text{(adimensional)}$$

Ejercicio resuelto Nº 11 ***(pág. Nº 8)***

Dado el esquema siguiente:



Determinar gráfica y cuantitativamente:

a) **La fuerza que se ejerce sobre q_2**
b) **La fuerza que se ejerce sobre q_3**
c) **La fuerza que se ejerce sobre q_1**

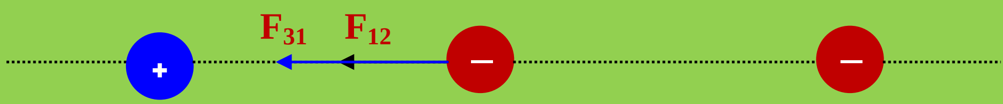
Resolución

$q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ C
$q_2 = 4 \cdot 10^{-6}$ C
$q_3 = 6 \cdot 10^{-6}$ C
$r_1 = 1,20$ m
$r_2 = 1$ m

Sobre la carga q_2 actuarán dos fuerzas ejercidas por las otras dos cargas.

Recordar que cargas del mismo signo se repelen y cargas de distinto signo se atren.

La *q_1* por tener distinto signo atraerá a *q_2* con una fuerza F_{12} que tiene el punto de aplicación en el cuerpo que soporta la carga *q_2*. La carga *q_3* tiene el mismo sino que *q_2* y por lo tanto repelerá a *q_2* haciendo que el cuerpo que soporta la *q_2* se desplace hacia la *izquierda* siguiendo la dirección de las cargas. Obtenemos un diagrama de fuerzas:



Obtenemos dos fuerzas de la misma dirección y sentido. Sus valores son:

$$F_{12} = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r_1^2$$

$$F_{12} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (1{,}20 \text{ m})^2$$

$$F_{12} = 72/1{,}44 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2 / \text{C}^2 \cdot \text{m}^2 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0{,}050 \text{ N}$$

$$F_{32} = K \cdot q_2 \cdot q_3 / r_2^2$$

$$F_{32} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (1 \text{ m})^2$$

$$F_{32} = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2/\text{C}^2 \cdot \text{m}^2 = 216 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0{,}215 \text{ N}$$

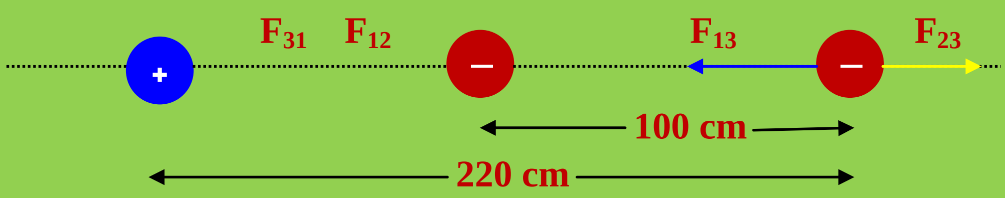
La fuerza resultante sobre la q_2 tendrá el valor:

$$F_R = F_{12} + F_{32}$$

$$F_R = 0{,}050\ N + 0{,}215\ N = 0{,}265\ N$$

a) **Sobre la carga q_3**

Sobre la q_3 actúan dos fuerzas, creadas por q_1 y q_2.
La carga q_2 repele a la q_3 por tener el *mismo signo* mientras que la q_1 atraerá a la q_3 por signos contrarios. La atracción o repulsión de cargas se realizara mediante las F_{13} y F_{23}. El diagrama de fuerzas resultante es:



Se obtienen dos fuerzas de la misma dirección pero de sentido contrario:

$$F_R = F_{mayor} - F_{menor}$$

Cálculo de F_{13}:

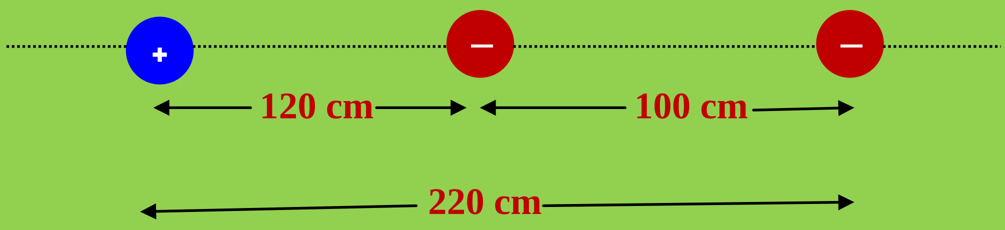
$$F = K \cdot q_1 \cdot q_3 / R^2$$

$$F = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 6 \cdot 10^{-6}\ C / (2{,}20\ m)^2$$

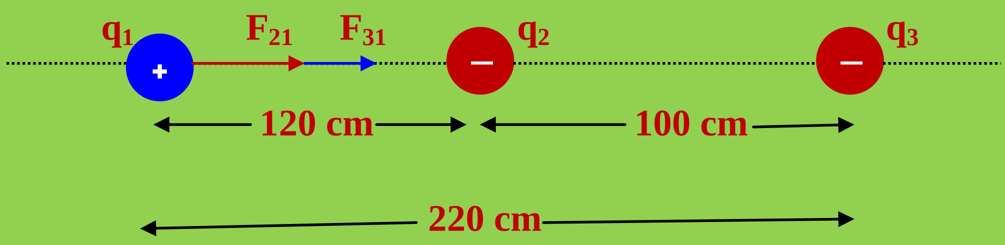
$$F = 34{,}86 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m^2 \cdot C^2 / C^2$$

$$F = 34{,}86 \cdot 10^{-3}\ N$$

b) Sobre la q_1:



Por la razones explicadas para q_2 y q_3 obtenemos un diagrama de fuerzas:



La fuerza resultante sobre q_1 se obtendrá mediante la ecuación:

$$F_R = F_{21} + F_{31}$$

Cálculo de F_{21}:

$$F_{21} = 9 \,.\, 10^9 \text{ N} \,.\, \text{m}^2/\text{C}^2 \,.\, 4 \,.\, 10^{-6} \text{ C} \,.\, 2 \,.\, 10^{-6} \text{ C} / (1,20 \text{ m})^2$$

$$F_{21} = 50 \,.\, 10^{-3} \text{ N} \,.\, \text{m}^2/\text{C}^2 \,.\, \text{C}^2/\text{m}^2 = 50 \,.\, 10^{-3} \text{ N}$$

Cálculo de F_{31}:

$$F_{31} = 9 \,.\, 10_9 \text{ N} \,.\, \text{m}^2/\text{C}^2 \,.\, 6 \,.\, 10^{-6} \text{ C} \,.\, 2 \,.\, 10^{-6} \text{ C} / (2,20 \text{ m})^2$$

$$F_{31} = 22,31 \,.\, 10^{-3} \text{ N}$$

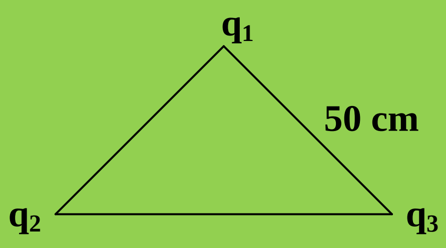
Fuerza resultante sobre q_1:

$$F_R = F_{21} + F_{31}$$

$$F_R = 50 \cdot 10^{-3}\ N + 22{,}31 \cdot 10^{-3}\ N = 72{,}31 \cdot 10^{-3}\ N$$

Ejercicio resuelto Nº 12 *(pág. Nº 12)*

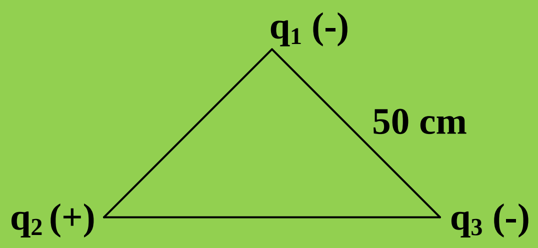
En los vértices de un trángulo equilátero de 50 cm de lado existen tres cargas de: q_1 = - 2,5 µC ; q_2 = - 1,5 µC y $q_3 = 3 \cdot 10^{-8}$ C, según el esquema:



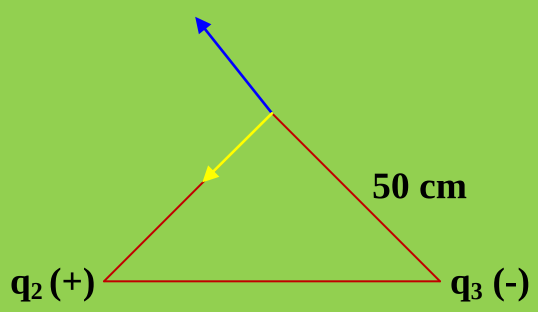
Determinar la fuerza resultante que se ejerce sobre la carga q_1.
IMPORTANTE: Cuando no especifican el medio consideraremos siempre el vacío o el aire.

Resolución

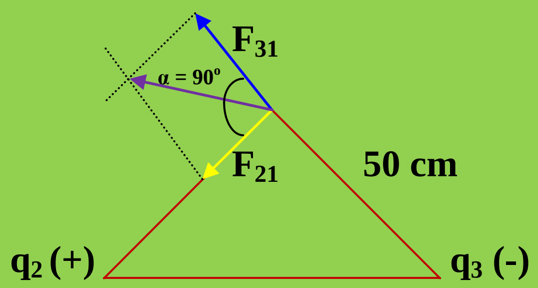
$q_1 = - 2{,}5 \cdot 10^{-6}$ C
$q_2 = - 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ C
$q_3 = 3 \cdot 10^{-8}$ C
R = 50 cm . 1 m / 100 cm = 0,5 m



El diagrama de fuerzas será:



Por la regla del paralelogramo, la fuerza resultante será:



Cálculo de F_{31}:

Según la ley de Coulomb:

$$F_{31} = K \cdot q_3 \cdot q_1 / R^2$$

$$F_{31} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3 \cdot 10^{-8}\ C \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}5\ m)^2$$

$$F_{31} = 270 \cdot 10^{-5}\ N$$

Calculo de la F_{21}:

$$F_{21} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}5\ m)^2$$

$$F_{21} = 135 \cdot 10^{-5}\ N$$

Tenemos dos fuerzas rectangulares cuyo módulo, por el teorema del coseno vale:

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2 + 2 \cdot F_{31} \cdot F_{21} \cos \alpha)]^{1/2}$$

$$\alpha = 90^o \rightarrow \cos 90^o = 0$$

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2 + 2 \cdot F_{31} \cdot F_{21} \cdot 0]^{1/2}$$

$$F_R = [(F_{31})^2 + (F_{21})^2]^{1/2}$$

$$F_R = [(270 \cdot 10^{-5}\ N)^2 + (135 \cdot 10^{-5}\ N)^2]^{1/2}$$

$$F_R = (72900 \cdot 10^{-10}\ N^2 + 18225 \cdot 10^{-5}\ N^2)^{1/2}$$

$$F_R = 301{,}87 \cdot 10^{-5}\ N$$

Ejercicio resuelto Nº 13 *(pág. Nº 14)*

(Fuente enunciado: Leandro Bautista. Resolución: A. Zaragoza)

Calcula el campo eléctrico creado por una carga Q = +2 µC en un punto P situado a 30 cm de distancia en el vacìo. Calcula también la fuerza que actúa sobre una carga q = -4 µC situada en el punto P.

Resolución

Cálculo del campo eléctrico creado por la carga Q = + 2 µC

$Q = +2\ \mu C \cdot 1\ C / 10^{-6}\ \mu C = +2 \cdot 10^{-6}\ C$

$r = 30\ cm \cdot 1\ m / 100\ cm = 0{,}3\ m$

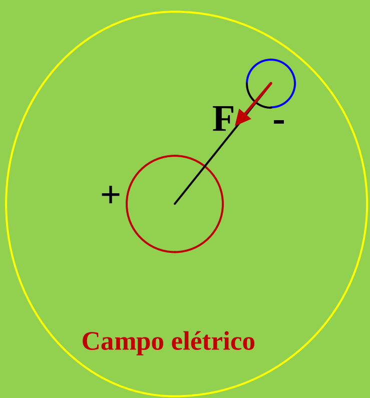
$$E = K \cdot Q/r^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}3\ m)^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}/0{,}09\ \ N \cdot \cancel{m^2}/C^2 \cdot \cancel{C}/\cancel{m^2}$$

$$E = 200 \cdot 10^3\ \ N/C$$

La fuerza ejercida sobre la carga $q = -4\ \mu C = -4 \cdot 10^{-6}\ C$



Al ser la carga *"q"* de signo (-) y la carga "Q" de signo (+), la carga *"q"* será atraída por *"Q"* con una fuerza:

$$F = E \cdot q$$

$$F = 200 \cdot 10^3 \text{ N/C} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 800 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0{,}8 \text{ N}$$

Ejercicio resuelto Nº 14 *(pág. Nº 15)*

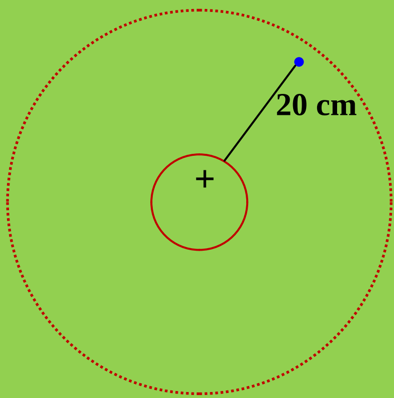
(Fuente Enunciado:www.edu.xunta.es/centro. Resolución: A. Zaragoza)

Calcula la intensidad del campo eléctrico creado en el vacío por una carga eléctrica de + 5 µC a una distancia de 20 centímetros.

Resolución

$Q = +5\ \mu C = +5 \cdot 10^{-6}$ C

$r = 20$ cm $= 0{,}20$ m



$$E = K \cdot Q/r^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}/(0{,}20 \text{ m})^2 = 1125 \cdot 10^3$$

$$= 45/0{,}04 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot \text{C/m}^2 = 1125 \cdot 10^3 \text{ N/C} = 1{,}125 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Ejercicio resuelto Nº 15 *(pág. Nº 15)*

(Fuente enunciado www.edu.xunta.es/centro. Resolución: A. Zaragoza López)

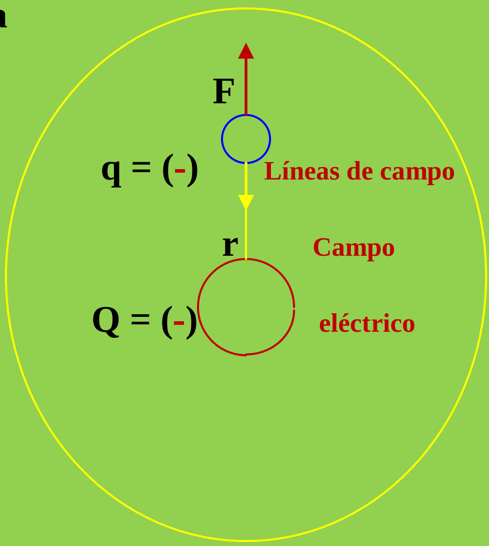
Indica cuál es la magnitud, la dirección y el sentido de un campo eléctrico en el que una carga de - 2 µC experimenta una fuerza eléctrica de 0,02 N dirigida verticalmente hacia arriba.

Resolución

$q = -2\ \mu C = -2 \cdot 10^{-6}$ C

$F = 0{,}02$ N

Para que se den las condiciones del problema se debe cumplir el siguiente esquema



Para que la carga *"q"* sufra la acción de una fuerza vertical y hacia arriba obliga a que la carga que crea el campo *"Q"* sea negativa para que se origine una fuerza repulsiva verticalmente hacia arriba.

La dirección del campo viene determinada por la recta *"r"*, el sentido hacia abajo (lo explicó el profesor cuando trataba con las líeas de campo. Si la carga que crea el campo es negativa las líneas del campo tienen sentido radial en sentido hacia la carga creadora del campo) *F* verticalmente hacia arriba

En lo referente a la magnitud del Campo Eléctrico sabemos que:

$$F = E \cdot q$$

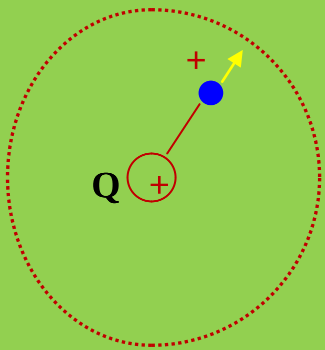
$$E = F / q \;;\; E = 0{,}02\ N /.\ 2 \cdot 10^{-6}\ C = 2 \cdot 10^{-2}\ N / 2 \cdot 10^{-6}\ C = 10^{4}\ N/C$$

$$E = 10000\ N/C$$

Ejercicio resuelto Nº 16 *(pág. Nº 16)*

(Fuente Enunciado: Abolog)

Una carga de 2µC se coloca en un campo eléctrico y experimenta una fuerza de $8 \cdot 10^{-4}$ N. ¿cuál es la magnitud de la intensidad del campo eléctrico?



Resolución

$q = 2\ \mu C = 2 \cdot 10^{-6}$ C

$F = 8 \cdot 10^{-4}$ N

El enunciado no especifíca si se trata de una fuerza atractiva o repulsiva. Yo supuse que *Q* es positiva y aparece una fuerza repulsiva sobre *q*.

En cuanto al valor de la Intensidad de Campo:

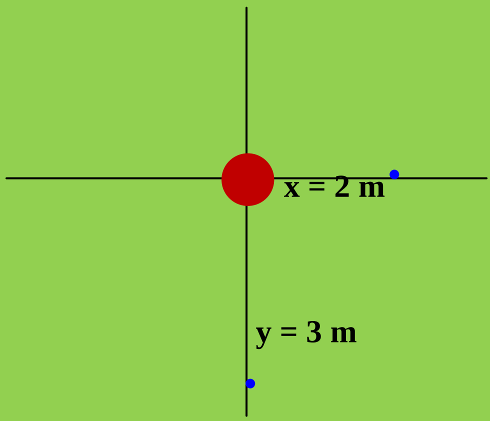
$$F = E \cdot q \;;\quad E = F / q \;;\quad E = 8 \cdot 10^{-4}\ N / 2 \cdot 10^{-6}\ C = 400\ N/C$$

Ejercicio resuelto Nº 17 *(pág. Nº 16)*

(Fuente enunciado: www.ono.com. Resolución: A. Zaragoza)

Una carga eléctrica de $62{,}8 \cdot 10^{-6}$ C está colocada en el origen de coordenadas cartesianas. Determine el campo eléctrico que origina esta carga: a) sobre el eje x =2 m y b) sobre el eje y en y =-3 m.

Resolución



a) **En el eje OX el campo eléctrico vale:**

$$E = K \cdot Q/r^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 62{,}8 \cdot 10^{-6}\ C/\ (2\ m)^2$$

$$E = 141{,}3 \cdot 10^3\ N/C$$

b) **En el eje OY, el punto está colocado en la ordenada y = -3, pero nosotros para poder aplicarla usaremos el valor absoluto y = |-3| = +3. Por tanto:**

$$E = K \cdot Q/r^2$$

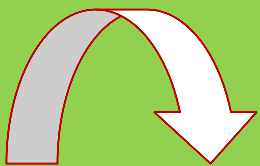
$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 62{,}8 \cdot 10^{-6}\ C\ /\ (\ 3\ m\ )^2$$

$$E = 62{,}8 \cdot 10^3\ N/C$$

Ejercicio resuelto Nº 18 ***(pág. nº 18)***

Un pequeño objeto, que tiene una carga de 9,5 μC, experimenta una fuerza hacia debajo de 920 N cuando se coloca en cierto punto de un campo eléctrico. ¿Cuál es el campo en dicho punto?

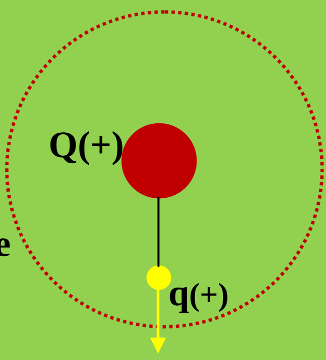
Resolución



$q = 9{,}5\ \mu C = 9{,}5 \cdot 10^{-6}\ C$

$F = 920\ N$

Este sería el esquema para que cumplan las condiciones del problema



En lo referente a la Intensidad de Campo:

$$E = F / q \ ; \ E = 920\ N / 9{,}5 \cdot 10^{-6}\ C = 96{,}86 \cdot 10^{6}\ N/C$$

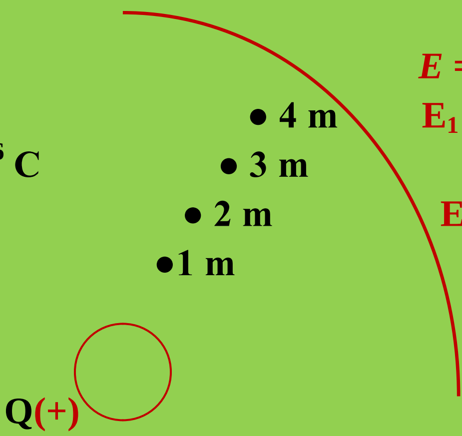
Ejercicio resuelto Nº 19 *(pág. Nº 19)*

www.etitudela.com

Halla el módulo de la intensidad del campo eléctrico creado por una carga positiva de 1µC a 1m, 2m, 3m y 4m de distancia, en el vacío.

Resolución

$Q = 1\ \mu C = 1 \cdot 10^{-6}\ C$



$E = K \cdot Q / R^2$

$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/1 = 9000\ N/C$

$E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/4 = 2250\ N/C$

$E_3 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/9 = 1000\ N/C$

$E_4 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6}/16 = 562{,}5\ N/C$

Ejercicio resuelto Nº 20 *(pág. Nº 19)*

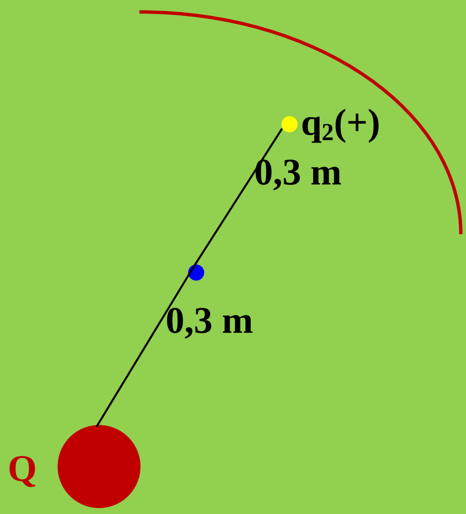
www.etitudela.com

Hallar: a) la intensidad de campo eléctrico E, en el aire, a una distancia de 30 cm de la carga $q_1 = 5 \cdot 10^{-9}$ C (creadora del campo), b) la fuerza F que actúa sobre una carga $q_2 = 4 \cdot 10^{-10}$ C situada a 30 cm de q_1.

Dato: $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

Resolución

$Q = 5 \cdot 10^{-9}$ C
R_1 = 30 cm = 0,30 m
q_2 = 4 . 10-10 C
R_2 = 30 cm + 30 cm = 60 cm = 0,60 m



a) **Cálculo de la Intensidad de Campo:**

$$E = K \cdot Q / R^2 \;\; ; \;\; E = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (0{,}3 \text{ m})^2$$

$$E = 500 \text{ N/C}$$

b) **A una distancia de 60 cm = 0,60 m la Intensidad de campo valdrá:**

$$E = K \cdot Q/R_2^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ C} / (0{,}60 \text{ m})^2 = 125 \text{ N/C}$$

La fuerza será:

$$F = E \cdot q_2 \;\; ; \;\; F = 125 \text{ N/C} \cdot 4 \cdot 10^{-10} \text{ C} = 500 \cdot 10^{10} \text{ N}$$

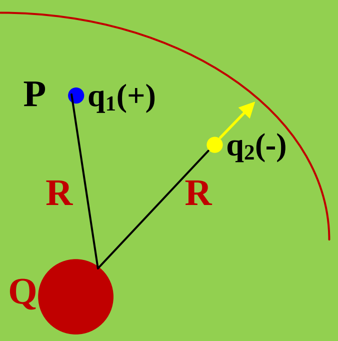
Ejercicio resuelto Nº 21 *(pág. Nº 20)*
Al situar una carga de +0,3 μC en un punto P de un campo eléctrico, actúa sobre ella una fuerza de 0,06 N. Halla: a) La intensidad del campo eléctrico en el punto P ; b) La fuerza que actuaría sobre una carga de –3 μC situada en ese punto del campo.

Resolución

q_1 = + 0,3 μC = + 0,3 . 10^{-6} C

F = 0,06 N

q_2 = - 3 μC = - 3 . 10^{-6} C



a) E = F / q_1 ; E = **0,06 N / 0,3 . 10^{-6} C = 0,2 . 106 N/C =**

= *2 . 10^5 N/C*

b) F = E . q_2 ; F **= 2 . 10^5 N/C . 3 . 10^{-6} C = *0,6 N***

Recordar que en las ecuaciones que utilizamos *NUNCA* ponemos los signos de las cargas. Sí debemos saber si se produce una fuerza *atractiva* o *repulsiva*.

Ejercicio resuelto Nº 22 *(pág. Nº 21)*

Un campo eléctrico está creado por una carga puntual de –3 μC. Calcula: a) La intensidad del campo eléctrico en un punto P situado a 6 dm de la carga en el vacío ; b) La fuerza sobre una carga de –7 μC situada en el punto P.

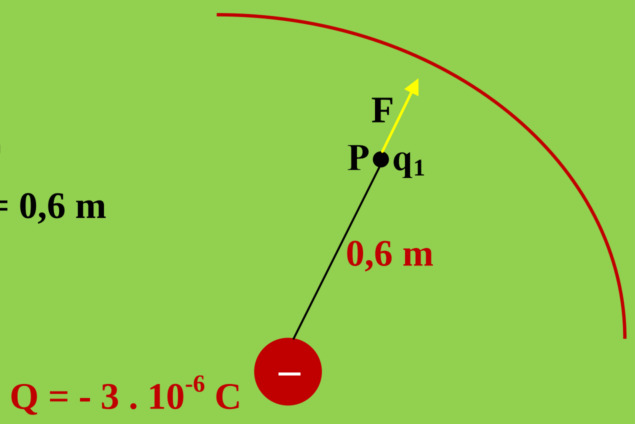
DATO: K = 9 . 10^9 N . m^2/C^2

Resolución

Q = - 3 μC = - 3 . 10-6 C

q_1 = - 7 μC = - 7 . 10-6 C

R = 6 dm . 1 m / 10 dm = 0,6 m



a) **Intensidad de Campo eléctrico en P:**

$$E = K \cdot Q / R^2$$

$$E = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C / (0{,}6\ m)^2$$

$$E = 75 \cdot 10^3\ N/C$$

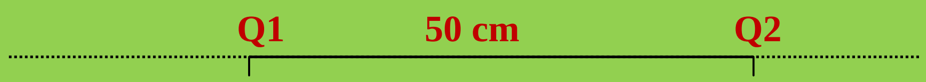
b) **La *F* se dirije hacia arriba porque las dos cargas son negativas y por lo tant se *REPELEN***

$$F = E \cdot q$$

$$F = 75 \cdot 10^3\ N/C \cdot 7 \cdot 10^{-6}\ C = 525 \cdot 10^{-3}\ N$$

Ejemplo resuelto Nº 23 *(pág. Nº 22)*

Según el esquema siguiente:



En donde:

$Q_1 = - 2{,}5\ \mu C = - 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ C$

$Q_2 = - 4{,}75\ \mu C = - 4{,}75 \cdot 10^{-6}\ C$

Determinar:

a) **La Intensidad de Campo Eléctrico en el punto medio que une a las dos cargas**

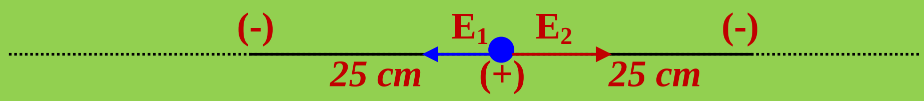
b) **A 30 cm a la derecha de Q_2**

c) **A 30 cm a la izquierda de Q_1**

Resolución

a) **Diagrama de Campos Eéctricos:**

Los puntos de aplicación de los campos parciales se encuentran en la unidad de carga positiva (+).



Obtenemos dos vectores de la misma dirección pero de sentido contrario. Su resultante la calcularemos:

$$E_R = E_{mayor} - E_{menor}$$

Cálculo de los campos parciales:

$E_1 = K \cdot Q_1 / R^2 ; E_1$ **= 9.10^9 N.m^2/C^2. 2,5.10^{-6} C / (0,25 m)^2=** *360 . 10^{3}N/C*

$E_2 = K \cdot Q_2/R ; E_2$ **= 9.10^9 n.m^2/C^2 . 4,75.10^{-6}C/(0,25 m) ^{2}=** *648 . 103 N/C*

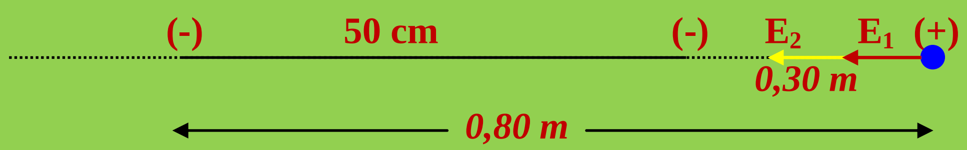
Luego el campo resultante valdrá:

$E_R = E_2 - E_1 ;\ E_R$ **= 648 . 103 N/C – 360 . 103 N/C =** *288 . 10^3 N/C*

Obtenemos en el punto medio de la recta que une las dos cargas un vecotorIntensidad de Campo Eléctrico de:

a) ***Móduo $|\vec{E}|$ = 288 . 103 N/C***
b) ***Dirección la recta de unión de las dos cargas***
c) ***Sentido hacia la derecha***

b) A 30 cm a la derecha de Q_2:
Los dos campos parciales son atractivos



Cálculo de E_1:

$E_1 = K \cdot Q_1/R_1^2 ;\ E_1$ **= 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 2,5 . 10^{-6} C/(0,8 m)^2**

$$E_1 = 35{,}15 \cdot 10^3\ N/C$$

$$E_2 = K \cdot Q_2/R_2^2 \ ; \ \ E_2 = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 \cdot 4{,}75 \cdot 10^{-6} \ C \ / \ (0{,}30 \ m)^2$$

$$E_2 = 475 \cdot 10^3 \ N/C$$

Obtenemos dos vectores de la misma dirección y sentido.

El vector campo resultante tiene:

a) Módulo:

$$E_R = E_2 + E_1 \ ; \ \ E_R = 475 \cdot 10^3 \ N/C + 35{,}15 \cdot 10^3 \ N/C$$

$$E_R = 510{,}15 \ N/C$$

b) Dirección la recta de unión de las dos cargas

c) Sentido hacia la izquierda

c) A 30 cm a la izquierda de E_1:

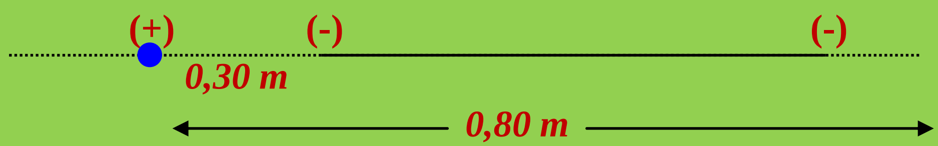


Diagrama de vectores campo:

$Q_1 = - 2{,}5 \ \mu C = - 2{,}5 \cdot 10^{-6} \ C$
$Q_2 = - 4{,}75 \ \mu C = - 4{,}75 \cdot 10^{-6} \ C$

Calculo de los vectores campo parciales:

$E_1 = K \cdot Q_1/R_1^2$; $E_1 = 9 \cdot 10^9$ N . m^2/C^2 . 2,5 . 10^{-6} C / (0,30 m)^2

$$E_1 = 250 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

$E_2 = K \cdot Q_2/R_2^2$; $E^2 = 9 \cdot 10^9$ N . m^2/C^2 . 4,75 . 10^{-6} C/(0,8 m)^2

$$E_2 = 66{,}79 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

Obtenemos dos vectores campo de la misma dirección y sentido, de:

a) Módulo:

$E_R = E_2 + E_1$; $E_R = 66{,}79 \cdot 10^3$ N/C + 250 . 10^3 N/C = $316{,}79 \cdot 10^3$N/C

b) Dirección la recta de unión delas dos cargas

c) Sentido hacia la derecha

Ejemplo resuelto Nº 24 *(pág. Nº 25)*

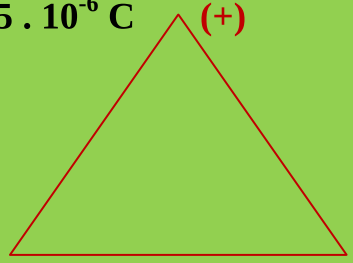
Tenemos un triángulo equilátero, de 75 cm de lado, con dos cargas eléctricas en los vértices de la base de + 3,5 µC. Determinar la Intensidad de Campo Eléctrico en el vértice superior.

DATO: $K = 9 \cdot 10^9$ N . m^2/C^2

Resolución

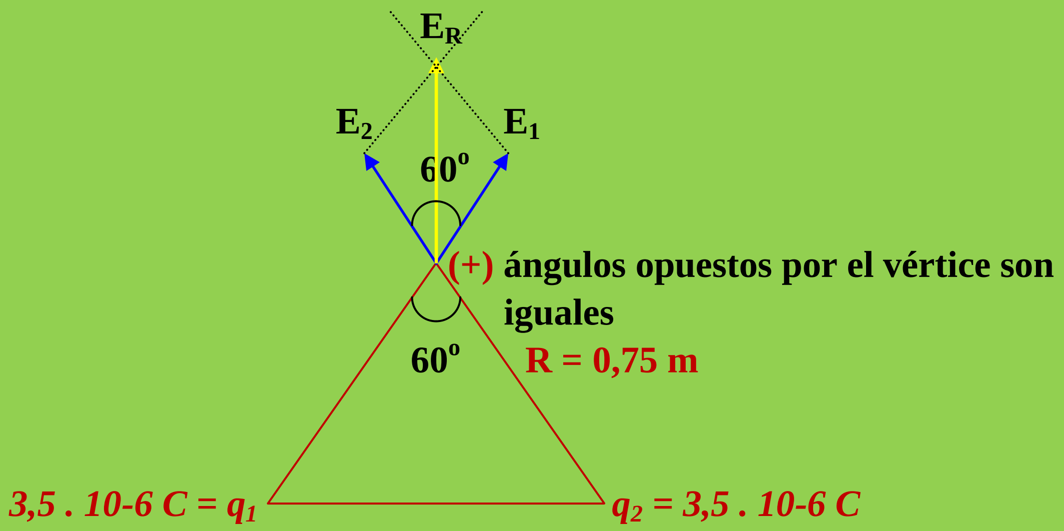
$q_1 = q_2 = 3{,}5$ µC = 3,5 . 10^{-6} C (+)

R = 0,75 m



3,5 . 10-6 C = q_1 q_2 = 3,5 . 10-6 C

Diagrama de Campos parciales:



Como se trata de un triángulo equilátero los tres ángulos son iguales (180:3 = 60º).

Por el teorema del coseno podemos conocer E_R:

$$E_R = [\,(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\alpha]^{1/2} \quad (1)$$

$$E_1 = E_2 = K \cdot Q/R^2$$

$$E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}\ C/(0,75\ m)^2 =$$

$$= E_1 = E_2 = 56,25 \cdot 10^3\ N/C$$

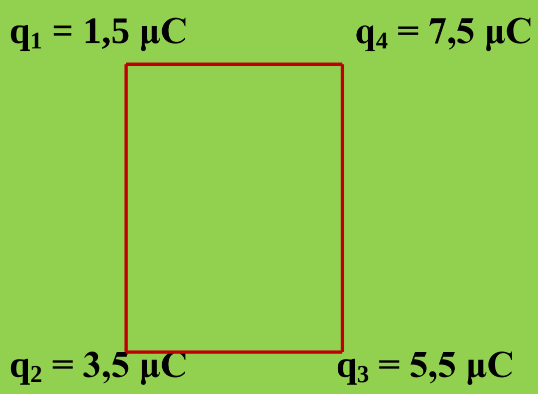
Nos vamos a la ecuación (1) y sustituímos valores:

$$E_R = [\,(56,25 \cdot 10^3\ N/C)2 + (56,25 \cdot 10^3\ N/C)2 + 2 \cdot 56,25 \cdot 10^3\ N/C \cdot 56,25 \cdot 10^3\ N/C \cdot \cos 60º]^{1/2} =$$

$$= (\,6328,125 \cdot 10^6\ N^2/C^2 + 112,5 \cdot 10^6\ N^2/C^2)^{1/2} =$$
$$= (6440,625\ \cdot 10^6\ N^2/C^2)^{1/2} = 80,25 \cdot 10^3\ N/C$$

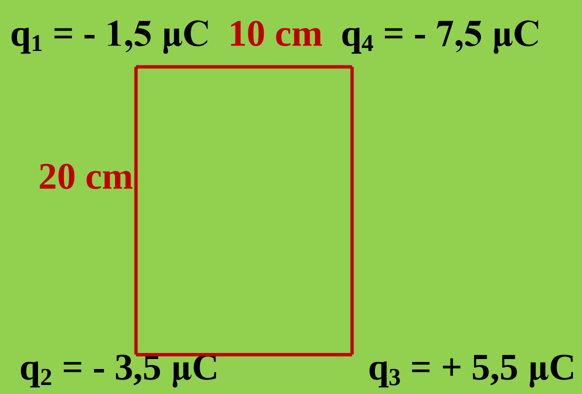
Ejercicio resuelto Nº 25 *(pág. Nº 27)*

Dado el esquema siguiente:



Determinar la Intensidad de Campo Eléctrico en el centro geométrico del rectángulo.

Resolución



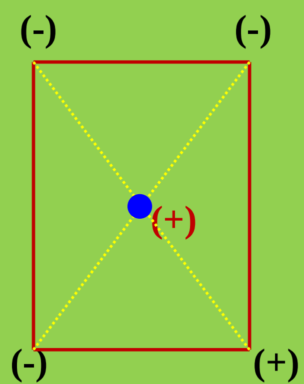
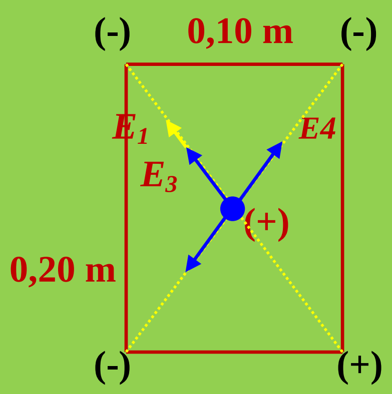
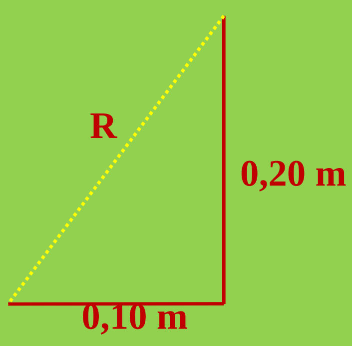


Diagrama de Campos parciales:





Por Pitágoras:

$$R = [(0{,}10\ m)^2 + (0{,}20\ m)^2]^{1/2}$$

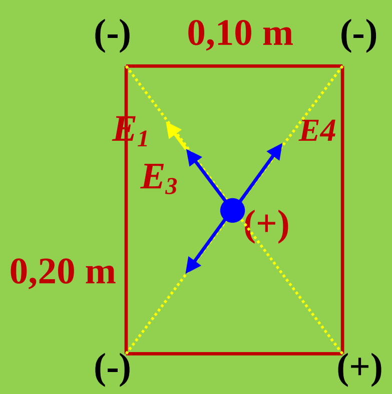
$$R = (\ 0{,}01\ m^2 + 0{,}04\ m^2)^{1/2} = (0{,}05\ m^2)^{1/2}$$

$$R = 0{,}22\ m$$

La distancia de un vértice al centro geométrico será:

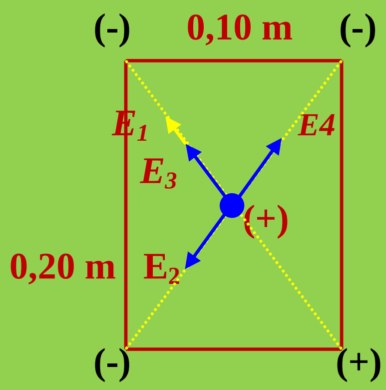
$$d = 0{,}22\ m / 2 = 0{,}11\ m$$

Cálculo de los campos parciales:



$q_1 = -\ 1{,}5\ \mu C = -\ 1{,}5\ .\ 10^{-6}\ C$
$q_2 = -\ 3{,}5\ \mu C = -\ 3{,}5\ .\ 10^{-6}\ C$
$q_3 = +\ 5{,}5\ \mu C = +\ 5{,}5\ .\ 10^{-6}\ C$

q_4 = - 7,5 μC = - 7,5 . 10^{-6} C
d = 0,11 m



$E_1 = K . q_1/R_1^2 = 9.10^9 N.m^2/C^2.1,5.10^{-6} C/ (0,11 m)^2 = 1125 . 10^3 N/C$
$E_3 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 5,5 . 10^{-6} C/(0,11 m)^2 = 4125 . 10^3 N/C$

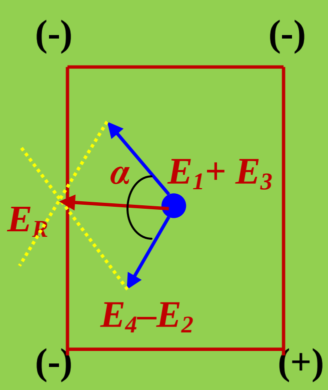
$E_1 + E_3 = 1125 . 10^3 N/C + 4125 . 10^3 N/C = 5250 . 10^3 N/Q$

$E_2 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 3,5 . 10^3 N/C / (0,11 m)^2 = 2625 . 10^3 N/C$

$E_4 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 7,5 . 10^{-6} C/(0,11 m)^2 = 5625 . 10^3 N/C$

$E_{mayor} – E_{menor} = |E_4 – E_2| = | 5625 .10^3 N/C – 2625 .10^3 N/C| = 3000.10^3 N/C$

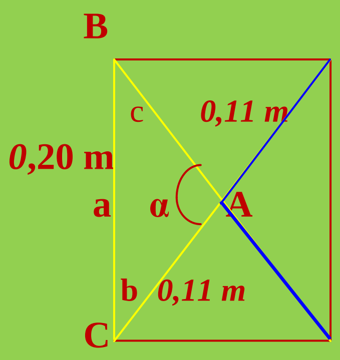
Nuevo diagrama de campos:



Para conocer E_R aplicaremos la ecuación:

$E_R = [(E_1+E_3)^2 + (E_4 – E_2)^2 + 2 . (E_1+E_3) . (E_4 – E_2) . \cos α]^{1/2}$

Ecuación de la cual conocemos todo excepto el angulo *"α"*. Para conocer *"α"* nos iremos al triángulo BAC:



El teorema del coseno nos dice que:

$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos\alpha$

$(0{,}20\ m)^2 = (0{,}11\ m)^2 + (0{,}11\ m)^2 - 2 \cdot 0{,}11\ m \cdot 0{,}11\ m \cos\alpha$

$0{,}04\ m^2 = 0{,}012\ m^2 + 0{,}012\ m^2 - 0{,}024 \cos\alpha$

$0{,}04 - 0{,}012 - 0{,}012 = -\ 0{,}024 \cos\alpha\ ;\ 0{,}016 = -\ 0{,}024 \cos\alpha$

$$\cos\alpha = 0{,}016 / -\ 0{,}024 = -\ 0{,}67$$

$$\alpha = 132{,}07^o$$

Conocida *"α"* podemos volver a la ecuación:

$E_R = [\ (E_1+E_3)^2 + (E_4 - E_2)^2 + 2 \cdot (E_1+E_3) \cdot (E_4 - E_2) \cdot \cos\alpha]^{1/2}$

$E_R = [(5250 \cdot 10^3\ N/C)^2 + (3000 \cdot 10^3\ N/C)^2 +$

$+\ 2 \cdot 5250 \cdot 10^3\ N/C \cdot 3000 \cdot 10^3\ N/C \cdot \cos\alpha]^{1/2}$

$E_R = (\ 27562500 \cdot 10^6\ N^2/C^2 + 9000000\ \cdot 10^6\ N^2/C^2 +$

$+\ 4{,}65 \cdot\ 10^{21} \cdot \cos 132{,}07^o)^{1/2}$

$E_R = 36562500 \,.\, 10^6\ N^2/C^2 + 4,65 \,.\, 10^{21} \,.\, (-0,67)]^{1/2}$

Eliminamos el primer membro de la derecha en la ecuación por considerarlo muy pequeño respecto al segundo miembro:

$E_R = (-\ 3,11 \,.\, 10^{21}\ N2/C2)^{1/2}$

Es ahora cuando surge un problema: La raíz de un número negativo *NO EXISTE*. No *PODEMOS CONOCER E_R*.

Analizar todo el problema desde el principio sería perder mucho tiempo en ello. El prodemiento seguido es el correcto pero en algún sitio, después de tantos cálculos matemáticos, me he equivocado y no podemos conocer *E_R*, lo siento chicos. Si os consuela, *EL PROCEDIMIENTO ES CORRECTO*.

Ejercicio resuelto Nº 25 *(pág. Nº 31)*

En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de $12 \,.\, 10^{-8}$ C, adquiere una energía potencial de $75 \,.\, 10^{-4}$ J. Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto.

Resolución

En los ejercicios de potencial elétrico *Energía Potencial* es sinónimo de trabajo, lo mismo que ocurre con el Campo Gravitatrio, es decir para llevar la carga de $12 \,.\, 10^{-8}$ C hasta el punto considerado se ha realizado un trabajo de $75 \,.\, 10^{-4}$ J.

Recordemos:

$$V = Ep/q = w/q = 75 \,.\, 10^{-4}\ J / 12 \,.\, 10^{-8}\ C = 6,25 \,.\, 10^4\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 26 ***(pág. Nº 32)***

A una distancia de 10 cm se encuentra una carga de 6,5 . 10^{-8} C determinar el valor del Potencial eléctrico a esa distancia.

Resolución

R = 10 cm . 1 m / 100 cm = 0,01 M

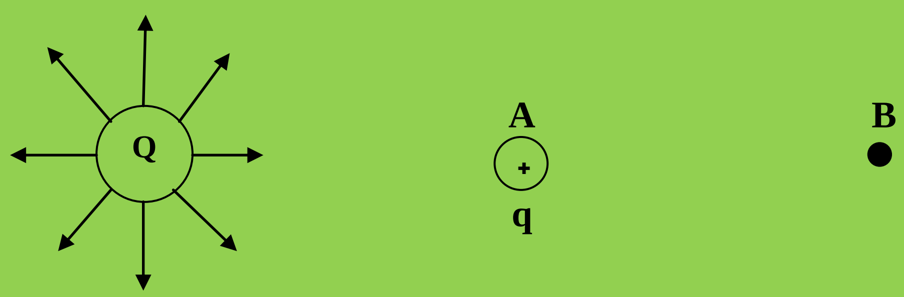
El potencial en un punto creado por una carga eléctrica viene determinado por la ecuación:

$$V = K . Q / R$$

V = 9.10^9 N . m^2/C^2 . 6,5 . 10^{-8} C / 0,10 m ; V = 585 . 10 N . m / C = 5850 J/C = 5850 V

Ejercicio resuelto Nº 27 ***(pág. Nº 32)***

Una carga de prueba se mueve del punto A al B como se indica en la figura:



Determinar la Diferencia de Potencial V_{AB}, si la distancia del punto A a la carga Q de 4 μC es de 20 cm y la distancia del punto B a la carga Q es de 40 cm.
Determinar el valor del trabajo realizado por el campo eléctrico que crea la carga Q para mover la carga de prueba "q" cuyo valor es de 9nC desde el punto A al punto B.

Resolución

9 nC . 10^{-9}C / 1 nC = 9 . 10^{-9} C

El trabajo realizado viene determinado por la ecuación:

$$W = q \cdot (V_A - V_B)$$

En este ejercicio es fácil establecer la diferencia de potenciales puesto que nos proporciona un croquis de la situación. $V_A > V_B$ puesto que se encuentra más cerca de la carga Q.

Calculemos los potenciales en A y B.

a) **Potencial V_A:**

$V_A = K \cdot Q / R$; $VA = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} / 0{,}20 \text{ m} =$
$= 180 \cdot 10^3 \text{ J/C}$

b) **Potencial en el punto B:**

$V_B = K \cdot Q /R$; $V_B = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}/0{,}40 \text{ m} =$
$= 90 \cdot 10^3 \text{ J/C}$

Luego el trabajo:

$$\Delta V = V_{salida} - V_{llegada} = V_A - V_B$$

$W = q \cdot (V_A - V_B) = 9 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot (180 \cdot 10^3 \text{ J/C} - 90 \cdot 10^3 \text{ J/C})$
$= 810 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{J/C} = 810 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

Ejercicio resuelto Nº 28 *(pág. Nº 33)*
Una carga de 6 µC está separada 30 cm de otra carga de 3 µC. ¿Cuál es la energía potencial del sistema?.

Resolución

$q_1 = 6 \text{ µC} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
$q_2 = 3 \text{ µC} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

La *energía potencial* del sistema correspone a un *trabajo realizado*. Para ello haremos que una de las cargas sea la causante del campo eléctrico creado, por ejemplo la q_1. Para poder entrar la q_2 hasta una distancia de 30 cm de q_1 debemos realizar un trabajo contra el campo.

El potencial en un punto viene dado por la ecuación:

$$V = K\, q_1/r$$

Por otra parte recordemos que:

$$V = W / q_2$$

Igualaremos los dos segundos miembros y obtenemos:

$$K \cdot q_1 / r = W / q_2 \;;\; W = K \cdot q_1 \cdot q_2 / r$$

$$W = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 6 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}30\ m$$

$$W = 540 \cdot 10^{-3}\ N \cdot m = 540 \cdot 10^{-3}\ J$$

Problema resuelto Nº 29 *(pág. Nº 34)* **(Fuente del enunciado: D.Francisco Javier Seijas. Resolución: A. Zaragoza)**

Un campo eléctrico uniforme de valor 200 N/C está en la dirección x. Se deja en libertad una carga puntual Q = 3μC inicialmente en reposo en el origen.
¿Cuál es la energía cinética de la carga cuando esté en x = 4 m?
¿Cuál es la variación de energía potencial de la carga desde x = 0 hasta x = 4m?
¿Cuál es la diferencia de potencial V(4m) – V(0)?

Resolución

a) $E = 200\ N/C$
$q = 3\ \mu C = 3 \cdot 10^{-6}\ C$

$V_{oq} = 0$
X = 4 m
Cuando q se encuentre en x = 4 m.

La Energía cinética será igual al trabajo realizado:

$$Ec = W$$

Recordemos que en un campo eléctrico se cumple:

$$F = E \cdot q$$

$F = E \cdot q = 200\ N/C \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C = 600 \cdot 10^{-6}\ N = 6 \cdot 10^{-4}\ N$

$W = F \cdot x = 6 \cdot 10^{-4}\ N \cdot 4\ m = 24 \cdot 10^{-4}\ J$

Luego: $Ecf = 24 \cdot 10^{-4}\ J$

b) **La energía potencial eléctrica tiene el mismo significado que el trabajo realizado pero como se realiza contra el campo será un trabajo negativo:**

$W = - 24 \cdot 10^{-4}\ J$

c) **(V4m – Vo)?**

$W = q \cdot (V4m - Vo)$; $- 24 \cdot 10^{-4}\ J = 3 \cdot 10^{-6}\ C\ (V4m - Vo)$

$(V4m - Vo) = - 24 \cdot 10^{-4}\ J / 3 \cdot 10^{-6}\ C = - 8 \cdot 10^{2}\ J/C$

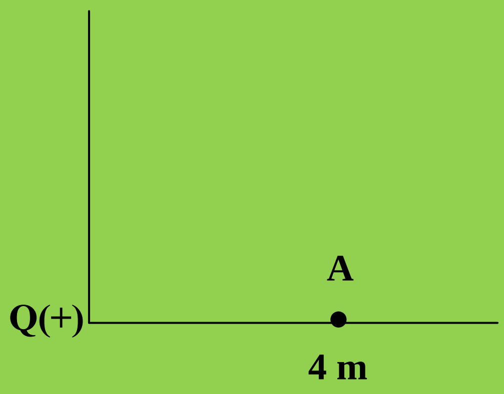
Problema resuelto Nº 30 ***(pág. Nº 35)*** **(Fuente enunciado: Francisco Javier Seijas. Resolución: A. Zaragoza)**

Una carga positiva de valor 2µC está en el origen.
¿Cuál es el potencial eléctrico V en un punto a 4m del origen respecto al valor V=0 en el infinito?
¿Cuál es la energía potencial cuando se coloca una carga de +3µC en

r=4m?
¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga de 3µC desde el infinito hasta r=4m admitiendo que se mantiene fija en el origen otra carga de 2µC?
¿Cuánto trabajo deberá ser realizado por un agente exterior para llevar la carga de 2µC desde el infinito hasta el origen si la carga de 3µC se coloca primeramente en r=4m y luego se mantiene fija?

Resolución

Q = + 2µC = + 2 . 10^{-6} C



a) ***V = K . Q /R*** ; ***V*** = 9 . 10^{9} N . m^2/C^2 . 2 . 10^{-6} C / 4 m =

= ***4,5 . 10^{3} J/C*** = ***4,5 . 103 V***

b) **Energía potencial en x = 4 ; q = 3 µC = 3 . 10^{-6} C**

Ep = K . Q . q / R

Ep = 9 . 10^{9} N . m^2/C^2 . 2 . 10^{-6} C . 3 . 10^{-6} C / 4m

Ep = 13,5 . 10^{-3} N . m = ***13,5 . 10^{-3} J***

c) **El trabajo realizado es sinónimo de Ep, pero como el trabajo se realiza contra el campo, este es negativo:**

$$Ep = W = -\ 13{,}5 \cdot 10^{-3}\ J$$

d) Es la misma pregunta que el ejercicio anterior:

$$W = -\ 13{,}5 \cdot 10^{-3}\ J$$

e) $W = q \cdot (V_A - V_B)$

$V_A = K \cdot Q / R$; $V_A = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / 4m$

$V_A = 4{,}5 \cdot 10^3\ J/C$

El potencial en el origen vale 0 ; $V_B = 0$

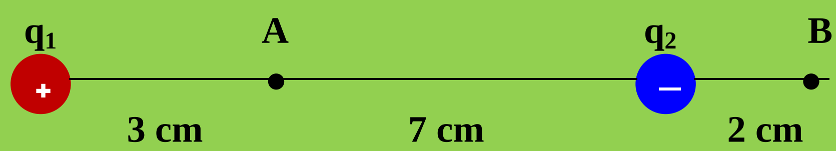
$W = 3 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 4{,}5 \cdot 10^3\ J/C = 13{,}5 \cdot 10^{-3}\ J$

Ejercicio resuelto Nº 31 *(pág. Nº 37)*

Dos cargas, $q_1 = 2\ \mu C$ y $q_2 = -\ 2\mu C$ se encuentran a una distancia de 10 cm. Calcular:

a) ¿Cuánto vale el potencial en el punto A y en el punto B?
b) ¿Cuál es la diferencia de potrencial entre los puntos A y B?
c) ¿Cuál es el valor del trabajo que debe realizar el Campo Eléctrico para mover una carga de – 3 μC del punto A al punto B?

El diagrama del problema es el siguiente:



$q_1 = 2\ \mu C = 2 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_2 = -\ 2\ \mu C = -\ 2 \cdot 10^{-6}\ C$
$R_1 = 3\ cm = 0{,}03$
$R_2 = 7\ cm = 0{,}07\ m$

a) **Sobre el punto A actúan dos cargas, q_1 y q_2, existirán por tanto dos potenciales en A. Su valor será la suma escalar de los potenciales:**

$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}03\ m =$
$= 600 \cdot 10^3\ J/C (V)$

$Vq_2 = K \cdot q_2 / R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot (- 2 \cdot 10^{-6}\ C) / 0{,}07\ m =$
$= - 257{,}14 \cdot 10^3\ J/C (V)$

$$V_A = 600 \cdot 10^3\ V + (- 257{,}14 \cdot 10^3\ V) =$$

$$V_A = 342{,}86 \cdot 10^3\ V$$

$V_B = Vq_1 + Vq_2$

$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}12\ m =$

$= 150 \cdot 10^3\ V$

$Vq_2 = K \cdot q_2/R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot (- 2 \cdot 10^{-6}\ C) / 0{,}02\ m =$

$= - 900 \cdot 10^3\ V$

$$V_B = 150 \cdot 10^3\ V + (- 900 \cdot 10^3\ V) = - 750 \cdot 10^3\ V$$

b) **La diferencia de potencial no podemos calcularla mediante la ecuación:**

$$W = q\ (Vq_1 – Vq_2)$$

No conocemos el trabajo ni la carga.

$$\Delta V = (V_A - V_B)$$

$$\Delta V = 342{,}86 \cdot 103\ V - (-750 \cdot 10^3\ V) =$$

$$= (342{,}86 \cdot 10^3\ V + 750 \cdot 10^3\ V)$$

$$= 1092 \cdot 10^3\ V$$

c) **Recordar que:**
$q = -3\ \mu C = -3 \cdot 10^{-6}\ C$

$$W = q \cdot (V_A - V_B)\ ; \quad W = (-3 \cdot 10^{-6}\ C) \cdot 1092\ 10^3 \cdot 103\ J/Q$$

$$W = -3276 \cdot 10^{-3}\ J = -3{,}276\ J$$

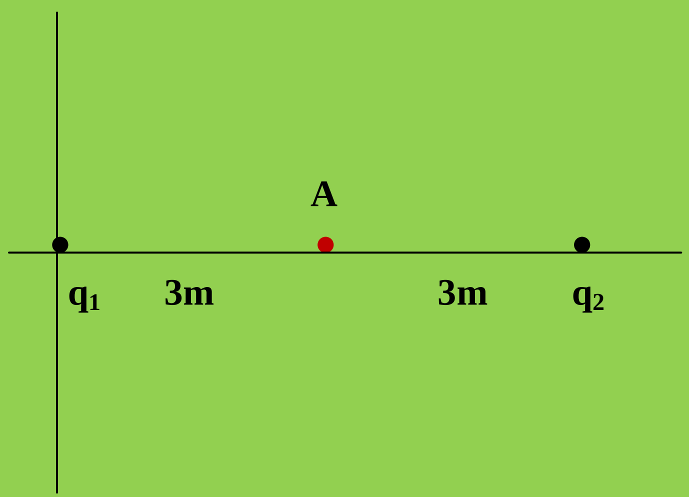
Problema resuelto Nº 32 *(pág. Nº 39)* **(Fuente Enunciado:Frnacisco Javier Seijas. Resolución: A . Zaragoza)**

Una carga de +3μC está en el origen y otra de -3μC está en el eje x en x=6m. Hallar el potencial en el eje x en el punto x=3m
Hallar el campo eléctrico en el eje x en el punto x=3m

Resolución

$q_1 = +3\ \mu C = +3 \cdot 10^{-6}\ C$

$q_2 = -3\ \mu C = -3 \cdot 10^{-6}\ C$



$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

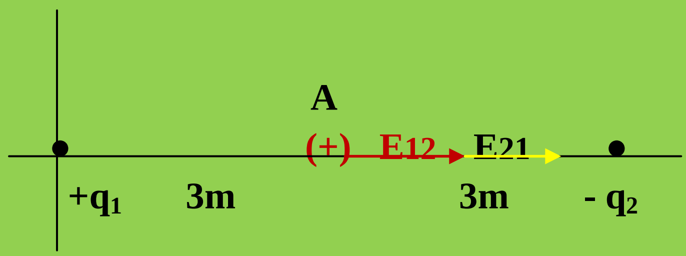
V_{q_1} = K . q_1/R_1 = 9 .10^9 N . m^2/C^2 . 3 . 10^{-6} C/ 3m = *9 . 10^3 V*

V_{q_2} = K . q_2/R_2 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 (- 3 . 10^{-6} C)/ 3m = *- 9 . 10^3 V*

V_A = 9 . 10^3 V + (- 9 .10^3 V) = 9 . 10^3 V – 9 . 10^3 V = 0

Para hallar el campo eléctrico en el punto A deberemos suponer que en dicho punto existe la unidad de carga positiva (+).

q_2 = - 3 μC = - 3 . 10^{-6} C



Obtenemos dos campos eléctricosfuerzas, E_{12} y E_{21}, de la misma dirección y del mismo sentido. La resultante será la suma de los módulos de estos dos campos:

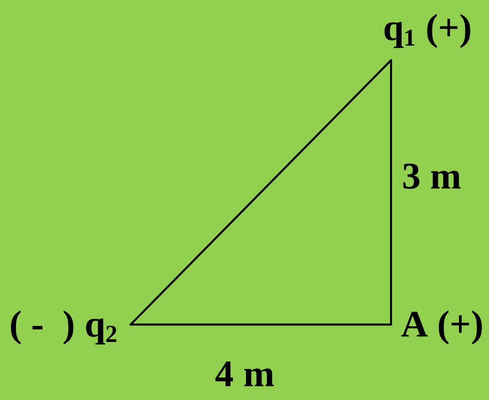
E_{12} = K . q_1/R_1^2 = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 3 . 10^{-6} C/$(3m)^2$ = *3 . 10^3 N/C*
E_{21} = K . $q_2/R2^2$ = 9 . 10^9 N . m^2/C^2 . 10^{-6} V / $(3m)^2$ = *3 . 103 N/C*

$$|\vec{E}_R| = |\vec{E}_{12}| + |\vec{E}_{21}|$$

E_R = 3 . 10^3 N/C + 3 . 10^3 N/C = *6 . 10^3 N/C*

Ejercicio resuelto Nº 33 ***(pág. Nº 41)***

Dos cargas puntuales q_1=+2 · 10^{-9} C y q_2= - 25 · 10^{-9} C se encuentran situadas en los vértices del triángulo rectángulo de la Figura:



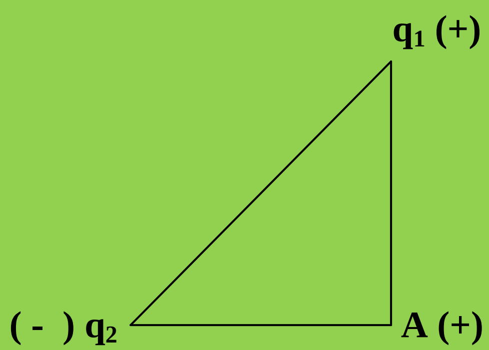
a) La intensidad del campo eléctrico en el vértice A

b) El potencial en el vértice A.

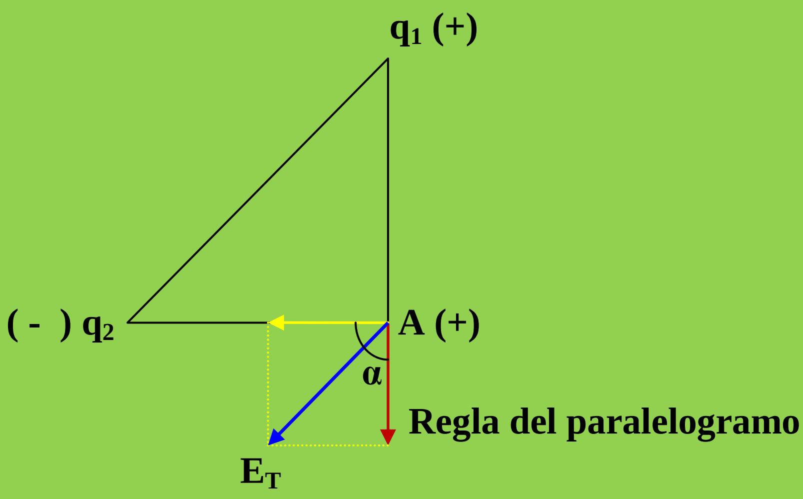
DATO: K = 9,00 · 10^9 N . m^2/C^2)

Resolución

a) q_1= +2 · 10^{-9} C y q_2= - 25 · 10^{-9} C



Al existir dos cargas, q_1 y q_2, en el punto A se generarán dos campos parciales. Geométricamente y suponiendo la unidad decarga eléctrica positiva en el punto A:



Por el teorema del coseno:

$$E_T = [\,(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2 \,.\, E_1 \,.\, E_2 \cos \alpha\,]^{1/2}$$

como $\alpha = 90^o \rightarrow \cos 90^o = 0$

La ecuación anterior nos queda de la forma:

$$E_T = [\,(E_1)^2 + (\,E_2)^2]^{1/2}$$

Calculemos los campos parciales:

$E_1 = K \,.\, q_1/R^2$; $E_1 = 9 \,.\, 10^9$ N . m^2/C^2 . 2 . 10^{-9} C / $(R_1\ m)^2$ = 18 / (R_1 m)2

E_1 = 18 /9 N/C ; *E_1 = 2 N/C*

$E_2 = K \,.\, q_2/R_2^2$; $E_2 = 9 \,.\, 10^9$ N . m^2/C^2 . 25 . 10^{-9} C/(4 m)^2

E_2* = 225 / 16 N/C = *16,05 N/C

Llevados estos valores a la ecuación de E_T:

$$E_T = [\,(\,2\ N/C)^2 + (16{,}05\ N/C)^2\,]^{1/2} = 16{,}17\ N/C$$

b) El potencial en el vértice A.

Los potenciales son magnitudes escalares y no es preciso realizar dibujos. En el punto A:

$$V_T = Vq_1 + Vq_2$$

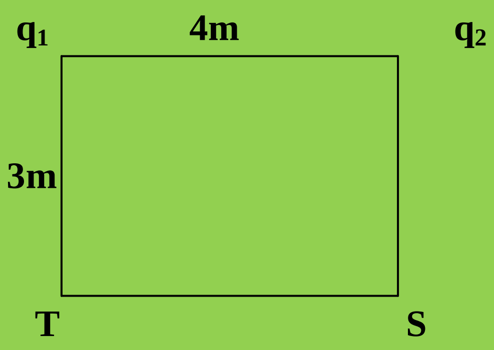
$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9}\ C/\ 3\ m = 6\ V$

$Vq_2 = K \cdot q_2\ /R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 25 \cdot 10^{-9}\ C/\ 4\ m = 56{,}25\ V$

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 = 6\ v + 56{,}25\ V = 62{,}25\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 34 *(pág. Nº 43)*

En dos vértices consecutivos del rectángulo de la figura:



se sitúan fijas dos cargas puntuales q_1=50'0nC y q_2=36'0nC. Determinar:

a) El campo eléctrico creado en el vértice T

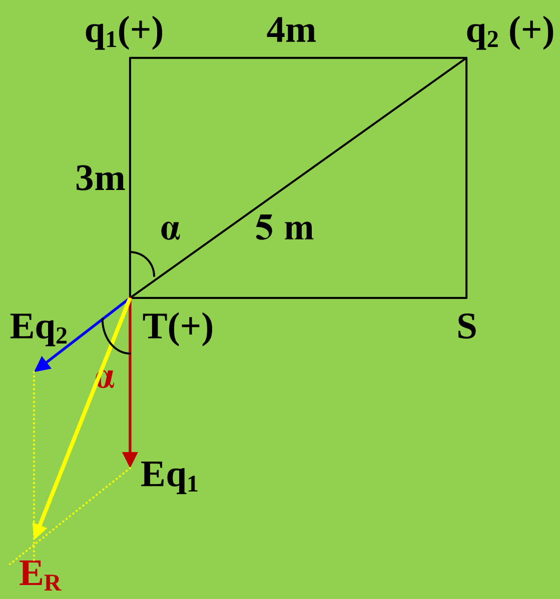
b) El potencial eléctrico en los vértices S y T

Resolución

$q_2 = 36{,}0\ nC = 36{,}0 \cdot 10^{-9}\ C$

$q_1 = 50{,}0\ nC = 50{,}0 \cdot 10^{-9}\ C$

a)



En el vértice T existirán dos campos eléctricos debido a la existencia de q1 y q2. Supondremos en T existe la unidad de carga positiva (+). Por Pitágoras la distancia entre q_2 y T vale *5 m.*

Calculemos los campos parciales:

$Eq_1 = k \cdot q_1/R_1^2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 50{,}0 \cdot 10^{-9}\ C/(3\ m)^2 = 50\ N/C$
$Eq_2 = K \cdot q_2/R_2^2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 36 \cdot 10^{-9}\ C/(5m)^2 = 12{,}96\ N/C$

El teorema del coseno nos dice que:

$$E_R = [(Eq_1)^2 + (Eq_2)^2 + 2 \cdot Eq_1 \cdot Eq_2 \cdot \cos\alpha]^{1/2}$$

Debemos conocer el valor de α. Para ello nos vamos al último dibujo y del triángulo q_1Tq_2 (triángulo rectángulo):

sen α = cateto opuesto / hipotenusa = 4 m / 5 m = 0,8 → $\alpha = 53{,}13^o$

Volvemos a E_R:

$E_R=[(50{,}0.10^{-9}N/C)^2+(36.10^{-9}N/C)^2 + 2.50{,}0.10^{-9}C.\ 36.10^{-9}.\cos 53{,}13]^{1/2}$

$E_R = (2500 \cdot 10^{-18}\ N^2/C^2 + 1296 \cdot 10^{-18}\ N^2/C^2 + 2160 \cdot 10^{-18}\ N^2/C^2]^{1/2}$

$$E_R = 77{,}17 \cdot 10^{-9}\ N/C$$

b) Potenciales elétricos en S y en T:

Conoceremos los potenciales parciales y como el potencial elétrico es un escalar no necesitamos dibujos y el potencial total es igual a la suma de los potenciales parciales.

Calculemos los potenciales parciales:

$VSq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 50{,}0 \cdot 10^{-9}\ C/\ 3\ m = 150\ V$
$VSq_2 = K \cdot q_2/R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 36 \cdot 10^{-9} C/\ 5m = 64{,}8\ V$

$$V_S = VSq_1 + VSq_2 = 150\ V + 64{,}8\ V = 214{,}8\ V$$

En el vértice T:

$$V_T = V_Tq_1 + V_Tq_2$$

$V_Tq_1 = K \cdot q_1/r_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 50{,}0 \cdot 10^{-9}\ C/\ 5\ m = 90\ V$

$V_Tq_2 = K \cdot q_2/R_2 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 36 \cdot 10^{-9}\ C\ /\ 3\ m = 108\ V$

$$V_T = 90\ V + 108\ V = 198\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 35 *(pág. Nº 45)*

El potencial en un punto a una cierta distancia de una carga puntual es 600 V, y el campo eléctrico en dicho punto es 200N/C. ¿Cuál es la distancia de dicho punto a la carga puntual y el valor de la carga?

Resolución

Trabajaremos conjuntamente con las ecuaciones del Potencial y del Campo y veamos lo que podemos hacer:

V = K . Q / R
E = K . Q / R²

Si dividimos miambro a miembro las dos ecuaciones nos queda:

$$V / E = (K . Q / R) / (K . Q / R^2)$$

$$V / E = R \;;\; 600\ V / 200\ N/C = R$$

$$600\ J/C / 200\ N/C = R \;;\; 600\ N . m/C / 200\ N/C = R$$

$$R = 3\ m$$

Para conocer el valor de Q podemos utilizar la ecuación del potencial o la del campo eléctrico. Es más comoda la del potencial eléctrico:

$$V = K . Q / R \;;\; Q = V . R / K = 600\ V . 3\ m / 200\ N/C$$

$$Q = 600\ J/C . 3\ m / 200\ N/C = 600\ N . m/C . 3\ m / 200\ N/C = 9\ C$$

Ejercicio resuelto Nº 36 ***(pág. Nº 46)***

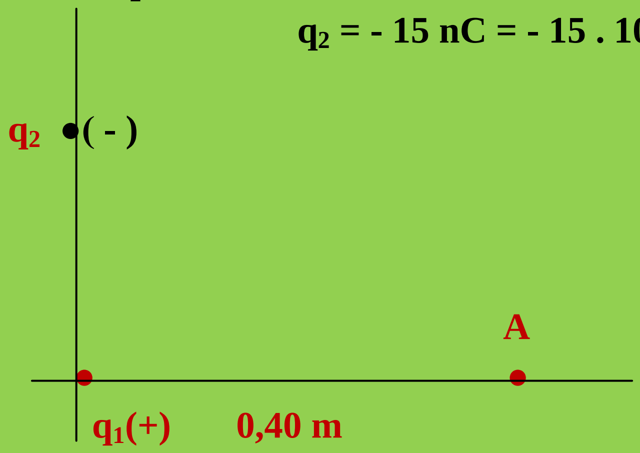
Una carga puntual de 5 nC está situada en el origen de coordenadas de un sistema cartesiano. Otra carga puntual de -15 nC está situada en el eje OY a 30 cm del origen del mismo sistema. Calcula:

a) **La intensidad de campo electrostático en un punto A, situado en el eje OX, a 40 cm del origen.**
b) **El valor del potencial electrostático en el punto A.**

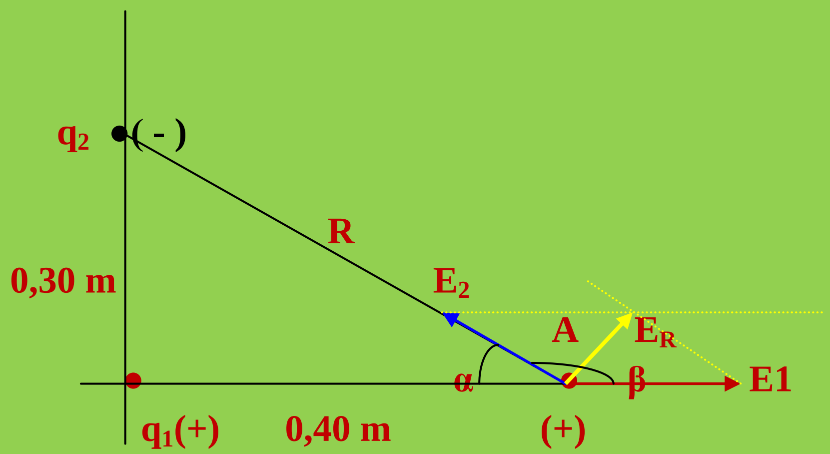
Resolución

q_1 = 5 nC = 5 . 10^{-9} C

q_2 = - 15 nC = - 15 . 10^{-9} C



En el punto A existirán dos campos parciales.



El valor de E_R lo conoceremos por la ecuación:

$$E_R = [(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2 . E_1 . E_2 . \cos \beta]^{1/2}$$

Hagamos los cáculos pertinentes:

$E_1 = K . q_1 / R_1^2$; $E_1 = 9 .10^9 \text{ N . m}^2/\text{C}^2 . 5 . 10^{-9} \text{ C} / (0,40 . \text{m})^2$

$E_1 = 281,25$ N/C

$R = [(0,30 \text{ m})2 + (0,40 \text{ m})2]^{1/2} = 0,56$ m

$E_2 = K . q_2 / R_2^2$; $E_2 = 9 . 10^9 \text{ N . m2/C2} . 15 . 10^{-9} \text{ C} / (0,56 \text{ m})^2$

$E_2 = 435,48$ N/C

sen α = 0,30/0,56 = 0,536 → *α = 32,41º*
β* = 180º – 32,41º = *147,59º

Volvemos a la ecuación de E_R:

$E_R=[(281{,}25\ N/C)^2+(435{,}48\ N/C)^2+2.281{,}25\ N/C.435{,}48\ N/C.\cos\beta]^{1/2}$

$E_R = [(79101{,}56\ N^2/C^2 + 189642{,}8\ N^2/C^2 + (-205764{,}3\ N^2/C^2)]^{1/2}$

$E_R = (62980{,}06\ N2/C2)^{1/2} = 250{,}95\ N/C$

El potencial en el punto viene dado por la ecuación:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2$$

Calculemos los potenciales parciales:

$Vq_1 = k\ .\ q_1 / R_1$; $Vq_1 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.5\ .\ 10^{-9}\ C / 0{,}40\ m = 112{,}5\ V$

$Vq_2 = K\ .\ q_2 / R_2$; $Vq_2=9.10^9\ N.m^2/C^2.15.10^{-9}\ C / 0{,}56\ m = 241{,}7\ V$

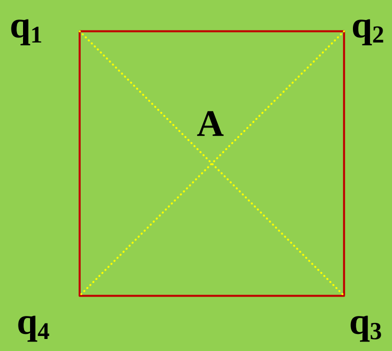
Por lo tanto:

$$V_A = 112{,}5\ V + 241{,}7\ V = 354{,}2\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 37 *(pág. Nº 48)*
Cuatro cargas de 10 µC, -8 µC, 5 µC y -3 µC, están ubicadas en los vértices de un cuadrado de lado 5 cm (en ese orden, partiendo del vértice superior izquierdo). Determine: a) el potencial en el centro geométrico del cuadrado, b) la energía almacenada en el sistema.

Resolución

$q_1 = 10\ \mu C = 10 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_2 = -8\ \mu C = -8 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_3 = 5\ \mu C = 5 \cdot 10^{-6}\ C$
$q_4 = -3\ \mu C = -3 \cdot 10^{-6}\ C$
$l = 5\ cm = 0{,}05\ m$



El potencial en el punto A será la suma de los potenciales parciales:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

Del triángulo $q_1q_2q_3$ determinaremos la distancia de q_2 a q_4, cuya mitad será la distancia de separación entre la carga y el centro geométrico del cuadrado. Por pitadoras:

$$Rq_2q_4 = [\ (Rq_2q_3)^2 + (\ Rq_3q_4)^2]^{1/2}$$

$$Rq_2q_4 = [\ (0{,}05\ m\ )^2 + (\ 0{,}05\ )^2]^{1/2}$$

$$Rq_2q_4 = 0{,}07\ m$$

Las cuatro distancias, al centro geométrico, son iguales:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 0{,}07\ m / 2 = 0{,}035\ m$$

$Vq_1 = K \cdot q_1/R_1 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}\ C\ /\ 0{,}035\ m = 2571 \cdot 10^3\ V$
$Vq_2 = K.q_2\ /R_2 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.(-8.10^{-6}\ C)\ /\ 0{,}035\ m = -\ 2057{,}14 \cdot 10^3\ V$
$Vq_3 = K \cdot q_3/R_3 = 9.10^9 N.m^2/C^2 \cdot 5 \cdot 10^{-5}\ C\ /\ 0{,}035\ m = 1285{,}7 \cdot 10^3\ V$
$Vq_4 = K \cdot q_4/R_4 = 9\ .10_9 N.m^2/C^2 \cdot (-3.10^{-6}\ C)\ /0{,}035\ m = -771{,}4\ .103\ V$

Volvemos a V_A:

V_A = 2571.10^3 V+(- 2057.10^3 V) + (1285,4 .10^3 V) + (-771,4.103 V) =

= *1028 V*

b) $Ep_{eléctrica} = Epq_1q_2 + Epq_2q_3 + Epq_3q_4 + Epq_4q_1$

$Epq_1q_2 = k \cdot q_1 \cdot q_2 / Rq_1q_2$
$Epq_2q_3 = K \cdot q_2 \cdot q_3 / Rq_2q_3$
$Epq_3q_4 = K \cdot q_3 \cdot q_4 / Rq_3q_4$
$Epq_4q_1 = K \cdot q_4 \cdot q_1 / Rq_4q_1$

$Ep_T = Epq_1q_2 + Epq_2q_3 + Eq_3q_4 + Epq_4q_1$

$Epq_1q_2 = 9.10^9 N.m^2/C^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}\ C \cdot (-8 .10^{-6}\ C) / 0,05\ m =$
$= -14400 \cdot 10^{-3}\ J$

$Epq_2q_3 = K.q_2.q_3/Rq_2q_3 = 9.10^9\ N.m^2/C^2.(-8.10^{-6}C).5.10^{-6}\ C/0,05\ m =$

$= -7200 \cdot 10^{-3}\ J$

$Epq_3q_4 = K.q_3.q_4/Rq_3q_4 = 9.10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot (-3 \cdot 10^{-6}) / 0,05 =$
$= -2700 \cdot 10^{-3}\ J$

$Epq_4q_1 = K.q_4.q_1/Rq_4q_1 = 9 .10^9 \cdot (-3.10^{-6}) \cdot 10 \cdot 10^{-6} / 0,05 =$
$= -5400 \cdot 10^{-3}\ J$

Volviendo a la ecuación:

$Ep_T = Epq_1q_2 + Epq_2q_3 + Eq_3q_4 + Epq_4q_1$

E_{PT} = (- 14400.10^{-3} J) + (-7200.10^{-3} J) + (-2700.10^{-3} J) + (- 5400 . 10-3 J)=

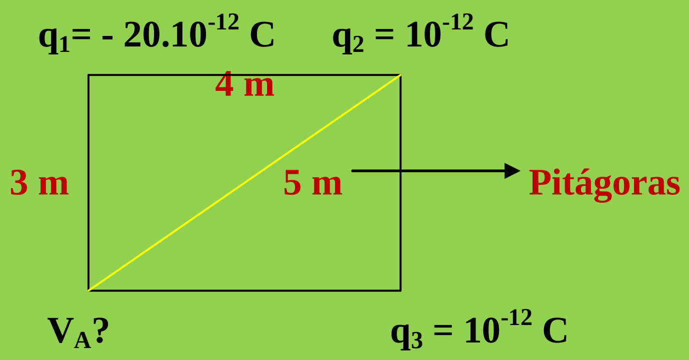
= - 29700 . 10^{-3} J

Que nos aparezca una Energía Potencial Eléctrica negativa nos pone de manifiesto que las cuatro cargas han sido introducidas en el Campo Eléctrico. Esto implica un trabajo de (*– 29700 . 10^{-3} J*) lo que nos dice que este *trabajo lo hemos realizado nosotros contra el campo*.

Ejercicio resuelto Nº 38 *(pág. Nº 51)*

En un vértice de un rectángulo de 3 por 4 cm se coloca una carga de -20x10-12 C y en los dos vértices contiguos, sendas cargas de 10-12 C. Hallar el potencial eléctrico en el cuarto vértice.

Resolución



El potencial eléctrico es un escalar y se cumple:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

Calculemos los potenciales parciales.

$Vq_1 = K \cdot q_1 / R_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot (-20 \cdot 10^{-12}\ C) / 3 = -60 \cdot 10^{-3}\ V$

$Vq_2 = K \cdot q_2 / R_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12} /5 = 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ V$

$Vq_3 = K \cdot q_3 /R_3 = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12} / 4 = 2{,}25 \cdot 10^{-3}\ V$

Si volvemos a la ecuación:

$$V_A = Vq_1 + Vq_2 + Vq_3 + Vq_4$$

$$V_A = (- 60 \cdot 10^{-3}\ V) + 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ V + 2{,}25 \cdot 10^{-3}\ V$$

$$V_A = - 55{,}95 \cdot 10^{-3}\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 39 ***(pág. Nº 52)***

Una carga de 4 nC es transportada desde el suelo hasta la superficie de una esfera cargada, con un trabajo de 7 . 10^{-5} J. Determinar el valor del potencial eléctrico en la esfera.

Resolución

q = 4 nC = 4 . 10^{-9} C
W = 7 . 10^{-5} J

$$W = q \cdot V_E\ ;\ \ W = q \cdot V_E$$

$$7 \cdot 10^{-5}\ J = 4 \cdot 10^{-9}\ C \cdot V_E\ \ ;\ V_E = 7 \cdot 10^{-5}\ J / 4 \cdot 10^{-9}\ C$$

$$V_E = 1{,}75 \cdot 10^{4}\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 40 ***(pág. Nº 52)***

¿Qué potencial existe en la superficie de una esfera de 45 cm de radio cargada con 25 µC?
Datos: R = 0,45 m ; q = 25x10-6 C ; V = ?

Resolución

V?
R = 45 cm = 0,45 m
q = 25 µC = 25 . 10^{-6} C

$$V = K \cdot q / R$$

$$V = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}\ C / 0{,}45 = 500 \cdot 10^3\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 41 ***(pág. Nº 53)***

Desde el suelo llevamos una carga de 15 µC hasta una esfera cargada realizándose un trabajo de de 5. 10^{-3} J. Determinar el potencial eléctrico de la esfera.

Resolución

Q = 15 µC = 15 . 10^{-6} C

Recordemos que:

$$V = w/q\ ;\ V = 5 \cdot 10^{-3}\ J / 15 \cdot 10^{-6}\ C = 333{,}33 \cdot 10^3\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 42 ***(pág. Nº 53)***

Un núcleo atómico tiene una carga de 50 protones. Hallar el potencial de un punto situado a 10^{-12} m de dicho núcleo.

Datos: Qp+ = 1,6 . 10^{-19} C

R = 72000 V

Resolución

q_T = 50 . 1,6 . 10^{-19} C

R = 10^{-12} m

$$V = K \cdot qT / R$$

$$V = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 50 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C / 10^{-12}\ m = 720 \cdot 10^2\ V$$

Ejercicio resuelto Nº 43 ***(pág. Nº 54)***

Dos esferas conductoras de radios 9'0 y 4'5 cm, están cargadas a un potencial de 10 y 20 V, respectivamente. Las esferas se encuentran en el vacío y sus centros están separados una distancia de 10 m.

Determinar:

a) La carga de cada esfera

b) La fuerza que se ejercen entre sí ambas esferas, ¿Es repulsiva o atractiva?

Resolución

R = 9,0 cm = 0,09 m

r = 4,5 cm = 0,045 m

$V_1 = 10\ V$

$V_2 = 20\ V$

$R_{12} = R_{21} = 10m$

a) Carga de cada esfera:

$$V_1 = K \cdot q_1 / R_1 \ ; \ q_1 = V_1 \cdot R_1 / K \ ;$$

$$q_1 = 10\ V \cdot 0{,}09\ m / 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 = 0{,}081 \cdot 10\text{-}9\ C$$

$$V_2 = K \cdot q_2 / R_2 \ ; \ q_2 = V_2 \cdot R_2 / K_2$$

$$q_2 = 20\ V \cdot 0{,}045\ m / 9\ 10^9\ N \cdot m^2/C^2 = 0{,}1 \cdot 10\text{-}9\ C$$

b) **Las cargas son del mismo signo con lo que se producirá una repulsión entre ellas cuantificada por la ledy de Coulomb:**

$F_{12} = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$

$F_{12} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 0{,}081 \cdot 10^{-9}\ C \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-9}\ C\ /\ (10\ m)^2 =$

$= 0{,}000729 \cdot 10^{-9}\ N = 7{,}29 \cdot 10^{-23}\ N$

$F_{21} = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2 =$

$F_{21} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot 0{,}081 \cdot 10^{-9}\ C \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-9}\ C\ /\ (10\ m)^2 =$

$= 0{,}000729 \cdot 10\text{-}9\ N = 7{,}29 \cdot 10^{-13}\ N$

Ejercicio resuelto Nº 44 *(pág. Nº 55)*

Un coductor esférico tiene una carga de 5 nC y un diámetro de 30 cm. Dertminar:

a) **El Potencial eléctrico en la superficie de la esfera**
b) **El potencial eléctrico a 50 cm de su superficie**

Resolución

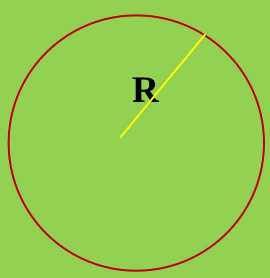
a)

$Q = 5\ nC = 5 \cdot 10^{-9}\ C$

$D = 30\ cm = 0{,}30\ m$

$R = 0{,}30\ m / 2 = 0{,}15\ m$

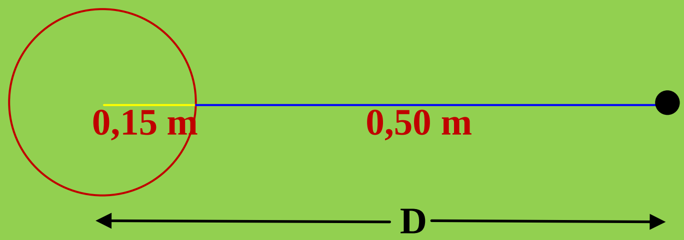
$d = 50\ cm = 0{,}50\ m$



V = K . Q / R **;** ***V*** **=** $9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^{2}/C^{2} \cdot 5 \cdot 10^{-9}\ C / 0{,}15\ m =$ ***300 V***

b)

En las esferas huecas la carga de la misma se considera acumulada en el centro de la esfera, razón por la cual a la distancia exterior hay que sumarle el rtadio de la esfera:



V = K . Q / D **;** ***D*** **= 0,15 m + 0,50 m =** ***0,65 m***

V **=** $9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^{2}/C^{2} \cdot 5 \cdot 10^{-9}\ C / = 0{,}65\ m =$ ***69,23 V***

Ejercicio resuelto Nº 45 ***(pág. Nº 56)***

Calcular el potencial eléctrico en un punto situado a 1 nm de un núcleo atómico de helio cuya carga vale 2 protones.

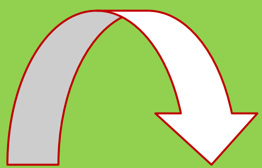
Datos: $Qp+ = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$

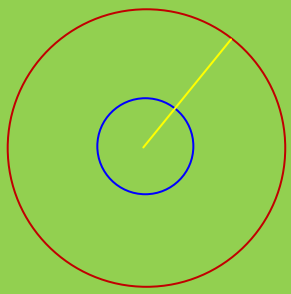
Resolución

$R = 1\ nm = 1 \cdot 10^{-9}\ m$

$Q_T = 2 \cdot 1{,}6 \cdot 19^{-19}\ C = 3{,}2 \cdot 10^{-19}\ C$

No sabemos si la distancia que nos proporcionan está dentro de la corteza electrónica. Pero sabemos que puede existir potencial eléctrico dentro de la esfera y por lo tanto dentro de la corteza electrónica.





$V = K \cdot Q_T / R$

$V = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C2} \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-19} \text{ C}/ 10^{-9} \text{ m}$

$V = 28{,}8 \cdot 10^{-1} \text{ V} = 2{,}88 \text{ V}$

Ejercicio resuelto Nº 46 *(pág. Nº 57)*

Un pequeño objeto esférico tiene una carga de 8 nC. ¿A qué distancia del centro del objeto el potencial es igual a 100 V?, ¿50 V?, ¿25 V?, ¿el espaciamiento de las equipotenciales es proporcional al cambio de V?

Datos:

$q = 8\text{x}10^{-9} \text{ C}$ $\quad V = K \cdot Q / R \;;\; V \cdot R = K \cdot Q \;;\; R = K \cdot Q / V \;(1)$

$V_1 = 100 \text{ V}$

$V_2 = 50 \text{ V}$ $\quad R_1 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 100 \text{ V} = 0{,}72 \text{ m}$

$V_3 = 25 \text{ V}$

$R_2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 50 \text{ V} = 1{,}44 \text{ m}$

$R_3 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m2}/\text{C}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \text{ C} / 25 \text{ m} = 2{,}88 \text{ m}$

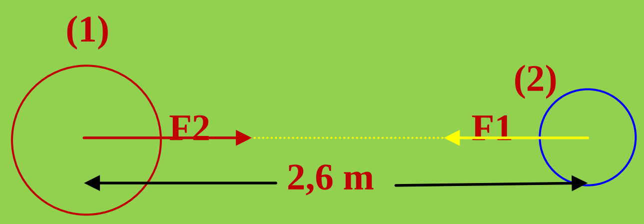
Observamos que al *disminuir el potencial* la *distancia AUMENTA*. El potencial y la distancia al centro de la esfera son *INVERSAMENTE PROPORCIONALES*.

Ejercicio resuelto Nº 47 *(pág. Nº 57)*

Dos pequeñas esferas conductoras de radios r_1=1’00 cm y r_2=2’00 cm se encuentran cargadas con cargas q_1=2’0 nC y q_2= -5’0 nC respectivamente. Si la distancia que separa sus centros es 2’6m determinar el módulo de la fuerza electrostática que ejerce una esfera sobre la otra

Resolución

R_1 = 1,00 cm = 0,01 m
R_2 = 2,00 cm = 0,02 m
q_1 = 2,0 nC = 2,0 . 10^{-9} C
q_2 = - 5 nC = - 5 . 10^{-9} C
D = 2,6 m



Al ser las cargas de signo contrario las eferas interaccionan entre ellas *creando fuerzas de atracción*, ya puestas en el croquis. La *cuantificación* de estas fuerzas la determinará la *ley de Coulomb*. La esfera grande ejerce sobre la pequeña una fuerza F_1 y la pequeña sobre la grande una F_2:

$$F_1 = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

$$F_1 = 9 \cdot 10^9 \ N \cdot m^2/C^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \ C \cdot 5 \cdot 10^{-9} \ C / (2{,}6 \ m)^2 = 13{,}31 \cdot 10^{-9} \ C$$

$$F_2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \ C \cdot 2 \cdot 10^{-9} \ C \cdot 5 \cdot 10^{-9} \ C / (2{,}6 \ m)^2 = 13{,}31 \cdot 10^{-9} \ C$$

------------------------------ O ----------------------------------

Se acabó

Antonio Zaragoza López