

## *Estudio de las cargas eléctricas. Electrostática*

### **Ejercicio resuelto nº 1**

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

Datos:

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

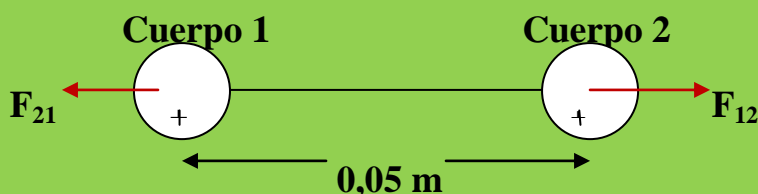
$$q_1 = +1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = +2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

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

### *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:

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

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

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

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

## EJERCICIOS RESUELTOS DE ELECTROSTÁTICA. LEY DE COULOMB

**N** (Newton) = Unidad de Fuerza en el Sistema Internacional de unidades

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

$$F = 9 \text{ N}$$

**Ejercicio resuelto nº 2** (Fuente Enunciado: Oscar Contreras. Resolución: A. Zaragoza)

Determinar la fuerza que actúa sobre las cargas eléctricas

$q_1 = -1,25 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ . y  $q_2 = +2 \times 10^{-5} \text{ C}$ . que se encuentran en reposo y en el vacío a una distancia de 10 cm.

### Resolución

Datos:

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

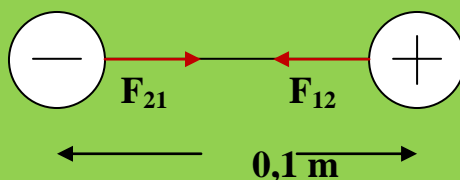
$$q_1 = -1,25 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

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

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

Cuerpo nº 1

Cuerpo nº 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:

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

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

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

**Ejercicio resuelto 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  $X_0$ , luego:

$$600 = 9 \cdot 10^9 q_1 \cdot q_2 / (X_0)^2 ; \quad 600 = 9 \cdot 10^9 q_1 \cdot q_2 / X_0^2 \quad (1)$$

Al reducir la distancia inicial en 1/3, la distancia de separación será  $X_0/3$  y nos aparecerá una nueva fuerza que le vamos a llamar  $F_2$ :

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2 ; \quad F_2 = 9 \cdot 10^9 q_1 \cdot q_2 / (X_0/3)^2$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 q_1 \cdot q_2 / X_0^2 / 9$$

$$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot q_1 \cdot q_2 / X_0^2 \quad (2)$$

De la ecuación (1) puedo obtener:

$$q_1 \cdot q_2 / X_0^2 = 600 / 9 \cdot 10^9$$

De la ecuación (2) podemos obtener:

$$q_1 \cdot q_2 / X_0^2 = F_2 / 9 \cdot 10^9 \cdot 9$$

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:

$$600 / 9 \cdot 10^9 = F_2 / 9 \cdot 10^9 \cdot 9 ; \quad 600 = F_2 / 9 ; \quad F_2 = 600 \cdot 9 = 5400 \text{ N}$$

**Ejercicio resuelto nº 3** (Fuente Enunciado: Profesor en Línea. Resolución: A. Zaragoza)

¿Cuál debe ser la separación entre dos cargas de  $+5 \mu\text{C}$  para que la fuerza de repulsión sea  $4 \text{ N}$ ?

**Resolución**

DATOS:

Aparece un submúltiplo del Coulombio, el microCoulombio ( $\mu\text{C}$ )

Sabemos que  $1\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$

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

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

$$F = 4 \text{ N}$$

Según la ecuación de Coulomb:

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

Sustituimos los datos:

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

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

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

La incógnita es " $r$ ":

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

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

$$r = 0,23,7 \text{ m}$$

**Ejercicio resuelto nº 4**

Dos cargas puntuales  $q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  y  $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  están separadas  $0,5 \text{ m}$  y ubicadas en el vacío. Calcule el valor de la fuerza entre las cargas.

**Resolución**

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

$R = 0,5 \text{ m}$

Según la ecuación de Coulomb:

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

Llevando datos: Estamos en S.I

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

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

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

**Ejercicio resuelto nº 5** (Fuente de enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

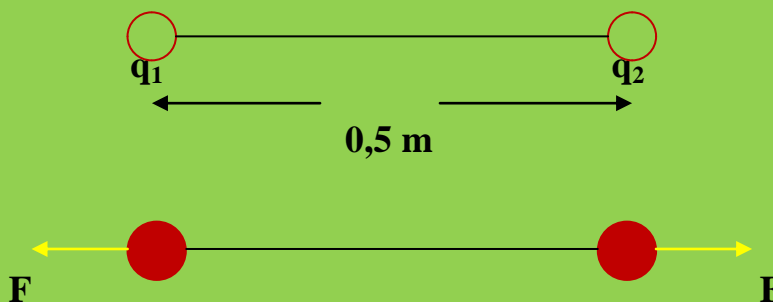
Calcular la carga de dos partículas igualmente cargadas, que se repelen con una fuerza de 0,1 N, cuando están separadas por una distancia de 50 cm en el vacío.

**Resolución**

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

$50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

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



Según Coulomb:

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

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

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

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

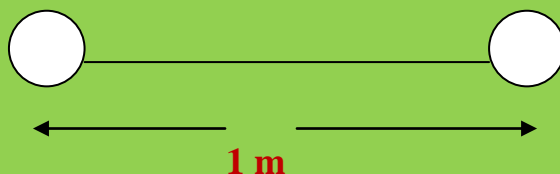
$$q = [2,8 \cdot 10^{-3} \text{ C}^2]^{1/2} ; q = 0,059 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

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

**Ejercicio resuelto nº 6** (Fuente Enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

Hallar el valor de la carga  $Q$  de una partícula tal que colocada a 1 m de otra, cuya carga es de  $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ , la atrae con una fuerza de 2 N. Realiza un croquis de la acción entre las dos cargas

**Resolución**



$$q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$R = 1 \text{ m}$$

$$F = 2 \text{ N}$$

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:

$$\rightarrow F = K \cdot Q \cdot q / R^2 ; Q = F \cdot R^2 / K \cdot q \rightarrow Q = 2 \text{ N} \cdot (1 \text{ m})^2 / [9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2] \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

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

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

**Ejercicio resuelto nº 7** (Fuente de Enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

Calcular la distancia “r” que separa dos partículas cargadas con  $2 \cdot 10^{-2}$  C cada una, sabiendo que la fuerza de interacción entre ambas es de  $9 \cdot 10^5$  N.

**Resolución**

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

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

Según la ecuación de Coulomb:

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

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

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

**Ejercicio resuelto nº 8**

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**

$$5 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ Cm} = 0,05 \text{ m}$$

Según la Ley de Coulomb:

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

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

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

**Ejercicio resuelto nº 9**

¿Determinar la permitividad relativa del medio en donde se encuentran dos cuerpos cargados eléctricamente con el mismo signo y valor de  $+5 \mu\text{C}$ , separadas una distancia de  $1,5 \text{ m}$  para que la fuerza de repulsión sea  $8 \text{ N}$ ?

**Resolución**

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

$$R = 1,5 \text{ m}$$

Nuestro amigo Coulomb nos dice que:

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

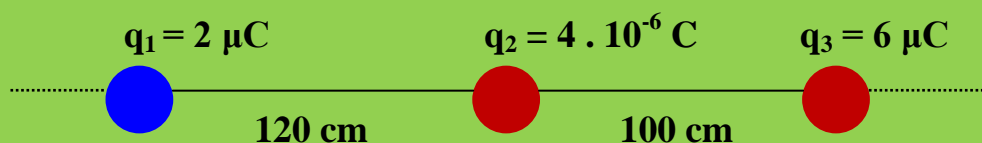
$$F \cdot \epsilon_r \cdot R^2 = K \cdot q_1 \cdot q_2 ; \epsilon_r = K \cdot q_1 \cdot q_2 / F \cdot R^2$$

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

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

**Ejercicio resuelto nº 10**

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**



## EJERCICIOS RESUELTOS DE ELECTROSTÁTICA. LEY DE COULOMB

$$q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_3 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

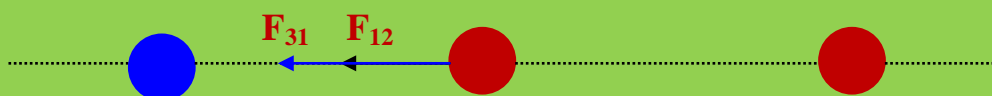
$$r_1 = 1,20 \text{ m}$$

$$r_2 = 1 \text{ m}$$

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 atraen.

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 signo 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:

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

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

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

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

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

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

La fuerza resultante sobre la  $q_2$  tendrá el valor:

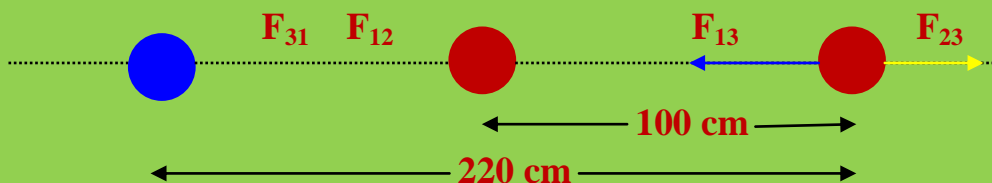
$$F_R = F_{12} + F_{32}$$

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

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:

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

Cálculo de  $F_{13}$ :

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

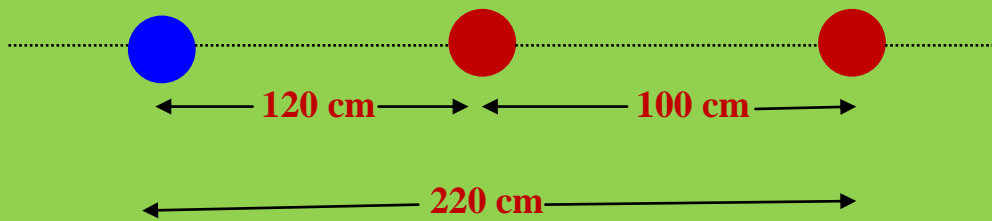
$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (2,20 \text{ m})^2$$

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

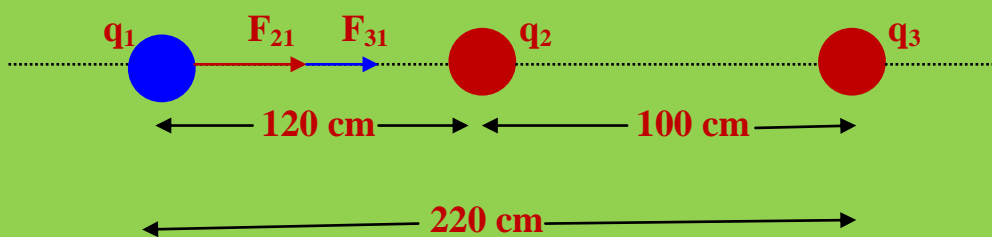
$$F = 34,86 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$



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  $F_{21}$ :

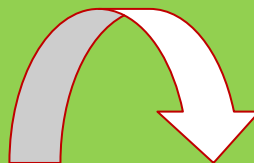
$$F_{21} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} / (1,20 \text{ m})^2$$

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

Cálculo de  $F_{31}$ :

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

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



Fuerza resultante sobre  $q_1$ :

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

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

