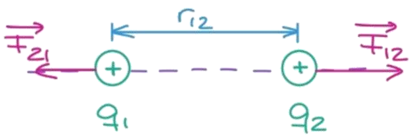
ELECTROSTÁTICA

Ley de Coulomb

1. Dos bolitas cargadas con $+2{,}4\mu C$ cada una cuelgan del techo mediante hilos aislantes. Si la distancia horizontal entre ellas es de 10cm, ¿con qué fuerza se repelen?



Aplicando la Ley de Coulomb:

$$F_{12} = F_{21} = K\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} =$$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(2'4 \cdot 10^{-6})^2}{(0'1)^2} = 5'184 \,(N)$$

Carácter vectorial:

$$\vec{F}_{12} = 5'184\,\vec{i}\,(N) \qquad \vec{F}_{21} = -5'184\,\vec{i}\,(N)$$

2. Determina cuáles son las dimensiones de la constante K de la Ley de Coulomb.

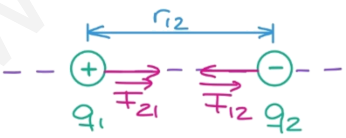
Despejamos K en la Ley de Coulomb:

$$F = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \rightarrow K = \frac{F \cdot r^2}{q_1 \cdot q_2}$$

Entonces:

$$[K] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^2}{I^2 \cdot T^2} = M \cdot L^3 \cdot T^{-4} \cdot I^{-2}$$

3. ¿A qué distancia deben situarse dos cargas opuestas de valor $25nC$, separadas por un material de constante dieléctrica relativa 4,2 para que se atraigan con una fuerza eléctrica de $0{,}335N$?



$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \longrightarrow \varepsilon = \frac{1}{4\pi K}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \longrightarrow \frac{1}{\cancel{4\pi} K} = \varepsilon_r \cdot \frac{1}{\cancel{4\pi} K_0} \longrightarrow \boxed{K_0 = \varepsilon_r \cdot K}$$

$$\longrightarrow \boxed{K = \frac{K_0}{\varepsilon_r}} = \frac{9 \cdot 10^9}{4'2} = 2'143 \cdot 10^9 \left(\frac{Nm^2}{C^2}\right)$$

Aplicando la Ley de Coulomb:

$$F_{12} = F_{21} = K\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$\longrightarrow r_{12} = \sqrt{K\frac{q_1 q_2}{F_{12}}} = \sqrt{2'143\cdot 10^{9} \cdot \frac{(25\cdot 10^{-9})^2}{0'335}} = 2\cdot 10^{-3}\ (m)$$

4. Razona si la siguiente proposición es falsa o verdadera: <<Cuanto mayor es la constante dieléctrica de una lámina, más intensa es la fuerza eléctrica con que se atraen cargas opuestas colocadas a sus lados>>.

La proposición es falsa. La constante dieléctrica, ε, es inversamente proporcional a la fuerza. Siendo la relación de la fuerza con la constante dieléctrica:

$$F = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Por tanto, cuanto mayor sea el valor de ε, menos intensa será la fuerza de Coulomb entre dos cargas.

5. Determina cuánta carga transporta una corriente de 44mA en un minuto.

La intensidad de corriente se define como la carga por unidad de tiempo. Por tanto, la carga que pasa por una corriente de 44 mA en 1 min será:

$$I = \frac{q}{t} \rightarrow \quad q = I \cdot t = 44 \cdot 10^{-3} A \cdot 60s = 2{,}64C$$

6. Una bola de cobre cargada toca a otra idéntica, pero descargada. Tras el contacto, las bolas se repelen con una fuerza de 1,7N cuando están separadas por 8cm de aire. ¿Cuál era la carga inicial de la bola de cobre?

Al tocar la primera bola cargada a la segunda descargada, la carga inicial de la primera se reparte igualmente entre las dos, quedando ambas con la misma carga.

De la ley de Coulomb deducimos esta carga, tomando $K = K_0$:

$$F = K\frac{q^2}{r^2} \rightarrow \quad q = \sqrt{\frac{F \cdot r^2}{K}} = \sqrt{\frac{1{,}7 \cdot 0{,}08^2}{9 \cdot 10^9}} = 1{,}1 \cdot 10^{-6}C = 1{,}1\mu C$$

Por tanto, la carga inicial es el doble de esta:

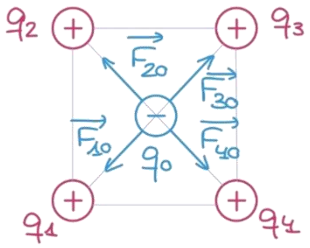
$$q_{inicial} = 2 \cdot q = 2 \cdot 1{,}1\mu C = 2{,}2\mu C$$

7. ¿Puede ser negativa la constante dieléctrica relativa de un medio? ¿Y su permitividad? ¿Por qué?

La constante dieléctrica relativa es la relación entre la permitividad del medio y la del vacío. Su valor es siempre positivo y mayor que la unidad, pues cualquier medio dieléctrico interpuesto reduce la fuerza con la que interaccionan las cargas en comparación con el vacío. No puede tomar valores negativos, pues se incumpliría la ley de Coulomb, ya que las cargas del mismo signo se atraerían y las de signo contrario se repelerían. Lo mismo cabe decir del signo de la permitividad de cualquier medio dieléctrico.

Carácter vectorial de la fuerza eléctrica

8. Cuatro cargas idénticas de $+5\mu C$ ocupan los vértices de un cuadrado de 20cm de lado. Determina la fuerza total que recibe una carga de $-2\mu C$ situada en el centro del cuadrado.



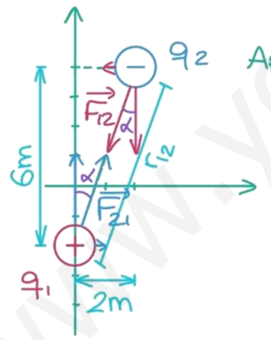
Como las cuatro cargas positivas tienen el mismo valor y están situadas a la misma distancia de la carga negativa, las cuatro fuerzas que actúan sobre q_0 son iguales en módulo, es decir:

$$F_{10} = F_{20} = F_{30} = F_{40}$$

Entonces, al sumarse vectorialmente se anulan entre sí:

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \vec{F}_{40} = 0 \text{ (Principio de Superposición)}$$

9. En $(0,-2)$ y $(2,4)$ están las cargas $q_1 = +1mC$ y $q_2 = -1mC$. Determina la fuerza mutua de atracción.



Aplicando la ley de Coulomb:

MÓDULO: $r_{12} = \sqrt{6^2+2^2} = 6'3 \text{ m}$

$$F_{12} = F_{21} = K\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} =$$

$$= 9\cdot 10^9 \cdot \frac{1\cdot 10^{-3}\cdot 1\cdot 10^{-3}}{6'3^2} = 226'76 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\alpha = \arctan\left(\frac{2}{6}\right) = 18'43°$

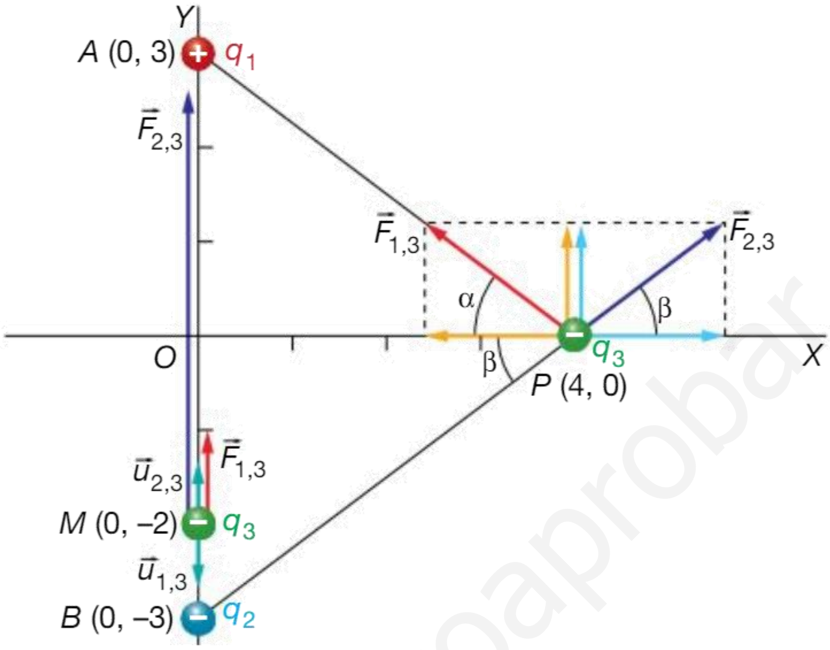
$$\left.\begin{aligned} F_{21x} &= F_{21}\cdot \operatorname{sen}\alpha = 226'76\cdot \operatorname{sen}(18'43°) = 71'7 \\ F_{21y} &= F_{21}\cdot \cos\alpha = 226'76\cdot \cos(18'43°) = 215'13 \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} F_{12x} &= F_{21x} \\ F_{12y} &= F_{21y} \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} \vec{F}_{12} &= 71'7\vec{\imath} + 215'3\vec{\jmath} \\ \vec{F}_{21} &= -71'7\vec{\imath} - 215'3\vec{\jmath} \end{aligned} \quad (\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}\text{, III ley de Newton})$$

10. Las cargas $q_1 = +5\mu C$ y $q_2 = -5\mu C$ están situadas, respectivamente, en los puntos $A(0,3)$ y $B(0,-3)$. Si $\varepsilon = 2$ y las distancias se dan en metros, calcula la fuerza que actúa sobre la carga $q_3 = -2\mu C$:

a) Si está situada en el punto $M(0,-2)$
b) Si está colocada en el punto $P(4,0)$

La figura siguiente muestra la el diagrama de fuerzas para los apartados a) y b):



Principio de superposición + Ley de Coulomb:

$$\vec{F_3} = \vec{F_{13}} + \vec{F_{23}}$$

$$K = \frac{K_0}{\varepsilon_r} = \frac{9\cdot10^9}{2} = 4'5\cdot10^9$$

ⓐ • $\vec{F_{13}}$. MÓDULO: $r_{13} = 5$

$$F_{13} = K\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = 4'5\cdot10^9\cdot\frac{5\cdot10^{-6}\cdot2\cdot10^{-6}}{5^2} = 1'8\cdot10^{-3}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{13}} = 1'8\cdot10^{-3}\vec{j}\ (N)$

• $\vec{F_{23}}$. MÓDULO: $r_{23} = 1$

$$F_{23} = K\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} = 4'5\cdot10^9\cdot\frac{5\cdot10^{-6}\cdot2\cdot10^{-6}}{1^2} = 0'045\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{23}} = 0'045\vec{j}\ (N)$

$\Longrightarrow \vec{F_3} = 1'8\cdot10^{-3}\vec{j} + 0'045\vec{j} = 4'68\cdot10^{-2}\vec{j}\ (N)$

ⓑ • $\vec{F_{13}}$. MÓDULO: $r_{13}^2 = 4^2 + 3^2 = 25$

$$F_{13} = K\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = 4'5\cdot10^9\cdot\frac{5\cdot10^{-6}\cdot2\cdot10^{-6}}{25} = 1'8\cdot10^{-3}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\alpha = \arctan\left(\frac{3}{4}\right) = 36'87^\circ$

$F_{13x} = F_{13}\cdot\cos\alpha = 1'8\cdot10^{-3}\cdot\cos(36'87^\circ) = 1'4\cdot10^{-3}$

$F_{13y} = F_{13}\cdot\text{sen}\,\alpha = 1'8\cdot10^{-3}\cdot\text{sen}(36'87^\circ) = 1,1\cdot10^{-3}$

$\Longrightarrow \vec{F}_{13} = -1,4\cdot10^{-3}\,\vec{i} + 1,1\cdot10^{-3}\,\vec{j}$ (N)

• $\vec{F}_{13}$. MÓDULO: $r_{23}^2 = 4^2+3^2 = 25$

$F_{23} = K\frac{q_2q_3}{r_{23}^2} = 4'5\cdot10^9\cdot\frac{5\cdot10^{-6}\cdot2\cdot10^{-6}}{25} = 1'8\cdot10^{-3}$ (N)

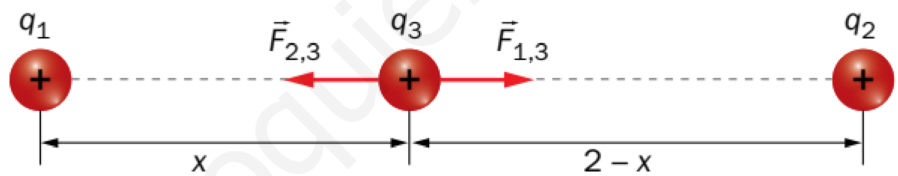
DIRECCIÓN: $\beta = \arctan\left(\frac{3}{4}\right) = 36'87^\circ$ → TODO ES IGUAL QUE EN F_{13} (MENOS $\vec{F}_{23}$)

$\Longrightarrow \vec{F}_{23} = 1,4\cdot10^{-3}\,\vec{i} + 1,1\cdot10^{-3}\,\vec{j}$ (N)

$\Longrightarrow \vec{F}_{3} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 2'2\cdot10^{-3}\,\vec{j}$ (N)

11. Entre dos cargas $q_1 = +4\mu C$ y $q_2 = +6\mu C$, separadas 2m, existe un punto en el segmento que las une en que otra carga, $q_3 = +2\mu C$, está en equilibrio. ¿De qué punto se trata?

Colocamos las cargas en un eje cartesiano, de forma que q_1 está colocada en el origen de coordenadas:



La carga q_3, colocada entre ambas, estará en reposo cuando las fuerzas que recibe de las otras dos cargas sean iguales en módulo pero distinto sentido. La fuerza para cada una de ellas es:

$$\underbrace{F_{13} = K\frac{q_1q_3}{x^2} \qquad F_{23} = K\frac{q_2q_3}{(2-x)^2}}$$

$$\cancel{K}\frac{q_1\cancel{q_3}}{x^2} = \cancel{K}\frac{q_2\cancel{q_3}}{(2-x)^2} \longrightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(2-x)^2}$$

$$\longrightarrow q_1(2-x)^2 = q_2x^2 \longrightarrow 4\cdot\cancel{10^{-6}}(4+x^2-4x) = 6\cdot\cancel{10^{-6}}x^2$$

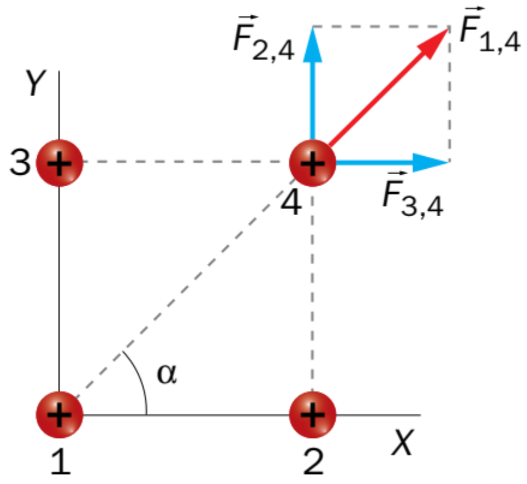
$$\longrightarrow 16+4x^2-16x-6x^2 = 0$$

$$-2x^2-16x+16 = 0 \quad \begin{cases} 0'9 \longrightarrow x = 0'9\,m \\ \cancel{-9} \end{cases}$$

y el otro lado $2-0'9 = 1,1\,m$

12. En los puntos (0,0), (0,0′2) y (0′2,0) hay tres cargas iguales, $q = +5\mu C$. ¿Qué fuerza ejercen sobre otra carga de $+2\mu C$ situada en el punto (0′2 ,0′2), si las distancias están en metros?

Las fuerzas ejercidas por las cargas situadas en los puntos 1, 2, 3 sobre la carga situada en el punto 4 las reflejamos en el esquema:



Principio de superposición + Ley de Coulomb:

$$\vec{F_4} = \vec{F_{14}} + \vec{F_{24}} + \vec{F_{34}}$$

- $\vec{F_{14}}$. MÓDULO: $r_{14}^2 = 0'2^2 + 0'2^2 = 0'08$

$$F_{14} = K\frac{q_1 q_4}{r_{14}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{5\cdot 10^{-6}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{0'08} = 1'125 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\alpha = \arctan\left(\frac{2}{2}\right) = 45°$

$F_{14x} = F_{14}\cdot \cos\alpha = 1'125\cdot \cos(45°) = 0'8$

$F_{14y} = F_{14}\cdot \operatorname{sen}\alpha = 1'125\cdot \operatorname{sen}(45°) = 0'8$

$\Longrightarrow \vec{F_{14}} = 0'8\hat{i} + 0'8\hat{j}$ (N)

- $\vec{F_{24}}$. MÓDULO: $r_{24} = 0'2$

$$F_{24} = K\frac{q_2 q_4}{r_{24}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{2\cdot 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{-6}}{0'2^2} = 2'25 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{24}} = 2'25\hat{j}$

- $\vec{F_{34}}$. MÓDULO: $r_{34} = 0'2$

$$F_{34} = K\frac{q_3 q_4}{r_{34}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{2\cdot 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{-6}}{0'2^2} = 2'25 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{34}} = 2'25\hat{i}$

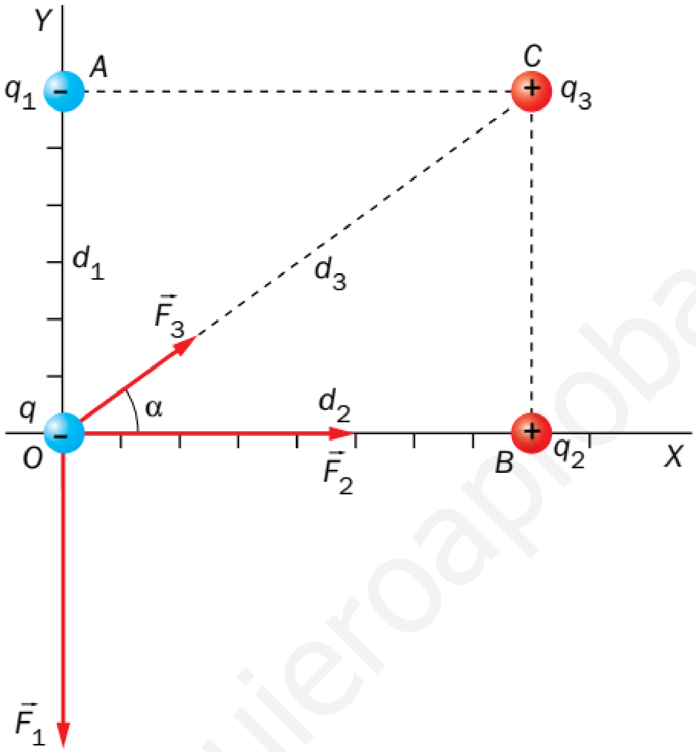
$\Longrightarrow \vec{F_4} = 3'05\hat{i} + 3'05\hat{j}$ (N)

↳ Módulo: $F_4 = \sqrt{3'05^2 + 3'05^2} = 4'31$

↳ Dirección: $\alpha = \arctan\left(\frac{3'05}{3'05}\right) = 45°$

13. Las cargas $q_1 = -3\mu C$, $q_2 = +5\mu C$ y , $q_3 = +4\mu C$ están colocadas en los puntos $A(0{,}6)$, $B(8{,}0)$ y $C(8{,}6)$, respectivamente. Calcula la fuerza que actúa sobre la carga $q = -1\mu C$ colocada en el origen de coordenadas ($\varepsilon_r = 1$).

Las cargas se colocan en un sistema de coordenadas, con q en el centro de coordenadas. Las fuerzas que experimenta se muestran en el esquema:



Principio de superposición + Ley de Coulomb:

$$\vec{F_q} = \vec{F_{1q}} + \vec{F_{2q}} + \vec{F_{3q}}$$

- $\vec{F_{1q}}$. MÓDULO: $r_{1q} = 6$

$$F_{1q} = K\frac{q_1 q}{r_{1q}^2} = 9\cdot10^9 \cdot \frac{3\cdot10^{-6}\cdot 1\cdot10^{-6}}{6^2} = 7'5\cdot10^{-4}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{1q}} = -7'5\cdot10^{-4}\,\vec{j}\ (N)$

- $\vec{F_{2q}}$. MÓDULO: $r_{2q} = 8$

$$F_{2q} = K\frac{q_2 q}{r_{2q}^2} = 9\cdot10^9 \cdot \frac{5\cdot10^{-6}\cdot 1\cdot10^{-6}}{8^2} = 7\cdot10^{-4}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{2q}} = 7\cdot10^{-4}\,\vec{i}\ (N)$

- $\vec{F_{3q}}$. MÓDULO: $r_{3q}^2 = 6^2 + 8^2 = 10^2$

$$F_{3q} = K\frac{q_3 q}{r_{3q}^2} = 9\cdot10^9 \cdot \frac{4\cdot10^{-6}\cdot 1\cdot10^{-6}}{10^2} = 3'6\cdot10^{-4}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\alpha = \arctan\left(\frac{6}{8}\right) = 36'9°$

$F_{3qx} = F_{3q} \cdot \cos\alpha = 3'6 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(36'9°) = 2'87 \cdot 10^{-4}$
$F_{3qy} = F_{3q} \cdot \operatorname{sen}\alpha = 3'6 \cdot 10^{-4} \cdot \operatorname{sen}(36'9°) = 2'16 \cdot 10^{-4}$

$\Longrightarrow \overrightarrow{F_{3q}} = (2'87\vec{i} + 2'16\vec{j}) \cdot 10^{-4}$

$\Longrightarrow \underline{\overrightarrow{F_q} = (9'88\vec{i} - 5'34\vec{j}) \cdot 10^{-4}\ (N)}$

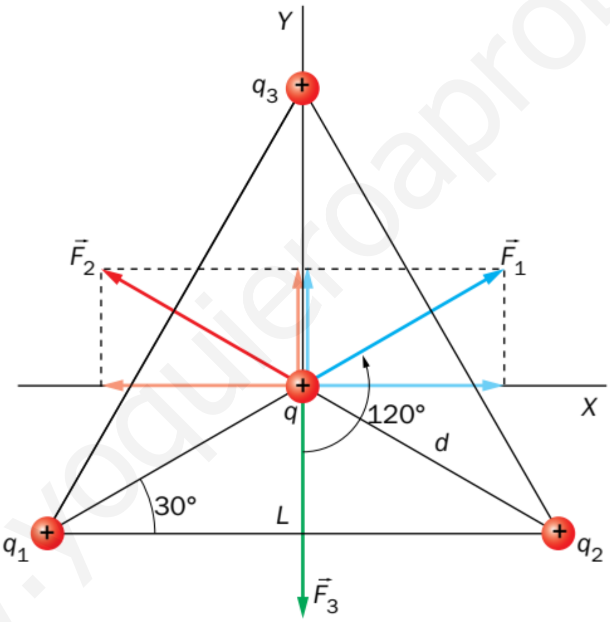
↳ Módulo: $F_q = \sqrt{(9'88 \cdot 10^{-4})^2 + (5'34 \cdot 10^{-4})^2} = 1'12 \cdot 10^{-3}$ (N)

↳ Dirección:

$\alpha = \arctan\left(\dfrac{-5'34 \cdot 10^{-4}}{9'88 \cdot 10^{-4}}\right) = -28'39°$ $\overrightarrow{F_q}$

14. En los vértices de un triángulo equilátero de 40cm de lado hay colocadas tres cargas iguales de $+2\mu C$ cada una. Calcula la fuerza que actúa sobre una carga de $+0{,}2\mu C$ si está situada ($\varepsilon_r = 4$).

a) En el centro del triángulo.



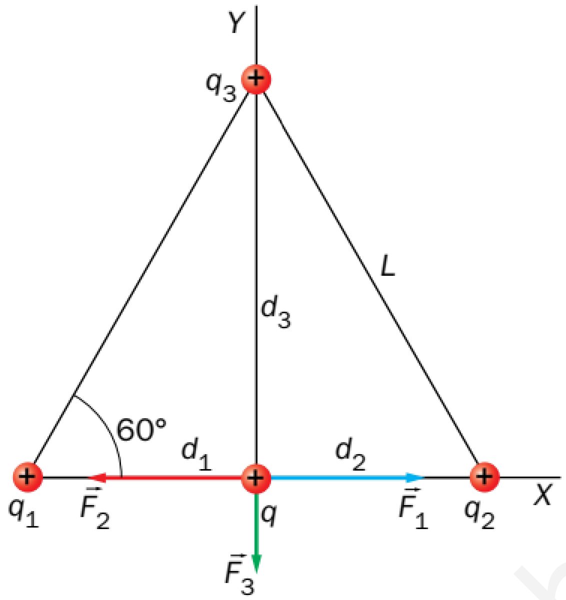
Como las tres cargas positivas tienen el mismo valor y están situadas a la misma distancia de la carga central, las tres fuerzas que actúan sobre q son iguales en módulo, es decir:

$$F_{1q} = F_{2q} = F_{3q}$$

La figura nos muestra que al componer estas tres fuerzas se anulan entre sí, por lo que:

$$\overrightarrow{F_q} = \overrightarrow{F_{1q}} + \overrightarrow{F_{2q}} + \overrightarrow{F_{3q}} = 0$$

b) En el punto medio de uno de los lados.



Principio de superposición + Ley de Coulomb:

$$\vec{F_q} = \vec{F_{1q}} + \vec{F_{2q}} + \vec{F_{3q}}$$

$$K = \frac{K_0}{\varepsilon_r} = \frac{9\cdot10^9}{4} = 2'25\cdot10^9$$

- $\vec{F_{1q}}$. MÓDULO: $r_{1q} = 0'2$

$$F_{1q} = K\frac{q_1 q}{r_{1q}^2} = 2'25\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-6}\cdot0'2\cdot10^{-6}}{0'2^2} = 0'0225 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{1q}} = 0'0225\,\vec{i}$ (N)

- $\vec{F_{2q}}$. MÓDULO: $r_{2q} = 0'2$

$$F_{2q} = K\frac{q_2 q}{r_{2q}^2} = 2'25\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-6}\cdot0'2\cdot10^{-6}}{0'2^2} = 0'0225 \text{ (N)}$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{2q}} = -0'0225\,\vec{i}$ (N)

- $\vec{F_{3q}}$. MÓDULO: $r_{3q}^2 = 0'4^2 - 0'2^2 = 0'12$

$$F_{3q} = K\frac{q_3 q}{r_{3q}^2} = 2'25\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-6}\cdot0'2\cdot10^{-6}}{0'12} = 7'5\cdot10^{-3} \text{ (N)}$$

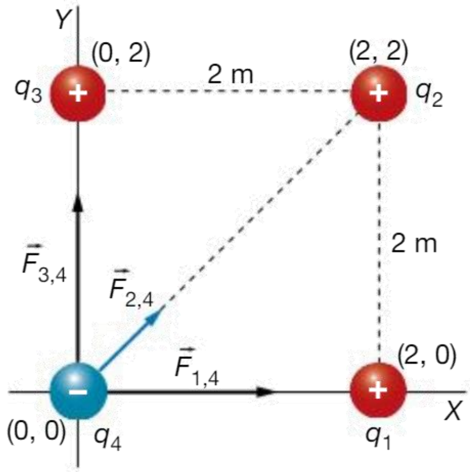
DIRECCIÓN: $\vec{F_{3q}} = -7'5\cdot10^{-3}\,\vec{j}$ (N)

$\Longrightarrow$ $\vec{F_q} = -7'5\cdot10^{-3}\,\vec{j}$ (N)

Módulo: $F_q = 7'5\cdot10^{-3}$ (N)

Dirección: $\alpha = 270°$

15. Tres cargas iguales de $+1\mu C$ ocupan los vértices de un cuadrado de 2m de lado, como se muestra en la figura. Determina la fuerza que ejercen en conjunto sobre otra carga de valor $-2\mu C$ situada en el cuarto vértice.



Principio de superposición + Ley de Coulomb:

$$\vec{F_4} = \vec{F_{14}} + \vec{F_{24}} + \vec{F_{34}}$$

- $\vec{F_{14}}$. MÓDULO: $r_{14} = 2$

$$F_{14} = K\frac{q_1 q_4}{r_{14}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{1\cdot 10^{-6}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{2^2} = 4'5\cdot 10^{-3}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{14}} = 4'5\cdot 10^{-3}\,\vec{i}\ (N)$

- $\vec{F_{24}}$. MÓDULO: $r_{24}^2 = 2^2 + 2^2 = 8$

$$F_{24} = K\frac{q_2 q_4}{r_{24}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{1\cdot 10^{-6}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{8} = 2'25\cdot 10^{-3}$$

DIRECCIÓN: $\alpha = \arctan\left(\frac{2}{2}\right) = 45°$

$$F_{24x} = F_{24}\cdot \cos\alpha = 2'25\cdot 10^{-3}\cdot \cos 45° = 1'59\cdot 10^{-3}$$
$$F_{24y} = F_{24}\cdot \operatorname{sen}\alpha = 2'25\cdot 10^{-3}\cdot \operatorname{sen} 45° = 1'59\cdot 10^{-3}$$

$\Longrightarrow \vec{F_{24}} = (1'59\,\vec{i} + 1'59\,\vec{j})\cdot 10^{-3}\ (N)$

- $\vec{F_{34}}$. MÓDULO: $r_{34} = 2$

$$F_{34} = K\frac{q_3 q_4}{r_{34}^2} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{1\cdot 10^{-6}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{2^2} = 4'5\cdot 10^{-3}\ (N)$$

DIRECCIÓN: $\vec{F_{34}} = 4'5\cdot 10^{-3}\,\vec{j}\ (N)$

$\Longrightarrow \vec{F_4} = \underline{(6{,}09\,\vec{i} + 6'09\,\vec{j})\cdot 10^{-3}}$

↳ Módulo: $F_q = \sqrt{(6'09\cdot 10^{-3})^2 + (6'09\cdot 10^{-3})^2} = 8'61\cdot 10^{-3}\ (N)$

↳ Dirección:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{6'09\cdot 10^{-3}}{6'09\cdot 10^{-3}}\right) = 45°$$

Fuerza eléctrica y fuerza gravitatoria

16. Compara la fuerza con la que un protón y un electrón se atraen gravitatoria y eléctricamente cuando están separados una distancia de $10^{-10} m$.

Usando la Ley de Coulomb y la Ley de Gravitación Universal:

$$F_e = K\frac{q_e \cdot q_p}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1{,}602 \cdot 10^{-19})^2}{(10^{-10})^2} = 2{,}3 \cdot 10^{-8}\ (N)$$

$$F_g = G\frac{m_e \cdot m_p}{r^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 9{,}11 \cdot 10^{-31}}{(10^{-10})^2} = 1{,}0 \cdot 10^{-47}\ (N)$$

$$\rightarrow \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{2{,}3 \cdot 10^{-8}}{1{,}0 \cdot 10^{-47}} = 2{,}3 \cdot 10^{39} \ \rightarrow \ F_e = 2{,}3 \cdot 10^{39} \cdot F_g$$

La fuerza eléctrica es $2{,}3 \cdot 10^{39}$ veces mayor que la fuerza gravitatoria. La fuerza gravitatoria es irrelevante a escala atómica.

17. Un electrón sube un metro de altura en un tubo al vacío y en el que existe una diferencia de potencial favorable al movimiento de ascenso de 1V. Calcula la variación de la energía potencial del electrón.

Por una parte, está la variación de energía potencial gravitatoria:

$$\Delta E_{Pg} = m \cdot g \cdot \Delta h = 9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot 9{,}8 \cdot 1 = 8{,}93 \cdot 10^{-30}\ (J)$$

Por otra parte, tenemos la variación de la energía potencial eléctrica. Como el potencial favorece el ascenso resulta:

$$\Delta E_{Pe} = -q \cdot \Delta V = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ (J)$$

El signo negativo indica que el electrón ha perdido energía potencial eléctrica (el trabajo eléctrico ha sido positivo). La variación de energía potencial en total es:

$$\Delta E_P = \Delta E_{Pg} + \Delta E_{Pe} = 8{,}93 \cdot 10^{-30} - 1{,}6 \cdot 10^{-19} \approx -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ (J)$$

La contribución gravitatoria es despreciable por completo.

18. Determina el exceso de electrones en una microgota de aceite cuya carga es de $-2{,}24 \cdot 10^{-18} C$.

$$N = \frac{carga\_total}{carga\_electrón} = \frac{-2{,}24 \cdot 10^{-18}}{-1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 14\ electrones$$

19. Calcula con qué fuerza se atraen un electrón y un núcleo de oxígeno ($Z = 8$) separados 25pm.

La fuerza viene determinada por la ley de Coulomb. La carga del electrón es de $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$, y la carga del núcleo de oxígeno es de $8 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$. Por tanto:

$$F = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 8 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{(25 \cdot 10^{-12})^2} = 2{,}95 \cdot 10^{-6}\ (N)$$

20. ¿Cómo es posible que los protones se mantengan juntos en el núcleo? ¿Se debe a que la ley de Coulomb no actúa entre ellos? ¿Es por la fuerza gravitatoria? Razona tu respuesta.

La ley de Coulomb sigue actuando, pero sobre ella se impone la interacción fuerte o fuerza nuclear fuerte, que actúa por igual entre protones y neutrones. Por eso, la presencia de neutrones, no afectados por la repulsión culombiana, constituye un factor de estabilidad nuclear. La fuerza gravitatoria no juega ningún papel en el interior del núcleo.

21. ¿Por qué la carga de los iones es siempre un múltiplo entero, positivo o negativo, de la carga del electrón?

Debido a que una especie química (átomo o molécula) gana o pierde un número entero de electrones, es decir, $n = 1, 2, 3\ o\ 4$. Nunca puede no ser entero. Por eso, si gana electrones, el exceso será el número de electrones multiplicado por la carga del electrón, y viceversa, al perderlos, el efecto será el número de electrones perdidos por la carga del electrón.

22. Compara la atracción eléctrica y la atracción gravitatoria entre los iones Cl^- y Na^+ suponiendo que sean cargas puntuales separadas 1nm. Las masas atómicas de los iones, son: Cl^-, 35u, y Na^+, 23u.

El valor absoluto de la carga de los iones coincide y es igual a la carga del electrón. Por tanto, la fuerza eléctrica en el vacío resulta con la Ley de Coulomb:

$$F_e = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1{,}602 \cdot 10^{-19})^2}{(10^{-9})^2} = 2{,}3 \cdot 10^{-10}\ (N)$$

Usando la Ley de Gravitación Universal y teniendo en cuenta que $1u = 1{,}66 \cdot 10^{-27} kg$, resulta:

$$F_g = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{35 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27} \cdot 23 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}}{(10^{-9})^2} = 1{,}5 \cdot 10^{-43}\ (N)$$

$$\rightarrow \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{2{,}3 \cdot 10^{-10}}{1{,}5 \cdot 10^{-43}} = 1{,}53 \cdot 10^{33} \;\rightarrow\; F_e = 1{,}53 \cdot 10^{33} \cdot F_g$$

La fuerza eléctrica es $1{,}53 \cdot 10^{33}$ veces mayor que la fuerza gravitatoria. La contribución de la fuerza gravitatoria es totalmente despreciable. La gravedad es irrelevante en las uniones químicas.