

TEMA N° 9. ELECTROSTÁTICA. LEY DE COULOMB

1.- Naturaleza de la Carga Eléctrica

Respuesta:

Para conocer la naturaleza de la *Carga Eléctrica* tenemos que repasar la composición de la *Materia*.

La materia se compone de unas unidades elementales llamadas *Moléculas*, estas por otras unidades más pequeñas que son los *Átomos* y estos están compuestos por tres tipos de partículas *subatómicas*:

- a) *Electrones*.- Caracterizados por tener carga eléctrica **NEGATIVA**
- b) *Protones*.- Con carga eléctrica **POSITIVA**
- c) Neutrones que **NO POSEEN CARGA ELÉCTRICA**

En los átomos neutros se cumple:

N° cargas eléctricas positivas = N° de cargas eléctricas negativas

Los átomos neutros pueden captar o ceder electrones:

- a) Si un átomo *capta electrones* se transforma en un ente con *exceso de carga eléctrica negativa*
- b) Si un átomo *cede electrones* se transforma en un ente con *exceso de carga eléctrica positiva*

En Química estos entes tienen un nombre común, los **IONES**.

Los hay **positivos** llamados **Cationes** y los hay **negativos** llamados **aniones**.

Ya podemos definir la **Carga Eléctrica** o **Cantidad de Electricidad** (positiva o negativa) al **defecto** o **exceso** de **Electrones** respecto al número de **protones**

2.- Unidad de carga Eléctrica

Respuesta:

De las dos partículas subatómicas con carga eléctrica, el Protón y el Electrón, se tomó el Electrón como **Unidad de Carga Eléctrica Elemental** por tener una masa despreciable frente a la del Protón.

Esta unidad de carga elemental es muy pequeña y se estableció la unidad de carga eléctrica en el **S.I.** el **Culombio** (C) cuya definición:

“la cantidad de carga que a la distancia de 1 metro ejerce sobre otra cantidad de carga igual una fuerza repulsiva de $9 \cdot 10^9$ N”

Equivalencias:

$$1 \text{ C} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ e-}$$

$$1 \text{ e-} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

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

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$$

3.- Establece Verdadero o Falso en las siguientes afirmaciones

- a) Un cuerpo está cargado negativamente cuando hay un exceso de electrones
- b) Un cuerpo es eléctricamente neutro cuando hay más carga negativa que positiva
- c) Un cuerpo está cargado positivamente cuando hay más protones que electrones

Respuesta:

- a) Verdadero
- b) Falso
- c) Verdadero

4.- ¿Es correcto utilizar en los ejercicios prácticos datos como (+ 2,5 electrones) o (+ 2,5 culombios)?

Respuesta:

No es correcto por las siguientes razones:

- a) Los electrones son cargas eléctricas negativas
- b) Los culombios son valores de cargas eléctricas y no tienen signo positivo o negativo
- c) Los electrones tienen cargas eléctricas muy pequeñas por lo que se utilizan los culombios. Pero siempre es posible transformar los electrones en culombios

5.- ¿A cuántos culombios equivale la carga de un electrón?

Resolución:

Al establecer la unidad de carga eléctrica en el S.I. (el culombio), se estableció la siguiente relación:

$$1 \text{ C} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ e}^-$$

Por lo tanto, utilizando el “Factor de Conversión” tendremos que:

$$1 \text{ e}^- \cdot \frac{1 \text{ C}}{6,24 \cdot 10^{18} \text{ e}^-} = 0,16 \cdot 10^{-18} \text{ C} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

6.- Transformar $1,25 \cdot 10^{13} \text{ e}^-$ en:

- a) Culombios
- b) nanoculombios

Respuesta:

Sabemos que $1 \text{ e}^- = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Por el “Factor de Conversión”:

$$1,25 \cdot 10^{13} \text{ e}^- \cdot \frac{1 \text{ C}}{6,24 \cdot 10^{18} \text{ e}^-} = 0,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$1,25 \cdot 10^{13} \text{ e}^- = 0,2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \cdot \frac{1 \mu\text{C}}{10^{-6} \text{ C}} = 2 \mu\text{C}$$

7.- Ordenar de mayor a menor las cargas: $q_1 = 10^3 \text{ nC}$; $q_2 = 200 \text{ mC}$; $q_3 = 0,005 \text{ C}$; $q_4 = 10^5 \mu\text{C}$.

Resolución:

Pasaremos todas las cargas a Culombios:

$$q_1 = 10^3 \text{ nC} \cdot \frac{10^{-9} \text{ C}}{1 \text{ nC}} = 10^{-6} \text{ C} = 0,000001 \text{ C}$$

$$q_2 = 200 \text{ mC} \cdot \frac{0,001 \text{ C}}{1 \text{ mC}} = 0,2 \text{ C}$$

$$q_3 = 0,005 \text{ C}$$

$$q_4 = 10^5 \text{ } \mu\text{C} \cdot \frac{10^{-6} \text{ C}}{1 \text{ } \mu\text{C}} = 0,1 \text{ C}$$

Luego el orden pedido es:

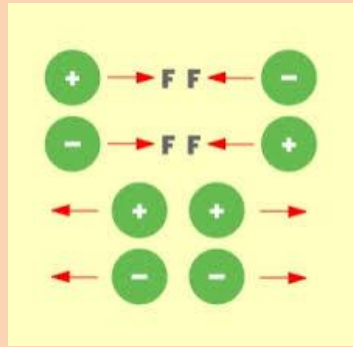
$$q_4 > q_2 > q_3 > q_1$$

8.- ¿Cómo son las Fuerzas ejercidas entre Cargas?

Respuesta:

Mediante los experimentos de electrización (frotación, Electroscopio) se ha comprobado que:

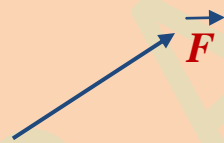
- a) Cargas eléctricas del mismo signo **SE REPELEN**
- b) Cargas eléctricas de distinto signo **SE ATRAEN**



Es interesante hacer una pequeña introducción a las magnitudes vectoriales. Estas se caracterizan por:

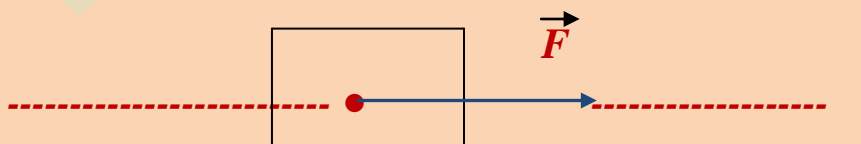
- a) Tener Dirección
- b) Tener sentido
- c) Tener punto de aplicación
- d) Tener módulo o valor

Se representan mediante una flecha:



Las magnitudes vectoriales se identifican mediante una pequeña flecha encima de la sigla de la magnitud. La fuerza es una magnitud vectorial y se representará de la forma \vec{F} .

Cuando un cuerpo sufre una fuerza el esquema debe representar todas las características mencionadas anteriormente. Supongamos un cuerpo sometido a una fuerza F :



La línea roja discontinua nos representa la dirección de la fuerza. La punta de flecha del vector nos da el sentido de la fuerza. El punto rojo representa el punto de aplicación de la fuerza.

9.- Cuantificación de las Fuerzas Eléctricas. Ley de Coulomb

Respuesta:

“La fuerza con que se atraen o repelen dos cargas eléctricas es directamente proporcional al producto de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”

Según el enunciado su ecuación sería:

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

Pero al ser directamente proporcional e inversamente proporcional, debemos introducir en la ecuación la “constante de proporcionalidad”

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

en donde:

F = Fuerza (unidad Newton, N)

K = Constante de proporcionalidad (depende del medio)

q₁ = carga eléctrica (Culombios)

q₂ = carga eléctrica (Culombios)

r = Distancia separación (m)

10.- Dependencia de la Constante de Proporcionalidad**Respuesta:**

Su valor depende del medio en el que nos encontremos (aire, vacío, agua, etc..).

Su expresión matemática es:

$$K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}$$

En donde:

ϵ = Constante denominada **“permitividad relativa”**

ϵ_0 = Denominada **Constante dieléctrica del vacío**

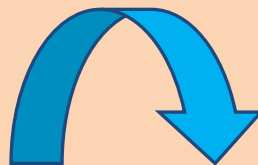
$\epsilon \cdot \epsilon_0$ = **Constante dieléctrica Absoluta** (ϵ_a)

El valor de ϵ_0 en el Sistema Internacional es:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Las unidades de K las podemos deducir de la ecuación de Coulomb:

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



Si utilizamos las unidades de las magnitudes implicadas en el S.I.:

$$N = K \cdot \frac{C \cdot C}{m^2} ; K = \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

La Ecuación de la ley de Coulomb quedaría:

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

$$F = \frac{1}{\epsilon \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

En el vacío y en el aire: $\epsilon = 1$

En estos medios la ley de Coulomb toma la expresión en el S. I.:

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

En los ejercicios o problemas las cargas eléctricas nos las darán con sus signos correspondientes (+ o -). Si llevamos los signos a la ecuación de Coulomb nos encontraremos con problemas para poder interpretar los resultados de que nos proporcione. Para resolver el problema, la ecuación de la Ley de Coulomb la representaremos de la forma:

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

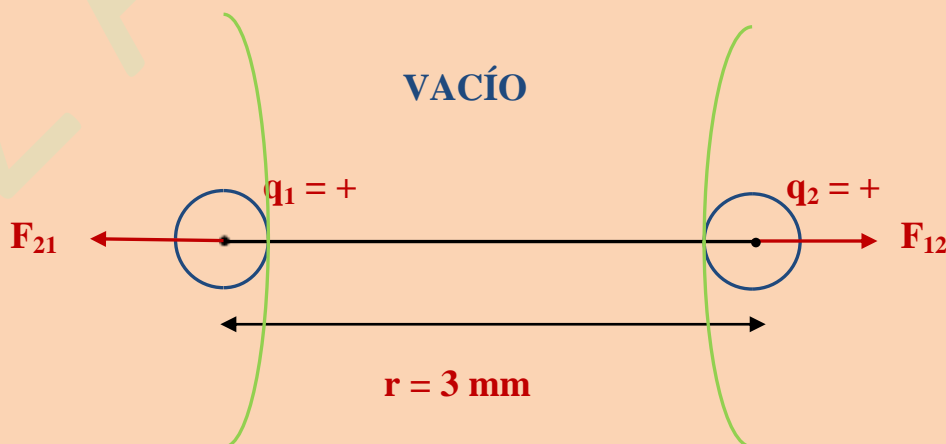
En donde $|q_1|$ y $|q_2|$ representan los valores absolutos de las cargas, es decir, en la ecuación no pondremos los signos positivos o negativos de las mismas, simplemente pondremos sus valores, pero cuando obtengamos el resultado tendremos que indicar si la fuerza es atractiva o repulsiva.

11.- ¿Cuál la fuerza que se ejercen mutuamente dos cargas de $q_1 = +5\mu\text{C}$ y $q_2 = +5\mu\text{C}$ situadas en el vacío a 3 mm de distancia?

Resolución:

Al ser las cargas eléctricas positivas tenderán a separarse puesto que cargas del mismo signo se repelen.

El esquema quedaría de la siguiente forma:



F_{21} = La fuerza que ejerce la carga q_2 sobre la carga q_1

F_{12} = “ “ “ “ q_1 “ “ q_2

Cambio de unidades al S.I.:

$$q_1 = + 5 \cancel{\mu\text{C}} \cdot \frac{10^{-6} \text{ C}}{1 \cancel{\mu\text{C}}} = + 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

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

$$r = 3 \cancel{\text{mm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \cancel{\text{mm}}} = 0,003 \text{ m}$$

Ecuación de Coulomb:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{\epsilon \text{ C}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,003 \text{ m})^2}$$

$$\epsilon = 1$$

$$F = \frac{\cancel{9} \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \cancel{\text{m}^2}}{\cancel{\text{C}^2}} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-12} \cancel{\text{C}^2}}{\cancel{9} \cdot 10^{-6} \cancel{\text{m}^2}} = 25 \cdot 10^3 \text{ N} = \mathbf{25000 \text{ N}} \text{ (de repulsión)}$$

12.- Determinar la fuerza repulsiva del ejercicio anterior si la constante dieléctrica del medio vale $\epsilon = 5$

Resolución:

La ecuación de la ley de Coulomb en este caso es de la forma:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \cancel{\text{m}^2} \cdot 25 \cdot 10^{-12} \cancel{\text{C}^2}}{5 \cancel{\text{C}^2} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cancel{\text{m}^2}} = 5 \cdot 10^3 \text{ N} = 5000 \text{ N (repulsión)}$$

13.- Dos cargas iguales se repelen con una fuerza de 10^{-10} N cuando se encuentran en el aire a una distancia de 5 m. Determinar el valor de dichas cargas.

Resolución:

El problema se nos complica desde un punto de vista matemático. Debemos conocer el valor de las cargas eléctricas a través de la ecuación de la ley de Coulomb:

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Como las cargas son iguales: $q_1 = q_2 = q$

Sustituyendo:

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{\cancel{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot q \cdot q}{\text{C}^2 \cdot \cancel{\text{m}^2}}$$

$$10^{-10} \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot q^2}{\text{C}^2 \cdot (5 \text{ m})^2}$$

$$10^{-10} \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{q^2}{(5 \text{ m})^2}$$

$$10^{-10} \text{ N} \cdot \text{C}^2 \cdot 25 \text{ m}^2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot q^2$$

$$q^2 = \frac{10^{-10} \text{ N} \cdot \cancel{\text{C}^2} \cdot 25 \cancel{\text{m}^2}}{9 \cdot 10^9 \cancel{\text{N}} \cdot \cancel{\text{m}^2}} = 2,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}^2$$

$$q = (280 \cdot 10^{-20} \text{ C}^2)^{1/2} = 16,7 \cdot 10^{-10} \text{ C} \text{ (ambas positivas o negativas)}$$

14.- Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas q_1 y q_2 de $+1 \mu\text{C}$ y $-2,5 \mu\text{C}$, distantes una de la otra 5 cm en el vacío.

Datos:

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

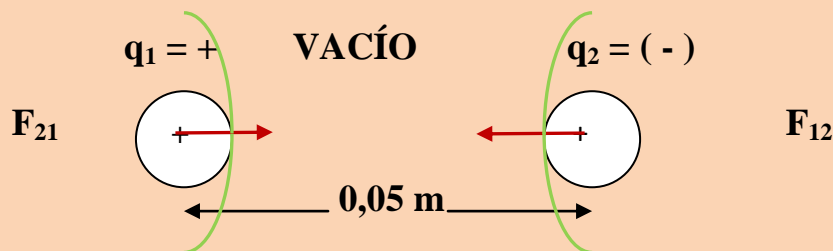
$$q_1 = +1 \mu\text{C} = +1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

15.- 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.

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

Resolución:

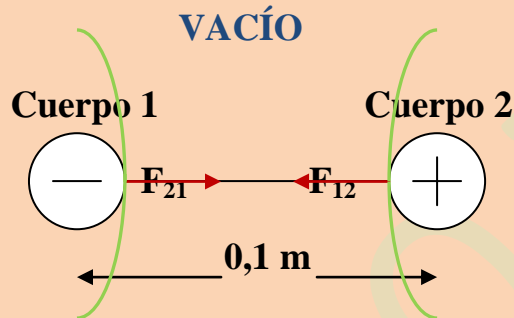
Datos: $\text{N} \cdot \text{m}^2$

$$K = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\text{-----}}{\text{C}^2}$$

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

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

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



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:

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

Llevando datos:

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

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

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

16.- 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

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

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:

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

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

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

Resolución

DATOS:

Aparece un submúltiplo del Coulombio, el microCoulombio (μC)

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:

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

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

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

La incógnita es " r ":

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

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

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

18.- Dos cargas puntuales $q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ están separadas 0,5 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

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

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

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

19.- 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.

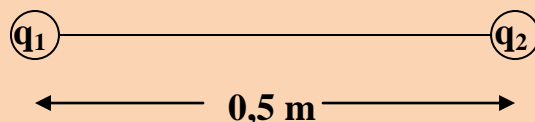
(Fuente de enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

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:

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

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

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

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

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

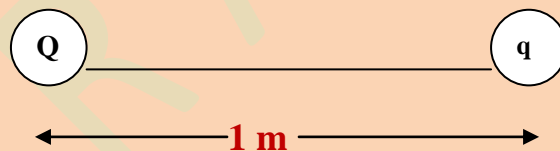
$$q_1 = q_2 = q = 5,9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \text{ C} = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

20.- 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

(Fuente Enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

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:

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

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

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

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

21.- Calcular la distancia “r” que separa dos partículas cargadas con $2 \cdot 10^{-2} \text{ C}$ cada una, sabiendo que la fuerza de interacción entre ambas es de $9 \cdot 10^5 \text{ N}$. (Fuente de Enunciado: Fisicanet. Resolución: A. Zaragoza)

Resolución:

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

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

Según la ecuación de Coulomb:

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

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

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

22.- Determinar la fuerza que se ejerce entre las cargas $q_1 = +1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = +2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ 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:

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

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

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

23.- ¿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 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:

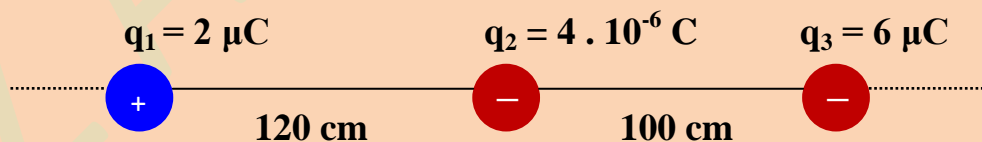
$$F = K/\epsilon_r \cdot q_1 \cdot q_2 / R^2$$

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

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

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

24.- Dado el esquema siguiente:



Determinar gráfica y cuantitativamente:

- La fuerza que se ejerce sobre q_2
- La fuerza que se ejerce sobre q_3
- La fuerza que se ejerce sobre q_1

Resolución:

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

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

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

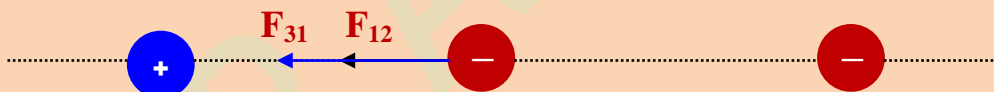
$$r_1 = 1,20 \text{ m}$$

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

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:

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

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

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

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

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

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

La fuerza resultante sobre la q_2 tendrá el valor:

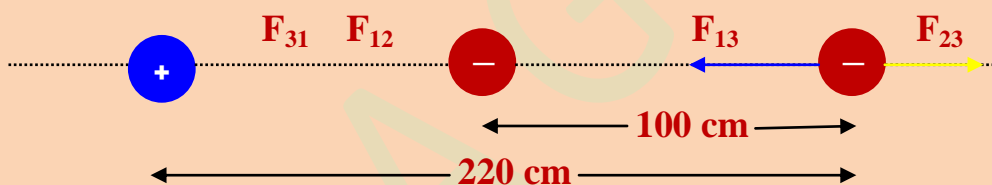
$$F_R = F_{12} + F_{32}$$

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

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} :

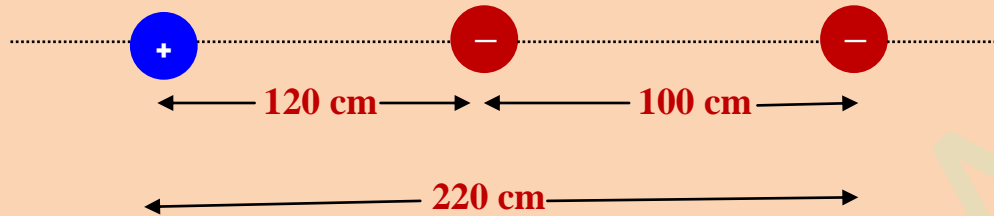
$$F = K \cdot q_1 \cdot q_3 / R^2$$

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

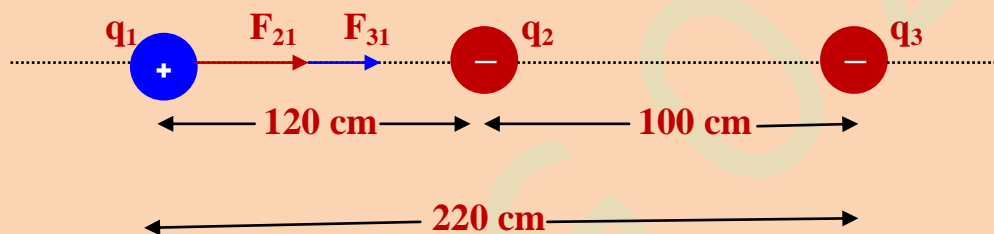
$$F = 34,86 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2 / \text{C}^2$$

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

b) Sobre la q_1 :



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



La fuerza resultante sobre q_1 se obtendrá mediante la ecuación:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_{21} + \mathbf{F}_{31}$$

Cálculo de F_{21} :

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

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

Cálculo de F_{31} :

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

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

Fuerza resultante sobre q_1 :

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

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

