

# Tema 2. Electrostática

La electricidad es un conjunto de fenómenos producidos por el movimiento y la interacción entre cargas eléctricas.  $\oplus$  y  $\ominus$  de los cuerpos.

La electrotécnica estudia las aplicaciones de la electricidad.

La electrostática estudia las cargas eléctricas en equilibrio. La carga eléctrica es la responsable de los fenómenos electrostáticos, cuyos efectos aparecen en forma de atracciones y repulsiones entre cuerpos que la poseen, es una propiedad fundamental de la materia.

Al frotar un objeto éste pierde los  $e^-$  de su capa externa quedando con carga  $\oplus$ , el otro objeto adquiere los  $e^-$  quedando con carga  $\ominus$  y así se produce la atracción de objetos ligeros. La carga eléctrica total permanece constante.

La carga eléctrica se presenta como un múltiplo entero del valor absoluto de la carga del electrón.  $q = \pm n \cdot |e^-|$  unidad fundamental de carga.

S.I unidad de carga es el culombio (C): Cantidad de carga que fluye a través de la sección de un conductor durante 1 segundo cuando la corriente es de 1 amperio (A) carga electrón  $|e^-| = 1.6 \cdot 10^{-19} C$

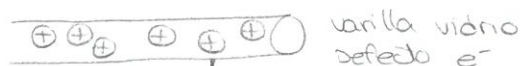
Van de	$\mu C$ micro	$1 \mu C = 10^{-6} C$
1000 en	$nC$ nano	$1 nC = 10^{-9} C$
1000	$pC$ pico	$1 pC = 10^{-12} C$

Electrización Fenómeno por el que se comunica carga eléctrica a un cuerpo

- Electrización
- Por frotamiento Al frotar 2 cuerpos neutros se produce transferencia de electrones entre ambos. uno queda con carga  $\ominus$  y otro  $\oplus$ , se atraen. No se crea ni destruye carga eléctrica, se mantiene constante. Los materiales conductores no se electrizan por frotamiento porque la carga se distribuye rápidamente por todo el objeto. Sin embargo los materiales aislantes sí se electrizan ya que la carga aislada permanece en la zona de frotamiento.



varilla plástico  
exceso  $e^-$



varilla vidrio  
defecto  $e^-$



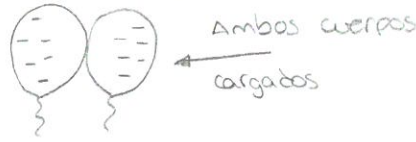
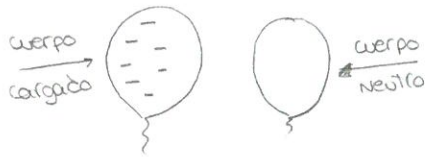
Paño lana  
defecto  $e^-$



Paño seda  
exceso  $e^-$

## Electrización

- ▶ Por contacto: un cuerpo neutro se carga al ponerlo en contacto con otro que está cargado, quedan con el mismo tipo de carga. Mientras dure el contacto la carga total tiende a repartirse proporcionalmente según las capacidades de cada uno para poseer carga.



\* carga total se mantiene constante

## Descarga a tierra

La tierra es el conductor más grande, es decir, si conectamos a tierra un cuerpo cargado negativamente cederá los  $e^-$  en exceso y si está cargado positivamente recibirá los  $e^-$  que le falta para quedar neutro.

## Electrización

- ▶ Por inducción: Fuerzas eléctricas que se ejercen a distancia. Se produce una polarización en el cuerpo neutro. Al tener un cuerpo cargado positivamente si le acercamos a uno neutro atraerá los  $e^-$  hacia el cuerpo cargado  $\oplus$  quedando la región próxima del cuerpo neutro cargado negativamente. Esta fuerza eléctrica desaparece cuando el agente responsable se aleja. Si conectamos el cuerpo neutro a tierra recibirá o cederá  $e^-$  en función del cuerpo que le hayamos acercado y adquiere carga de signo contrario a la del cuerpo inductor.



- ▶ Medios químicos: Pilas y baterías por óxido-reducción, transferencia de  $e^-$

- ▶ Por calor: Termopares termoeléctricos. 2 metales a diferentes temperaturas están en contacto formando unión bimetalica, entre ambos lados se crea fuerza electromotriz (funcionamiento termopares)

- ▶ Por luz: (e. fotovoltaica). Produce corriente eléctrica entre 2 piezas diferentes en contacto y expuestas a la luz. (células fotovoltaicas) son semiconductores elaborados con silicio puro con impurezas.

- ▶ Por presión: (piezoelectricidad). Aparece en algunos cristales como el cuarzo, que al presionarlos se polarizan creando una diferencia de potencial. Los átomos quedan ordenados de forma que en un extremo se genera falta de  $e^-$  y en el otro se genera exceso de  $e^-$ .

## Electroscopio detectar existencia de cargas eléctricas e indicar el signo.



Al acercar un objeto cargado si las láminas se separan el objeto tiene misma carga eléctrica que electroscopio, si se juntan es de carga contraria.

La idea es cargar el electroscopio con una carga conocida.

- \* cuerpos con carga mismo signo se repelen
- \* cuerpos con carga distinto signo se atraen.

## Ley de Coulomb Interacción entre cargas eléctricas puntuales estáticas

La interacción electrostática entre 2 partículas cargadas eléctricamente ( $Q_1$  y  $Q_2$ ), consideradas puntuales, es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que las separa ( $r$ ) y depende del medio que les rodea.

- \* Dirección igual a la de recta que une sus centros.
- \* sentido de atracción si tienen distinto signo y repulsión mismo signo.

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Fuerzas (N)  
 constante Coulomb (medio) ( $\frac{Nm^2}{C^2}$ )  
 carga 1(C) carga 2(C)  
 distancia (metros)

El valor más elevado corresponde al vacío ( $K_0$ ).

$$K_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

medio cualquiera

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

vacío

$$K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

permitividad

$$\epsilon = \frac{1}{4\pi k}$$

permitividad relativa  $\epsilon_r \geq 1$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{K_0}{K}$$

no unidades (adimensional)

\* La Fuerza en cualquier medio será menor que en el vacío.

\* si no especifica medio de las cargas, se entenderá que están en el aire  $\epsilon_r = 1$  o en el vacío.

en un medio cualquiera

$$F = \frac{F_0}{\epsilon_r}$$

Fuerza electrostática

$$F = K_0 \cdot \frac{1C \cdot 1C}{4m^2} = 9 \cdot 10^9$$

La fuerza electrostática es central, actúa a distancia y es conservativa. El módulo es proporcional al producto de la propiedad que los crea (masa o carga) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

- Fuerza gravitatoria es atractiva, Fuerza electrostática puede ser atractiva o repulsiva.
- Fuerza gravitatoria es independiente del medio, eléctrica sí depende del medio ( $k$  no es universal).
- Para valores similares de  $a$ , la intensidad de la fuerza gravitatoria es mucho menor.
- La Fuerza electrostática depende de la cantidad de carga de cada cuerpo ( $q_1, q_2$ ) proporcional a ellas.
- Fuerza electrostática depende de las distancias entre cargas inversamente y depende del medio.

# Definición Coulombio (C)

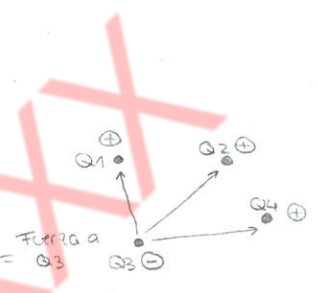
\* Cantidad de carga eléctrica que, colocada en el vacío frente a otra igual a la distancia de 1 metro, produce sobre ella una repulsión igual a  $9 \cdot 10^9$  N

$$F = k_0 \cdot \frac{\Delta q_1 \cdot \Delta q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9$$

\* Carga eléctrica que en un segundo atraviesa la sección de un conductor por el que circula una corriente constante de 1 amperio.

$$\Delta C = 6'28 \cdot 10^{18} e^- \rightarrow \Delta e^- = \frac{\Delta}{(6'28 \cdot 10^{18})} = 1'6 \cdot 10^{-19} C$$

Cuando tenemos más de 2 cargas aplicamos el principio de superposición: fuerza resultante es igual a la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre ella.



$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \sum_{i=1}^n k \cdot \frac{q_0 \cdot q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{ri}$$

## Repaso trigonometría



cateto opuesto al ángulo ( $\sigma$ )  
seno

pitágoras:  $h = \sqrt{\sigma^2 + c^2}$

$\cos \alpha = \frac{c}{h}$   
 $\sin \alpha = \frac{\sigma}{h}$   
 $\tan \alpha = \frac{\sigma}{c}$

$\text{tg} \alpha = \frac{\sigma/h}{c/h} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$

$1 = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha$

4) Dos cargas situadas en el vacío se repelen con una fuerza de 2N. Si una de las cargas es de  $9 \mu C$  y que están separadas 45cm, ¿cuál es el valor de la otra carga?

vacío ( $k$ ) =  $9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$   
 $F = 2N$   
 $q_1 = 9 \mu C = 9 \cdot 10^{-6} C$   
 $r = 45cm = 45 \cdot 10^{-2} m$

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

$$q_2 = \frac{F \cdot r^2}{k \cdot q_1} ; q_2 = \frac{2 \cdot (45 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-6}} = \frac{2 \cdot (45^2 \cdot 10^{-4})}{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= \frac{4050 \cdot 10^{-4}}{81 \cdot 10^3} = 50 \cdot 10^{-7} = 5 \cdot 10^{-6} C = 5 \mu C$$

5) 2 cargas de  $0'3mC$  separadas 30cm en el aire  $\rightarrow \epsilon_r = 25'7$ . Calcula  $F$  con que se repelen.

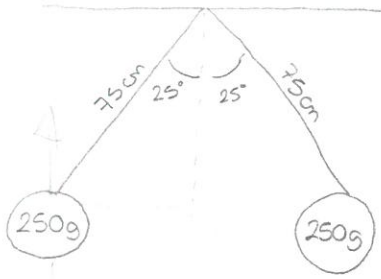
$F = ?$   
 $q_1 = 0'3mC = 3 \cdot 10^{-4} C$   
 $r = 30cm = 3 \cdot 10^{-1} m$   
 $\epsilon_r = 25'7$

$$F = \frac{F_0}{\epsilon_r} \rightarrow F_0 = k_0 \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} ; F_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{(3 \cdot 10^{-1})^2} ;$$

$$F_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{9 \cdot 10^{-8}}{9 \cdot 10^{-2}} ; F_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6} ; F_0 = 9 \cdot 10^3 N$$

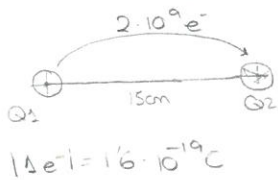
$$F = \frac{9 \cdot 10^3}{25'7} = 350'19 N //$$

10) Dos esferas igualmente cargadas de 250g de masa cada una se encuentran suspendidas mediante hilos ideales (inextensibles y masa despreciable) del mismo punto del techo. Sabiendo que los hilos miden 75cm cada uno y forman un ángulo de  $25^\circ$  con la vertical, calcula: a) Fuerza repelen cargas b) valor de cada carga.



a)  $\cos 25^\circ = \frac{c}{0.75} \rightarrow c = 0.6797 \text{ m}$   
 $75 = 0.75 \text{ m}$

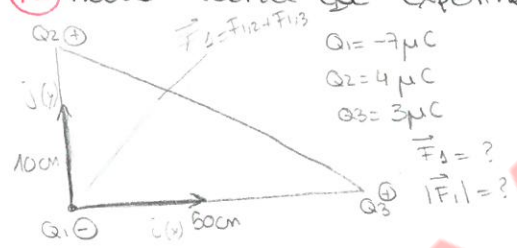
3) Dos esferas están separadas 15cm. Pasa  $2 \cdot 10^9 e^-$  de la una a la otra. Calcula la fuerza que aparece entre ambas esferas.



$|Q_1| = |Q_2| \rightarrow \frac{\text{cantidad pasen}}{2 \cdot 10^9} \cdot \frac{\text{valor } 1e^-}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 32 \cdot 10^{-10} \text{ C}$   
 valores absolutos son iguales

$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \rightarrow F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{32 \cdot 10^{-10} \cdot 32 \cdot 10^{-10}}{(15 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{92.16 \cdot 10^{-11}}{225 \cdot 10^{-4}} = 0.4096 \cdot 10^{-7} = 4.096 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

12) Hallar fuerza que experimenta q3 sabiendo que las 3 cargas están en el vacío.



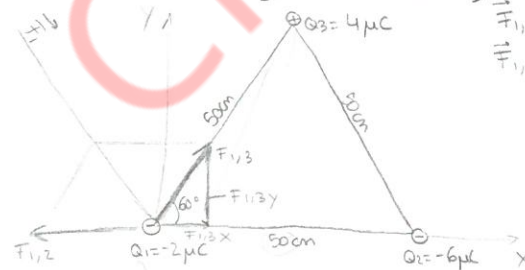
$Q_1 = -7 \mu\text{C}$   
 $Q_2 = 4 \mu\text{C}$   
 $Q_3 = 3 \mu\text{C}$   
 $\vec{F}_3 = ?$   
 $|\vec{F}_1| = ?$   
 $\vec{F}_3 = \vec{F}_{1,3} \cdot \vec{i} + \vec{F}_{2,3} \cdot \vec{j}$   
 $\vec{F}_2 = \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{1,3}$

$F_{1,2} = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(1 \cdot 10^{-1})^2} = 252 \cdot 10^{-1} = 25.2 \text{ N}$

$F_{1,3} = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-1})^2} = 7.56 \cdot 10^{-1} = 0.756 \text{ N}$

$\vec{F}_1 = (0.756 \vec{i}, 25.2 \vec{j}) \text{ N}$   
 $|\vec{F}_1| = \sqrt{0.756^2 + 25.2^2} = 25.2113 \text{ N}$

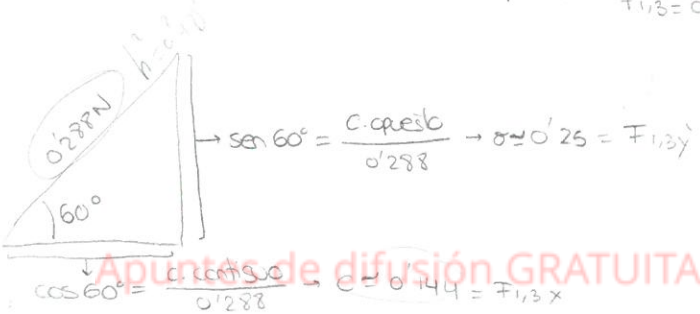
13) Hallar fuerza de q3 sabiendo que están en el vacío.



$\vec{F}_{1,2} = -F_{1,2} \cdot \vec{i}$   
 $\vec{F}_{1,3} = \vec{F}_{1,3x} + \vec{F}_{1,3y} = +F_{1,3x} \cdot \vec{i} + F_{1,3y} \cdot \vec{j}$

$F_{1,2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-1})^2} = 4.32 \cdot 10^{-1} = 0.432 \text{ N}$

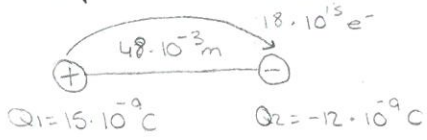
$F_{1,3} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-1})^2} = 2.88 \cdot 10^{-1} = 0.288 \text{ N}$



$\vec{F}_{1,2} = -0.432 \cdot \vec{i}, 0 \cdot \vec{j}$   
 $\vec{F}_{1,3} = 0.144 \cdot \vec{i}, 0.25 \cdot \vec{j}$   
 $\vec{F}_1 = -0.288 \vec{i}, 0.25 \vec{j}$

Examen

1) Dos con carga inicial de  $15 \cdot 10^{-9} \mu\text{C} (+)$ , luego  $Q_2$  con carga inicial de  $-12 \text{ nC} (-)$ , separados  $48 \text{ mm}$ . Del  $Q_2$  al  $Q_1$  pasan  $18 \cdot 10^{15} e^-$ . ¿F entre ambos? Módulo.



$$|e^-| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow 18 \cdot 10^{15} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 28'8 \cdot 10^{-4}$$

$$Q_1 = 15 \cdot 10^{-9} - 28'8 \cdot 10^{-4} = -2'88 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_2 = -12 \cdot 10^{-9} + 28'8 \cdot 10^{-4} = 2'88 \cdot 10^{-3}$$

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2'88 \cdot 10^{-3} \cdot 2'88 \cdot 10^{-3}}{(48 \cdot 10^{-3})^2} = 0'0324 \cdot 10^9 = 324 \cdot 10^5 \text{ N}$$

1) Carga positiva de  $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  separada de otra carga negativa de  $4 \cdot 10^{-4}$ . halla fuerza con la que interactúan cuando están en el aire.

$$F = k_0 \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{1} = 72 \cdot 10^1 = 720 \text{ N}$$

2) ¿cuál sería la carga eléctrica neta de un objeto con 1 millón de  $e^-$  en exceso?

$$|e^-| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \rightarrow 1.000.000 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ C}$$

6) Dos cargas puntuales de  $0'002 \text{ C}$  y  $-0'008 \text{ C}$  están separadas  $20 \text{ cm}$ . Calcula la fuerza de atracción entre ambas suponiendo que están en:

a) vacío:

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0'002 \cdot 0'008}{0'2^2} = 3'6 \cdot 10^6 \text{ N}$$

b) agua ( $\epsilon_r \text{ agua} = 80'1$ )

$$F = \frac{F_0}{\epsilon_r} \quad F_0 = 3'6 \cdot 10^6 \rightarrow F = \frac{3'6 \cdot 10^6}{80'1} = 4'5 \cdot 10^4$$

mili -3  
μ -6  
nano -9

7) Calcula la distancia que deberos colocar 2 cargas puntuales  $q_1 = 4 \mu\text{C}$  y  $q_2 = -4 \mu\text{C}$  en el agua para que se atraigan con fuerza de  $4'8 \text{ N}$  ( $\epsilon_r = 80'1$ )

$$F = \frac{F_0}{\epsilon_r} \rightarrow F_0 = 4'8 \cdot 80'1 = 384'48 \text{ N}$$

¿cómo está en otro medio?

$$F_0 = k_0 \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \rightarrow 384'48 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot -4 \cdot 10^{-6}}{r^2} ; 384'48 = \frac{144 \cdot 10^{-3}}{r^2}$$

$F_0$  para usarla con  $k$

$$r = \sqrt{\frac{144 \cdot 10^{-3}}{384'48}} = 0'019 \text{ m}$$