TEMA 1. CARGA ELÉCTRICA Y CAMPO ELÉCTRICO

1. CARGA

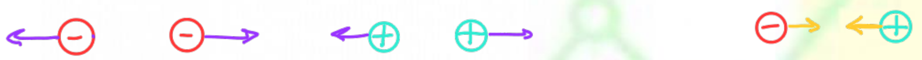
La carga eléctrica es una propiedad intrínseca de algunas partículas elementales que se manifiesta mediante atracciones y repulsiones y que determina las interacciones eléctricas entre ellas.

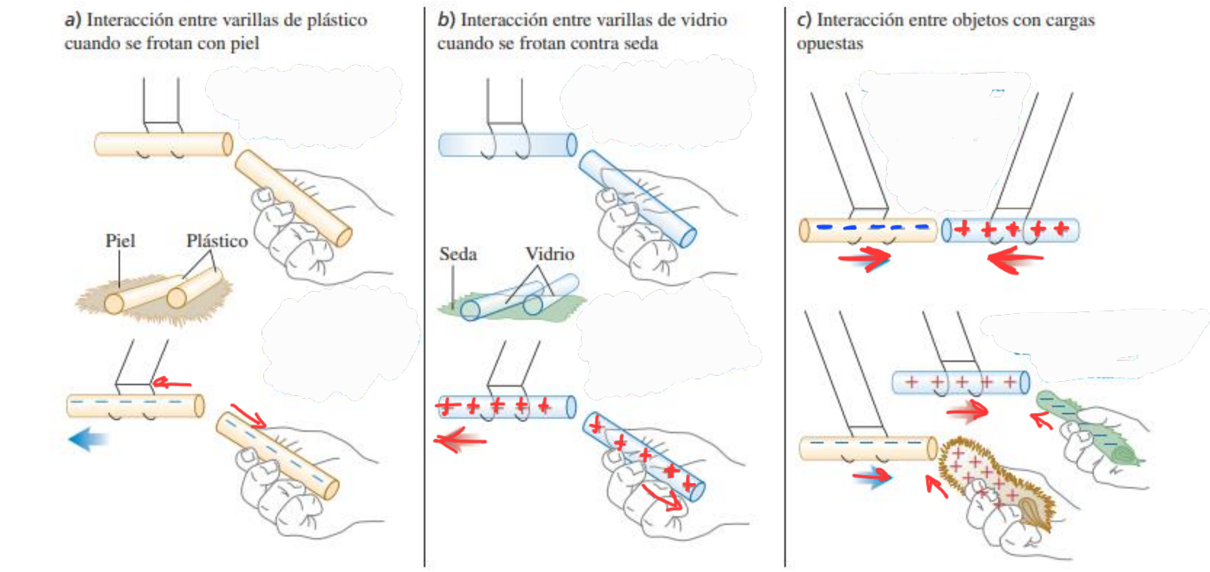
La unidad de carga, en el sistema internacional es el culombio C.

En relación a la carga, las partículas pueden ser:

- Positivas
- Negativas
- Neutras

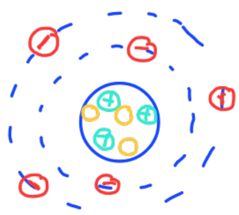
Dos cargas de igual signo se repelen, dos cargas de signo contrario se atraen.





No debemos confundir la carga con la masa, dos propiedades independientes entre ellas.

	CARGA (C)	MASA (kg)
Electrón	$-1.6 \cdot 10^{-19}$	$9.109 \cdot 10^{-31}$
Protón	$+1.6 \cdot 10^{-19}$	$1.673 \cdot 10^{-27}$
Neutrón	0	$1.675 \cdot 10^{-27}$



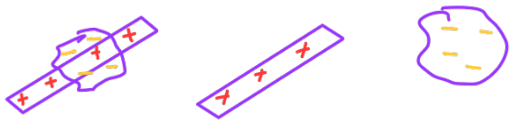
PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA CARGA. La carga eléctrica de un sistema físico aislado se mantiene constante.

ELECTRIZACIÓN.

La electrización es el efecto de ganar o perder electrones debido a un cuerpo eléctricamente neutro.

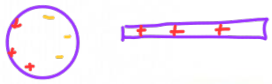
Existen tres tipos de electrización:

- Por **frotamiento**

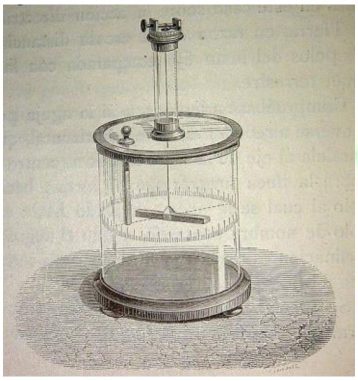


- Por **contacto**

- Por **inducción**



2. LEY DE COULOMB



En 1784 Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) estudió con mucho detalle las fuerzas de atracción en partículas cargadas. Usó una balanza de torsión.

Descubre que la fuerza eléctrica es:

- Inversamente proporcional al cuadrado de la distancia
- Directamente proporcional al producto de sus cargas

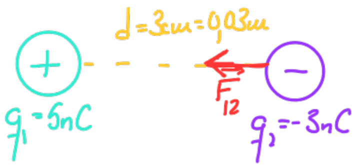
Y con ello definió la ley de Coulomb:

$$\boxed{\vec{F} = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}\overrightarrow{u_r}}$$

$[N] = [\frac{N \cdot m^2}{C^2}]$

$$K = 8{,}988 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

EJERCICIO 1.1. Dadas dos cargas q_1= +5nC y q_2= -3nC separadas 3cm, calcule la fuerza eléctrica que sufre cada una de ellas.



$$F_{12} = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 8{,}988\cdot\cancel{10^9}\,\frac{5\cdot\cancel{10^{-9}}\cdot 3\cdot 10^{-9}}{0{,}03^2} = 1{,}5\cdot 10^{-4}\,N$$

$$F_{21} = K\frac{q_2 \cdot q_1}{r^2} = 8{,}988\cdot\cancel{10^9}\,\frac{3\cdot\cancel{10^{-9}}\cdot 5\cdot 10^{-9}}{0{,}03^2} = 1{,}5\cdot 10^{-4}\,N$$

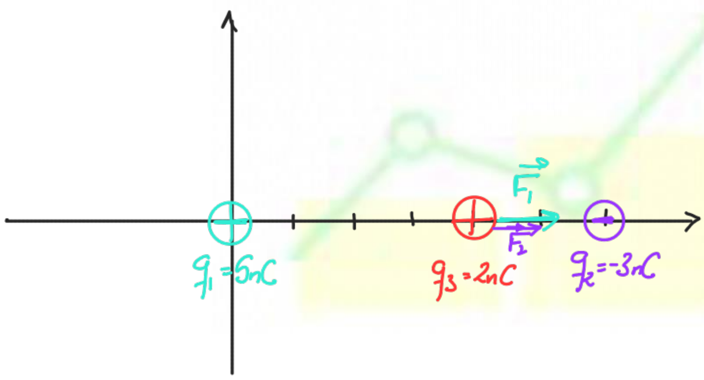
PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN DE FUERZAS.

$$\vec{F}_T = \sum \vec{F}_i$$

EJERCICIO 1.2. Dadas un sistema de dos cargas q_1= +5nC y q_2= -3nC situadas en el origen y el punto (6,0)m respectivamente. Calcule la fuerza eléctrica que sufre una tercera carga q_3=2nC situada en

a) el punto (4,0)m

$$\vec{F}_T = (F_1 + F_2)\,\vec{i} = \boxed{1{,}911\cdot 10^{-8}\,\vec{i}\,N}$$

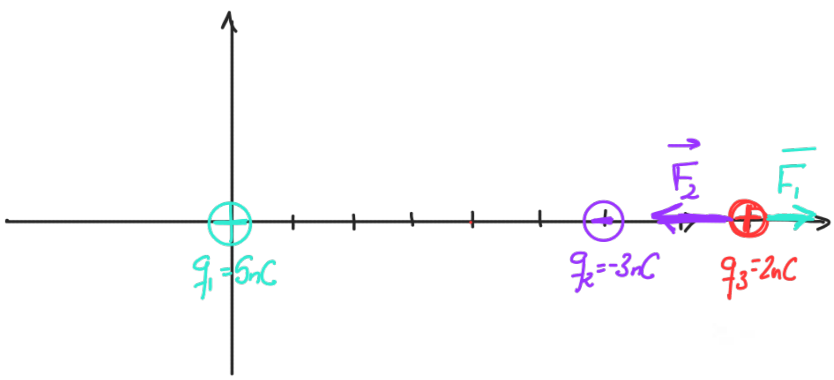


$$F_1 = k\frac{q_1 \cdot q_3}{r_{13}^2} = 8{,}988\cdot\cancel{10^{+9}}\,\frac{5\cdot\cancel{10^{-9}}\cdot 2\cdot 10^{-9}}{4^2} = 5{,}61\cdot 10^{-9}\,N$$

$$F_2 = k\frac{q_2 \cdot q_3}{r_{23}^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{3\cdot 10^{-9}\cdot 2\cdot 10^{-9}}{2^2} = 1{,}35\cdot 10^{-8}\,N$$

b) el punto (8,0)m

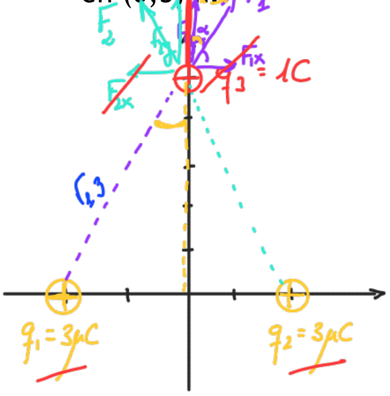
$$\vec{F}_T = (F_1 - F_2)\,\vec{i} = \boxed{-1{,}21\cdot 10^{-8}\,N}$$



$$F_1 = k\frac{q_1 \cdot q_3}{r_{13}^2} = 8{,}988\cdot 10^{+9}\,\frac{5\cdot 10^{-9}\cdot 2\cdot 10^{-9}}{8^2} = 1{,}4\cdot 10^{-9}\,N$$

$$F_2 = k\frac{q_2 \cdot q_3}{r_{23}^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{3\cdot 10^{-9}\cdot 2\cdot 10^{-9}}{2^2} = 1{,}35\cdot 10^{-8}\,N$$

EJERCICIO 1.3. Dadas un sistema de dos cargas $q_1 = q_2 = 3\mu C$ situadas en los puntos (-2,0) y (2,0) m. Calcule la fuerza eléctrica que sufre una tercera carga $q_3 = 1C$ situada en (0,5) m.

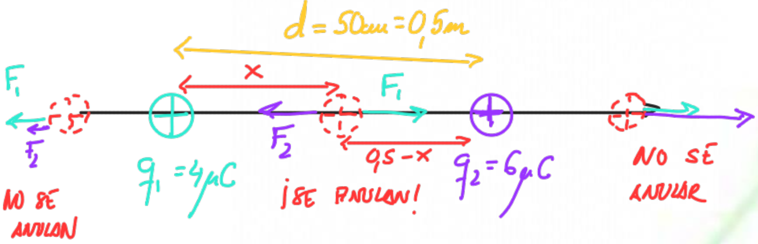


$$\vec{F_T} = 2F_{1y}\vec{j} = 2\cdot 863\vec{j} = \boxed{1726\vec{j}\ N}$$

$$F_{1y} = F_1\cdot\cos\alpha = k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}\cdot\frac{5}{\sqrt{29}} = 8{,}988\cdot10^9\frac{3\cdot10^{-6}\cdot1}{\sqrt{29}^2}\cdot\frac{5}{\sqrt{29}} = 863\ N$$

$$r_{13} = \sqrt{2^2+5^2} = \sqrt{29}$$

EJERCICIO 1.4. Dadas un sistema de dos cargas $q_1 = 4\mu C$ y $q_2 = 6\mu C$ separadas 50cm. Calcule el punto donde, al colocar una carga de 1C la fuerza es nula.



$$F_1 = F_2$$

$$\cancel{k}\frac{q_1\cancel{q_3}}{x^2} = \cancel{k}\frac{q_2\cancel{q_3}}{(0{,}5-x)^2}$$

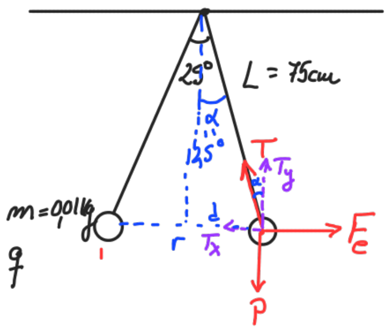
$$\frac{4\cdot\cancel{10^{-6}}}{x^2} = \frac{6\cdot\cancel{10^{-6}}}{(0{,}5-x)^2}$$

$$\sqrt{(0{,}5-x)^2} = \sqrt{1{,}5x^2}$$

$$0{,}5-x = 1{,}22x$$

$$0{,}5 = 2{,}22x \rightarrow \boxed{x = 0{,}225\,m}$$

EJERCICIO 1.5. Dos cargas de masa 10g e igual carga están suspendidas de dos hilos de 75cm, de masa y carga despreciables sujetos en el mismo punto, y en el equilibrio forman un ángulo de 25º. ¿Cuál es el valor de las cargas?



$$\left.\begin{array}{l} F_e - T_x = 0 \\ T_y - P = 0 \end{array}\right\} \quad \left.\begin{array}{l} F_e = T\,sen\,12{,}5^\circ \\ T\cos 12{,}5^\circ = mg \end{array}\right\} \quad F_e = \frac{mg}{\cos 12{,}5}\,sen\,12{,}5$$

$$T_y = T\cos 12{,}5^\circ$$

$$T_x = T\,sen\,12{,}5^\circ$$

$$\Rightarrow F_e = \frac{0{,}01\cdot 9{,}8}{\cos 12{,}5}\,sen\,12{,}5 = 0{,}022\,N$$

$$F_e = k\frac{q\cdot q}{r^2} = 8{,}988\cdot10^9\frac{q^2}{0{,}32^2} = 8{,}78\cdot10^{10}\,q^2$$

$$\frac{d}{L} = sen\,12{,}5^\circ \rightarrow r = 2d = 2\cdot L\,sen\,12{,}5^\circ = 0{,}32\,m$$

$$0{,}022 = 8{,}78\cdot10^{10}\,q^2$$

$$\boxed{q = 0{,}5\cdot10^{-6}\,C}$$

3. CAMPO ELÉCTRICO

Definimos campo como una región del espacio donde existen perturbaciones originadas por una propiedad de un cuerpo.

Por tanto, definimos campo eléctrico como la región del espacio donde existen perturbaciones originadas por la carga de un cuerpo.

También podemos definir el campo eléctrico como la fuerza eléctrica que se experimenta por unidad de carga en un punto del espacio. Por tanto:

E generado por q

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}} = \boxed{k\frac{q}{r^2}\overrightarrow{u_r}}$$

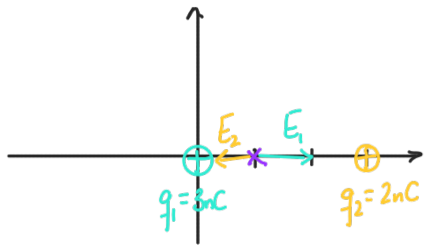
LÍNEAS DE CAMPO

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

$$\vec{E}_T = \sum \vec{E_i}$$

EJERCICIO 1.6. Dado un sistema de cargas q_1=3nC y q_2=2nC situadas en el origen y el punto (3,0) respectivamente, calcula el campo eléctrico generado:

a) En el punto (1,0)m

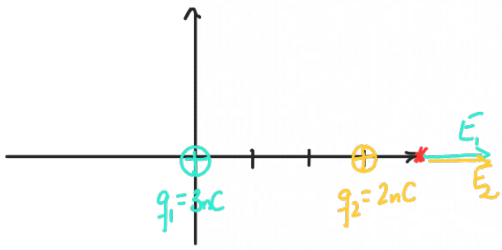


$$\vec{E}_T = (E_1 - E_2)\,\vec{i} = (27 - 4{,}49)\,\vec{i} = \boxed{22{,}51\ \vec{i}\ N/C}$$

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{3\cdot 10^{-9}}{1^2} = 27\ N/C$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{2\cdot 10^{-9}}{2^2} = 4{,}49\ N/C$$

b) En el punto (4,0)m

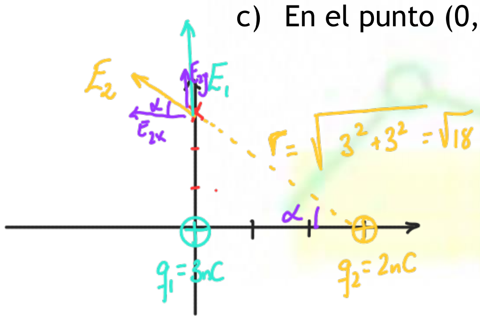


$$\vec{E}_T = (E_1 + E_2)\,\vec{i} = (1{,}69 + 17{,}98)\,\vec{i} = \boxed{19{,}67\ \vec{i}\ N/C}$$

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{3\cdot 10^{-9}}{4^2} = 1{,}69\ N/C$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{2\cdot 10^{-9}}{1^2} = 17{,}98\ N/C$$

c) En el punto (0,3)m



$$\vec{E}_T = -E_{2x}\,\vec{i} + (E_1 + E_{2y})\,\vec{j} = \boxed{-0{,}71\ \vec{i} + 3{,}71\ \vec{j}\ N/C}$$

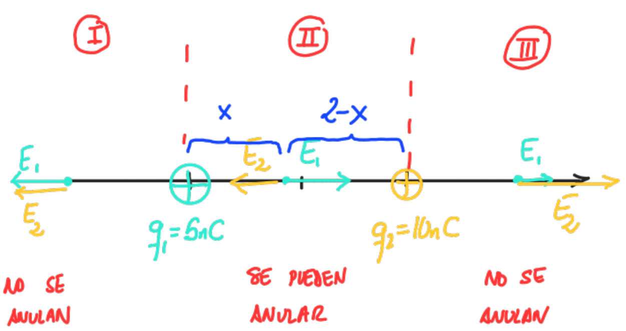
$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{3\cdot 10^{-9}}{3^2} \approx 3\ N/C$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 8{,}988\cdot 10^{9}\,\frac{2\cdot 10^{-9}}{\sqrt{18}^2} \approx 1\ N/C \Rightarrow$$

$$E_{2x} = E_2\cos\alpha = 1\cdot\frac{3}{\sqrt{18}} = 0{,}71\ N/C$$

$$E_{2y} = E_2\,\mathrm{sen}\,\alpha = 1\cdot\frac{3}{\sqrt{18}} = 0{,}71\ N/C$$

EJERCICIO 1.7. Dado un sistema de cargas q_1=5nC y q_2=10nC situadas en el origen y el punto (2,0) respectivamente, calcula el punto donde se anula el campo eléctrico.



$$E_1 = E_2$$

$$\cancel{k}\frac{q_1}{r_1^2} = \cancel{k}\frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{5\,\cancel{nC}}{x^2} = \frac{10\,\cancel{nC}}{(2-x)^2}$$

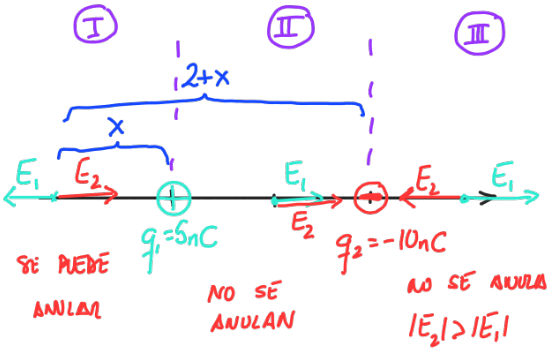
$$\sqrt{(2-x)^2} = \sqrt{2}\,x^2$$

$$2 - x = 1{,}41x$$

$$2 = 2{,}41x$$

$$\boxed{x = 0{,}83\,m}$$

EJERCICIO 1.8. Dado un sistema de cargas q_1=5nC y q_2=-10nC situadas en el origen y el punto (2,0) respectivamente, calcula el punto donde se anula el campo eléctrico.



$$E_1 = E_2$$

$$\cancel{k}\frac{q_1}{r_1^2} = \cancel{k}\frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{5nC}{x^2} = \frac{10nC}{(2+x)^2}$$

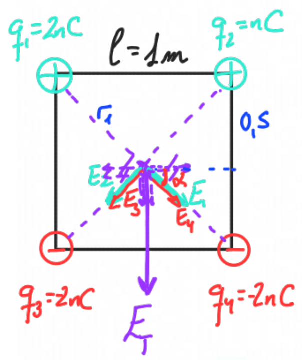
$$\sqrt{(2+x)^2} = \sqrt{2x^2}$$

$$2+x = 1,41x$$

$$2 = 0,41x$$

$$\boxed{x = 4,88m}$$

EJERCICIO 1.9. Calcula el campo eléctrico creado en el centro de un cuadrado de lado 1 m tiene cuatro cargas en sus vértices, de valor +2nC las superiores y -2nC las inferiores.



$$\vec{E}_T = \vec{E}_1+\vec{E}_2+\vec{E}_3+\vec{E}_4 = 4E_{1y}(-\vec{j}) = \boxed{-100,4\vec{j}\ N/C}$$

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 8,988\cdot\cancel{10^9}\,\frac{2\cdot\cancel{10^{-9}}}{0,71^2} = 35,7\ N/C$$

$$E_{1y} = E_1 \operatorname{sen}\alpha = 35,7\cdot\frac{0,5}{0,71} = 25,1\ N/C$$

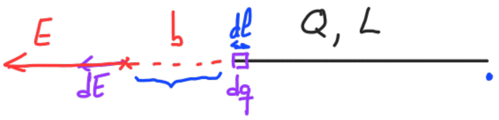
$$r_1 = \sqrt{0,5^2+0,5^2} = 0,71m$$

Hasta el momento hemos calculado campos eléctricos creados por sistemas de cargas puntuales pero, en ocasiones, nos encontraremos con distribuciones de cargas diferentes, para ello, deberemos recurrir al cálculo diferencial asumiendo que:

$$dE = k\frac{dq}{r^2}$$

EJERCICIO 1.9. Supuesta una varilla no conductora, de longitud finita L, con una carga uniformemente distribuida de valor Q, calcula el campo eléctrico creado en:

a) Un punto alineado con la varilla a una distancia b del extremo.



$\lambda = \frac{Q}{L} \rightsquigarrow Q = \lambda L$

$dq = \lambda dl$

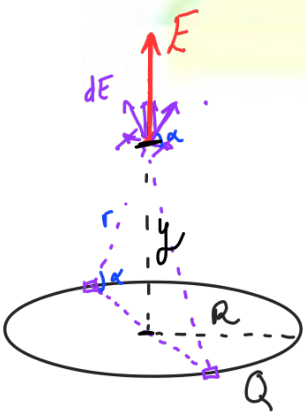
$dE = k\frac{dq}{r^2} \to E = \int dE = \int k \frac{dq}{r^2} = \int k \frac{\lambda dl}{r^2} = \int_b^{b+L} k\lambda \frac{dx}{x^2}$

$= k\lambda \int_b^{b+L} \frac{dx}{x^2} = k\lambda \left(-\frac{1}{x}\right]_b^{b+L} = k\lambda\left(-\frac{1}{b+L} + \frac{1}{b}\right)$

$= k\lambda \frac{\cancel{-b} + \cancel{b} + L}{(b+L)b} = \frac{k\lambda L}{(b+L)b} = \boxed{\frac{kQ}{(b+L)b}}$

b) Un punto de la perpendicular de la varilla por su extremo a una distancia b

EJERCICIO 1.10. Calcula el campo eléctrico creado en un punto del eje de un anillo de radio R, que tiene una carga Q uniformemente distribuida.



$dE = k\frac{dq}{r^2} \rightsquigarrow \boxed{E} = \int dE_y = \int dE \operatorname{sen}\alpha = \int k \frac{dq}{r^2}\frac{y}{r}$

$= \frac{ky}{r^3}\int dq = \frac{ky}{r^3} Q = \boxed{\frac{kQy}{(R^2+y^2)^{3/2}}}$

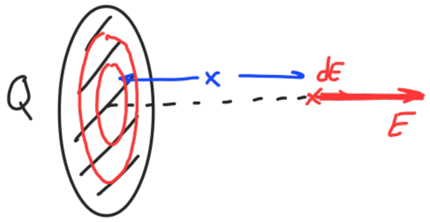
$\operatorname{sen}\alpha = \frac{y}{r}$

$r = \sqrt{R^2+y^2}$

info@tuacademiafacil.com

EJERCICIO 1.11. Calcula el campo eléctrico creado en un punto del eje, a una distancia x, de un disco no conductor de radio R, que tiene una carga Q uniformemente distribuida.

$$dE = \frac{k\,x\,dq}{(r^2+x^2)^{3/2}} \Rightarrow E = \int \frac{Kx\,dq}{(r^2+x^2)^{3/2}} = Kx\int \frac{dq}{(r^2+x^2)^{3/2}}$$



$$= kx\int_0^R \frac{2\pi\sigma r\,dr}{(r^2+x^2)^{3/2}} = \frac{2\pi\sigma Kx}{2}\int_0^R \frac{2r}{(r^2+x^2)^{3/2}}\,dr$$

$$\sigma = \frac{Q}{\pi R^2} \rightarrow Q = \pi\sigma R^2 \rightarrow dq = 2\pi\sigma r\,dr$$

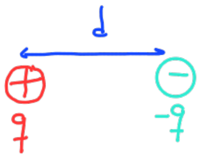
$$= \pi\sigma Kx \left[\frac{(r^2+x^2)^{-1/2}}{-1/2}\right]_0^R =$$

$$= -2\pi\sigma kx\left(\frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2}}\right) =$$

$$= 2\pi\sigma kx\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}}\right) = \boxed{2\pi\sigma K\left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right)}$$

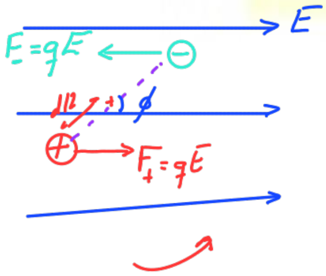
4. DIPOLO

Un dipolo es un sistema de dos cargas de signo opuesto e igual magnitud cuya separación es muy pequeña en comparación con la distancia donde se calcula el campo eléctrico.



TORQUE o MOMENTO DEL DIPOLO.

$$\boxed{F_{Neta}} = F_+ + F_- = \boxed{0}$$



$$F\frac{d}{2}\operatorname{sen}\phi = \frac{qEd}{2}\operatorname{sen}\phi \Rightarrow \boxed{\tau = qEd\operatorname{sen}\phi}$$

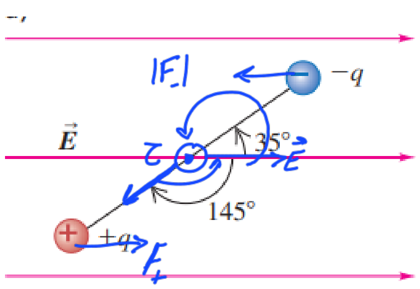
MOMENTO DIPOLAR ELÉCTRICO

$$\tau = \underbrace{qd}\,E\operatorname{sen}\phi \qquad \boxed{p = qd}\ [C\cdot m] \rightsquigarrow \vec{p} = qd\,\vec{u}_{qc}$$

$$\tau = \vec{p}\times\vec{E}$$

EJERCICIO 1.11. (Sears y Zemansky, Física Universitaria, Ejemplo 21.13)

La **figura 21.32** muestra un dipolo eléctrico en un campo eléctrico uniforme con magnitud de 5.0×10^5 N/C dirigido en forma paralela al plano de la figura. Las cargas son $\pm 1.6 \times 10^{-19}$ C; ambas se encuentran en el plano y están separadas por una distancia de 0.125 nm = 0.125×10^{-9} m. Obtenga *a*) la fuerza neta ejercida por el campo sobre el dipolo; *b*) la magnitud y la dirección del momento dipolar eléctrico; *c*) la magnitud y la dirección del par de torsión; y *d*) la energía potencial del sistema en la posición que se muestra.



a) Al ser un campo eléctrico uniforme la fuerza neta sobre el dipolo es nula. $\boxed{F_T = 0\,N}$

$F_N = F_+ + F_- = \cancel{qE} + (-\cancel{qE}) = 0N$

b) $p = qd = 1.6\cdot 10^{-19}\cdot 0{,}125\cdot 10^{-9} = \boxed{2\cdot 10^{-29}\ C\cdot m}$

dirección: 145° por debajo del E

c) $\tau = \vec{p} \times \vec{E} = pE\,\mathrm{sen}\,\phi = 2\cdot 10^{-29}\cdot 5\cdot 10^{5}\ \mathrm{sen}\ 145° = \boxed{5{,}7\cdot 10^{-24}\ N\cdot m}$

d) $U = -pE\cos\phi = -2\cdot 10^{-29}\cdot 5\cdot 10^{5}\cos 145° = \boxed{8{,}2\cdot 10^{-24}\ J}$