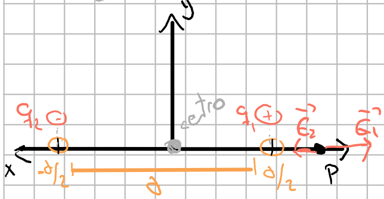
T4 - Dipolo eléctrico

$(x > \frac{d}{2})$



(dist. entre q del dipolo)

$|q_1| = |q_2| = q$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = K \frac{q}{(x - d/2)^2} \vec{u}_x - K \frac{q}{(x + d/2)^2} \vec{u}_x$$

$$\Rightarrow \vec{E} = K \frac{2xqd}{(x^2 - (d/2)^2)^2} \vec{u}_x \quad \text{(denom. común)}$$

$$V = V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E}(\vec{r})\, d\vec{r} \quad \text{(o también: } V = E \cdot \text{dist. a } P\text{)}$$

$(V = \int E)$

- Integral tabulada para calcular V con E: $= \int \frac{x\,dx}{(x^2 - a)^2} = - \frac{1}{2(x-a)} \longrightarrow \left(= K \frac{qd}{x^2 - (d/2)^2} \right)$ en este caso

$$\boxed{\vec{E} = K \frac{2xqd}{[x^2 - (\frac{d}{2})^2]^2} \vec{u}_x} \approx K \frac{2qd}{x^3} \vec{u}_x$$

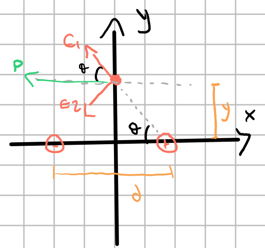
$x \gg \frac{d}{2}$

(sobre pl. eje x)

Momento dipolar

$$\boxed{\vec{p} = q d \vec{u}_x} \quad (\vec{p} = q\vec{d})$$

Se mide en Debye. $[1\ D = 3'34 \cdot 10^{-30}\ C \cdot m]$



$$\vec{E} = 2\vec{E}_1 \cos\theta\ \vec{u}_x$$

$(|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2|)$

$$\cos\theta = \frac{d/2}{\sqrt{y^2 + (d/2)^2}}$$

$$\vec{E} = -2K \frac{q}{y^2 + (\frac{d}{2})^2} \cos\theta\, \vec{u}_x \Rightarrow \boxed{\vec{E} = -2K \frac{q\, d/2}{[y^2 + (d/2)^2]^{3/2}} \vec{u}_x}$$

$y \gg \frac{d}{2}$

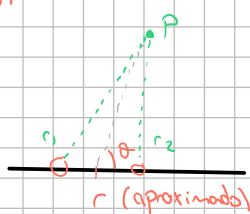
$$\boxed{\vec{E} \approx -K \frac{qd}{y^3} \vec{u}_x = -K \frac{\vec{p}}{y^3}}$$

(sobre pl. eje y)

En general

$$V = K \left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2} \right) \Rightarrow \boxed{V = K \frac{q(r_2 - r_1)}{r_1 r_2}}$$

Si $r \gg d$: $\longrightarrow \boxed{r_1 r_2 = r^2, \quad r_2 - r_1 = d\cos\theta}$



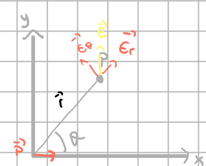
$$V \approx K \frac{\vec{r} \cdot \vec{p}}{r^3} = K \frac{p\cos\theta}{r^2}$$

$$\vec{E} \approx \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{p})\vec{r} - r^2 \vec{p}}{r^3}$$

(coord. polares)

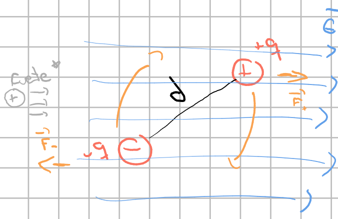
$$E_r = - \frac{\partial V}{\partial r} = K \frac{2p\cos\alpha}{r^3}$$

$$E_\alpha = - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \boxed{K \frac{p \operatorname{sen}\theta}{r^3}}$$



DIPOLO EN CAMPO HOM.

$\vec{E_0}$ (campo externo)



* truco para saber dónde va $\vec{F}$

$\vec{F_+} = -\vec{F_-}$
$q\vec{E_0} = -q\vec{E_0}$ $\rightarrow$ $\vec{F}_{neta} = 0$

$M = F\frac{d}{2}\sin\theta \rightarrow \boxed{M = \vec{p} \times \vec{E_0}}$ Momento de giro

Rotación tendiente a alinear dipolo con el campo.

(ENERGÍA)

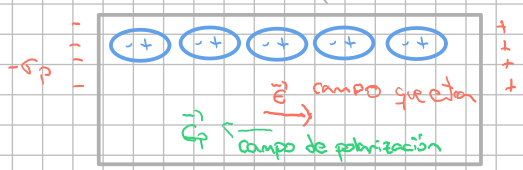
$dU = Md\theta \rightarrow U = \int Md\theta = -pE_0\cos\theta + C \xrightarrow[E_p=0]{U=0} U = -pE_0\cos\theta \Rightarrow \boxed{U = -\vec{p}\cdot\vec{E_0}}$ Ep. del dipolo

POLARIZACIÓN

Materiales
- Conductores (q. libres)
- Aislantes (dieléc.)
  - No polares (H_2, CCl_4) - centro de q.
  - Polares (H_2O, HCl)

centro

$\vec{E_0}$ campo inicial (momento dip. por ud. de vol.)



"campo inducido"

$\boxed{\vec{E}_{(dentro)} = \vec{E_0} - \vec{E_p}}$ $(E < E_0)$

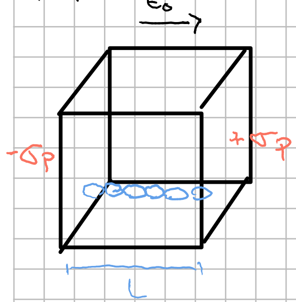
$\left[\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_0}{E}\right]$ permitiv. relativa (cte. dieléctrica)

$\left[E = \varepsilon_r E - \frac{\sigma_p}{\varepsilon_0}\right]$ E_p

vec. polariz.: $\boxed{\vec{P} = \chi_e\varepsilon_0\vec{E}}$ vec. mom. diel.: (dipolar) $\boxed{\vec{p} = q\vec{d}}$ $p = qd$ (minúsc.)

$= \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)E \rightarrow \varepsilon_r = 1 + \chi_e$

(3D)



$[Q_p = \sigma_p A]$ $P_{TOT} = Q_p L$

$P = \frac{P_{TOT}}{Vol} = \frac{Q_p L}{AL} = \frac{Q_p}{A} = \frac{\sigma_p A}{A} = \sigma_p$ $[C/m^2]$

(vect. despl. $\rightarrow D = \varepsilon_0 E + P = \varepsilon_0\varepsilon_r E = \varepsilon E$) $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$

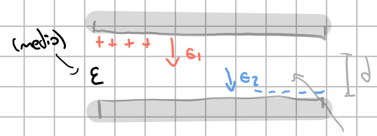
CONDENS. CON DIEL.

$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon}$

$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon}$ $\rightarrow$ $E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

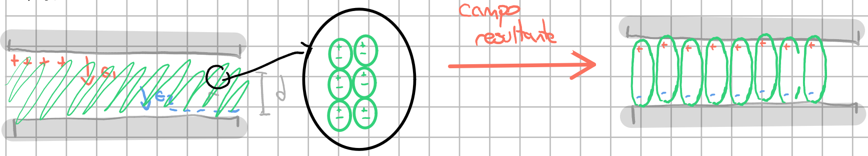
$C = \frac{Q}{V} = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma}{\varepsilon} d} = \varepsilon \frac{A}{d}$ $(\varepsilon \geq \varepsilon_0)$

$\rightarrow$ $\boxed{C = \varepsilon \frac{A}{d}}$



E es de dentro, ya que al "bajar", las q se compensa.

introduc. dieléctrico



POLARIZACIÓN ELECTRÓNICA (dipolo inducido a niv. atómico) DENTRO DEL ÁTOMO

$\vec{P} = n\vec{p} = n\alpha\varepsilon_0\vec{E}$

$\vec{P} = \chi_e \varepsilon_0 \vec{E}$

$\boxed{\chi_e = n\alpha}$ [$\alpha = \frac{n^o \text{ dipolos}}{vol}$] (densidad)

polarizabilidad $[m^3]$

"conectando lo microsc. con lo macrosc."

- campo nube e^-: [$\vec{E}_{nube} = \vec{E}_0$] campo ext.

$\rightarrow$ [$E_{nube} = K\frac{q}{R^3}r = \boxed{K\frac{qd}{R^3}} = K\frac{p}{R^3}$] (Coulomb) $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$(E_{(r=d)} = \int \vec{E}\,d\vec{s} = \frac{q_{enc}}{\varepsilon_0} \rightarrow E4\pi d^2 = \frac{P}{\quad})$

$P = 4\pi\varepsilon_0 R^3 E_0$

$\vec{p} = \alpha\varepsilon_0\vec{E}_0$ $\rightarrow$

modelo simple de át. esférico:

$\boxed{\alpha_e = 4/\pi R^3}$ (nube electrónica)

polariz. electrónica

(a veces se define $\alpha_e = 4\pi\varepsilon_0 R^3 \neq [\vec{p} = \alpha\vec{E}_0]$)

es "cómo de fácil" es inducir un momento dip. en un átomo a través de un campo eléc.

POLARIZACIÓN IÓNICA (dipolo inducido a niv. molec.) ENTRE ÁTOMOS

MIRAR FORMULARIO T4 MOODLE

E interacc. entre dipolos (paral.) $\rightarrow$ $\boxed{U = -K\frac{p_1 p_2}{r^3}(3\cos^2\theta - 1)}$

- dip. permanente + inducido $\rightarrow$ $\boxed{U = -\frac{K}{\pi}\frac{\alpha p_1^2}{r^6} = -\frac{C}{r^6}}$ (p_1 = permanente) ["F. Debye"]

NO PROBLEMAS [- dos induc. mutuamente $\rightarrow$

* condes. con un dieléctrico entre sus placas

↳ ① Asociaciones en serie / paralelo.

↳ ② "Antes – después" de conectar una fuente (PILA).

↳ ③ Separar / juntar placas.

↳ ④ Cambiar / meter / sacar dieléctrico en condensador.