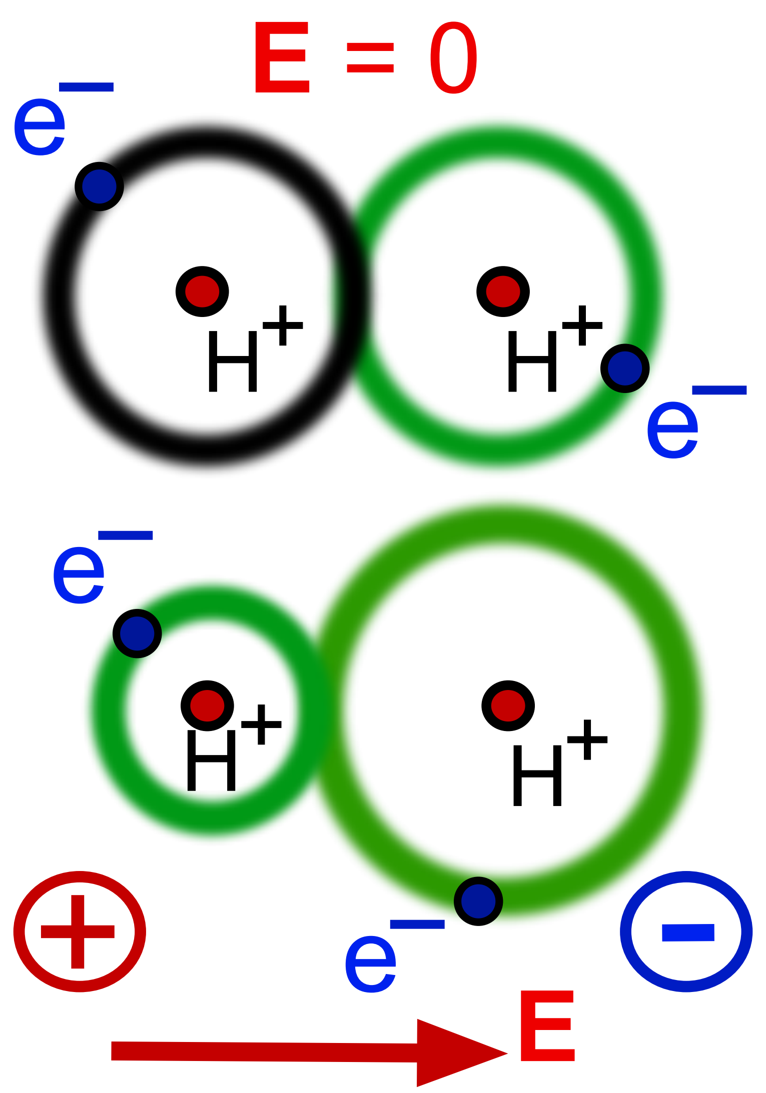
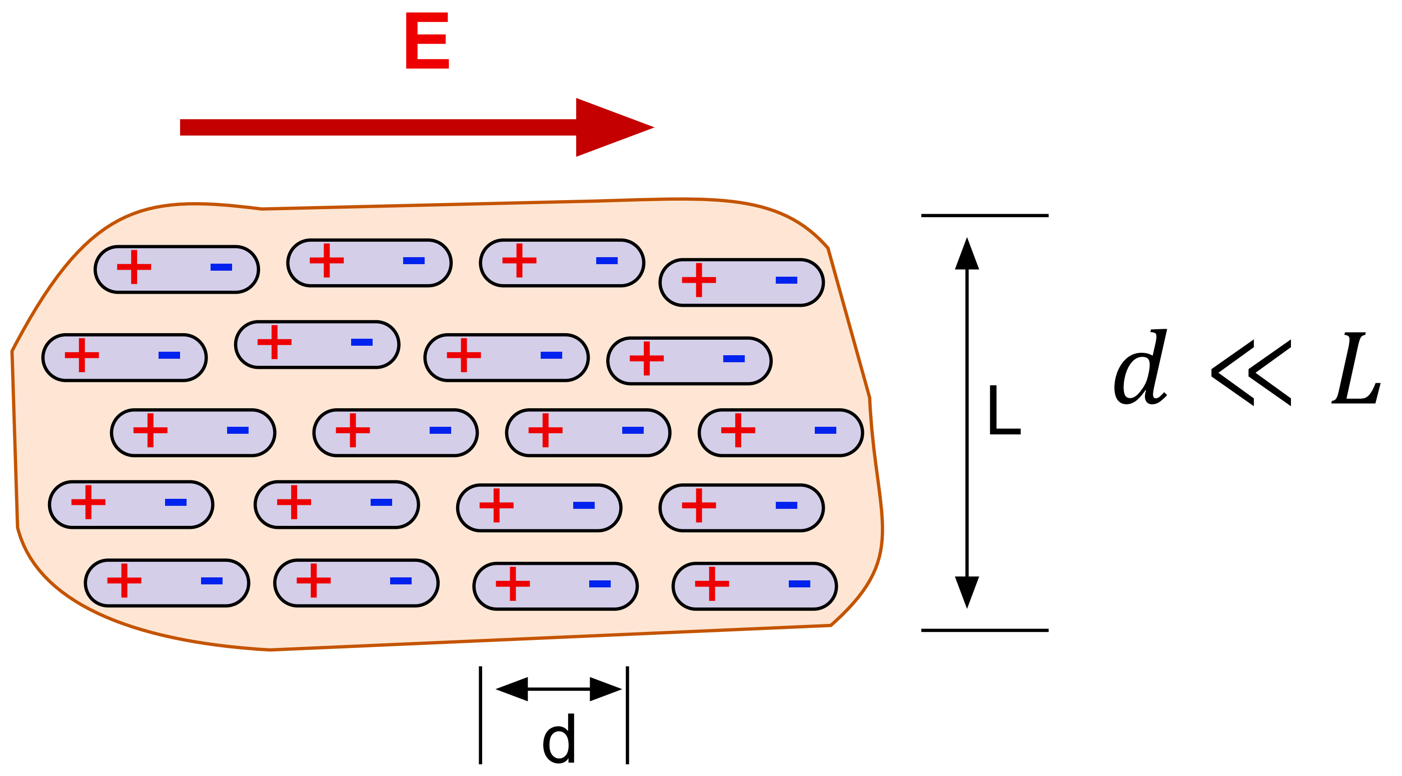
Material dieléctrico: Tiene elevada resistencia eléctrica y responde a los campos eléctricos externos polarizando sus moléculas.





Desarrolla un campo eléctrico interno creado los dipolos eléctricos inducidos que se superpone al exterior y tiene un efecto macroscópico.

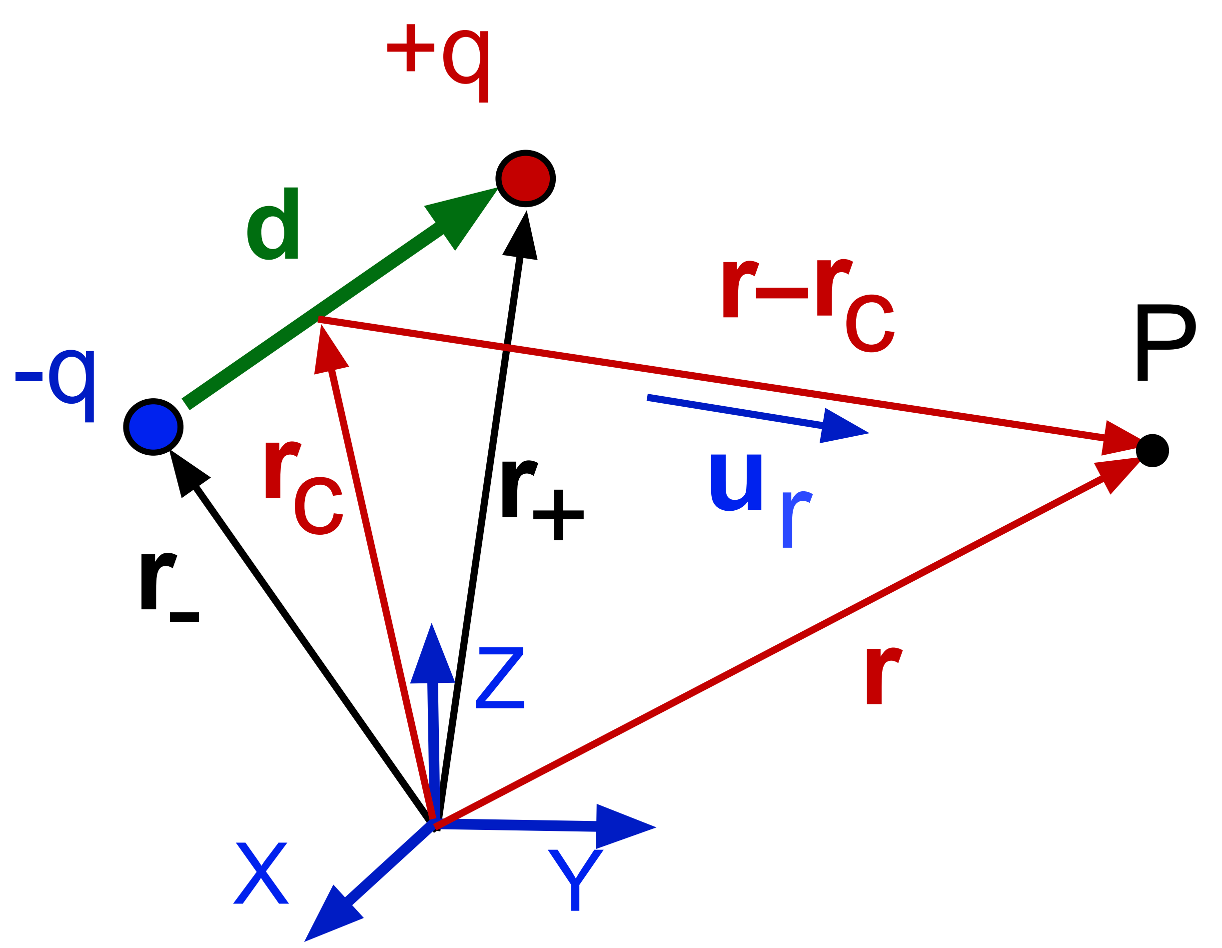
Escala microscópica: d

Escala macroscópica : L

Dipolo eléctrico $\quad \boldsymbol{p}_e = q\,(\boldsymbol{r}_+ - \boldsymbol{r}_-) = q\,\boldsymbol{d}$

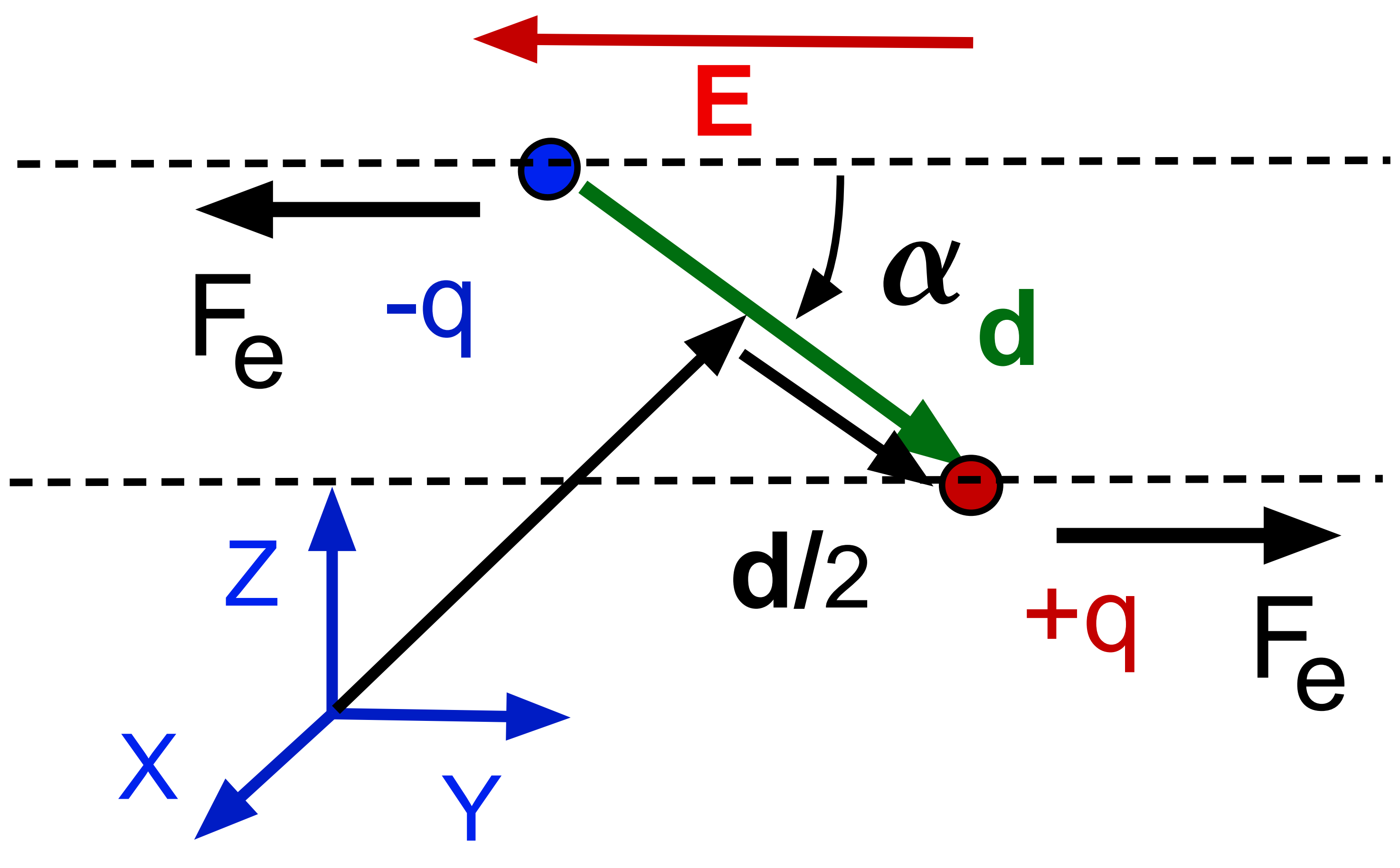
$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{r}_+ \wedge (q\,\boldsymbol{E}) + \boldsymbol{r}_- \wedge (-q\,\boldsymbol{E}) = q\,(\boldsymbol{r}_+ - \boldsymbol{r}_-) \wedge \boldsymbol{E} = \boldsymbol{p}_e \wedge \boldsymbol{E} \qquad |\boldsymbol{M}| = q\,d\,sen\,\alpha$$

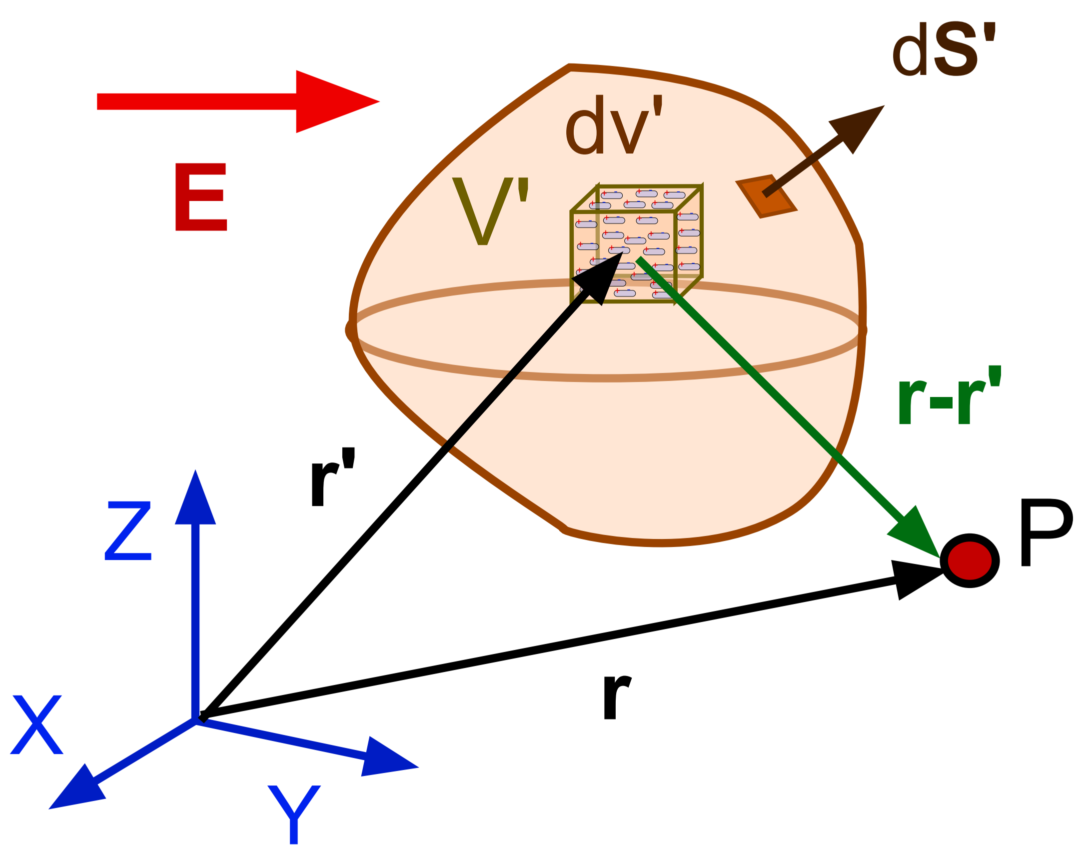
Para $r \gg d$ el campo y potencial eléctrico son;



$$\phi(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{(\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_c)\cdot\boldsymbol{p}_e}{|\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_c|^3}$$

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left(-\frac{\boldsymbol{p}_e}{r^3} + \frac{3\,(\boldsymbol{p}_e\cdot\boldsymbol{r})\,\boldsymbol{r}}{r^5}\right)$$





Momento dipolar total: $\boldsymbol{p}_{tot} = \sum_{j=1}^{N} \boldsymbol{p}_{e\,j}$

Vector de polarización: Momento dipolar por unidad de volumen. $\boldsymbol{P} = \dfrac{d\boldsymbol{P}_{tot}}{dv'} = \lim_{\Delta v' \to 0} \dfrac{1}{\Delta v'} \sum_{j=1}^{N} \boldsymbol{p}_{e\,j}$

- No hay momento dipolar permanente: $\boldsymbol{P}(0) = 0$
- Inversión del campo externo $\boldsymbol{P}(-\boldsymbol{E}) = -\boldsymbol{P}(\boldsymbol{E})$
- Campos magnitud moderada $\boldsymbol{P}(\boldsymbol{E}) \simeq \boldsymbol{P}(0) + k\,\boldsymbol{E} + \mathcal{O}(\boldsymbol{E}\cdot\boldsymbol{E})$

Susceptibilidad eléctrica $\chi_r > 0$

$$\boldsymbol{P} = \varepsilon_o \chi_r\, \boldsymbol{E}$$

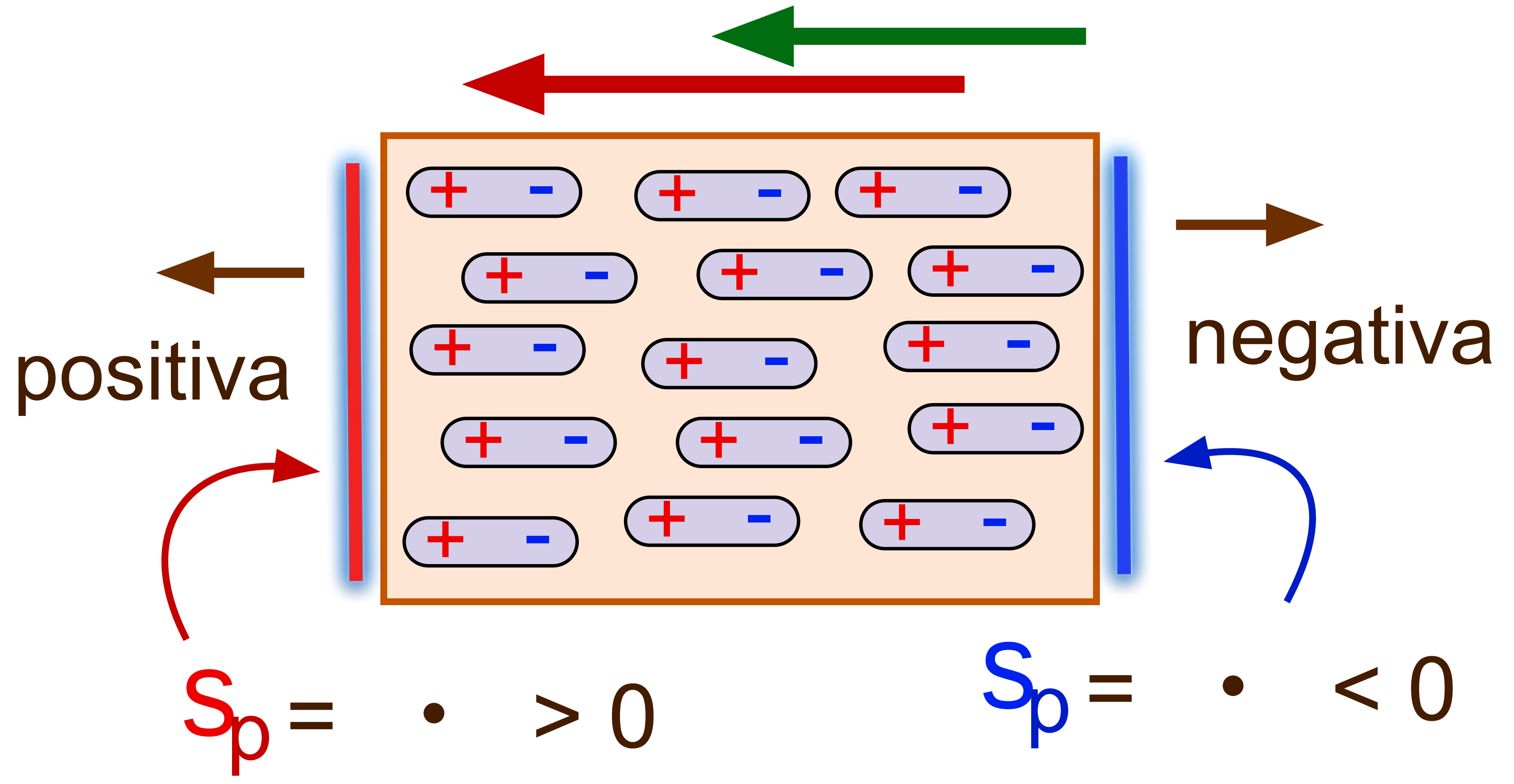
El potencial creado por el material dialécticos se aproxima por;

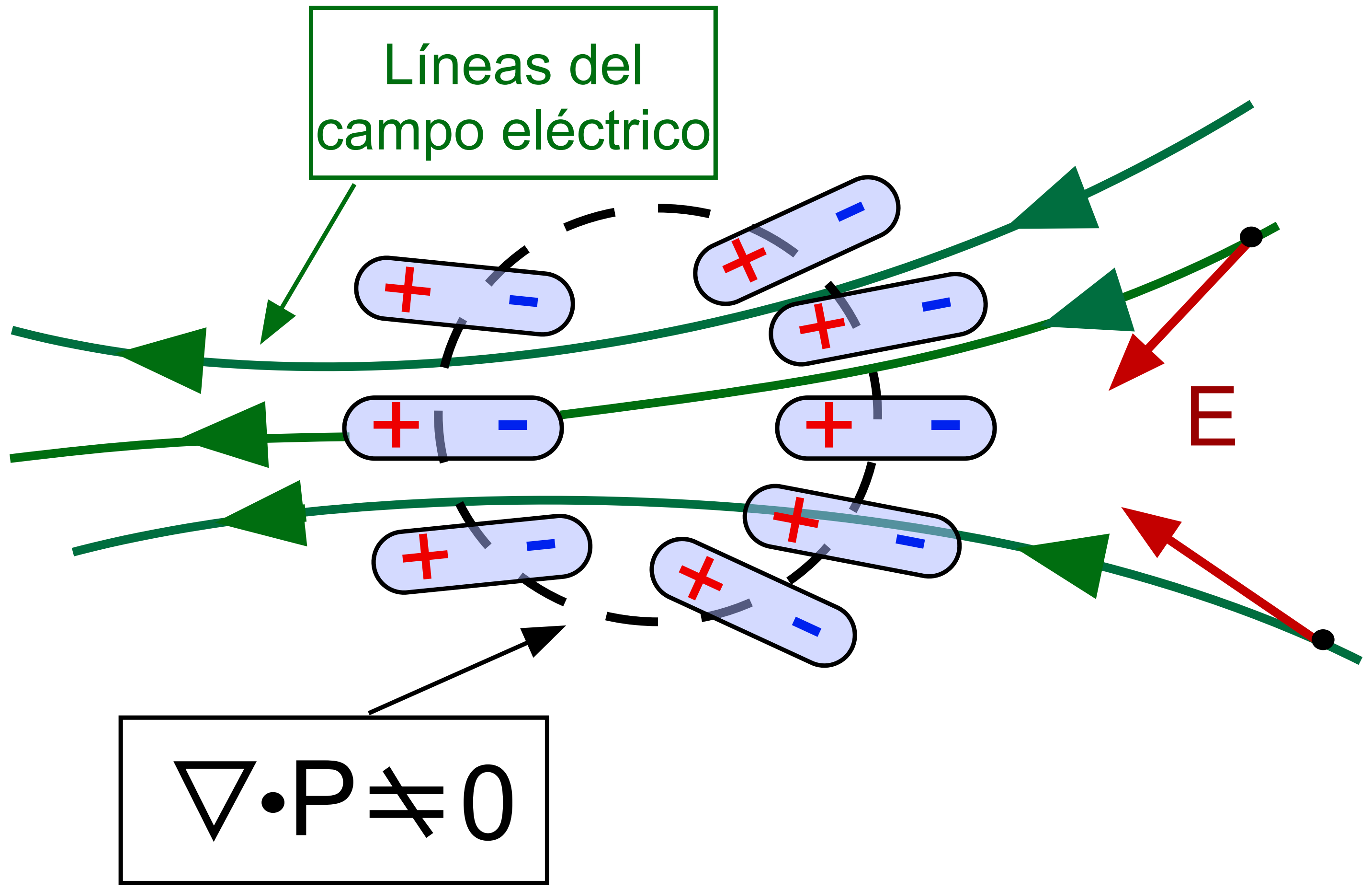
$$\phi(\boldsymbol{r}) = \underbrace{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \int_{S'} \frac{\boldsymbol{P}(\boldsymbol{r}')\cdot d\boldsymbol{S}'}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|}} + \underbrace{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \int_{V'} \frac{-\nabla'\cdot\boldsymbol{P}(\boldsymbol{r}')}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|} dv'}$$

Densidad de carga superficial

Densidad de carga volumétrica

$$\phi_\sigma(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \int_{S'} \frac{\sigma_p(\boldsymbol{r}')\cdot dS'}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|} \qquad \phi(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \int_{V'} \frac{\rho_p(\boldsymbol{r}')}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|} dv'$$





$\sigma_p = \boldsymbol{P}(\boldsymbol{E}) \cdot \boldsymbol{n}$ Densidad de carga de polarización superficial

$\rho_p(\boldsymbol{E}) = -\nabla \cdot \boldsymbol{P}(\boldsymbol{E})$ Densidad de carga de polarización volumétrica

- El campo eléctrico está creado por las cargas libre ρ_l y de polarización ρ_p

$$\nabla \cdot \boldsymbol{E} = \frac{\rho_{tot}}{\varepsilon_o} = \frac{1}{\varepsilon_o}\left(\rho_l + \rho_p\right) = \rho_l - \nabla \cdot \boldsymbol{P}$$

Vector desplazamiento: $\boldsymbol{D} = \varepsilon_o \, \boldsymbol{E} + \boldsymbol{P}$

En los materiales dieléctricos lineales e isótropos los vectores $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{D}$ y $\boldsymbol{P}$ son paralelos

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_o \boldsymbol{E} + \varepsilon_o \chi_r \boldsymbol{E} = \varepsilon_o (1 + \chi_r) \boldsymbol{E} = \varepsilon_o \varepsilon_r \, \boldsymbol{E}$$

$$\left.\begin{aligned} \nabla \cdot \boldsymbol{D} &= \rho_l \\ \nabla \wedge \boldsymbol{E} &= 0 \end{aligned}\right\}$$

Ecuaciones para la electrostática de medios materiales

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{D} &= \varepsilon_o \, \varepsilon_r \, \boldsymbol{E} \\ \boldsymbol{P} &= \varepsilon_o (\varepsilon_r - 1) \, \boldsymbol{E} \end{aligned}\right\}$$

Permeabilidad relativa ε_r

$$\varepsilon_r = (1 + \chi_r) \geq 1$$

En el vacío $\varepsilon_r = 1$

Energía electrostática

$$U_e = \frac{1}{2}\int_{Esp.} (\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{E})\, dv$$

Densidad de energía

$$u_e = \frac{1}{2}\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{E}$$

Material dieléctrico
lineal e isótropo

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_o\, \varepsilon_r\, \boldsymbol{E}$$

$$U_e = \frac{\varepsilon_r\, \varepsilon_r}{2}\int_{Esp.} |\boldsymbol{E}|^2\, dv$$