

Átomo de hidrogênio

campo do próton sobre o elétron

$$E = \frac{kq}{r_0^2}$$

$$r_0 \approx 0.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$E \approx 6 \times 10^{11} \frac{\text{V}}{\text{m}} = 6 \frac{\text{GV}}{\text{cm}}$$

Isso é enorme!

Um campo externo de 60 kV/cm é considerado um campo muito intenso para ser gerado em um laboratório.

Um campo desse poderia um deslocamento de $\sim 10^{-5} r_0$.



$$\frac{q}{k\epsilon_0 A} = \frac{q}{\epsilon_0 A} - \frac{q'}{\epsilon_0 A} \Rightarrow q' = q \left(1 - \frac{1}{k}\right)$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q - q'}{\epsilon_0} = \frac{q}{k\epsilon_0} \quad q - q' = \frac{q}{k}$$

$$k\epsilon_0 = \epsilon$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon} \quad \text{carga livre}$$

$$\epsilon = k\epsilon_0$$

$k=1$ no vácuo $\Rightarrow \epsilon = \epsilon_0$ no vácuo.

O efeito da polarização do dielétrico já está sendo levado em conta quando substituímos ϵ_0 por $\epsilon = k\epsilon_0$.

Isto é bastante geral (não apenas para o caso de campo uniforme gerado por placas planas)



dielétrico de const.
dielétrica k

Lei de Gauss

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon}$$

carga livre
apenas.

$$\frac{q}{\epsilon_0 A} = \frac{q}{K \epsilon_0 A} + \frac{q'}{\epsilon_0 A}$$

$\frac{q'}{A}$ — carga superficial induzida
 → $\equiv P$
 densidade de carga superficial polarização.

• Quanto maior for a carga superficial induzida, maior será a polarização P .

$P = \frac{q'd}{Ad}$ — momento de dipolo de carga induzida
 /
 volume do dielétrico.

Densidade volumétrica de dipolos induzidos

$$\epsilon_0 = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad \frac{\epsilon_0}{K} = \epsilon = \frac{q}{K \epsilon_0 A}$$

$$\frac{q}{A} = \epsilon_0 \left(\frac{q}{K \epsilon_0 A} \right) + \frac{q'}{A}$$

$$D = \epsilon_0 E + P$$

/ deslocamento elétrico.

campo de polarização do dielétrico
 $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$
 campo de deslocamento elétrico

Os vetores $\vec{D}$ e $\vec{P}$ podem ser expressos em termos de $\vec{E}$.

$$D = \frac{q}{A} = \frac{q}{K \epsilon_0 A} K \epsilon_0 = \epsilon \underbrace{K \epsilon_0}_E$$

$$\boxed{\vec{D} = \epsilon \vec{E}} \quad \epsilon = K \epsilon_0 //$$

$$P = \frac{q'}{A} = \frac{q}{A} - \frac{q}{KA} = \frac{q}{A} \left(1 - \frac{1}{K}\right) = D \left(1 - \frac{1}{K}\right)$$

$$= \epsilon E \left(1 - \frac{1}{K}\right) = \frac{\epsilon E}{K} (K-1) = \epsilon_0 E (K-1)$$

$$\boxed{\vec{P} = \epsilon_0 (K-1) \vec{E}}$$

$$\oint \underbrace{\epsilon \vec{E}}_{\vec{D}} \cdot d\vec{S} = q \Rightarrow \boxed{\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = q}$$

so as cargas livres.

$\vec{E}$ está associado a todas as cargas (livres e de polarização)

$\vec{D}$ está associado apenas as cargas livres.

$\vec{P}$ está associado apenas as cargas de polarização.

$$\bullet \vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad \epsilon = K \epsilon_0$$

$$\bullet \vec{P} = (K-1) \epsilon_0 \vec{E}$$

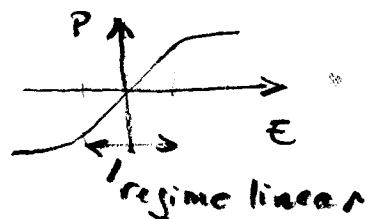
$$\bullet \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

Para campos elétricos relativamente fracos

$$\vec{P} \propto \vec{E}$$

Em geral

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$$



$\chi \equiv$ susceptibilidade elétrica do meio; quanto maior for χ maior terá a polarização do meio

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} = \kappa \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

$$\vec{P} = \epsilon_0 (\kappa - 1) \vec{E} = \epsilon_0 \chi \vec{E} \Rightarrow$$

$$\chi = \kappa - 1 \quad \text{ou} \quad \boxed{\kappa = 1 + \chi}$$

relação entre a κ dielétrica
e a susceptibilidade elétrica do meio

Faça os exemplos 1-10 como exercício . +

Problemas 30.10, 30.16, 30.46, 30.48, 30.54