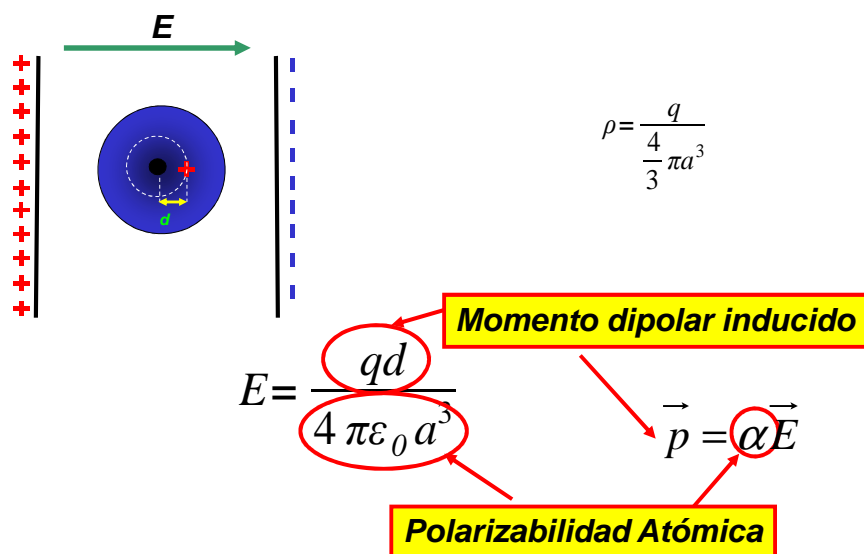


Electricidad en medios no conductores



Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Polarizabilidad Atómica



Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Radio Atómico

Tabla Periódica de los Elementos

Alcalinos, Alcalinotérreos, Metales de transición, Lantánidos, Actínidos, Metales del bloque p, No metales, Gases nobles, Solid, Liquid, Gas, Synthetic.

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Alcalinos **Gases Nobles**

$\alpha = 4\pi\epsilon_0 a^3$ Los metales alcalinos son fácilmente polarizables.

Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Tabla Periódica de los Elementos

Alcalinos, Alcalinotérreos, Metales de transición, Lantánidos, Actínidos, Metales del bloque p, No metales, Gases nobles, Solid, Liquid, Gas, Synthetic.

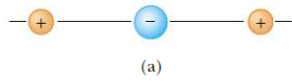
Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

$\alpha = 4\pi\epsilon_0 a^3$

H	He	Li	Be	C	Ne	Na	Ar	K	Cs
0,667	0,205	24,3	5,60	1,76	0,396	24,1	1,64	43,4	59,6

Valores de $\alpha/4\pi\epsilon_0$ determinados experimentalmente, en unidades de $10^{-30}m^3$

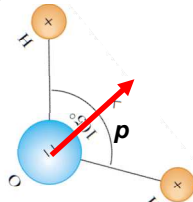
Polarización de moléculas



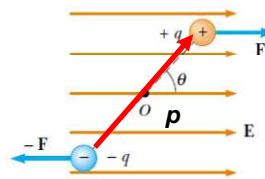
Molécula no polar



Molécula polar



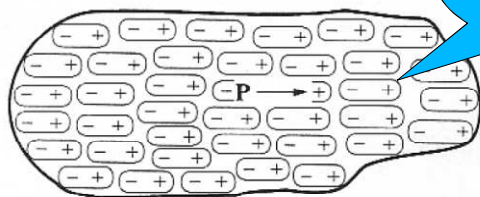
Tiene un momento dipolar permanente



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

Una molécula polar se orienta ante un campo eléctrico externo

Vector Polarización



Cada elemento de volumen presenta un momento dipolar eléctrico Δp

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta v}$$

Se define vector polarización \mathbf{P} como el momento dipolar eléctrico por unidad de volumen. Es una función vectorial que varía punto a punto dentro del dieléctrico. Se lo llama polarización eléctrica o *polarización* y se mide en $[\text{C}/\text{m}^2]$

...

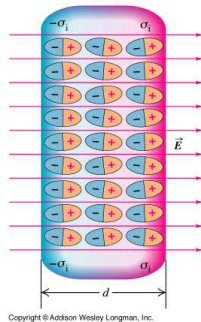
✓ Polarizabilidad atómica α

$$\vec{p} = \alpha \vec{E}$$

✓ Polarización en moléculas (rotan o se orientan)

✓ Vector polarización

$$\vec{P} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta v}$$



El vector polarización P depende del E en el interior del material dieléctrico.

Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Efectos del campo eléctrico en un dieléctrico

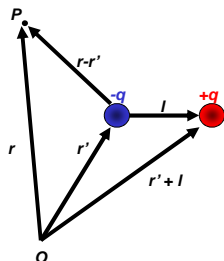


Densidad superficial de polarización σ

Densidad volumétrica de polarización ρ

La polarización de las moléculas en un material dieléctrico se puede caracterizar por una ρ y una σ de polarización.

Potencial fuera de un medio dieléctrico

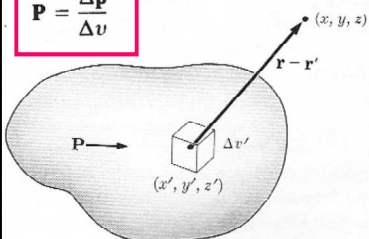


Potencial para un dipolo

En el límite $l \ll |r-r'|$

$$V(\mathbf{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \cdot \mathbf{l}}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \quad \vec{p} = q\vec{l}$$

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta v}$$



Potencial fuera de un medio dieléctrico

$$\Delta V(\mathbf{r}) = \frac{\Delta \mathbf{p} \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} = \frac{\mathbf{P}(\mathbf{r}') \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}') \Delta v'}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

$$V(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{V_0} \frac{\mathbf{P}(\mathbf{r}') \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dv'$$

Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Cargas de polarización

$$V(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{V_0} \frac{\mathbf{P}(\mathbf{r}') \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dv' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint_{S_0} \frac{\mathbf{P} \cdot \mathbf{n} da'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{V_0} \frac{(-\nabla' \cdot \mathbf{P})}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dv'$$

densidades de carga de polarización

$$\sigma_P \equiv \mathbf{P} \cdot \mathbf{n} = P_n$$

$$\rho_P \equiv -\nabla \cdot \mathbf{P}$$

$$V(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\oint_{S_0} \frac{\sigma_P da'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} + \int_{V_0} \frac{\rho_P dv'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \right]$$

$$Q_p = \oint_S \sigma_p dS' + \int_V \rho_p dV'$$

Carga de polarización ligada

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_{S_0} \sigma_P \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} da' + \int_{V_0} \rho_P \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dv' \right]$$



Repaso...

✓ Polarizabilidad atómica $\vec{p} = \alpha \vec{E}$

✓ Polarización en moléculas (rotan o se orientan)

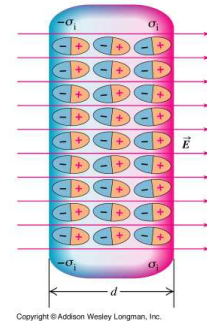
✓ Vector polarización $\vec{P} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta v}$

✓ Carga polarización o ligada $Q_p = \oint_S \sigma_p dS' + \int_V \rho_p dV'$

✓ Densidades de polarización

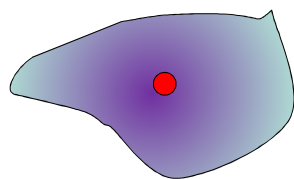
$$\rho_p = -\nabla \cdot \vec{P}$$

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Ley de Gauss para dieléctricos



$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{polariz}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_{libre}$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{libre}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q_{enc} / \epsilon_0$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \rho_{enc} / \epsilon_0$$

$$\epsilon_0 \nabla \cdot \vec{E} = \rho_{libre} + \nabla \cdot \vec{P}$$

$$\nabla \cdot (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}) = \rho_{libre}$$

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

Vector desplazamiento

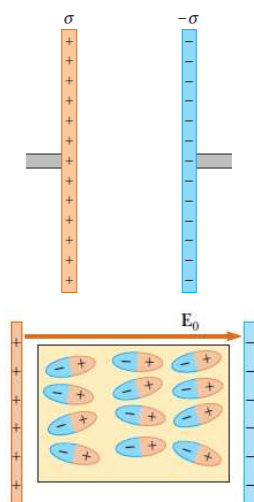
Constantes dieléctricas y de rigidez

Approximate Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature

Material	Dielectric Constant κ	Dielectric Strength* (10^6 V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	16
Paraffin-impregnated paper	3.5	11
Polystyrene	2.56	24
Polyvinyl chloride	3.4	40
Porcelain	6	12
Pyrex glass	5.6	14
Silicone oil	2.5	15
Strontium titanate	293	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Campo eléctrico entre dos conductores paralelos



✓ Ley generalizada de Gauss $\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{libre}$

✓ Vector desplazamiento $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

✓ Vector polarización $\vec{P} = \chi \vec{E}$

✓ Densidades de carga de polarización

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n} \quad \rho_p = -\nabla \cdot \vec{P}$$

Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Resumen...

- ✓ Densidades de carga de polarización

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}_s \quad \rho_p = -\nabla \cdot \vec{P}$$



- ✓ Carga polarización o ligada

$$Q_p = \oint_S \sigma_p dS' + \int_V \rho_p dV'$$

- ✓ Ley generalizada de Gauss

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{libre}$$

- ✓ Vector desplazamiento

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

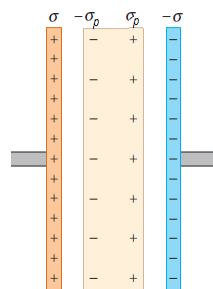
- ✓ Vector polarización

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

$\vec{p} = \alpha \vec{E}$

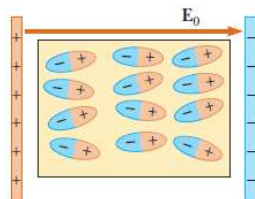
Suceptibilidad
dieléctrica

Campo eléctrico entre dos conductores paralelos



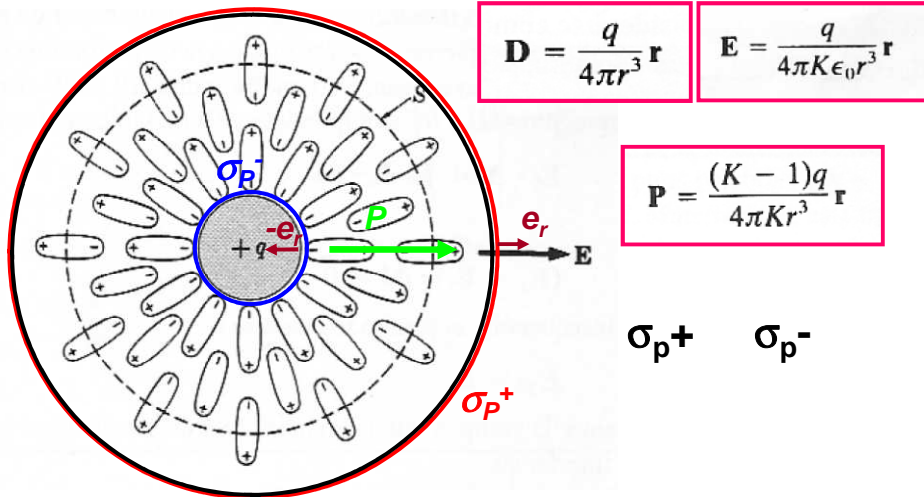
$$\sigma_p = \frac{-(K-1)}{K} \sigma$$

$$E_p = \frac{\sigma_p}{\epsilon_0} = \frac{-(K-1)E_0}{K}$$



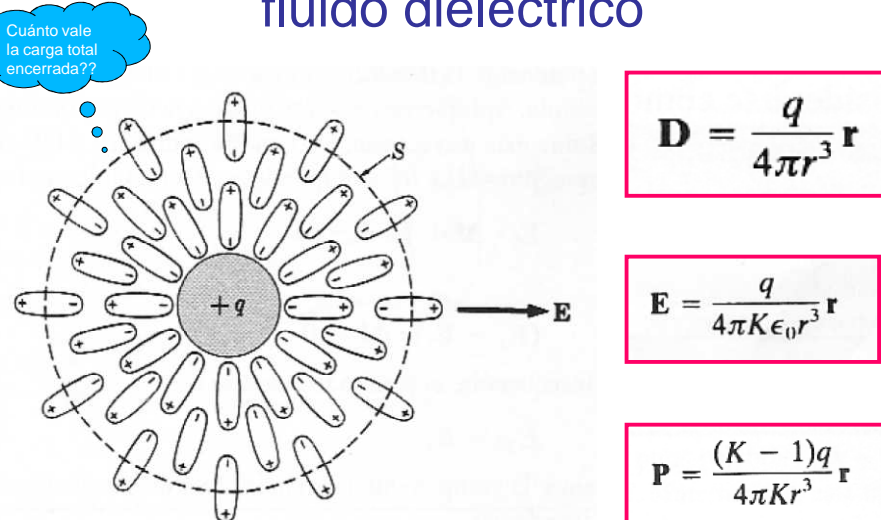
$$E = E_0 + E_p = \frac{E_0}{K} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Carga puntual sumergida en una esfera dieléctrica



Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Carga puntual sumergida en un fluido dieléctrico



Universidad Nacional del Sur, Abril de 2019

Resumen...

- ✓ Densidades de carga de polarización

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}_s \quad \rho_p = -\nabla \cdot \vec{P}$$



- ✓ Carga polarización o ligada

$$Q_p = \oint_S \sigma_p dS' + \int_V \rho_p dV'$$

- ✓ Ley generalizada de Gauss

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{libre}$$

- ✓ Vector desplazamiento

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

- ✓ Vector polarización

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

$$\vec{p} = \alpha \vec{E}$$

Suceptibilidad
dielectrica