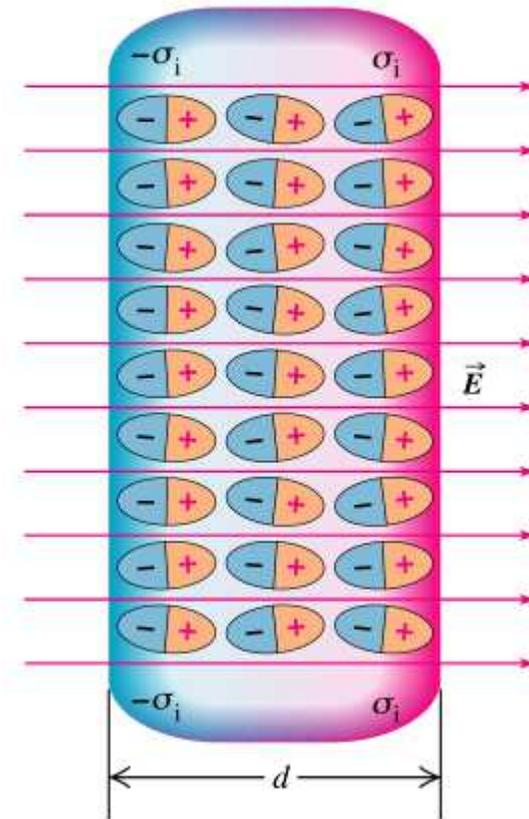
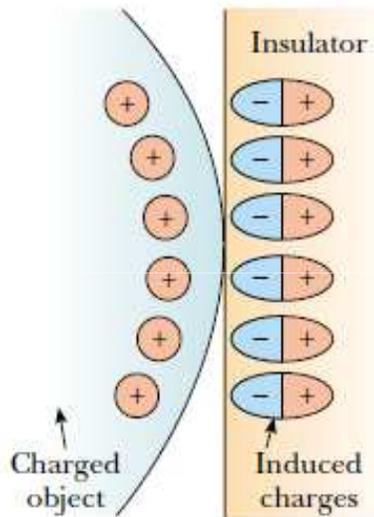
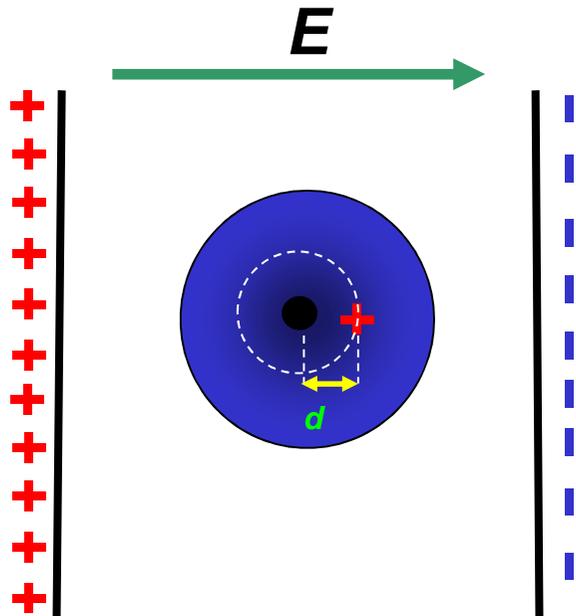


# Electricidad en medios no conductores



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

# Polarizabilidad Atómica



$$\rho = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi a^3}$$

$$E = \frac{qd}{4\pi\epsilon_0 a^3}$$

**Momento dipolar inducido**

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

**Polarizabilidad Atómica**

# Tabla Periódica de los Elementos

Legend:

- Alcalinos (Orange)
- Alcalinotérreos (Yellow)
- Metales de transición (Pink)
- Lantánidos (Light Blue)
- Actínidos (Purple)
- Metales del bloque p (Cyan)
- No metales (Green)
- Gases nobles (Light Blue)
- Solid (C)
- Liquid (Br)
- Gas (H)
- Synthetic (Tc)

1	2											13	14	15	16	17	18									
1	2											13	14	15	16	17	18									
3	4											13	14	15	16	17	18									
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36									
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
55	56	57 to 71										72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
87	88	89 to 103										104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

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

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

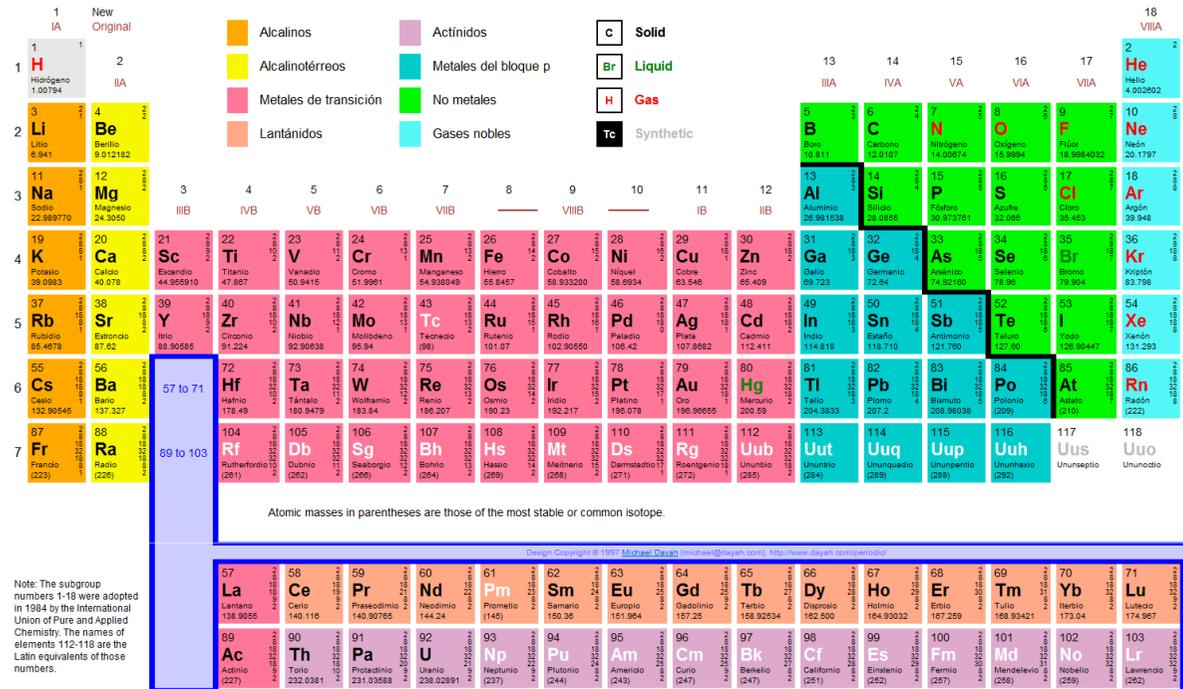
Note: The subgroup

**Alcalinos**

**Gases Nobles**

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

# Tabla Periódica de los Elementos

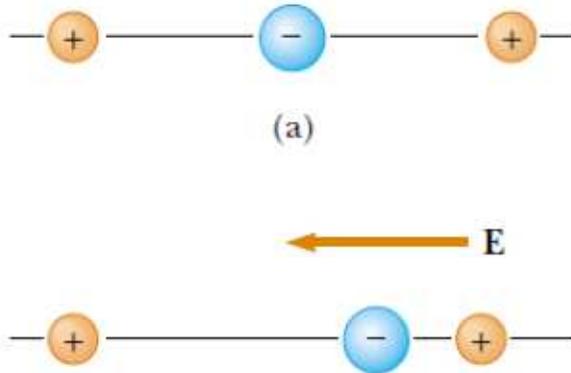


$$\alpha = 4\pi\epsilon_0 a^3$$

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

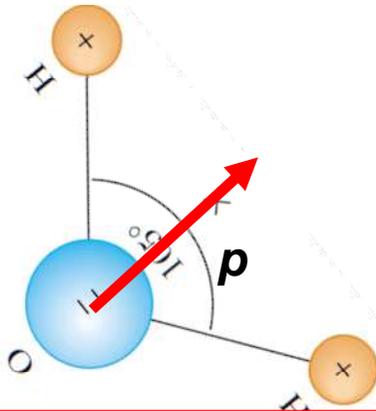
# Polarización de moléculas



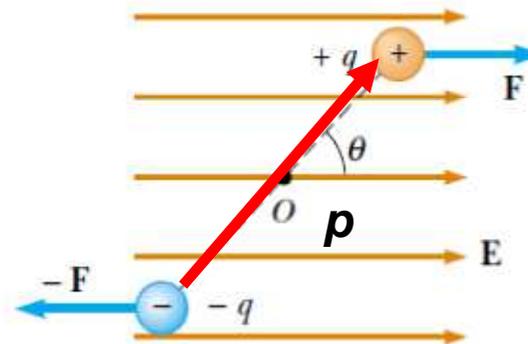
**Molécula no polar**

Ambos tipos de moléculas se polarizan

**Molécula polar**



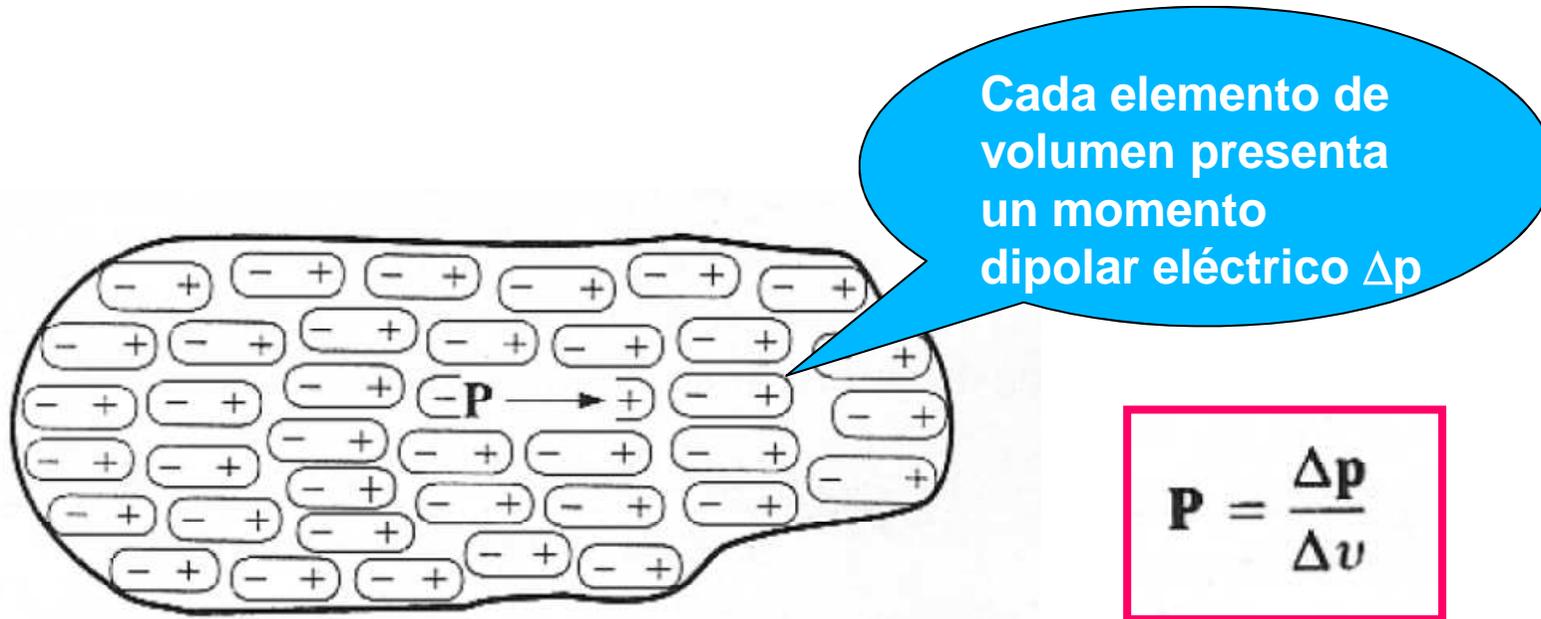
**Tiene un momento dipolar permanente**



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

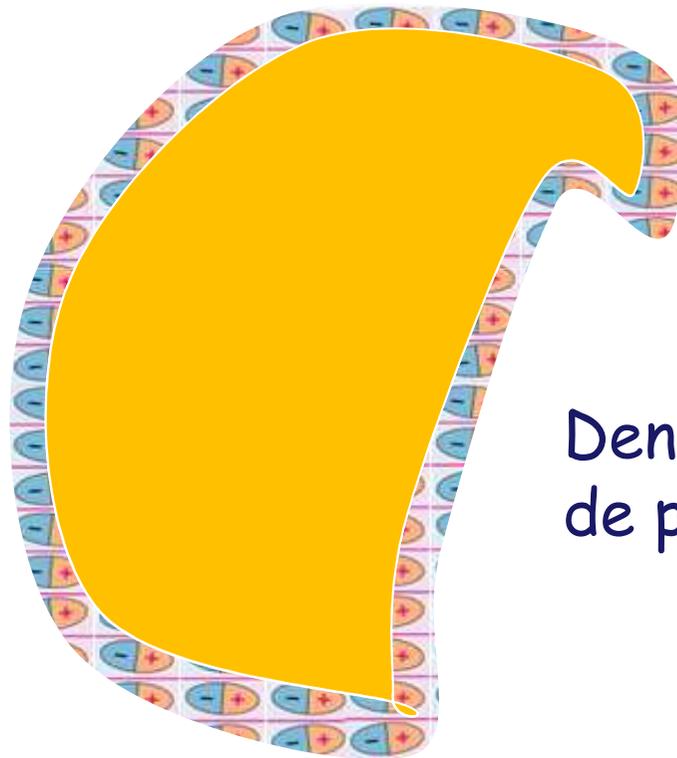
**Una molécula polar se orienta ante un campo eléctrico externo**

# Vector Polarización



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 [C/m<sup>2</sup>]

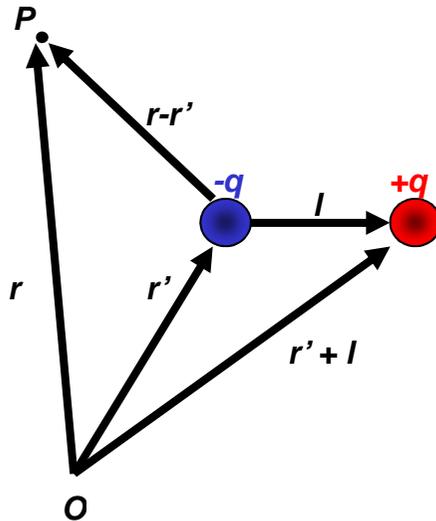
# Efectos del campo eléctrico en un dieléctrico



Densidad superficial de polarización  $\sigma$

Densidad volumétrica de polarización  $\rho$

La polarización de las moléculas en un material dieléctrico se puede caracterizar por una  $\rho$  y una  $\sigma$  de polarización.



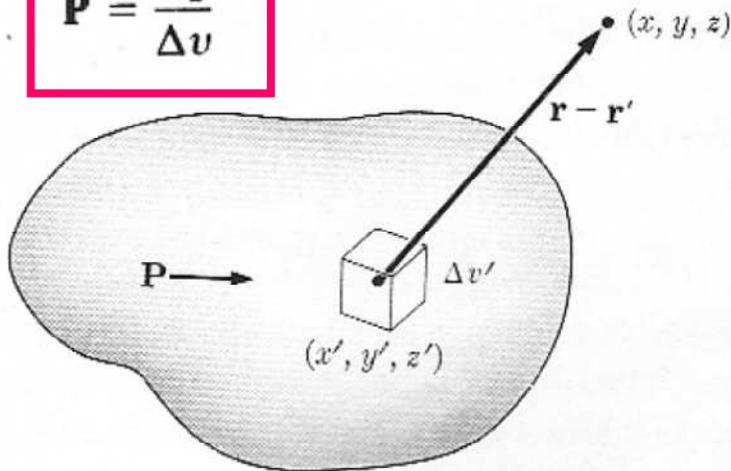
## Potencial para un dipolo

En el límite  $l \ll |r-r'|$

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

$$\vec{p} = q\vec{l}$$

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



## Potencial fuera de un medio dieléctrico

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

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

# Cargas de polarización

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

**densidades de carga de polarización**

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

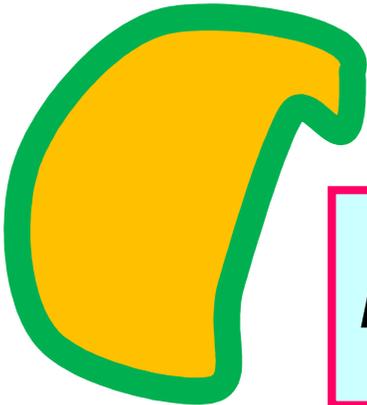
$$\rho_P \equiv -\nabla \cdot \mathbf{P}$$

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

**Carga de polarización o ligada**

$$Q_P = \oint_S \sigma_P dS' + \int_V \rho_P dV'$$

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



# Resumiendo...

✓ Polarizabilidad atómica

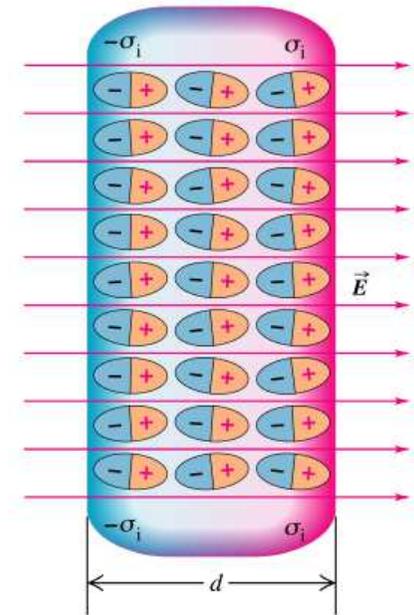
$$\vec{p} = \alpha \vec{E}$$

✓ 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.

✓ Carga polarización o ligada

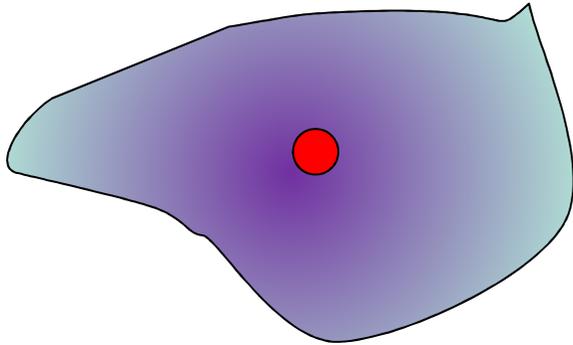
$$Q_p = \oint_S \sigma_p dS' + \int_V \rho_p dV'$$

✓ Densidades de polarización

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

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n} \Big|_s$$

# 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**

# Resumen...

- ✓ Ley generalizada de Gauss

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

- ✓ Vector desplazamiento

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

- ✓ Vector polarización

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

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

Suceptibilidad  
dieléctrica

- ✓ Permitividad dieléctrica  $\epsilon$

$$\epsilon = \epsilon_0 + \chi$$

$$\epsilon > \epsilon_0$$

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}_d$$

Esto es válido sólo  
si se trata de un  
dieléctrico lineal

- ✓ Constante dieléctrica K

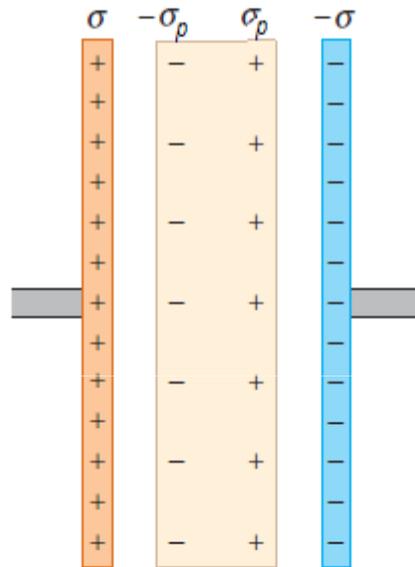
$$K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$\chi = (K - 1)\epsilon_0$$

# Constantes dieléctricas y de rigidez

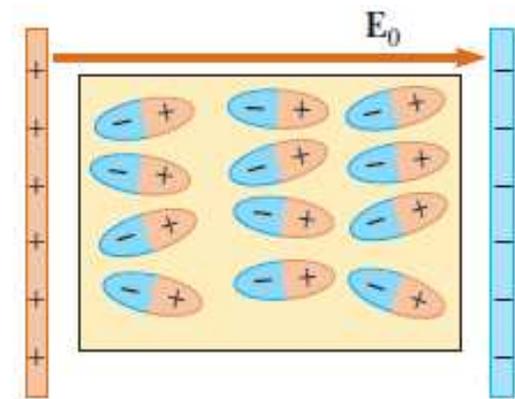
Approximate Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature		
Material	Dielectric Constant $\kappa$	Dielectric Strength <sup>a</sup> ( $10^6$ V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	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	233	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

# 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

$$\vec{D} = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$

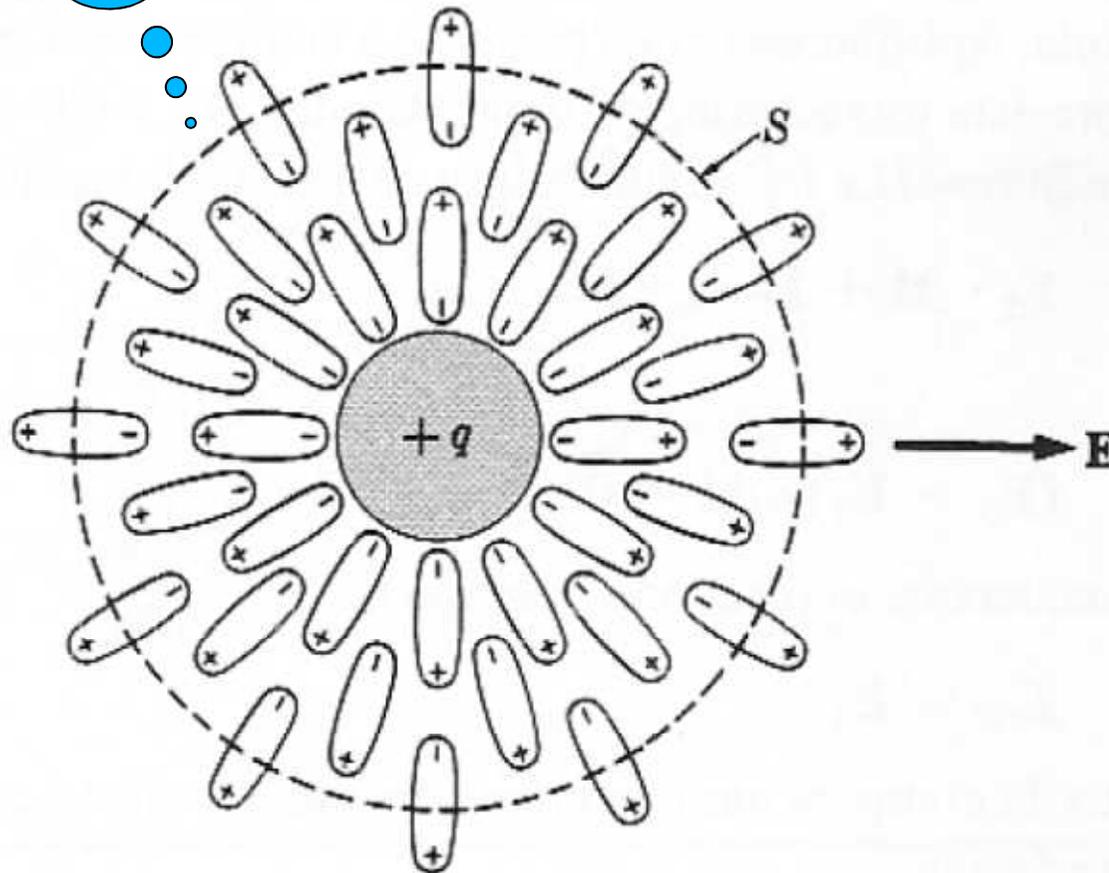
$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{K}$$

$$\vec{P} = \frac{1}{4\pi} \frac{(K-1)q}{K} \frac{1}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$

$$\sigma_p^\pm = \frac{\mp (K-1)q}{K} \frac{1}{4\pi r^2} \Big|_{a,b}$$

# Carga puntual sumergida en un fluido dieléctrico

Cuánto vale la carga total encerrada??



$$\vec{D} = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{P} = \frac{1}{4\pi} \frac{(K-1)}{K} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \vec{e}_r$$