



# **FI 33A ELECTROMAGNETISMO**

## **CAMPOS ELECTRICOS EN LA MATERIA**

Luis Vargas  
AREA DE ENERGIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

Universidad de Chile,

FI 33A Electromagnetismo,

Primavera 2005



## **INDICE**

**Definición Dipolo**  
**Campos eléctricos en la materia**

Universidad de Chile,

FI 33A Electromagnetismo,

Primavera 2005



# MEDIOS MATERIALES

- **Dieléctricos o aislantes:** las cargas sólo pueden desplazarse en torno a su posición de equilibrio
- **Conductores:** las cargas pueden moverse libremente en la superficie o al interior del material
- **Semiconductores:** un material que presenta un comportamiento no lineal en función del campo eléctrico aplicado

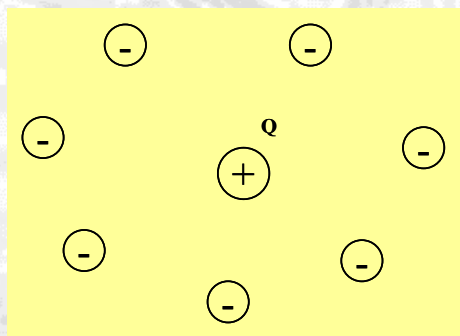


## Modelo de los Materiales Dieléctricos

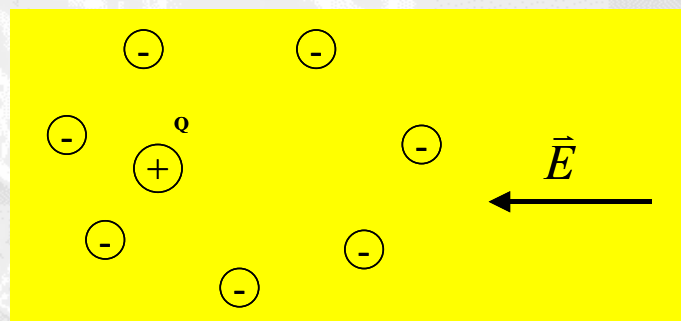
**Cargas no pueden desplazarse libremente y sólo pueden producirse pequeñas rotaciones en torno a un punto de equilibrio fijo según veremos a continuación.**



## Materiales No Polares



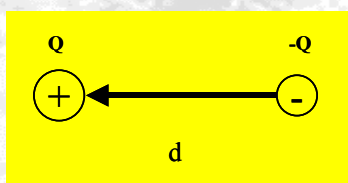
Modelo de átomo simple



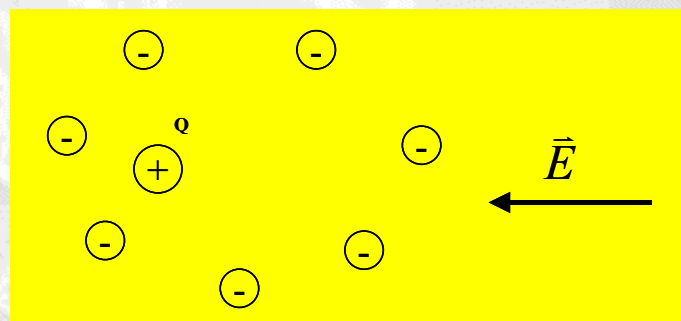
Deformación producida por campo aplicado



## Materiales No Polares



Representación mediante dipolo



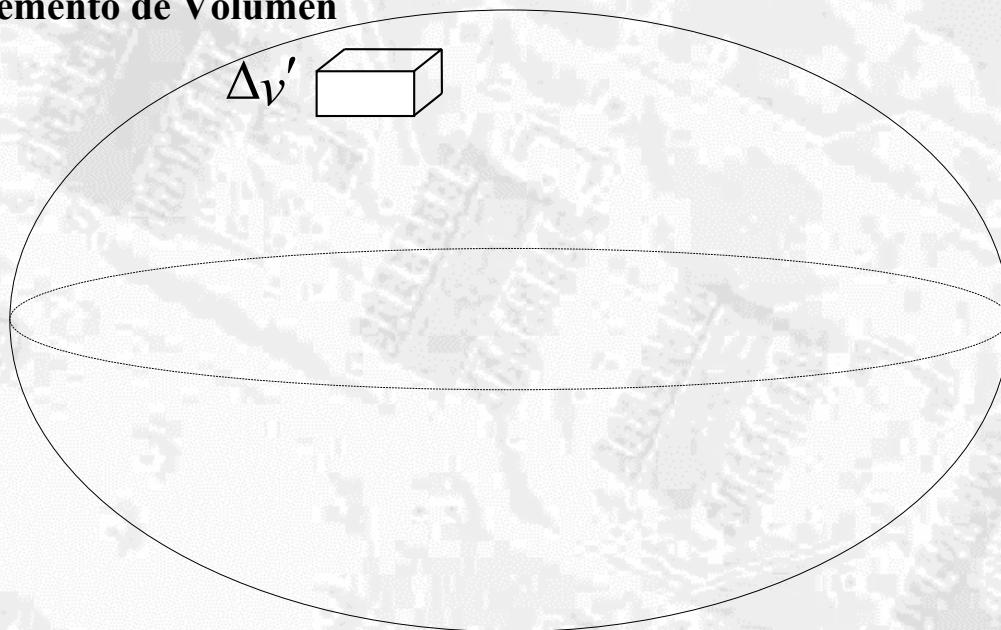
Deformación producida por campo aplicado





# Materiales No Polares

Elemento de Volumen



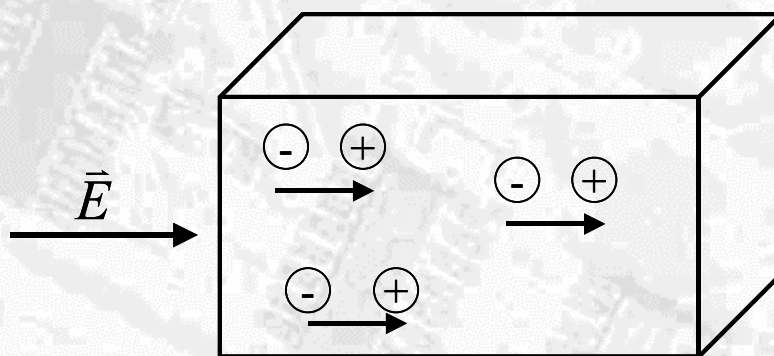
Universidad de Chile,

FI 33A Electromagnetismo,

Primavera 2005



# Materiales No Polares



Universidad de Chile,

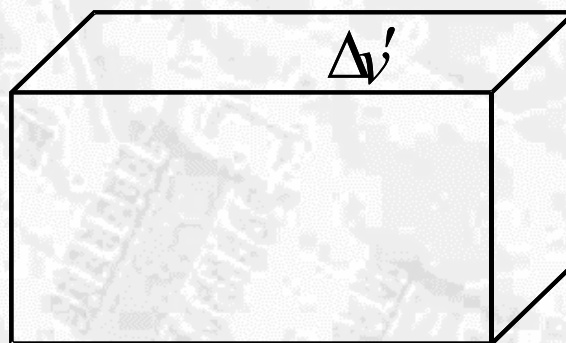
FI 33A Electromagnetismo,

Primavera 2005



# Materiales No Polares

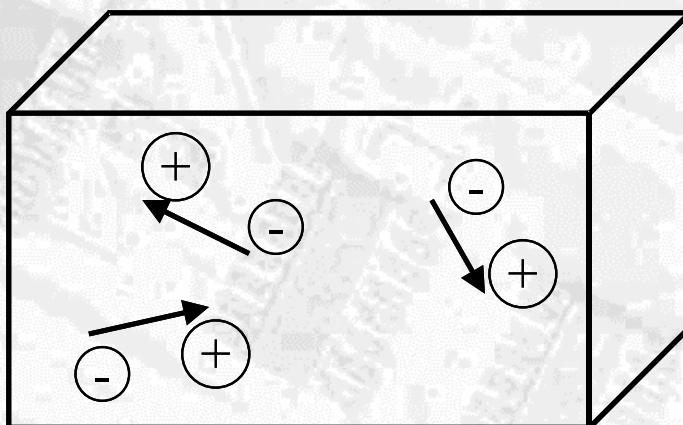
Elemento de Volumen



el material no posee si no hay campo externo



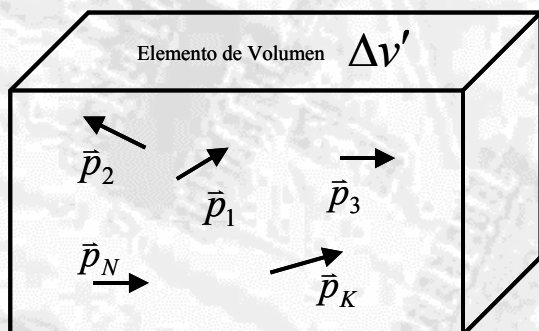
# Materiales Polares



- por su estructura molecular poseen dipolos en forma natural
- generalmente orientados en forma aleatoria



## Vector Polarización

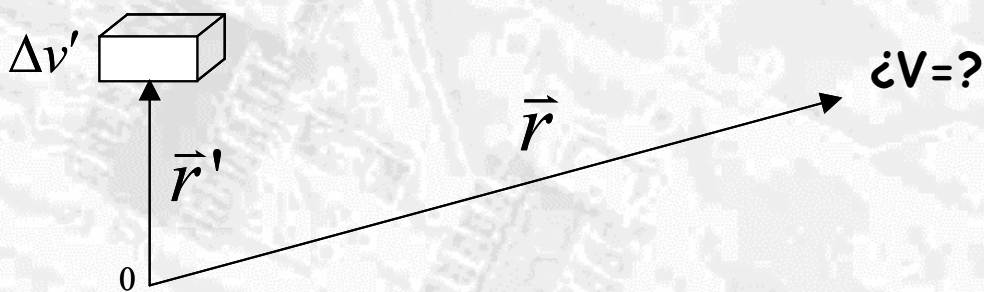


$$\vec{P} = \lim_{\Delta v' \rightarrow 0} \frac{\sum_{k=1}^N Q_k \vec{d}_k}{\Delta v'} = \lim_{\Delta v' \rightarrow 0} \left[ \frac{\sum_{k=1}^N \vec{p}_k}{\Delta v'} \right]$$

Dipolos por unidad de volumen  
[C/m<sup>2</sup>]



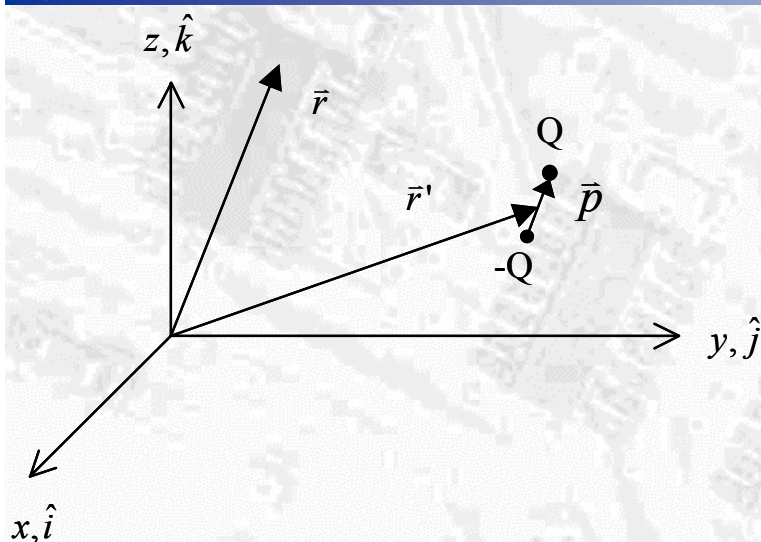
## Potencial Eléctrico en la Materia







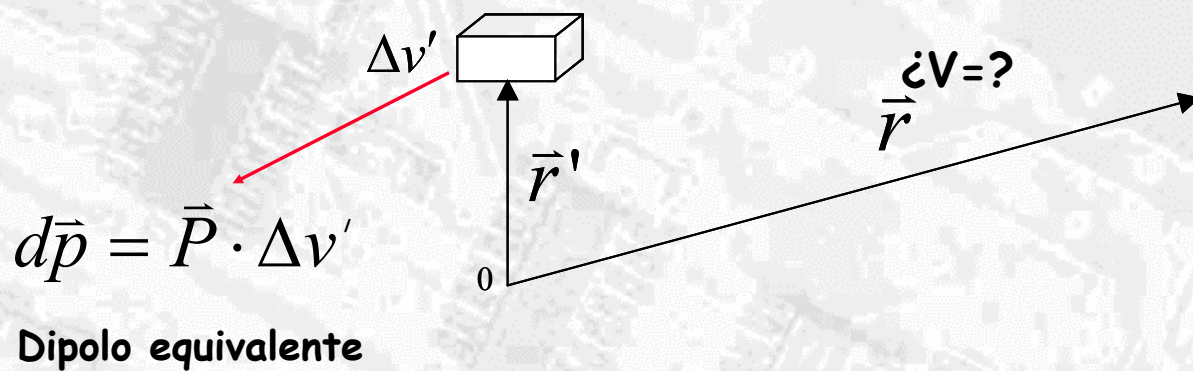
# Potencial Eléctrico en la Materia



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



# Potencial Eléctrico en la Materia





## Potencial Eléctrico en la Materia

$$dV = \frac{\overbrace{\vec{P} \Delta v'}^{d\vec{p}} \bullet (\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi\epsilon_0 \|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} \quad (2.1)$$

$\vec{P}$  : Vector polarización

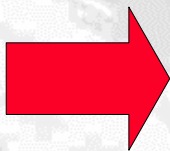
$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{\Omega} \frac{\vec{P} \bullet (\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} dv' \quad (2.2)$$



## Potencial Eléctrico en la Materia

Usando la identidad

$$\nabla' \frac{1}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} = \frac{\vec{r} - \vec{r}'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} \quad (2.3)$$



$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \vec{P} \bullet \nabla' \left( \frac{1}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \right) dv'$$

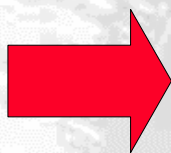
Usando la identidad

$$\nabla \bullet f\vec{A} = f\nabla \bullet \vec{A} + \vec{A} \bullet \nabla f$$





# Potencial Eléctrico en la Materia



$$\nabla' \cdot \left[ \frac{\vec{P}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \right] = \frac{1}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \nabla' \cdot \vec{P} + \vec{P} \cdot \nabla' \left[ \frac{1}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \right] \quad (2.5)$$

$$\Rightarrow V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \left\{ \nabla' \cdot \left[ \frac{\vec{P}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \right] - \frac{1}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} \nabla' \cdot \vec{P} \right\} dv' \quad (2.6)$$

Usando la identidad

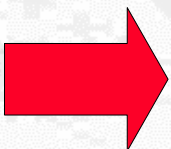
$$\iiint_{\Omega} \nabla \cdot \vec{A} dV = \oiint_{S(\Omega)} \vec{A} \cdot d\vec{s} \quad (2.7)$$



# Materiales No Polares

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oiint_{S(\Omega)} \frac{\vec{P} \cdot d\vec{s}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{\Omega} -\frac{\nabla' \cdot \vec{P}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} dv'$$

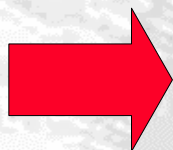
escribiendo  $\vec{P} \cdot d\vec{s} = \vec{P} \cdot \hat{n} dS$



$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oiint_{S(\Omega)} \frac{\vec{P} \cdot \hat{n} ds}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{\Omega} -\frac{\nabla' \cdot \vec{P}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} dv'$$



## Materiales No Polares



$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oiint_{S(\Omega)} \frac{\vec{P} \cdot \hat{n} ds}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{\Omega} -\frac{\nabla' \cdot \vec{P}}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|} dv'$$



$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_S \frac{\sigma(\vec{r}') ds'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|}$$



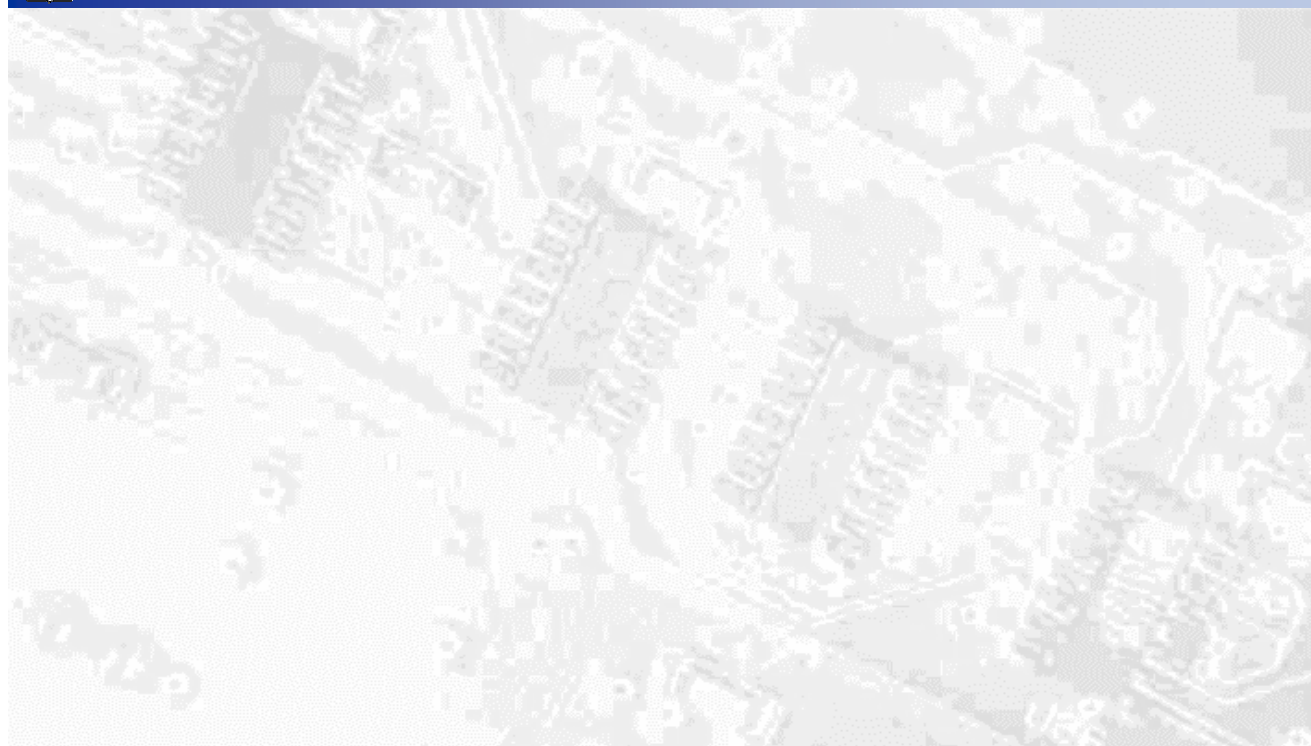
$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho(\vec{r}') dV'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|}$$



## Materiales No Polares



# Materiales No Polares



Universidad de Chile,

FI 33A Electromagnetismo,

Primavera 2005