



Escuela de
Ingeniería
Universidad
de Chile



FI33A ELECTROMAGNETISMO

Clase 9

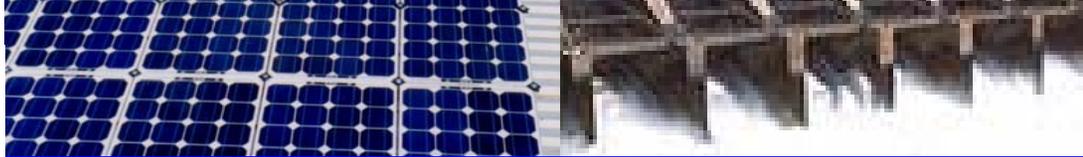
Conductores en Electrostática

LUIS S. VARGAS
Area de Energía
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile



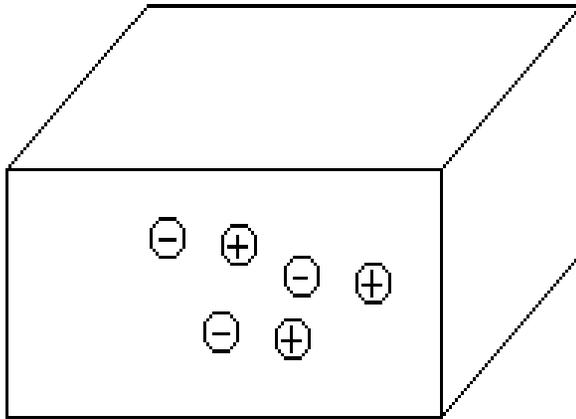
INDICE

- Modelo básico de conductores
- Ejemplo
- Refracción del campo eléctrico
- Consideraciones sobre Simetría



Modelo Básico de Conductores

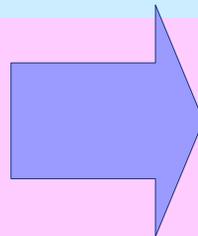
Sin Campo eléctrico



Carga neta nula

- Abundantes cargas positivas y negativas (infinitas)
- Pueden moverse libremente en presencia de un campo eléctrico

Estado de Equilibrio
sin campo eléctrico
aplicado

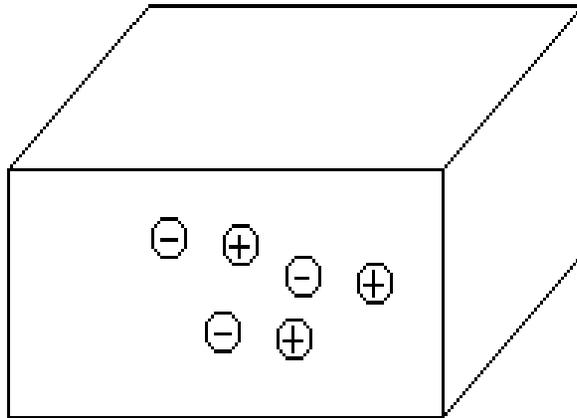


Campo eléctrico nulo en
el interior



Modelo Básico de Conductores

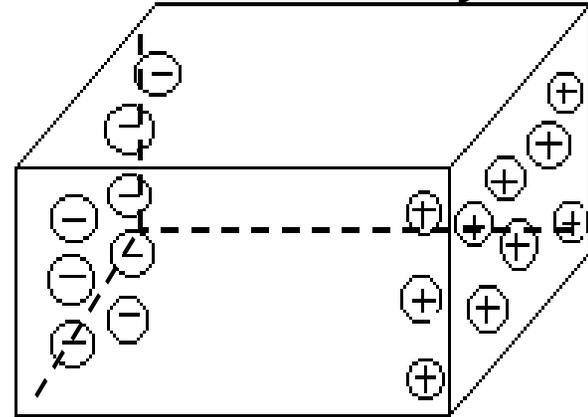
Sin Campo eléctrico



Carga neta nula

\vec{E}

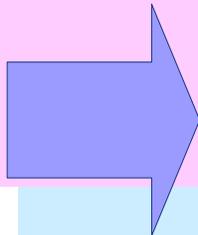
\vec{E}



Carga neta nula

- Abundantes cargas positivas y negativas
- Pueden moverse libremente en presencia de un campo eléctrico

Estado de
Equilibrio

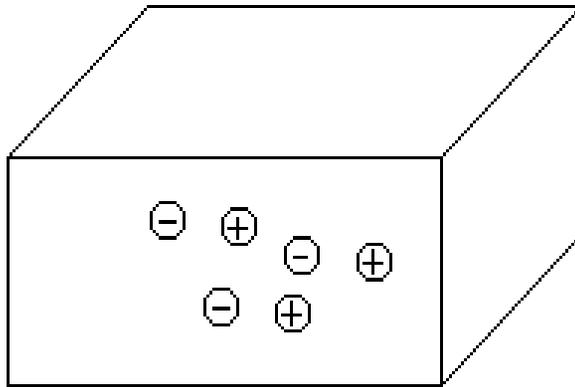


Campo eléctrico nulo en
el interior



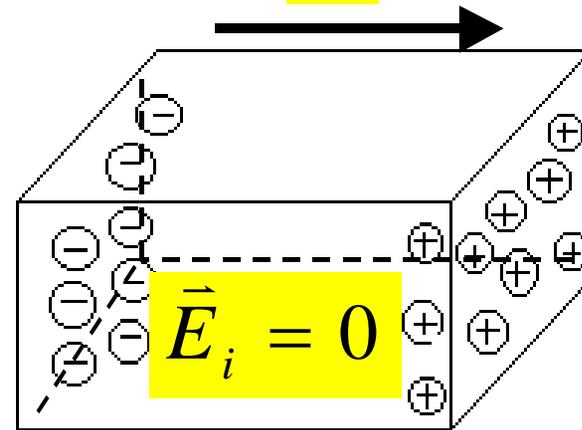
Propiedades

Sin Campo eléctrico



Carga neta nula

\vec{E}



Carga neta nula

1. La carga sólo se redistribuye en la superficie

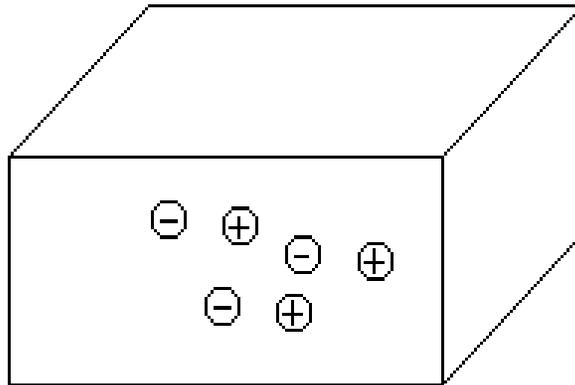
Estado de Equilibrio
dentro del conductor

$$\vec{E} = 0 \Rightarrow \nabla \cdot \vec{E} = 0 \Rightarrow \rho_l = 0$$



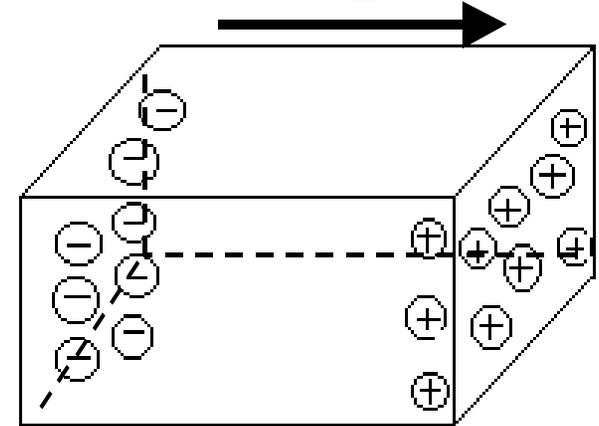
Propiedades

Sin Campo eléctrico



Carga neta nula

\vec{E}



Carga neta nula

2. Toda la superficie del conductor es una superficie equipotencial

Estado de Equilibrio dentro del conductor

$$\vec{E} = 0 \Rightarrow \Delta V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

No existe diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera al interior del conductor



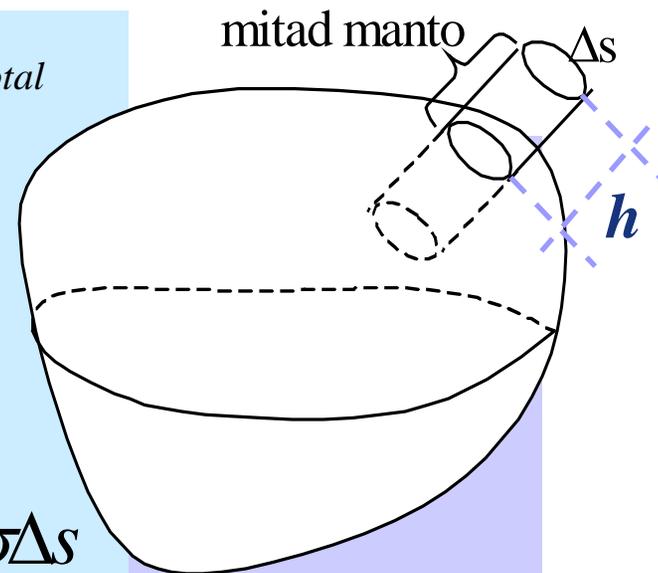
Propiedades

Conductor en estado
de Equilibrio $\vec{E}=0$

$$\oiint \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q_{Total}$$

$$\Rightarrow D_{int.} = 0$$

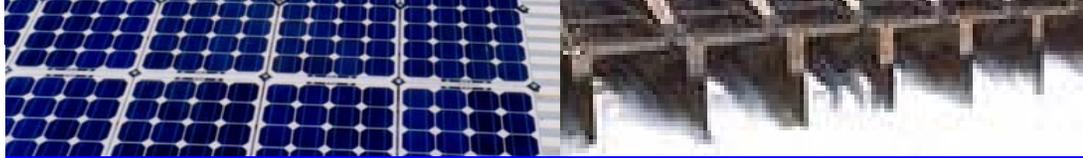
$$\oiint \vec{D} \cdot d\vec{S} = \iint_{\text{mitad manto}} D \cdot dS + \iint_{\text{tapa exterior}} \vec{D} \cdot dS$$



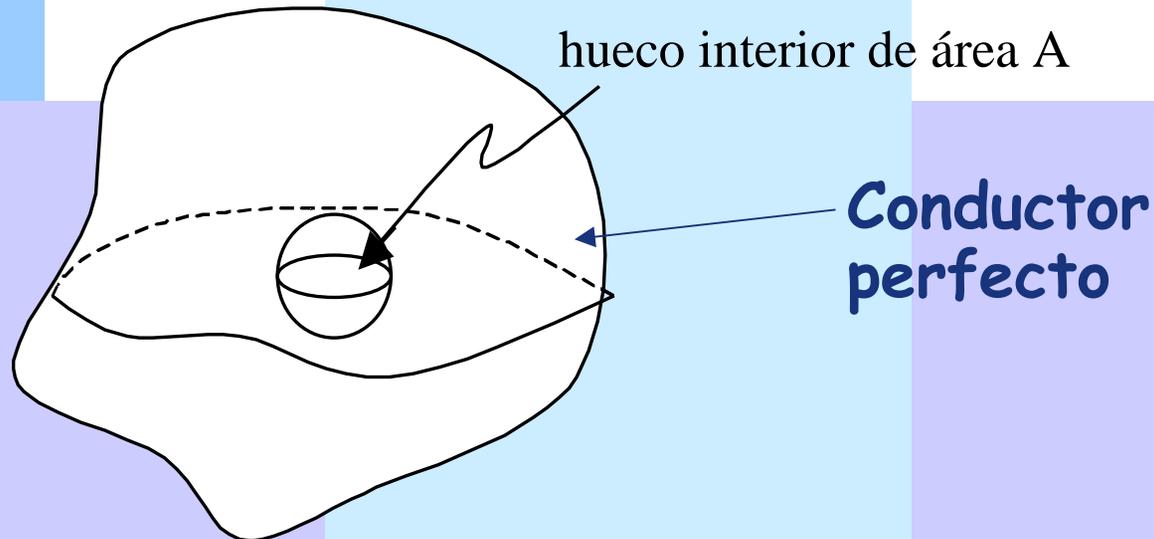
$$h \rightarrow 0 \Rightarrow \oiint \vec{D} \cdot d\vec{S} = D_n \Delta s \Rightarrow D_n \Delta s = \sigma \Delta s$$

3. El campo eléctrico inmediatamente afuera del conductor es normal a la superficie del conductor (sino la carga se movería)

$$D_n = \varepsilon_0 E_n \Rightarrow \vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \hat{n}$$



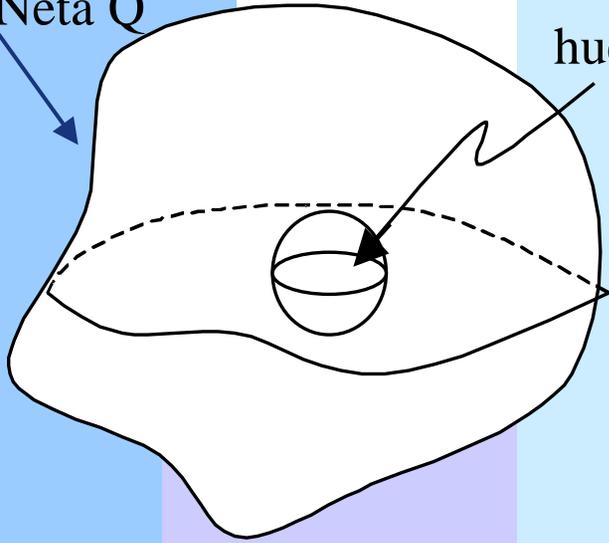
Caso Conductor con Oquedad





Caso Conductor con Oquedad

Carga Neta Q



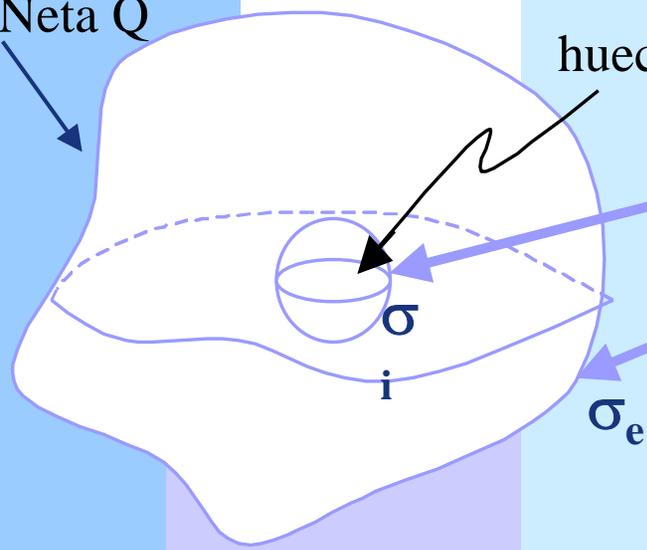
hueco interior de área A

¿Cómo se distribuye la carga en el estado de equilibrio?



Caso Conductor con Oquedad

Carga Neta Q

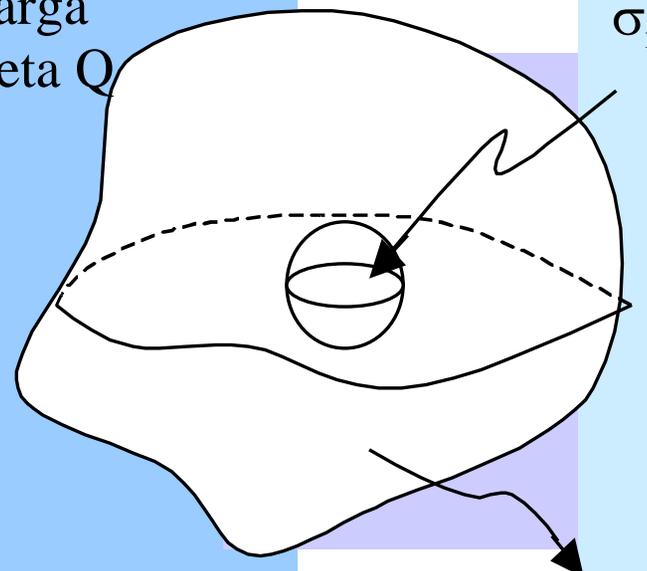


SOLO PUEDE HABER CARGA SUPERFICIAL



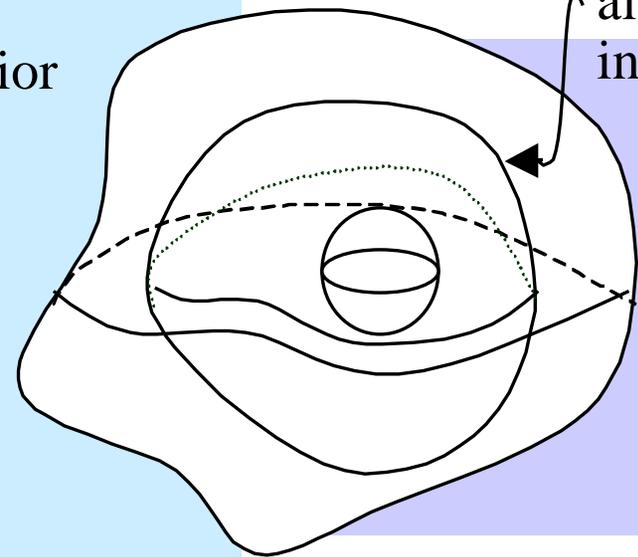
Caso Conductor con Oquedad

Carga
Neta Q



σ_e superficial cara externa

σ_i Superficie
huevo interior

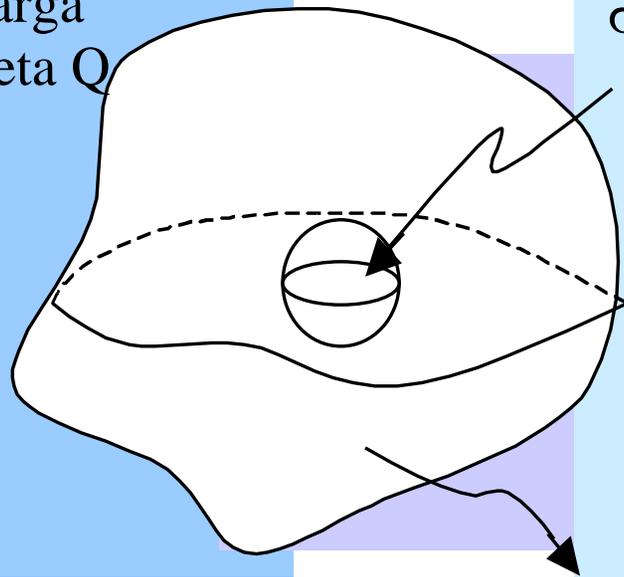


S' contiene
al huevo
interior



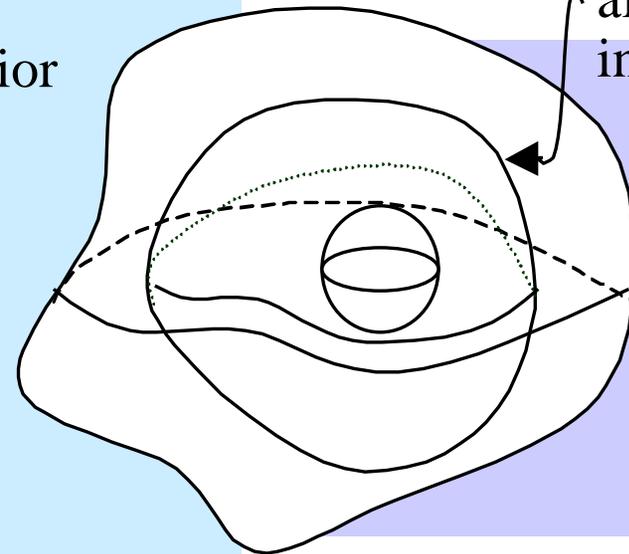
Caso Conductor con Oquedad

Carga Neta Q



σ_e superficial cara externa

σ_i Superficie hueco interior



S' contiene al hueco interior

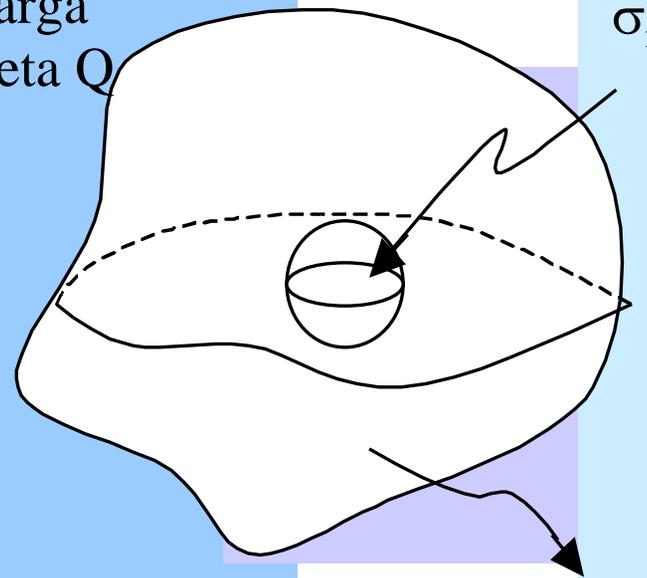
$$\oiint_{S'} \vec{D}_{\text{int.}} \cdot d\vec{S} = Q_{\text{total}}$$

$$Q_{\text{total}} = \sigma_i A \quad \text{y} \quad \vec{D}_{\text{int.}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{total}} = 0 \quad \Rightarrow \sigma_i = 0$$

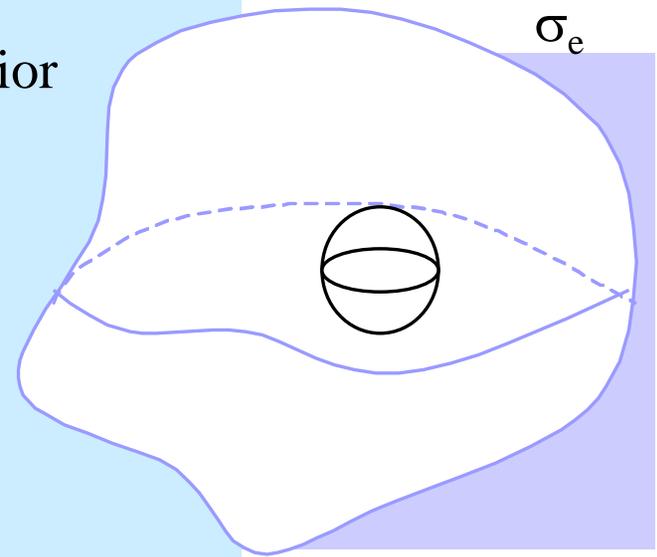


Caso Conductor con Oquedad

Carga Neta Q



σ_i Superficie hueco interior



σ_e superficial cara externa

$$\sigma_i = 0$$

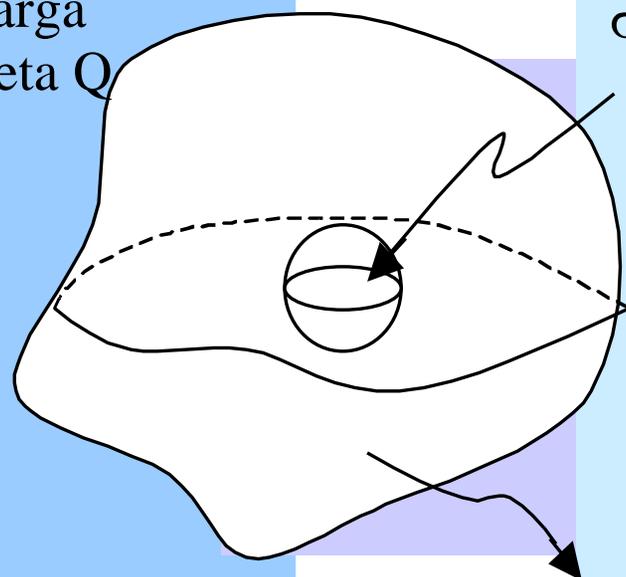
$$\Rightarrow Q = \iint_S \sigma_e ds$$

La carga Q se distribuye en la superficie exterior solamente



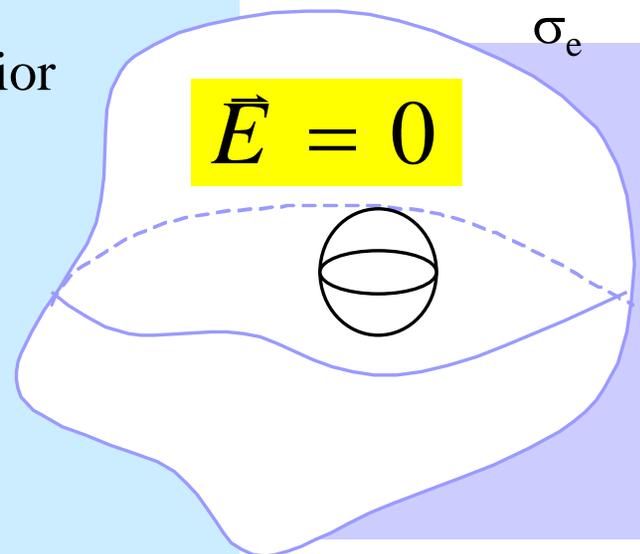
Caso Conductor con Oquedad

Carga
Neta Q



σ_i Superficie
huevo interior

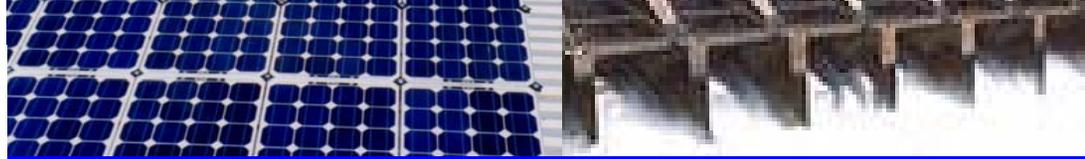
σ_e superficial cara externa



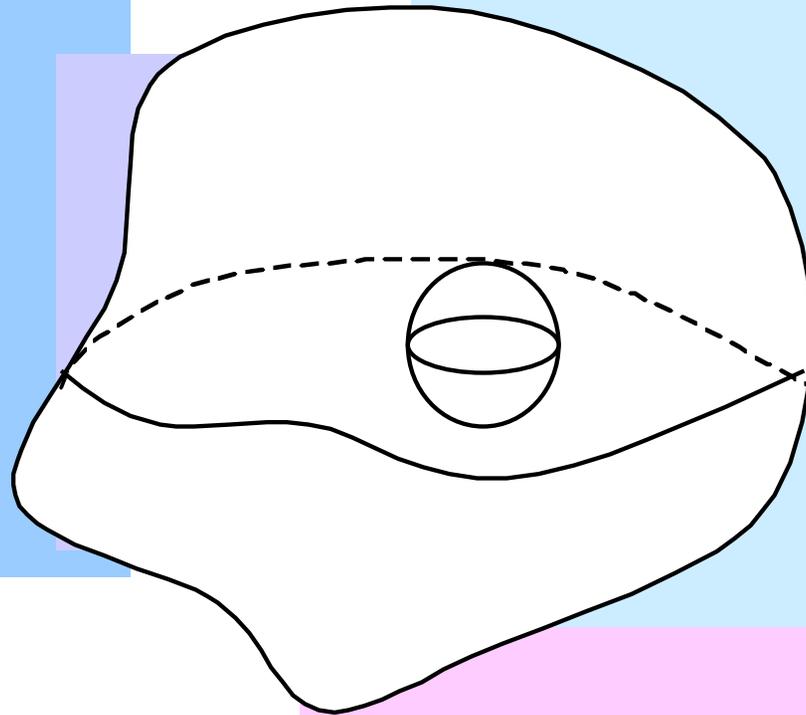
$$\sigma_i = 0$$

$$\Rightarrow Q = \iint_S \sigma_e ds$$

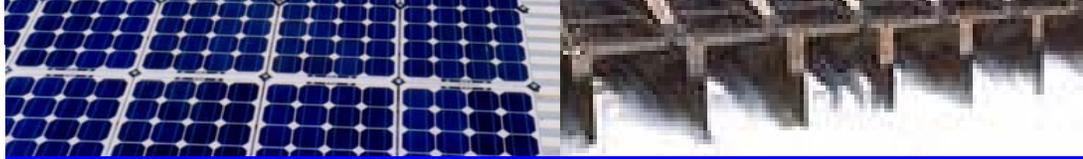
La carga Q se distribuye en
la superficie exterior
solamente



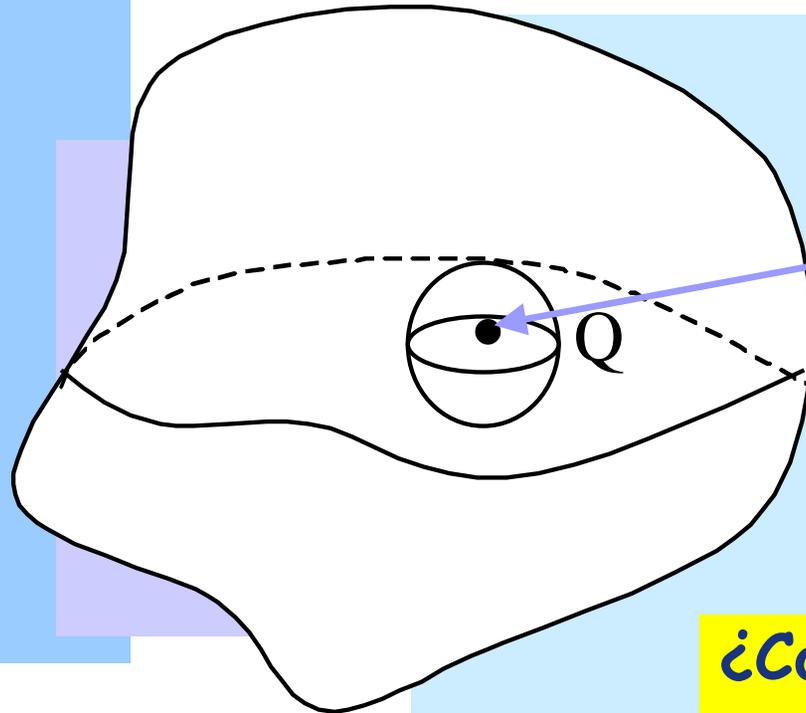
Conductor con oquedad y carga en su interior



Conductor con
oquedad, sin carga
y en estado de
equilibrio



Conductor con oquedad y carga en su interior

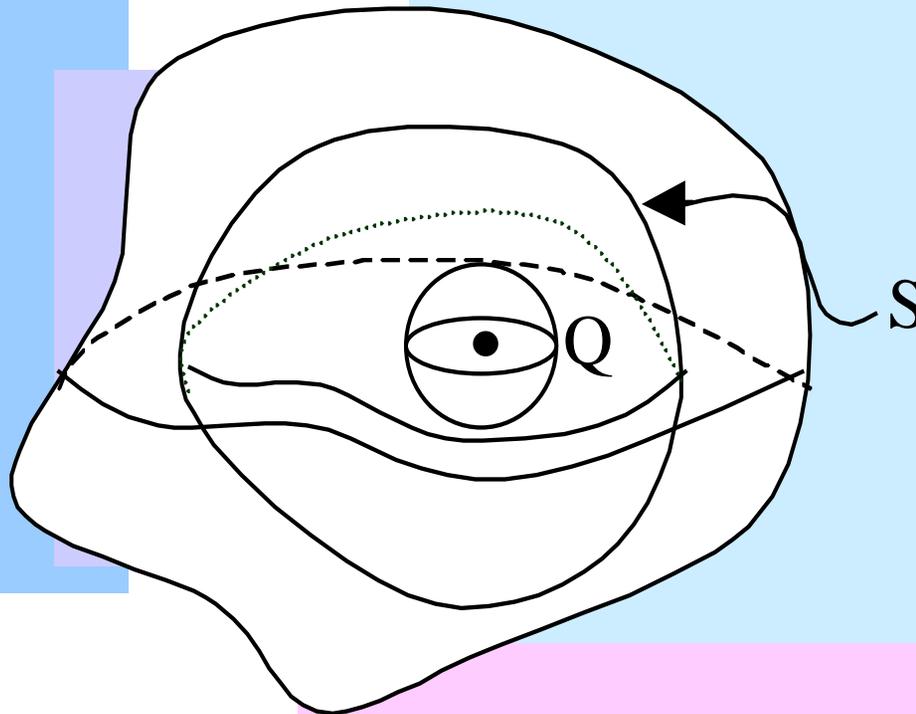


Carga Q puesta
a propósito en el
interior

¿Como se distribuye la
carga en el estado de
equilibrio?

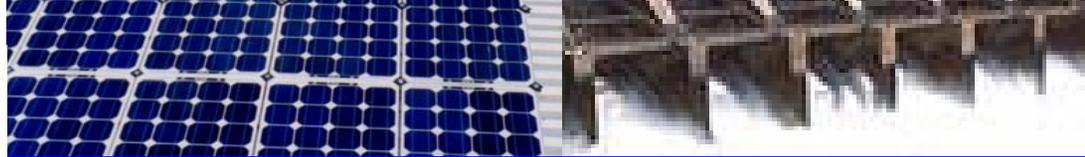


Conductor con oquedad y carga en su interior

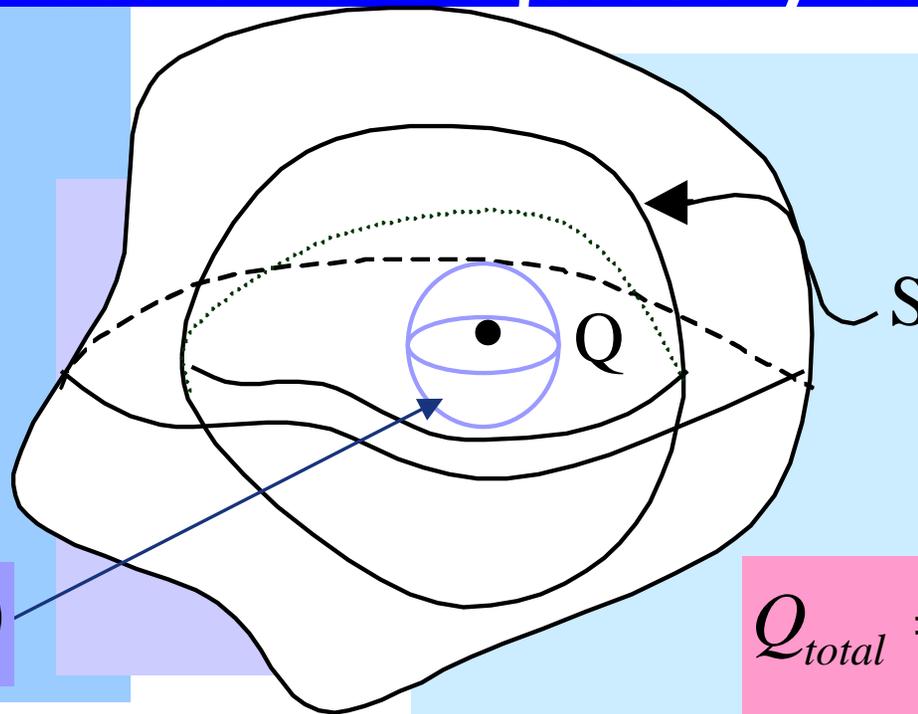


$$\oiint_{S'} \vec{D}_{\text{int.}} \cdot d\vec{S} = Q_{\text{total}}$$

$$\vec{D}_{\text{int.}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{total}} = 0$$



Conductor con oquedad y carga en su interior



$$\oiint_{S'} \vec{D}_{\text{int.}} \cdot d\vec{S} = Q_{\text{total}}$$

$$\vec{D}_{\text{int.}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{total}} = 0$$

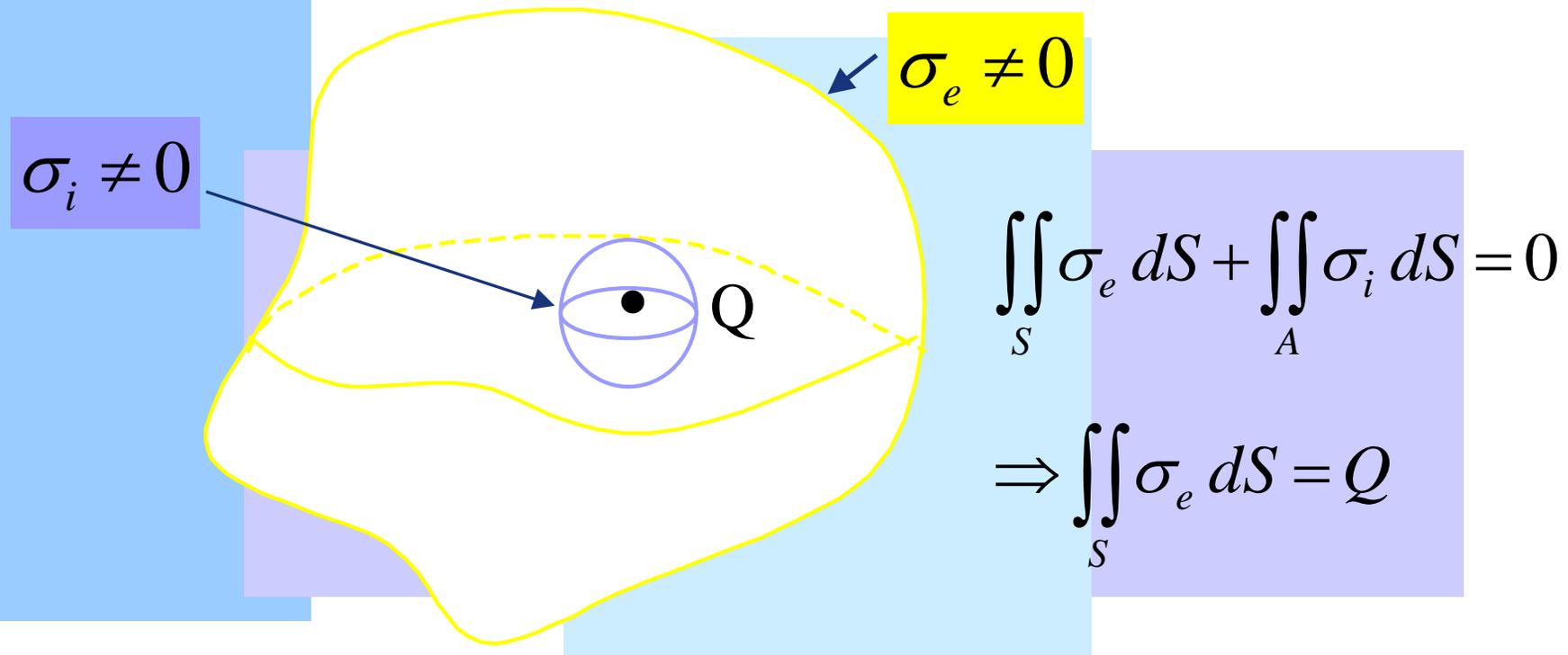
$$\sigma_i \neq 0$$

$$Q_{\text{total}} = 0 \Rightarrow \iint_A \sigma_i dS + Q = 0$$

Dado que la superficie S encierra a Q , la única manera que se puede satisfacer la condición $Q_{\text{total}}=0$ es con una densidad de carga superficial en la oquedad!



Conductor con oquedad y carga en su interior



$\sigma_e \neq 0$

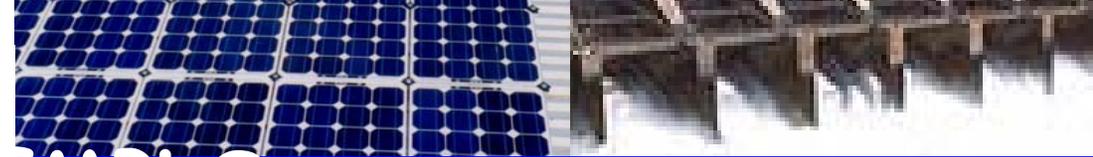
$\sigma_i \neq 0$

Q

$\iint_S \sigma_e dS + \iint_A \sigma_i dS = 0$

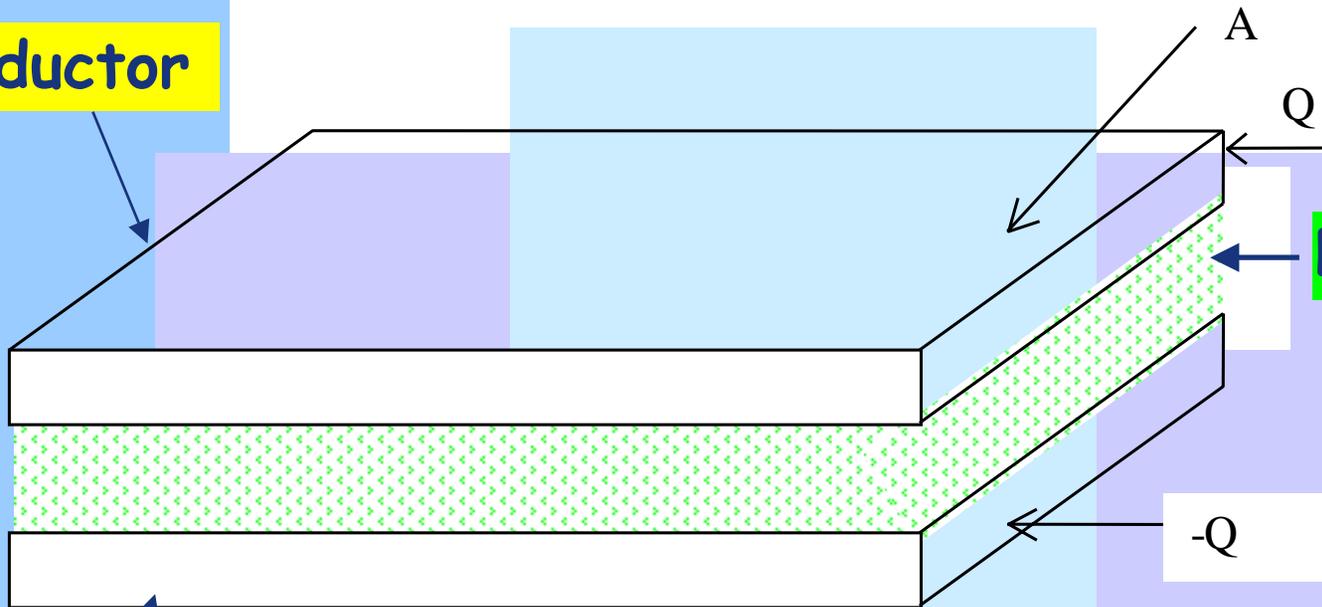
$\Rightarrow \iint_S \sigma_e dS = Q$

Para cumplir la condición de carga neta nula en el conductor aparece una densidad de carga en la superficie exterior σ_e



EJEMPLO

Conductor

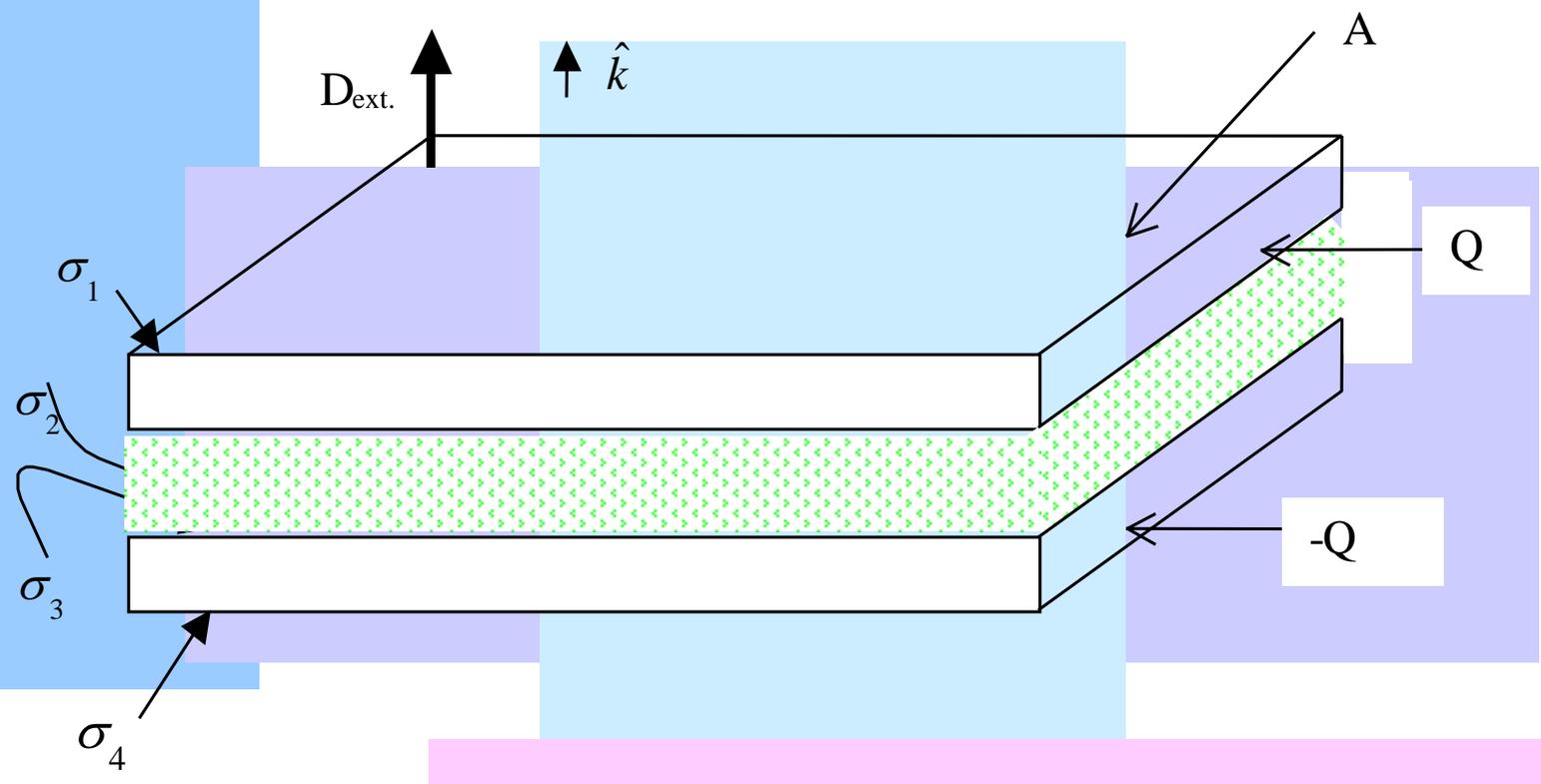


Dieléctrico

Conductor

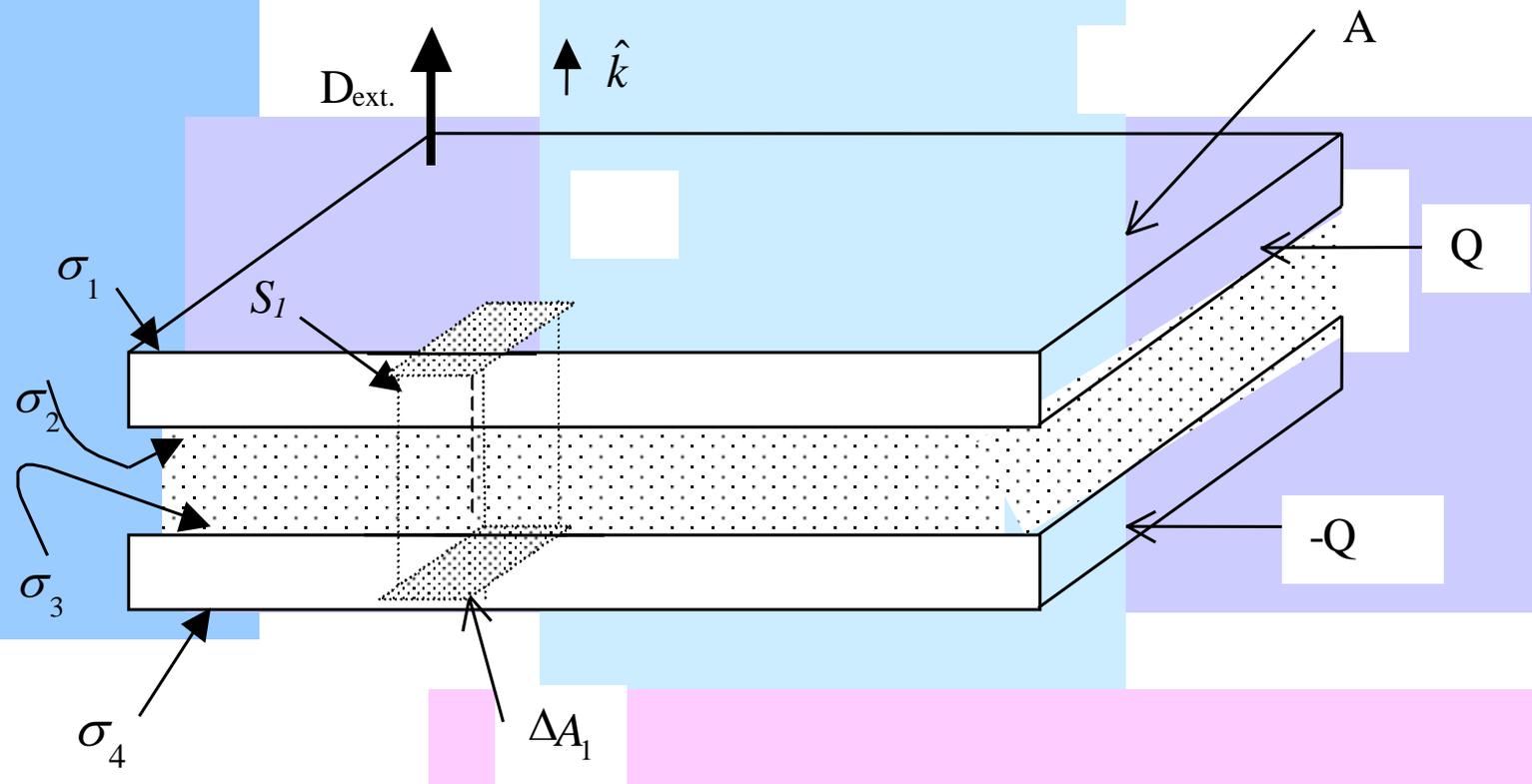


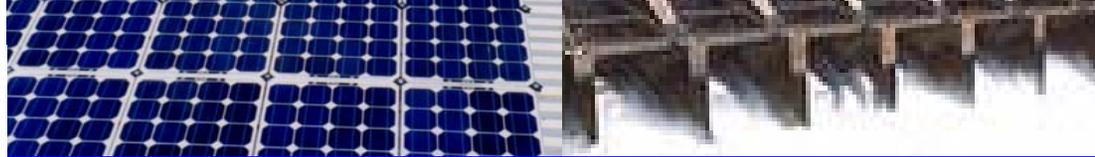
EMPLO



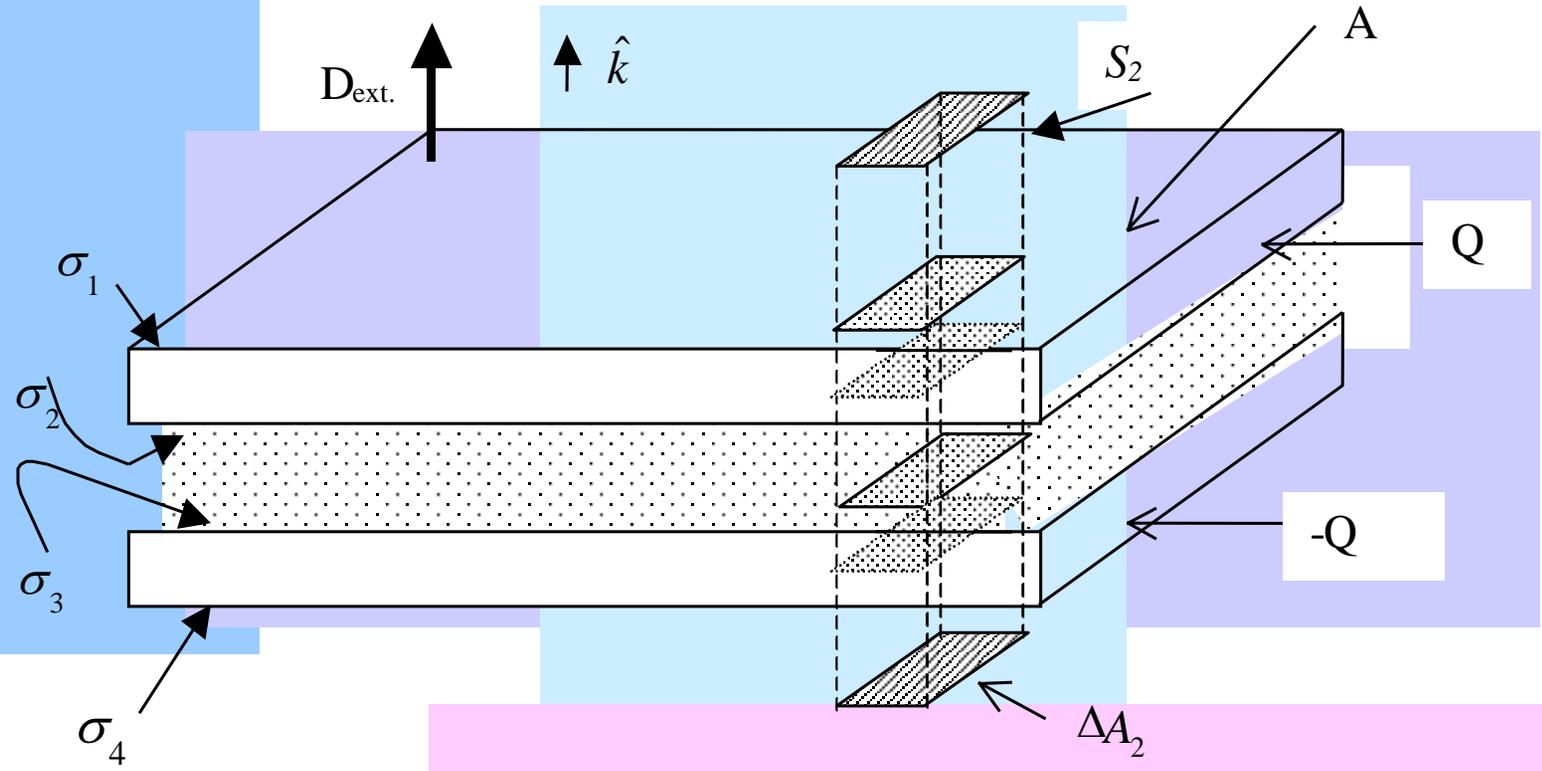


EJEMPLO



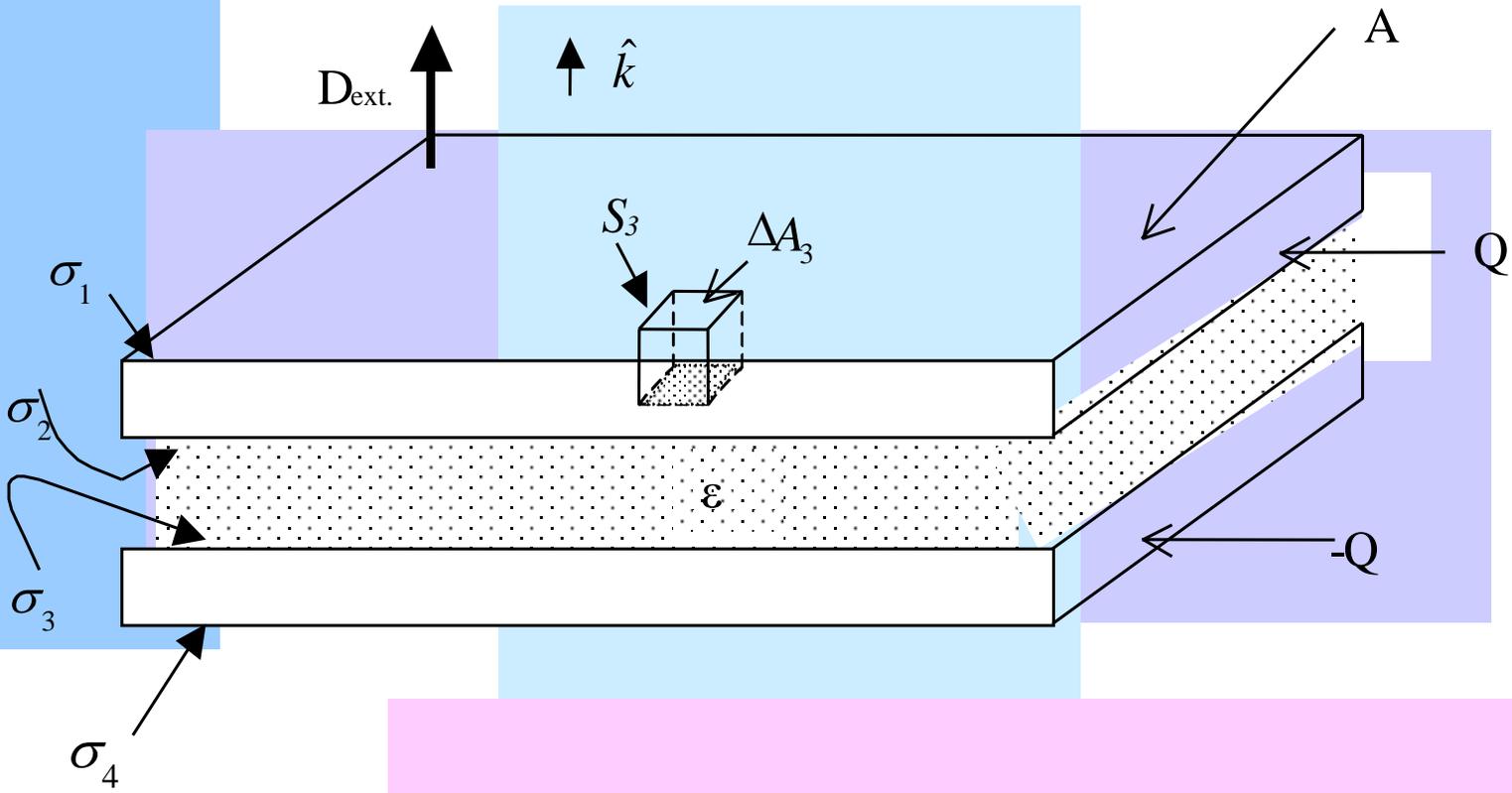


EJEMPLO





EJEMPLO





EJEMPLO

