

Electrostática en medios materiales

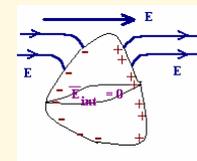
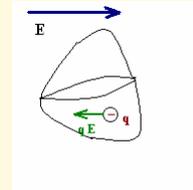
Tema 2

Medios materiales

- Desde el punto de vista del **campo electrostático** los materiales se dividen en:
 - **Conductores**: algunos de sus electrones se pueden mover en todo el volumen casi libremente, por ejemplo por acción de un campo electrostática
 - **Dieléctricos**: sus moléculas no comparten sus electrones. Los campos electrostáticos sólo pueden deformar esas moléculas.
- Al hablar de conducción eléctrica debemos introducir otro tipo de materiales, los semiconductores

Medios conductores

- Si existe un campo en el interior de un conductor, cualquier electrón se moverá en el volumen en contra del campo.
- Se producirá un desplazamiento de cargas negativas en una parte del conductor. Esa parte quedará cargada negativamente.
- La parte contraria, aparecerá cargada positivamente.
- El movimiento de cargas cesará cuando el campo en el interior del conductor sea nulo.



$$\vec{E}_{\text{interior}} = \vec{0}$$

3

Propiedades de los conductores

- El campo electrostático es nulo en su interior.

Luego:

- No puede existir carga neta en su volumen

– La carga se repartirá sólo por su superficie.



Si el campo es nulo no puede existir diferencia de potencial:

- El volumen de un conductor es equipotencial.
- En los conductores, el campo eléctrico es siempre perpendicular a su superficie.

Y vale:

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_n$$

4



Consideraciones geométricas

- El campo electrostático es mayor en los puntos con menor radio de curvatura.
- En todos los conductores el potencial que adquieren al ser cargados depende de su geometría $V \propto Q$
- La constante de proporcionalidad entre potencial y carga se denomina capacidad del conductor: $C \cdot V = Q$

5



Conductores en campos



- En el interior de un conductor, el campo es nulo
- Nunca puede existir carga en el volumen de un conductor.
- Los conductores son volúmenes equipotenciales.
- El campo es siempre perpendicular a la superficie de los conductores.
- El campo es mayor en los puntos con menor radio de curvatura.
- El potencial que adquiere un conductor es proporcional a su carga.

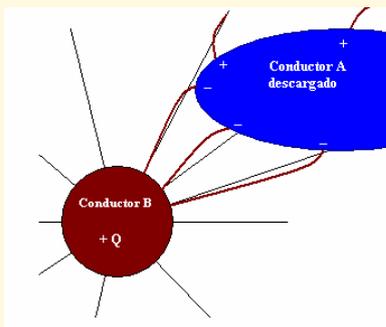
6

Electroscopio



7

Fenómenos de influencia



- Si un conductor cargado se acerca a uno descargado reordena sus cargas. Influye en él.
- **Condensador** son dos conductores en influencia total.
- Se caracterizan por su capacidad, que sólo depende de la geometría de los conductores y de su posición relativa.

8

Condensadores

- Los tipos más usuales son:

– Plano paralelos $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$

– Esféricos . . . $C = 4\pi\epsilon_0 \left[\frac{ab}{b-a} \right]$

– Cilíndricos $C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$

Se asocian:

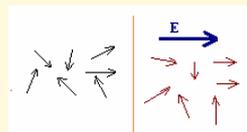
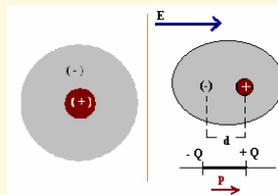
- En paralelo, conectados a la misma diferencia de potencial $C_p = C_1 + C_2$

- En serie tienen la misma carga $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Medios dieléctricos

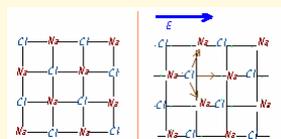
- En los dieléctricos los electrones están ligados, un campo eléctrico deformará la estructura de sus moléculas:

- Moléculas covalentes:



- Moléculas polares

- Moléculas iónicas



Polarización dieléctrica

- La densidad de dipolos del material por unidad de volumen, la llamaremos **vector polarización** o simplemente **polarización** \vec{P}

- Se mide en $C \cdot m^{-2}$ $\vec{P} = \lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta\tau}$ $\vec{P} = \frac{d\vec{p}}{d\tau}$

- La relación entre causa (campo) y efecto (polarización) es mediante la **susceptibilidad eléctrica**:

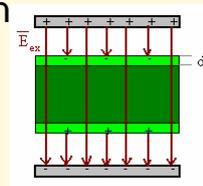
$$\vec{P} = \chi_e \epsilon_0 \vec{E}$$

11

Densidades de carga de polarización

- A un dieléctrico homogéneo en un campo eléctrico le “aparece” carga en su superficie debido a que se polariza.

- La densidad superficial de carga en las caras perpendiculares coincide con el módulo del vector polarización $\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}$
- En sus caras paralelas al campo no hay carga.



$$\sigma_p = |\vec{P}|$$

- En general aparecerá en su volumen una carga de polarización.

$$\Delta Q_p = \int_{\tau} \rho_p d\tau$$

- La carga de polarización desaparece al hacerlo el campo aplicado

12

Vector Desplazamiento

- Si existe carga de polarización, al aplicar el teorema de Gauss

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{\text{total}}}{\epsilon_0}$$

También debemos considerar

la carga de polarización, con lo que

obtenemos:

$$\oint (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}) \cdot d\vec{s} = Q_{\text{libre}}$$

- **Desplazamiento eléctrico.** $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

Para medios materiales el teorema de Gauss

es

$$\oint_{\Sigma} \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q_{\text{Libre}}$$

13

Relaciones constitutivas

- Entre los vectores campo, desplazamiento y polarización existen las siguientes relaciones:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad \vec{P} = \chi_e \vec{E} \quad \vec{D} = \epsilon_0 (1 + \chi_e) \vec{E}$$

- Si llamamos permitividad a $\epsilon_0 (1 + \chi_e) = \epsilon$

- Introducimos la permitividad relativa $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{\epsilon_0 (1 + \chi_e)}{\epsilon_0}$$

- Obtenemos que $\vec{D} = \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$

14