

Curso “Electromagnetismo”

Tema 3

Campo electrostático en medios materiales

José Emilio Prieto
Dpto. Física de la Materia Condensada
Universidad Autónoma de Madrid

joseemilio.prieto@uam.es

Tipos de materiales

J.E. Prieto

Fuente principal de figuras:

“Physics for scientists and engineers” (5th edition),

P.A. Tipler, G. Mosca

Comportamiento eléctrico de los materiales

- Hay básicamente **dos tipos** de materiales en cuanto a su comportamiento eléctrico:
 - **Conductores**: transportan una *corriente eléctrica* cuando se les somete a un campo **E** . Ejemplos típicos: **metales**.
 - **Aislantes o dieléctricos**: *no son capaces de conducir una corriente significativa*. Ejemplos típicos: **cristales iónicos, sólidos moleculares, plásticos...**
- (en realidad hay una *tercera categoría...*)
 - **Semiconductores**: propiedades de conductividad intermedias entre conductores y aislantes y fácilmente modificables ¡*esenciales* en *Electrónica*! Ej.: Si, GaAs...

Conductores

J.E. Prieto

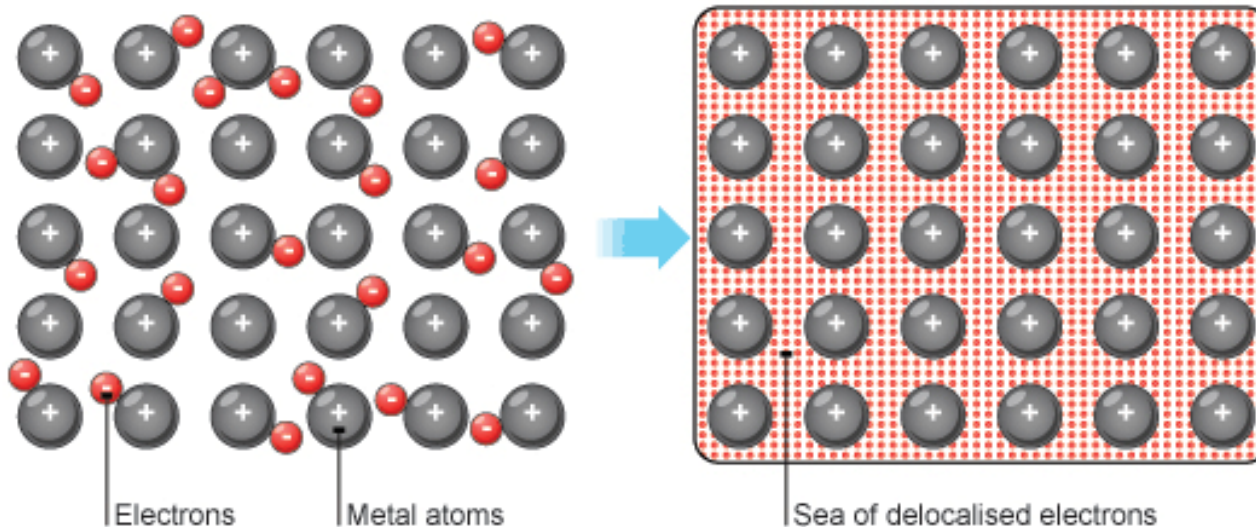
Fuente principal de figuras:

“Physics for scientists and engineers” (5th edition),

P.A. Tipler, G. Mosca

Conductores

- Conductores: transportan una *corriente eléctrica* cuando se les somete a un campo E .
- Se debe a la presencia de *cargas libres* que se pueden *desplazar* en respuesta a E : (electrones *deslocalizados*, no ligados a un átomo en particular)

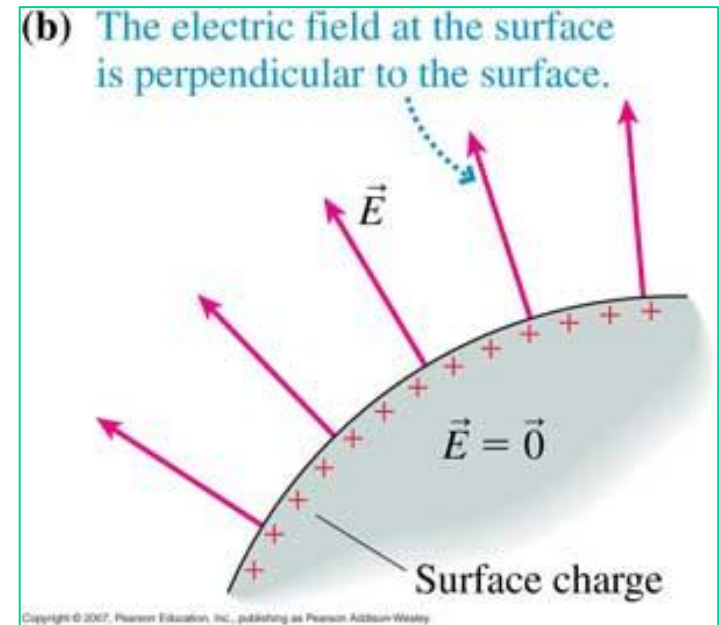


Conductores en campo ES

- Comportamiento de los **conductores** en presencia de campos eléctricos **E estáticos**:
 - Conductores: transportan una *corriente eléctrica* cuando se les somete a un campo **E** . Dos implicaciones importantes:
 - En el **interior** de un conductor en situación **estática**, **no puede haber campo E** (!!):
 - Si lo hubiera, habría una corriente: no sería una situación **estática** (!)
 - En la **superficie** de un conductor en situación **estática**, **sólo puede haber campo E en la dirección perpendicular a la superficie** (!!):
 - Si tuviera componente paralela, habría una corriente paralela: no sería situación **estática**.

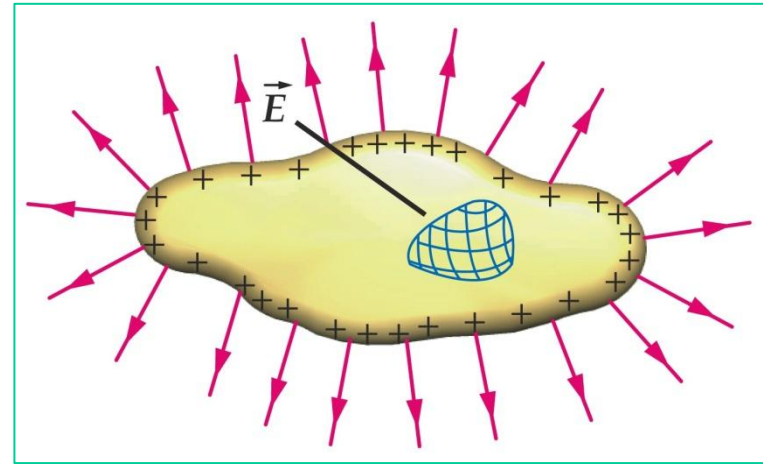
Conductores en campo ES

- Comportamiento de los **conductores** en presencia de campos eléctricos **E** **estáticos**:
 - En el **interior** de un conductor en situación **estática**, **no puede haber campo E** .
 - En la **superficie** de un conductor en situación **estática**, **sólo puede haber campo E en la dirección perpendicular a la superficie**.



Potencial de conductores en campo ES

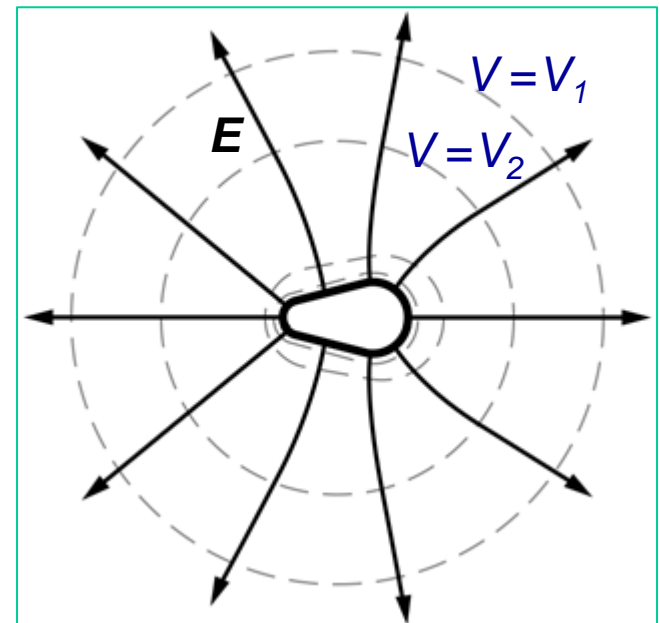
- En la **superficie** de un conductor, el campo **E** tiene la **dirección normal**.
Una implicación importante:
- Sabemos que el campo **E** es siempre **perpendicular** a las **superficies equipotenciales**.



→ La **superficie** de un conductor en electrostática es una **superficie equipotencial**.

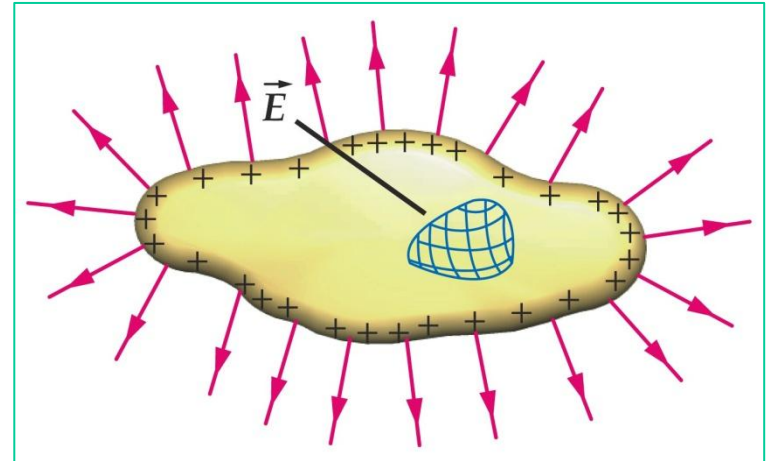
→ y el interior está también al mismo potencial (pues ahí **$E = 0$** y **$V = \text{cte.}$**)

→ **Todos los puntos conectados por un conductor en electrostática están al mismo potencial.**



Carga en conductores en campo ES

- ¿Dónde puede haber **carga eléctrica** en un conductor en presencia de campo **E estático**?
- Apliquemos la **Ley de Gauss** a una *superficie completamente contenida en el interior del conductor* :



$$\mathbf{E} = 0 \Rightarrow \Phi = 0 \Rightarrow Q_{vol} = 0$$

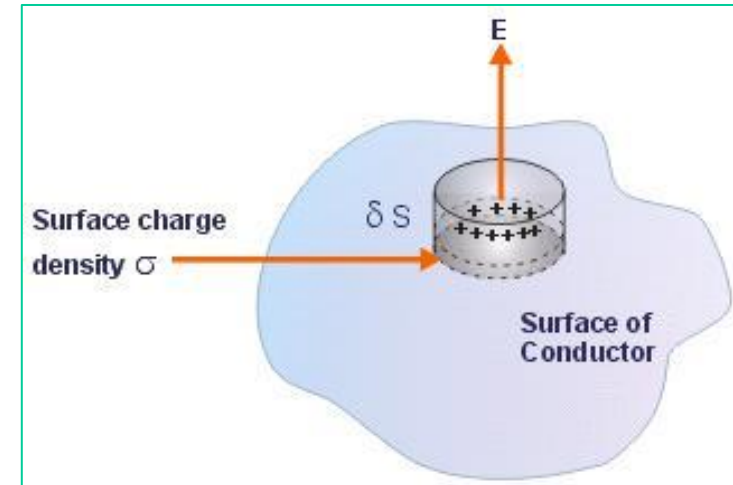
- En el **interior** de un conductor **no puede haber carga** neta:
 $Q_{vol} = 0, \rho = 0.$
- En un conductor, **la carga sólo puede estar en la superficie**:
 $\sigma \neq 0.$

Carga en la superficie de un conductor en ES

¿Cuánta carga hay en la superficie de un conductor ?

- Apliquemos la Ley de Gauss a un pequeño cilindro en la superficie:

- \mathbf{E} es *perpendicular a la superficie* del conductor \rightarrow sólo contribuyen las tapas al flujo
- En la tapa inferior (dentro del conductor) $\mathbf{E} = 0 \rightarrow$ sólo contribuye la tapa superior (con área δS):



$$\Phi = E \delta S$$

$$Q_{enc} = \sigma \delta S$$

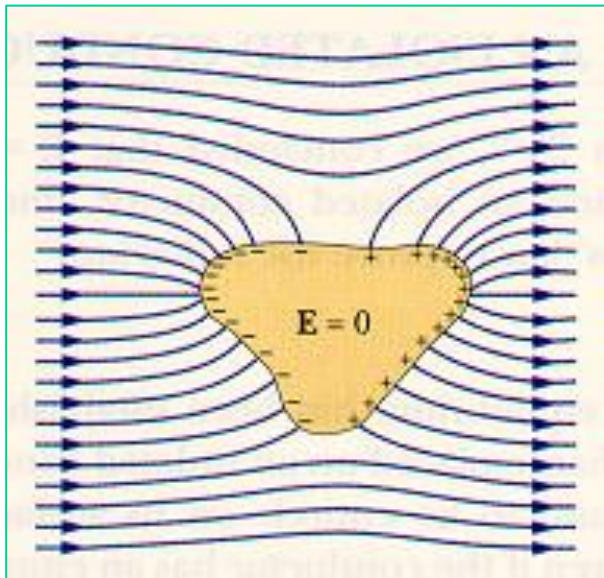
$$\Phi = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

\rightarrow En la superficie de un conductor:

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

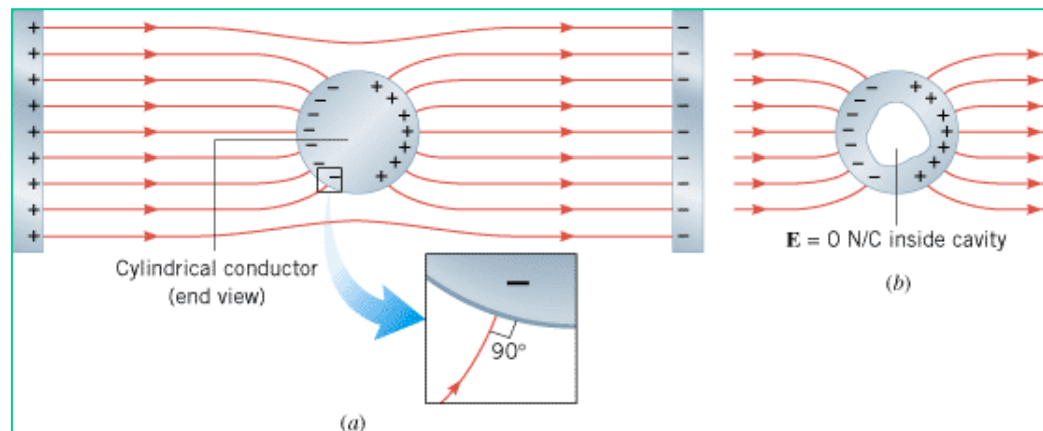
Conductores

- ¿*Por qué* sucede todo esto?
 - Si en el interior de un conductor $E = 0$, el conductor está “*apantallando*” perfectamente el campo electrostático E :



Apantallamiento: se *desplazan* *cargas* q libres dentro del conductor y se colocan en la *superficie* de forma que el *campo inducido* que crean E_{ind} *cancela* al campo externo E_{ext} :

$$E = E_{ext} + E_{ind} = 0$$



Aplicación: jaula de Faraday

En el interior de un conductor $E = 0$ y $V = \text{cte.}$

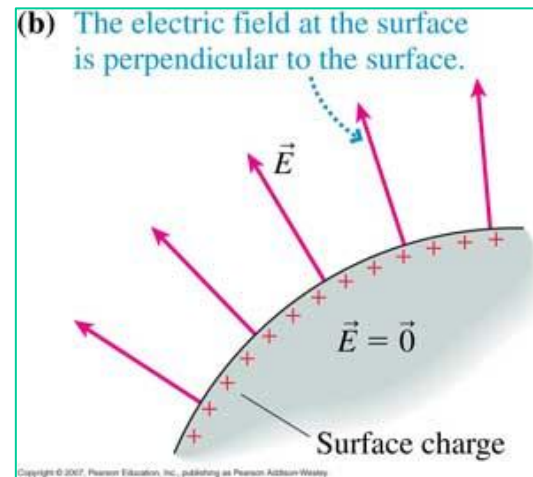
→ Se utiliza este efecto para proteger equipos, señales eléctricas o personas de campos externos (jaula de Faraday) mediante una caja o malla metálica (conectada a tierra).



Cable coaxial y conector BNC

Resumen: Conductores en campo ES (1)

- En el **interior** de un conductor en situación **estática**, $\mathbf{E} = 0$.
- En la **superficie** de un conductor en situación **estática**, sólo puede haber **campo \mathbf{E}** en la dirección **perpendicular a la superficie**.
 - La **superficie de un conductor** en electrostática es una **superficie equipotencial**.
 - Los **puntos conectados por un conductor** en electrostática **están al mismo potencial**.
- En el **interior** de un conductor **no puede haber carga neta**:
 $Q_{vol} = 0, \rho = 0$.
- En un conductor, **la carga sólo puede estar en la superficie**: $\sigma \neq 0$:
 - Campo \mathbf{E} en la superficie de un conductor: relación con la carga superficial σ :

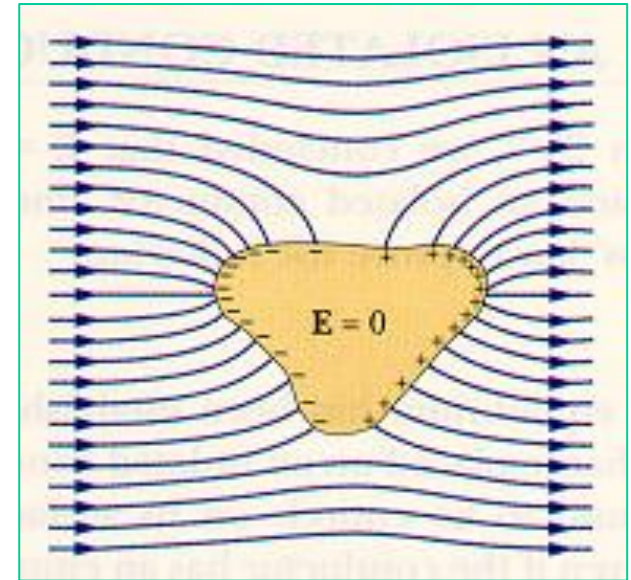


$$\mathbf{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \mathbf{u}_n$$

Resumen: Conductores en campo ES (2)

- **Apantallamiento**: en un conductor se desplazan las cargas q libres de manera que el **campo inducido** que crean E_{ind} **cancela** al campo externo E_{ext} :

$$E_{vol} = E_{ext} + E_{ind} = 0$$



- Aplicaciones: jaula de Faraday, apantallamiento de señales:



Cable coaxial y conector BNC