

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

Concepto de Capacidad

J.E. Prieto

Fuente principal de figuras:

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

P.A. Tipler, G. Mosca

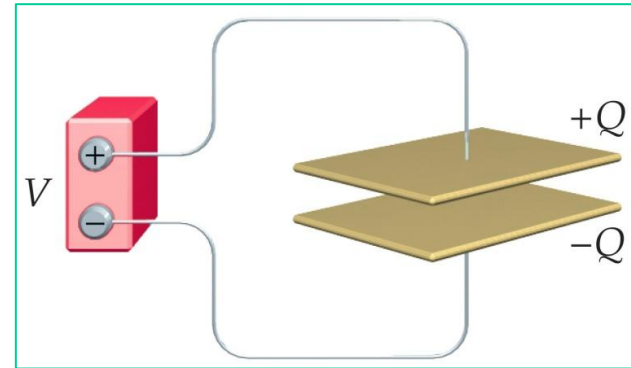
Cargas eléctricas y potencial

- Hemos visto diversas distribuciones de *cargas eléctricas* que crean *campos eléctricos* y *potenciales eléctricos*:

$$Q \rightarrow E \rightarrow V$$

- Ejemplos:

- Condensador plano-paralelo:



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A \epsilon_0}$$

→

$$V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{d Q}{A \epsilon_0}$$

Vemos que V es **proporcional** a Q

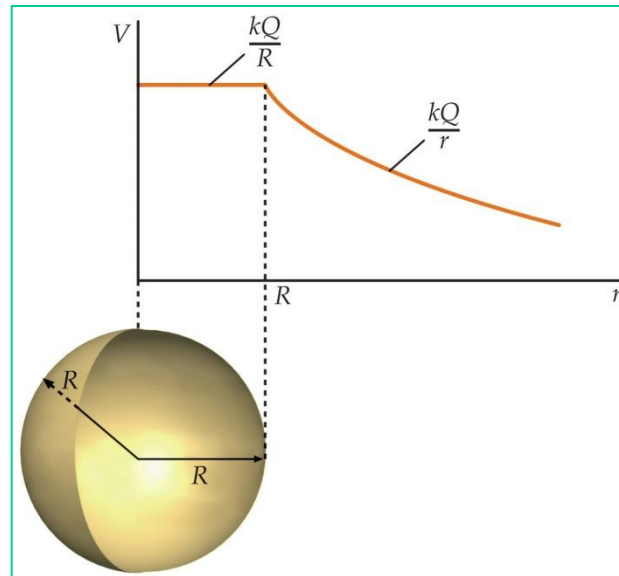
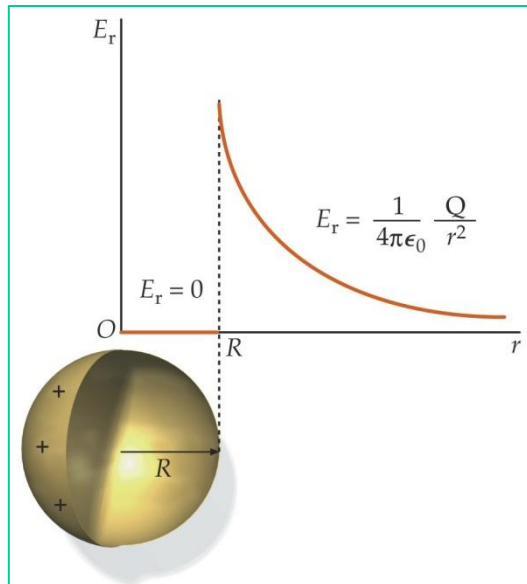
Cargas eléctricas y potencial

- Ejemplos:

- Esfera (hueca) cargada: hemos calculado (Ley de Gauss):

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad r > R$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad r > R$$



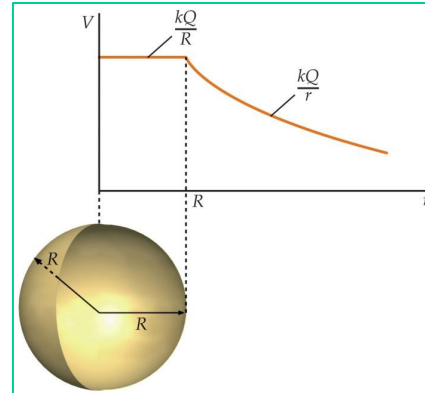
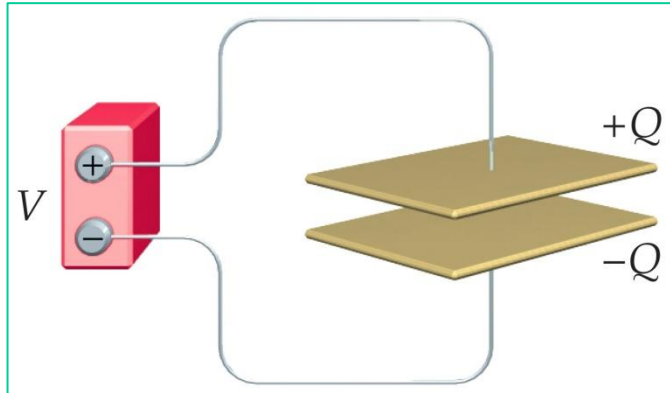
Potencial V de la esfera (con referencia $V=0$ en $r \rightarrow \infty$):

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

También aquí V es **proporcional** a Q

Concepto de *capacidad*

- En todos los casos, V es **proporcional** a Q .
- Visto de otra forma **más práctica** (que es la misma): puesto que experimentalmente es más fácil medir y controlar V (mediante una fuente de alimentación), la carga Q que se almacena es **proporcional** al potencial V que se aplica.

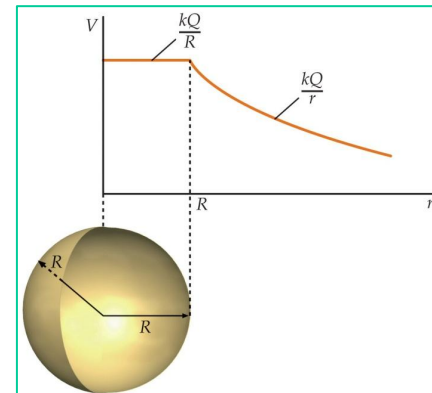
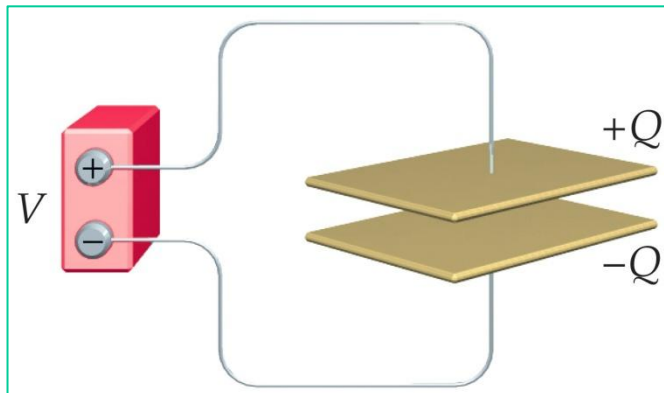


- Un **condensador** es cualquier dispositivo capaz de **almacenar** una cierta cantidad de **carga** eléctrica Q cuando se le aplica entre sus terminales una **diferencia de potencial** V .

Concepto de *capacidad*

- Puesto que en un condensador, la carga Q que se almacena es *proporcional* al potencial V que se aplica, es natural definir la **capacidad** de un condensador como el cociente entre la carga almacenada Q y el potencial aplicado V :

$$C \equiv \frac{Q}{V}$$



Unidad de capacidad

$$C \equiv \frac{Q}{V}$$

$$[C] = \frac{[Q]}{[V]}$$

$$1 \text{ C} / 1 \text{ V} = 1 \text{ F (Faradio)}$$

- La unidad del SI para la capacidad es el Faradio (F). Puesto que 1 F es un valor muy grande para condensadores usuales, se usan frecuentemente sus submúltiplos:

- Microfaradio: $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$
- Nanofaradio: $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$
- Picofaradio: $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$

Capacidad: ejemplos elementales

- Condensador plano-paralelo:

$$V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{d Q}{A \epsilon_0}$$

$$C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

- Esfera cargada:

$$V = \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0 R}$$

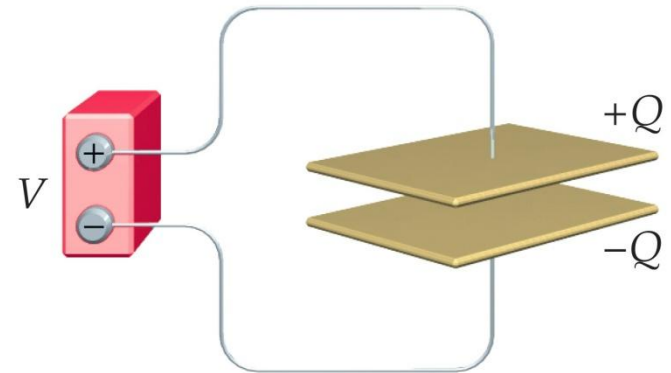
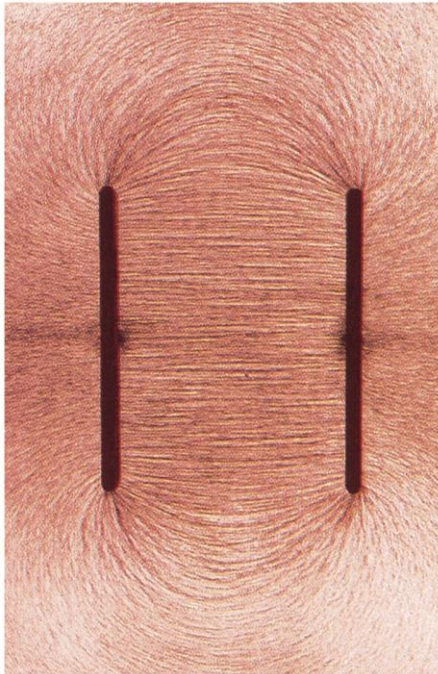
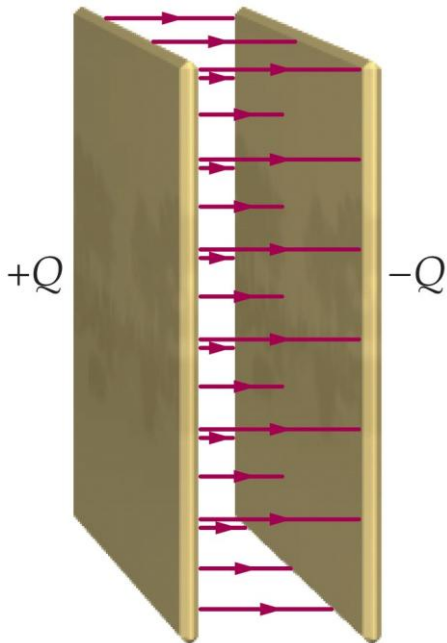
$$C \equiv \frac{Q}{V} = 4 \pi \epsilon_0 R$$

Capacidad: ejemplos de condensadores

- Hemos visto el condensador de *placas plano-paralelas*:

$$V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{d Q}{A \epsilon_0}$$

$$C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

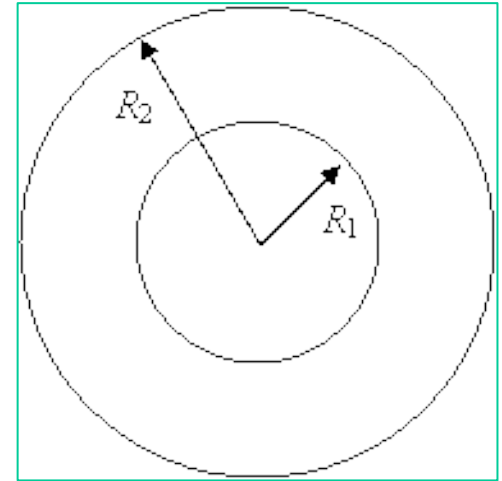


Capacidad: ejemplos de condensadores

- Condensador *esférico*: Entre las esferas:

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + cte.$$

$$\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



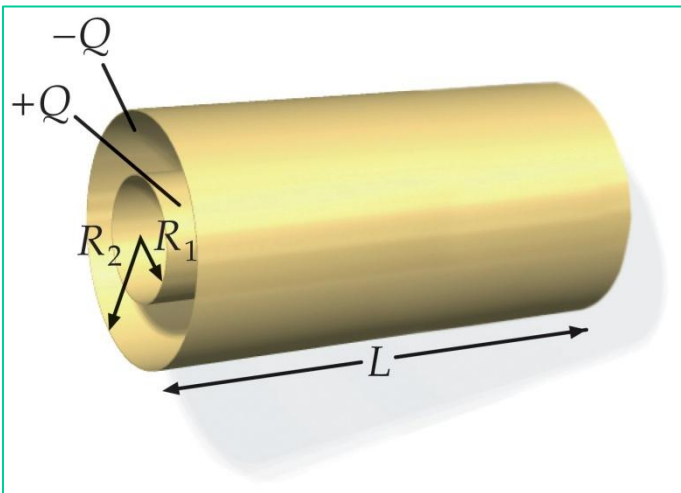
$$C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Capacidad: ejemplos de condensadores

- Condensador *cilíndrico*: Entre los cilindros:

$$V(r) = -\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln(r) + cte.$$

$$\rightarrow \Delta V = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$



$$\rightarrow C \equiv \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

Resumen: Concepto de capacidad

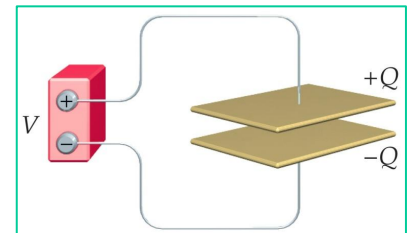
- En un condensador, la carga Q que se almacena es **proporcional** al potencial V aplicado. Se define la **capacidad** de un condensador como:

$$C \equiv \frac{Q}{V}$$

Ejemplos más simples:

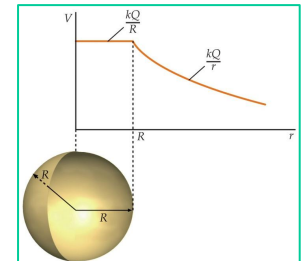
- Condensador plano-paralelo:
(¡**IMPORTANTE!**)

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



- Esfera cargada:

$$C = 4\pi \epsilon_0 R$$

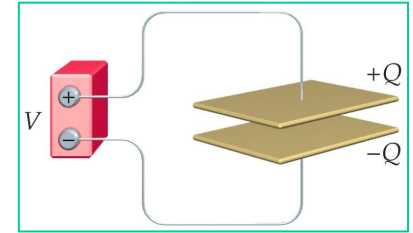


Resumen: Ejemplos realistas

Ejemplos más realistas:

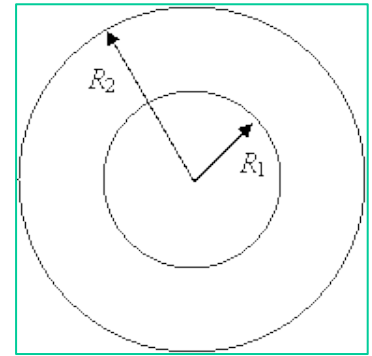
- Condensador plano-paralelo:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



- Condensador esférico:

$$C = 4\pi \epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$



- Condensador cilíndrico:

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 L}{\ln \left(R_2 / R_1 \right)}$$

