CONDUCTORES Y DIELÉCTRICOS

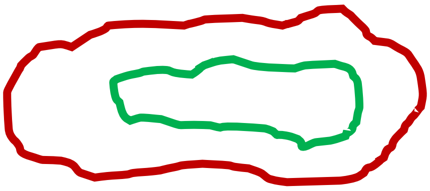
Es fundamental saber la manera en la que se distribuye la carga eléctrica dentro de los cuerpos. Como vamos a ver hay una diferencia clarísima según **sea** el material **conductor** de la corriente, como los metales, o **no lo sea**, como un cristal o un trozo de cerámica, a los que llamaremos materiales **dieléctricos.**

Un material conductor es aquel que permite el movimiento libre de las cargas si estas están bajo la influencia de un campo eléctrico. Como ejemplo típico de material conductor tenemos los metales, el cobre entre ellos es el que utilizamos preferentemente en la distribución de la corriente eléctrica como sabemos. Esto se debe a que en los metales los electrones más externos de sus átomos están más o menos "libres" de la influencia del núcleo atómico y forman una "nube" que "baña" a todo el metal en su interior y permite, como se ha dicho, el movimiento de las cargas en su interior. Esta explicación es muy burda pero suficiente para lo que se pretende.

Por el contrario, en un material dieléctrico los electrones exteriores están mucho más fuertemente unidos al núcleo atómico y no permiten el movimiento libre de las cargas eléctricas salvo en presencia de campos eléctricos de muy alta intensidad.

Hecha esta distinción, veamos como en un **conductor en equilibrio, en ausencia de campos eléctricos exteriores,** la carga que posea ha de distribuirse **en la superficie exterior.** Utilizamos para la demostración el teorema de Gauss.

Estar en equilibrio es lo mismo que decir que la carga que le hayamos dado está **quieta** a gran escala, que no hay movimientos desde una parte a otra del conductor, como se observa experimentalmente (además de que si la carga introducida estuviera moviéndose constantemente de una parte a otra del conductor el Principio de conservación de la Energía no estaría muy claro). De este hecho deducimos que **el campo eléctrico en el interior del conductor es nulo** porque si no lo fuera habría movimiento de cargas, en contra de lo observado. Dicho esto, veamos como utilizando el teorema de Gauss se demuestra que la carga introducida en el conductor ha de situarse en su superficie. Sea el conductor genérico de la figura, rojo, y una superficie gaussiana ***G*** (una "bolsa" cerrada) en su interior, en verde, como se muestra



En todos los puntos de la superficie gaussiana el campo eléctrico ha de ser cero. Por lo tanto, el flujo también vale cero:

$$\emptyset_{\boldsymbol{eléctrico}} = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = |E = 0| = \mathbf{0}$$

Aplicando el teorema de Gauss

$$\emptyset_{\boldsymbol{eléctrico}} = \frac{\boldsymbol{q_{interior}}}{\boldsymbol{\varepsilon}}$$

Igualando ambos flujos:

$$0 = \frac{q_{interior}}{\varepsilon} \rightarrow \boldsymbol{q_{interior}} = \mathbf{0}$$

Por lo tanto, si la carga interior a **cualquier superficie cerrada ha de ser cero, la carga introducida sólo puede estar en la SUPERFICIE.**

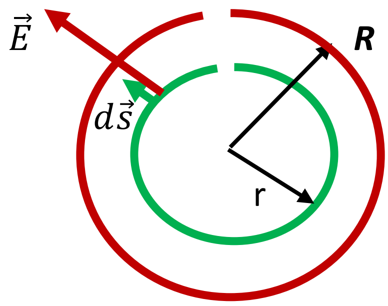
Por el contrario, en un dieléctrico **admitimos que ocupa todo su interior.**

Ahora ya estamos preparados para entender más ejemplos sobre el cálculo de campos eléctricos. Vamos a hacer dos, el de una bola cargada dieléctrica y el de una bola conductora también cargada.

Ejemplo 1. BOLA DIELÉCTRICA

Tengamos una esfera de radios R cargada homogéneamente en su interior con una densidad de carga $\rho \frac{C}{m^3}$ (positiva) y queremos saber el valor del campo eléctrico en todos los puntos del espacio, en su interior, en su superficie y en su exterior. Empezamos estudiando puntos de su interior

$$\boldsymbol{r < R}$$



Vamos a aplicar el teorema de Gauss a la esfera pequeña de radio r, en verde (superficie Gaussiana). En todos sus puntos el campo eléctrico, aunque de valor por ahora desconocido, ha de ser perpendicular a la superficie de la esfera, hacia afuera por ser la carga positiva, y de igual módulo. Como ya sabemos, calculamos primero el flujo en esa superficie aplicando la definición de flujo:

$$\emptyset = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= \int E \cdot ds \cdot cos0 = |E = cte| = E \cdot \int ds = E \cdot S = E \cdot 4\pi r^2$$

Dado que la superficie de una esfera de radio ***r*** viene dada por $S = 4\pi r^2$

Tenemos entonces $\boldsymbol{\Phi_{definición} = E \cdot 4\pi r^2}$

El segundo paso es calcular el flujo aplicando el teorema de Gauss

$$\emptyset = \frac{q_{interior}}{\varepsilon} = \frac{\boldsymbol{Vol.\cdot densidad}}{\varepsilon} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho}{\varepsilon}$$

Donde la carga interior se refiere a la que hay dentro de la superficie gaussiana a la que estamos aplicando el teorema, la verde.

El tercer paso consiste en igualar ambos flujos, lo que nos permite calcular el valor del módulo del campo eléctrico:

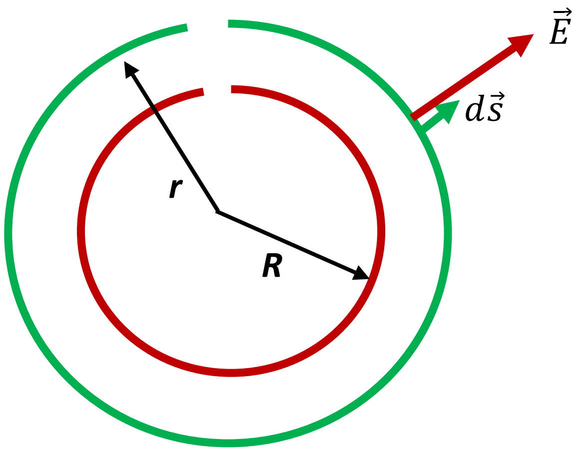
$$\frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho}{\varepsilon} = E \cdot 4\pi r^2$$

De donde

$$\boldsymbol{E = \frac{\rho}{3\varepsilon} \cdot r}$$

Ahora vamos a calcular el campo en puntos del exterior:

$$\boldsymbol{r > R}$$



En la esfera exterior de radio r, igual que en el caso anterior, el campo es perpendicular a la superficie, hacia afuera de ella por ser la carga positiva, y de igual módulo en todos sus puntos. Esto nos permite calcular el flujo aplicando la definición, igual que antes:

$$\emptyset = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= \int E \cdot ds \cdot cos0 = |E = cte| = E \cdot \int ds = E \cdot S = E \cdot 4\pi r^2$$

Tenemos entonces $\emptyset = \boldsymbol{E \cdot 4\pi r^2}$

A continuación, como siempre, calculamos el flujo aplicando el teorema:

$$\emptyset = \boldsymbol{\frac{q_{interior}}{\varepsilon} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{\varepsilon}}$$

Donde, como antes, la carga interior se refiere a la que hay dentro de la superficie a la que estamos aplicando el teorema, la verde.

Dado que la carga interior es la de la bola entera pues estamos en su exterior ***y dicha carga no depende de r***. Igualando ambos flujos, nos queda:

$$\frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{\varepsilon} = E \cdot 4\pi r^2$$

De donde

$$\boldsymbol{E = \frac{R^3 \cdot \rho}{3\varepsilon r^2}}$$

Pero también, sin necesidad de utilizar la densidad de carga, tenemos:

$$\emptyset = \frac{q_{interior}}{\varepsilon} = \frac{Q_{bola}}{\varepsilon}$$

Que igualando al flujo calculado por la definición nos queda:

$$\frac{Q}{\varepsilon} = E \cdot 4\pi r^2$$

De donde

$$\boldsymbol{E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}}$$

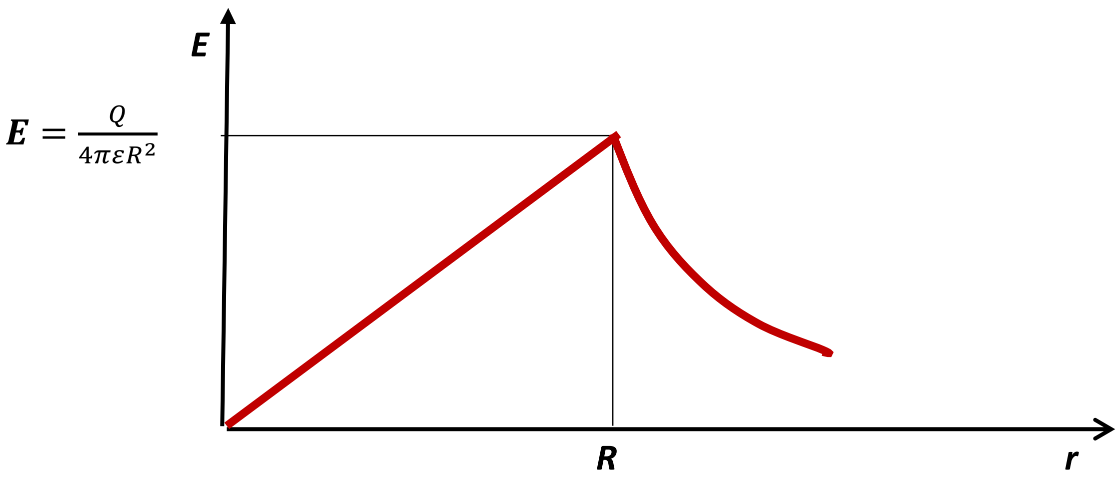
Expresión equivalente a la anterior pero que nos demuestra que la bola dieléctrica **se comporta en su exterior como una carga puntual situada en su centro,** algo que nos simplificará cálculos posteriores (por ejemplo, a la hora de hallar potenciales).

Resumiendo

$$\boldsymbol{E_{interior} = \frac{\rho}{3\varepsilon} r}$$

$$\boldsymbol{E_{exterior} = \frac{R^3 \rho}{3\varepsilon r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}}$$

La gráfica del módulo del campo en función de la distancia r al centro de la bola son, según las expresiones anteriores es por lo tanto la siguiente:

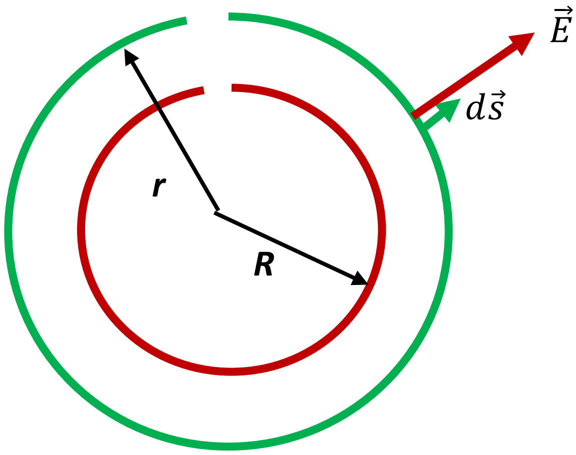


De valor máximo en su superficie.

Ejemplo 2. BOLA CONDUCTORA

Tengamos ahora una esfera de radio R y conductora cargada con una carga Q. Como ya sabemos, el campo en su interior es nulo. Calculamos por lo tanto el valor del módulo del campo en su exterior, a distancias de su centro mayores que R

$$\boldsymbol{r > R}$$



La esfera conductora es la interior, en rojo, de radio R. El campo eléctrico en los puntos de la superficie de la esfera exterior, verde, de radio ***r*** tiene el mismo módulo en todos ellos, aunque de valor todavía desconocido, perpendicular a la superficie de la esfera y hacia afuera por ser la carga positiva. Por estas razones, y como siempre, podemos calcular el flujo eléctrico que atraviesa la esfera de radio ***r*** aplicando la definición:

$$\emptyset = \int \vec{E} \cdot d\,\vec{s} = \int E \cdot ds \cdot cos0 = E \int ds = E \cdot S = E \cdot 4\pi r^2$$

$$\boldsymbol{\emptyset_{definición} = E \cdot 4\pi r^2}$$

Ahora calculamos el flujo aplicando el teorema. La carga interior a la esfera de radio r es la carga total de la bola y es independiente de r. Por lo tanto:

$$\boldsymbol{\emptyset_{gauss} = \frac{Q}{\varepsilon}}$$

Igualando ambos y despejando el valor de ***E*** nos queda:

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$$

Expresión que nos indica que **la esfera se comporta por fuera como si toda su carga estuviera en el centro**.

La gráfica del módulo del campo frente a la distancia al centro de la esfera es: