

Fundamentos Físicos y Tecnológicos

Tema 1. Electromagnetismo. Parte I. Campo Eléctrico

José Luis Padilla

Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores
Universidad de Granada

jluispt@ugr.es

Curso 2018-2019

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Magnitudes escalares y vectoriales

- Denominamos **magnitudes escalares** a aquellas que quedan completamente identificadas dando su valor, que siempre es un número real acompañado de una unidad. Ejemplos: masa, temperatura, densidad, tiempo, intensidad, voltaje, ...
- Denominamos **magnitudes vectoriales** a aquellas que quedan completamente identificadas dando su módulo, dirección y sentido. Por ejemplo velocidad, aceleración, fuerza, el campo eléctrico, el campo magnético.... El módulo de una magnitud vectorial siempre es un número real positivo.
- Las magnitudes vectoriales se representan a través de **vectores**.

Operaciones con vectores

- **Suma y resta:** se hace componente a componente.

Ejemplo: Si $\vec{a} = 3\hat{i} + 2\hat{j}$ y $\vec{b} = 7\hat{i} + \hat{k}$, entonces $\vec{a} + \vec{b} = 10\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$.

- **Producto escalar:** se representa por un punto, es una magnitud escalar y se puede calcular de dos formas diferentes que son equivalentes. $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos(\widehat{\vec{a}\vec{b}})$

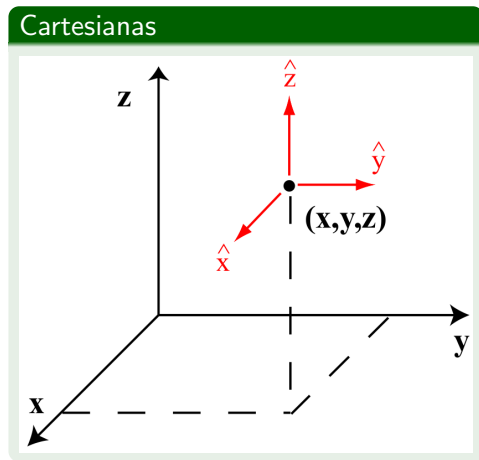
Ejemplo: $\vec{a} \cdot \vec{b} = 3 \cdot 7 + 2 \cdot 0 + 0 \cdot 1 = 21$

- **Producto vectorial:** se representa por \wedge o por \times , es un vector así que hay que calcular su módulo, dirección y sentido. El módulo es $|\vec{a} \wedge \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin(\widehat{\vec{a}\vec{b}})$, para calcular su dirección y sentido hay que resolver un determinante.

Ejemplo:

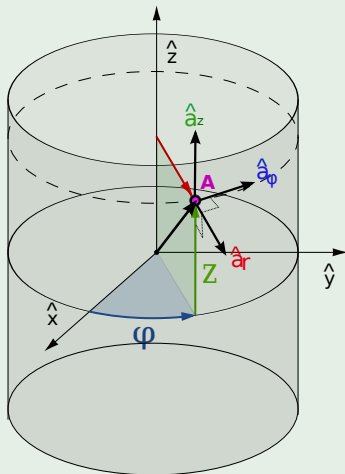
$$\vec{a} \wedge \vec{b} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 2 & 0 \\ 7 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (2 \cdot 1)\hat{i} + (0 \cdot 7)\hat{j} + (3 \cdot 0)\hat{k} - (0 \cdot 0)\hat{i} - (3 \cdot 1)\hat{j} - (7 \cdot 2)\hat{k}$$

Sistemas de coordenadas



Sistemas de coordenadas

Cilíndricas



Cilíndricas a Cartesianas

$$x = r \cos \varphi$$

$$y = r \sin \varphi$$

$$z = z$$

Cartesianas a Cilíndricas

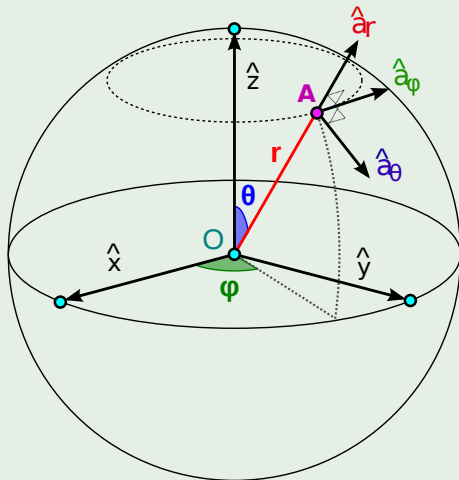
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \arctan(y/x)$$

$$z = z$$

Sistemas de coordenadas

Esféricas



Esféricas a Cartesianas

$$x = r \sin \theta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \theta$$

Cartesianas a Esféricas

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{\sqrt{y^2 + x^2}}{z} \right)$$

$$\varphi = \arctan (y/x)$$

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Teoría de Campos

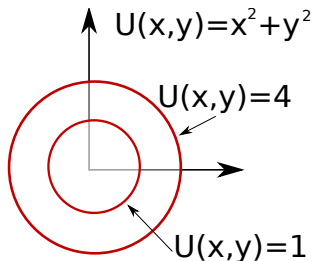
En la naturaleza, existen muchos cuerpos que interactúan entre sí sin estar en contacto. Por ejemplo la interacción que existe entre un imán y un clavo situado a cierta distancia. Estas interacciones se explican mediante el concepto de **campo**.

Vamos a estudiar dos tipos de campos:

- Campos escalares
- Campos vectoriales

Campos escalares

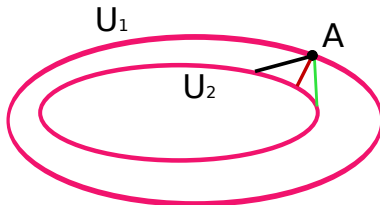
- Se dice que existe un **campo escalar** cuando una magnitud escalar tiene un valor determinado en cada punto del espacio. La magnitud escalar será entonces una función de la posición. Si llamamos a esa magnitud U , entonces $U = f(x, y, z)$.
- Superficies o líneas de nivel o equiescalares:** unen puntos con igual valor de U (superficies equipotenciales, isothermas, isobaras, etc..)



Campos escalares

- Variaciones entre superficies equiescalares: gradiente.

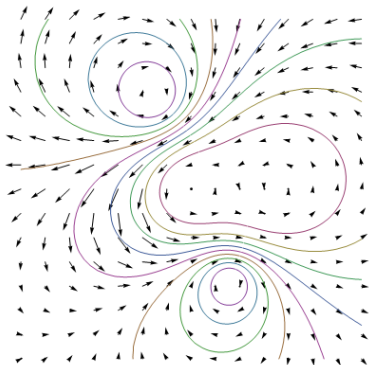
$$\vec{\nabla}U = \frac{\partial U}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial U}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial U}{\partial z}\hat{k} \quad (1)$$



- **Ejemplo:** Si $U(x, y) = x^2 + y^2$, $\frac{\partial U}{\partial x} = 2x + 0$, $\frac{\partial U}{\partial y} = 0 + 2y$, $\frac{\partial U}{\partial z} = 0 + 0$, por tanto, $\vec{\nabla}U = 2x\hat{i} + 2y\hat{j}$.

Campos vectoriales

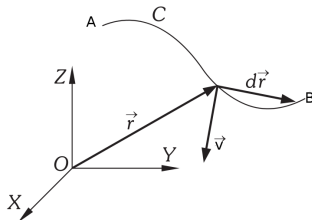
- Se dice que existe un **campo vectorial** cuando en cada punto del espacio está definido un vector. Si llamamos a esa magnitud \vec{v} , entonces $\vec{v} = f(x, y, z)$.



Campos vectoriales

- **Línea de campo** en un punto es la tangente al vector campo en dicho punto.
- Campo uniforme.
- Campo central.
- Propiedades de las líneas de campo:
 - 1 Su sentido de recorrido coincide con el del vector campo.
 - 2 Dos líneas de campo no pueden cortarse nunca.
 - 3 Las líneas de campo pueden ser cerradas o abiertas.
 - 4 Si el campo es uniforme, las líneas de campo son rectas paralelas.

Circulación de un vector. Campos Conservativos



- **Circulación** de un vector \vec{v} a través de la curva C que une A y B .

$$\text{Circulación} = \int_A^B \vec{v} \cdot d\vec{r} \quad (2)$$

- La circulación de un vector es una magnitud escalar.
- **Campo conservativo:**

$$\text{Circulación} = \oint \vec{v} \cdot d\vec{r} = 0 \quad (3)$$

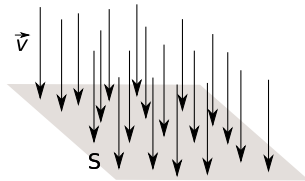
Campos conservativos. Potencial

- **Potencial:** A cada punto de un *campo vectorial conservativo* se le puede asignar un escalar llamado potencial (V), de manera que la circulación entre dos puntos del campo nos da la diferencia de potencial entre dichos puntos:

$$\text{Circulación} = \int_A^B \vec{v} \cdot d\vec{r} = V_A - V_B = -(V_B - V_A) = -\Delta V \quad (4)$$

- Superficies equipotenciales. Propiedades.

Flujo a través de una superficie

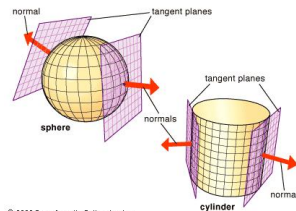
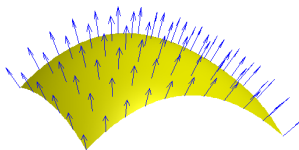
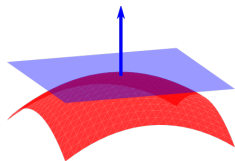


- El **Flujo** (ϕ) de líneas de campo (\vec{v}) a través de una superficie (S) es el número de líneas de campo que la atraviesan.
- Cálculo del **Flujo** (ϕ) del vector \vec{v} a través de la superficie S:

$$\text{Flujo} = \phi = \int_S \vec{v} \cdot d\vec{S} (\text{Weber}) \quad (5)$$

Flujo a través de una superficie

- Vector de superficie de una superficie. Ejemplos: esfera, cubo, cilindro.



© 2002 Encyclopedia Britannica, Inc.

- Producto escalar: $\phi = \int_S \vec{v} \cdot d\vec{S} = \int_S |\vec{v}| |d\vec{S}| \cos(\widehat{\vec{v}d\vec{S}}).$
- Si \vec{v} es el mismo para cualquier punto de la superficie y \vec{v} y \vec{S} son paralelos: $\phi = |\vec{v}| |\vec{S}|.$

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico**
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Propiedades

Se dice que existe un **campo eléctrico** en un región del espacio si una carga eléctrica colocada en un punto de esa región experimenta una fuerza eléctrica.

$$|\vec{F}| \propto q \quad (6)$$

Características del campo eléctrico:

- Está creado por cargas.
- Es un campo vectorial: cada punto del campo posee un valor de \vec{E} (Intensidad de campo).
- Es central, eso es, está dirigido hacia el punto donde se encuentra la carga que lo crea.
- Es conservativo.
- La fuerza que lo define es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (Ley de Coulomb).

Ley de Coulomb: cargas puntuales

Ley de Coulomb (1785)

La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las dos cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$\vec{F} = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \hat{e}_r (N) \quad (7)$$

- Limitaciones de la Ley de Coulomb: sólo es aplicable a cargas puntuales.
- Unidad de carga eléctrica en el S.I.: *El culombio* (C).
- Carga del electrón: $q=e=1,6 \times 10^{-19} \text{C}$. ¿Cuántos e^- necesito para tener 1C de carga?
- $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.
- Ejemplo de aplicación.

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico**
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Intensidad de campo Eléctrico: cargas puntuales

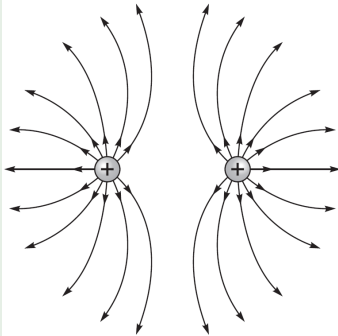
- La **intensidad de campo** es la fuerza referida a la unidad característica de dicho campo colocada en ese punto.
- En el **campo eléctrico**, la intensidad de campo en un punto es la fuerza que ejerce el campo sobre una unidad de carga positiva colocada en dicho punto.
- Se representa por \vec{E} .
- Intensidad de campo eléctrico creado por una carga Q en un punto que está a una distancia r :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = K \frac{Qq}{qr^2} \hat{e}_r = K \frac{Q}{r^2} \hat{e}_r (N/C) \quad (8)$$

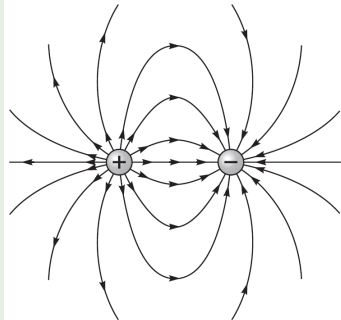
Líneas de Campo

- Cargas positivas: Fuentes
- Cargas negativas: Sumideros

Ejemplo 1



Ejemplo 2

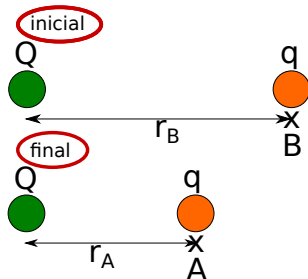


- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica**
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

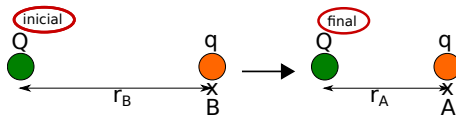
Energía potencial eléctrica

Supongamos que tenemos dos cargas, Q y q , y que queremos desplazar q con respecto Q (llevamos q de B hasta A). Eso requerirá un esfuerzo, la realización de un trabajo:

$$W_{B \rightarrow A} = \int_B^A \vec{F} \cdot d\vec{r} (\text{Julios}) \quad (9)$$



Energía potencial eléctrica



Variación de la energía potencial entre dos puntos B y A: es el trabajo realizado por la fuerza central al trasladar su punto de aplicación desde B hasta A. $\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB} = W_{A \rightarrow B} = -W_{B \rightarrow A}$

Para **cargas puntuales**:

$$\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB} = KQq \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \text{ (Julios)} \quad (10)$$

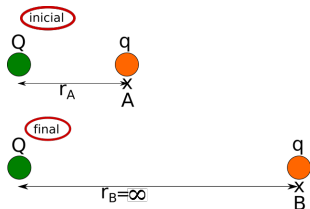
Signos:

- Positivo o negativo según sea a favor o en contra del campo

Energía potencial eléctrica

Sólo tiene sentido hablar de diferencias de energía potencial. Si se quiere hablar en términos absolutos es necesario marcar una referencia. En nuestro caso la referencia será una distancia muy lejana donde la interacción y por tanto el potencial se suponen nulos.

La **energía potencial eléctrica** en un punto A es el trabajo que realizaría la fuerza eléctrica para trasladar la carga sobre la que actúa, desde dicho punto punto (r_A) hasta el infinito (r_B), donde se supone que la fuerza es nula.



Para **cargas puntuales**:

$$E_p = K \frac{Qq}{r_A} (\text{Julios}) \quad (11)$$

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico**
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Definición de potencial Eléctrico

El **potencial eléctrico** en un punto A es el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para trasladar la unidad de carga positiva desde dicho punto (r_A) hasta el infinito (r_B), donde suponemos que el campo es nulo.

- Para **cargas puntuales**:

$$V_A = K \frac{Q}{r_A} \left(\text{Voltio} = \frac{\text{Julios}}{\text{Culombio}} \right) \quad (12)$$

Diferencia de potencial Eléctrico

La **diferencia de potencial** entre dos puntos del campo eléctrico es el trabajo realizado para trasladar la unidad de carga positiva desde un punto al otro.

- Para **cargas puntuales**:

$$V_B - V_A = KQ \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) (V) \quad (13)$$

Potencial e intensidad de campo

- Cálculo del potencial a partir del campo

$$V_B - V_A = \frac{-W_{AB}}{q} = -\frac{1}{q} \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = -\frac{1}{q} \int_A^B q\vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (14)$$

Si consideramos $r_B \rightarrow \infty$ y situamos la referencia de potencial en el infinito, entonces

$$-V_A = - \int_A^\infty \vec{E} \cdot d\vec{r} \rightarrow V_A = - \int_\infty^A \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (15)$$

- Cálculo del campo a partir del potencial

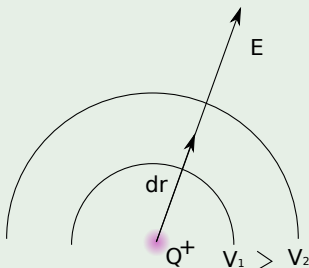
$$-\vec{E} = \nabla V = \frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k} \quad (16)$$

Potencial e intensidad de campo

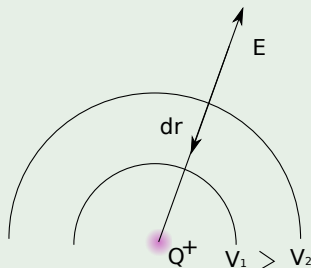
El sentido del campo es el de los potenciales decrecientes.

$$\vec{E} = -\nabla V$$

Trabajo a favor del campo

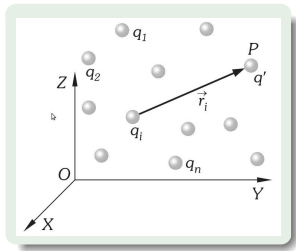


Trabajo contra el campo



- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición**
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

¿Qué ocurre cuando tengo más de una carga?



Cuando queremos calcular el campo o el potencial eléctricos creados por una serie de cargas puntuales usamos el **principio de superposición**.

Para el campo eléctrico ha de hacerse una suma de **vectores**:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n = K \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \vec{e}_{r_i} \quad (17)$$

Para el potencial la suma es de **escalares**:

$$V_T = V_1 + V_2 + \cdots + V_n = K \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i} \quad (18)$$

Distribuciones continuas de carga

- Distribución volumétrica

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{dQ}{dV} \left(\frac{C}{m^3} \right) \Rightarrow Q = \int_V \rho dV \quad (19)$$

- Distribución superficial

$$\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta S} = \frac{dQ}{dS} \left(\frac{C}{m^2} \right) \Rightarrow Q = \int_S \sigma dS \quad (20)$$

- Distribución lineal

$$\lambda = \lim_{\Delta L \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta L} = \frac{dQ}{dL} \left(\frac{C}{m} \right) \Rightarrow Q = \int_L \lambda dL \quad (21)$$

Principio de Superposición Generalizado

Si tenemos un sistema de cargas puntuales, una distribución volumétrica de carga definida por una $\rho(r)$, una distribución superficial definida por $\sigma(r)$ y una distribución lineal de cargas definida por $\lambda(r)$, el campo total es:

$$\vec{E}_T = K \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \vec{e}_{r_i} + K \int_V \frac{\rho(r) dV}{r^2} \vec{e}_r + K \int_S \frac{\sigma(r) dS}{r^2} \vec{e}_r + K \int_L \frac{\lambda(r) dL}{r^2} \vec{e}_r \quad (22)$$

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss**
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

¿Hay otra alternativa para calcular el campo?

Teorema de Gauss

El flujo total de un campo eléctrico (\vec{E}) a través de una superficie cerrada (S) es igual al cociente entre la suma algebraica de las cargas contenidas en el volumen limitado por ella y la permitividad del vacío (ϵ_0).

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum Q}{\epsilon_0} \quad (23)$$

Ejemplos de aplicación

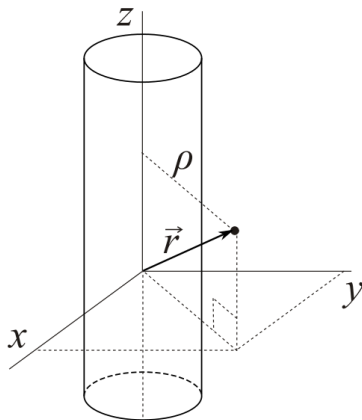
- Campo y potencial creados por una carga puntual.
- Campo y potencial creados por un plano uniformemente cargado.
- Campo y potencial creados por un hilo infinito uniformemente cargado.
- Campo y potencial creados por una esfera uniformemente cargada en su interior y en el exterior.

Aplicación del Teorema de Gauss: pasos

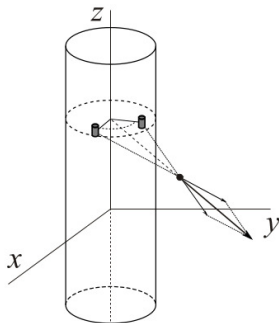
Para aplicar el Teorema de Gauss a un problema seguiremos los siguientes pasos:

- ➊ Estimamos la dirección y sentido del vector intensidad de campo eléctrico.
- ➋ Elegimos una superficie de integración que pase por el punto donde queremos calcular el campo y que simplifique $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$.
- ➌ Calculamos el flujo según su definición $\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$.
- ➍ Para la superficie de integración elegida calculamos $\frac{\sum Q}{\epsilon_0}$.
- ➎ Calculamos el valor del campo eléctrico aplicando el Teorema de Gauss.

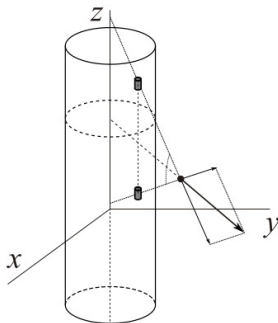
Aplicación del Teorema de Gauss: geometría cilíndrica



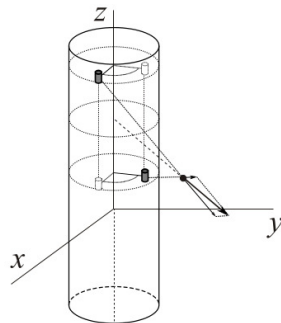
Aplicación del Teorema de Gauss: geometría cilíndrica



(a) Dos trozos en el mismo plano que el punto y perpendicular al eje del cilindro

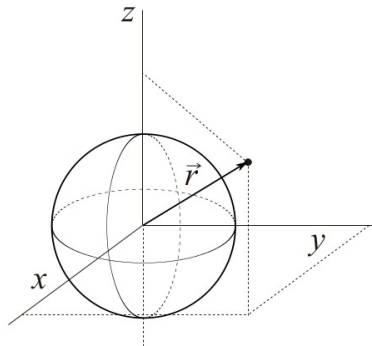


(b) Dos trozos en el mismo plano que el punto y el eje

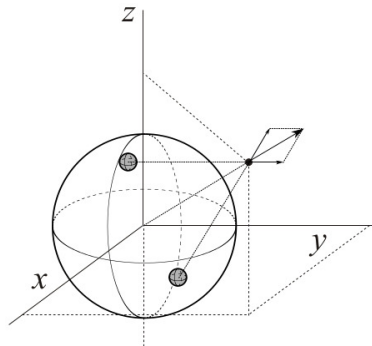


(c) Dos trozos simétricos cualesquiera

Aplicación del Teorema de Gauss: geometría esférica

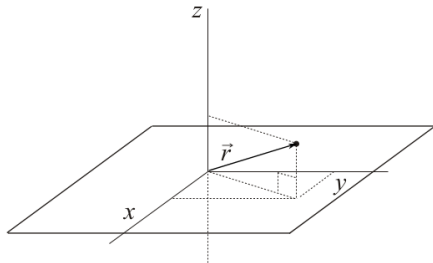


(a) *Esquema general de una sistema con simetría esférica*

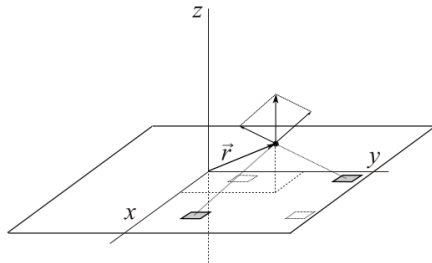


(b) *Esquema de la dirección de la contribución de dos trozos simétricos respecto al punto*

Aplicación del Teorema de Gauss: geometría planar



(a) Esquema general de un sistema con simetría plana



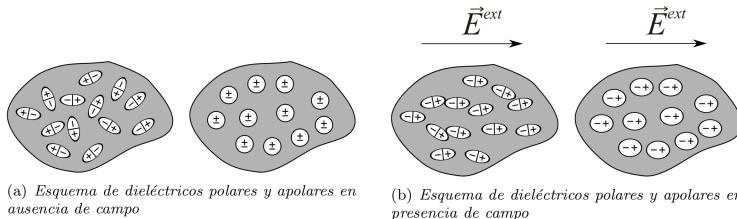
(b) Esquema de la dirección de la contribución de dos trozos simétricos respecto al punto

- 1 Magnitudes escalares y vectoriales
- 2 Teoría de Campos
- 3 Concepto de campo eléctrico
- 4 Intensidad de campo eléctrico
- 5 Energía potencial eléctrica
- 6 Potencial eléctrico
- 7 Principio de superposición
- 8 Teorema de Gauss
- 9 Campo Eléctrico en la materia. Capacidad

Materiales conductores y dieléctricos

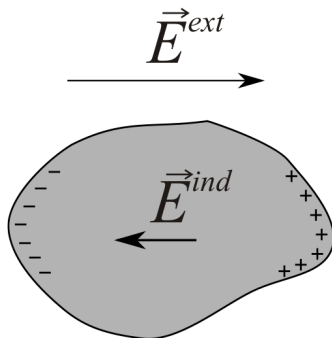
- Dieléctricos
- Conductores
- Semiconductores

¿Cómo se comporta un dieléctrico en un campo eléctrico?



Materiales conductores y dieléctricos

¿Cómo se comporta un dieléctrico en un campo eléctrico?



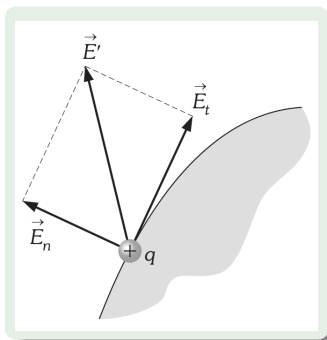
$$\vec{E}^{tot} = \vec{E}^{ext} + \vec{E}^{ind} \quad (24)$$

$$\vec{E}^{tot} = \vec{E}^{ext} - \left(1 - \frac{\epsilon_0}{\epsilon}\right) \vec{E}^{ext} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon} \vec{E}^{ext} \quad (25)$$

Materiales conductores y dieléctricos

- Dieléctricos
- Conductores
- Semiconductores

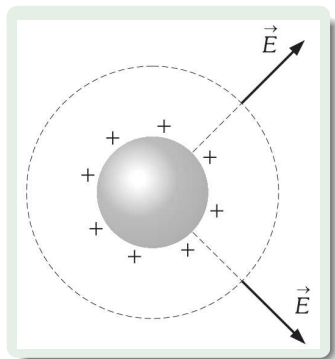
¿Cómo se comporta un conductor cargado en equilibrio?



- La carga se distribuye en la superficie
- \vec{E} es perpendicular a la superficie
- \vec{E} es cero en el interior
- El potencial es constante

Ejemplo: esfera conductora cargada en equilibrio

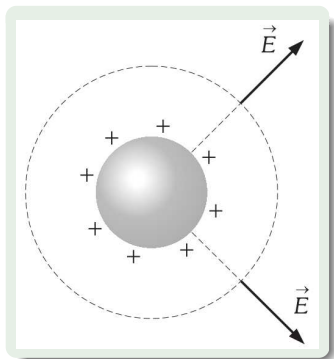
Aplicamos el Teorema de Gauss



- $\phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_S E dS = E \oint_S dS = E 4\pi r^2$
- Teorema de Gauss: $\phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$
- $E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$
- $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = K \frac{Q}{r^2}$

Ejemplo: esfera conductora cargada en equilibrio

Usamos la relación entre el potencial y el campo



- $V = \int_r^\infty \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_r^\infty E dr$
- Aplicamos el resultado anterior:

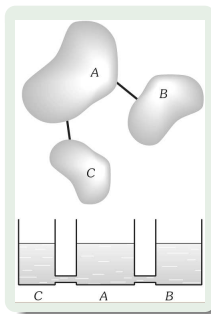
$$V = \int_r^\infty K \frac{Q}{r^2} dr$$
- $V = K \frac{Q}{r}$

Capacidad

Definición

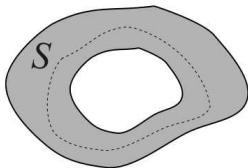
La **capacidad** de un conductor es el cociente entre la carga que almacena y el potencial al que se encuentra.

$$C = \frac{Q}{V} \left(\frac{C}{V} = \text{Faradio} \right) \quad (26)$$

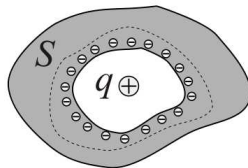


- Símil hidrostático
- Al poner en contacto: $V_A = V_B = V_C$
- Pero $Q_A \neq Q_B \neq Q_C$ porque $C_A \neq C_B \neq C_C$
- Ejemplo: Capacidad de un esfera conductora

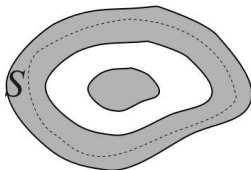
Fenómenos de apantallamiento.



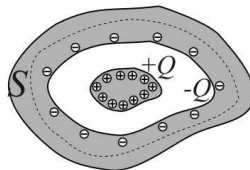
(a) Superficie de integración dentro de un conductor con hueco



(b) Distribución de carga en el seno de un conductor hueco



(a) Superficie de integración en el seno de un conductor apantallando otro



(b) Dos conductores apantallados, el interior con una carga positiva

Condensadores

Los **condensadores** son sistemas de dos conductores, separados por un dieléctrico, en los que se verifica un aumento de capacidad por fenómenos de influencia total. Ello permite que los conductores almacenen una gran carga, para pequeñas diferencias de potencial.

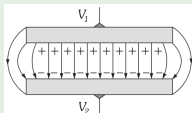
- Un condensador consta de dos armaduras metálicas: **colectora** y **condensadora**; la primera con carga positiva y un mayor potencial que la segunda, en la que existe, en su superficie influida, una carga igual pero de signo contrario.
- La capacidad de un condensador se calcula:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

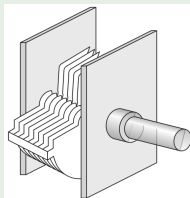
- La capacidad de un condensador depende del propio cuerpo, del medio y del resto de cuerpos que lo rodean.

Condensadores

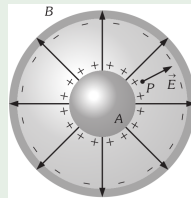
Condensador Plano



Condensador variable



Condensador esférico

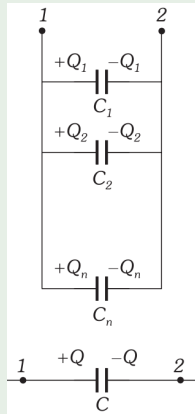


$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (27)$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0}{\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}} \quad (28)$$

Condensadores

Asociación paralelo



- Se realiza con la unión de todas las armaduras colectoras y condensadoras entre sí
- La capacidad del sistema es igual a la suma de las capacidades asociadas

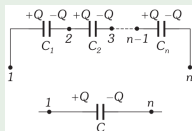
$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (29)$$

- Para obtener la relación anterior se tiene cuenta que

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (30)$$

Condensadores

Asociación serie



- Se realiza uniando las armaduras de cada condensador con la condensadora y colectora del anterior y del siguiente, quedando las dos terminales, funcionando como armaduras del conjunto
- La inversa de la capacidad del sistema es la suma de las inversas de las capacidades asociadas

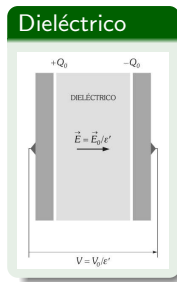
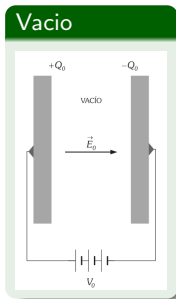
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (31)$$

Condensadores

- Energía almacenada en un condensador:

$$U = \frac{1}{2} C (V_1 - V_2)^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} Q (V_1 - V_2) \quad (32)$$

- Definición de la constante dieléctrica de un medio a partir de la capacidad. Experimentos de Faraday.



Bibliografía

Algunos libros útiles para estudiar los contenidos de este tema son:

- Física General (Burbano). Capítulos II, XVIII y XIX.
- Fundamentos Físicos y Tecnológicos de la Informática (Gómez). Capítulo 2.
- Física para Ciencias e Ingenierías Vol II (Serway). Parte I.
- Física (Sears). Temas 21, 22, 23 y 24.
- Apuntes prof. David Blanco. Tema 4.

Nota: Todos estos libros cuentan con ejemplos de aplicación resueltos útiles para adquirir los distintos conceptos tratados en este tema.