

CLASE 1.2.

UNIDAD I

ELECTROSTÁTICA

Breve descripción de lo que es la carga eléctrica.

La partícula más pequeña de la que está formada la materia y que conserva todas las propiedades de la misma se llama átomo. Su estructura consta de dos partes bien diferenciadas: **el núcleo y la periferia** (parecido al sistema solar, donde el sol es el núcleo y en la periferia giran los planetas).

El núcleo atómico está formado por dos clases de subpartículas, los protones y los neutrones. Los protones son partículas cargadas positivamente, y los neutrones son partículas neutras (sin carga). Un protón de cualquier elemento tiene un valor de carga de 1.602×10^{-19} C (C-Coulomb).

En la periferia giran a diferentes niveles otras partículas llamadas electrones, cuyo valor de carga es de igual valor a la carga del protón, pero de signo negativo, $e = - 1.602 \times 10^{-19}$ C.

Generalmente en el núcleo existen igual cantidad de protones y neutrones y la suma de las dos partículas constituye lo que se denomina la masa atómica; solamente el número de protones se conoce como número atómico del material, y es el que determina la posición en la tabla periódica de los elementos de la naturaleza.

Todo átomo en su condición básica es neutro, lo que significa que tiene igual número de protones en el núcleo con electrones en la periferia.

Mediante diversos mecanismos un átomo puede perder uno o más electrones, o puede ganar uno o más electrones; cuando pierde se dice que el átomo queda cargado positivamente pues al perder electrones tiene exceso de protones, al ganar electrones el átomo queda cargado negativamente pues tiene exceso de electrones.

En la naturaleza existen materiales cuyos átomos pierden con facilidad sus electrones por sus átomos vecinos, y estos pierden sus electrones por otros átomos vecinos y así sucesivamente, esta condición hace aparecer como que los electrones viajan en una dirección a través de los átomos, o que las cargas positivas (protones) viajan en la dirección contraria. Esta carga en movimiento se llama corriente eléctrica, y los materiales que tienen esta condición se llaman CONDUCTORES.

Los materiales cuyos átomos no pueden perder electrones en cambio se llaman AISLANTES.

También existen materiales que pueden perder electrones o no según ciertas condiciones, convirtiéndose en conductores o manteniéndose como aislantes; estos se llaman materiales SEMICONDUCTORES.

Cuantificación de la carga eléctrica.

Ya hemos visto que la carga eléctrica es de dos tipos: positiva y negativa, según sea de un protón o de un electrón, por lo que la carga mínima que un átomo puede perder o ganar es de 1.602×10^{-19} C. Es decir, no puede perder o ganar una fracción de electrón. Por este motivo se dice que la carga es un valor cuantizado. Un átomo si está cargado tendrá una carga, ya sea positiva o negativa, de un valor múltiplo entero de $(1.602 \times 10^{-19}) \cdot n$ con $n \in \mathbb{N}$

Cuerpo cargado

Un cuerpo material está formado por miles de millones de átomos, por lo que, un cuerpo cargado será aquel que tiene uno o más de sus átomos cargados ya sea positivamente o negativamente. Existen formas de cargar a un cuerpo (consultar).

Como el valor de la carga de un protón o de un electrón es tan pequeña, y si un cuerpo cargado tiene miles de millones de átomos, es común considerar que un cuerpo cargado tiene un valor de carga de cualquier valor continuo (no cuantizado).

A continuación, vamos a describir las formas de distribución de la carga dentro de un cuerpo cargado.

Si un cuerpo está cargado, éste puede tener la carga distribuida uniformemente o no. El parámetro que describe esa distribución se llama DENSIDAD DE CARGA, que dependiendo de las dimensiones del cuerpo son de tres tipos.

Densidad lineal de carga, λ .

Se utiliza cuando en el cuerpo predomina una de las dimensiones, y las otras dos son despreciables. Por definición la densidad lineal es la razón cantidad de carga para la longitud del cuerpo.

$$\lambda = \frac{q}{l} \quad \text{para cuerpos con distribución de carga uniforme}$$

$$\lambda = \frac{dq}{dl} \quad \text{para distribución no uniforme}$$

Densidad superficial de carga, σ .

Se utiliza cuando en el cuerpo predominan dos dimensiones sobre la otra que se considera despreciable. Por definición la densidad superficial de carga es la razón cantidad de carga para la superficie o área del cuerpo.

$$\sigma = \frac{q}{A} \quad \text{para cuerpos con distribución de carga uniforme}$$

$$\sigma = \frac{dq}{dA} \quad \text{para distribución no uniforme}$$

Densidad volumétrica de carga, ρ .

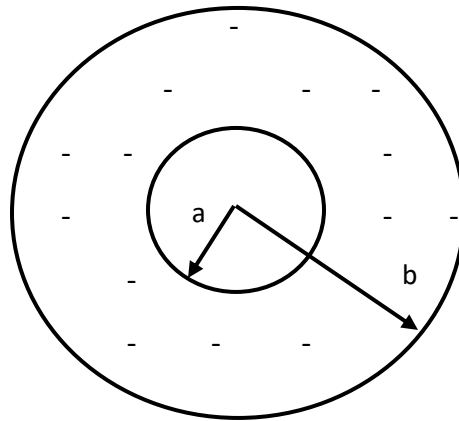
Es la razón, cantidad de carga para el volumen del cuerpo.

$$\rho = \frac{q}{V} \quad \text{para distribuciones de carga uniforme}$$

$$\rho = \frac{dq}{dV} \quad \text{para distribución no uniforme}$$

Ejemplos

1. Calcular la carga de una esfera hueca con densidad volumétrica de carga $-\rho$ distribuida uniformemente como en la siguiente figura.



Como la distribución es uniforme $\rho = \frac{q}{V} \rightarrow q = \rho V$

$$V = V_2 - V_1 = \frac{4}{3}\pi b^3 - \frac{4}{3}\pi a^3 = \frac{4}{3}\pi(b^3 - a^3)$$

$$\text{Entonces } q_{\text{esfera hueca}} = -\rho \frac{4}{3}\pi(b^3 - a^3) = \frac{4}{3}\pi\rho(b^3 - a^3)$$

2. En el mismo ejercicio anterior calcular la carga tota, pero considerando que la densidad volumétrica no es uniforme y viene dada por $\rho = (r^2 - r + 3)\text{C/m}^3$, r radio de la esfera; $a = 0.2\text{m}$ y $b = 0.5\text{m}$

$$\rho = \frac{dq}{dV} \rightarrow dq = \rho dV \rightarrow \int dq = \int \rho dV = \int (r^2 - r + 3)dV$$

Como la integral de la derecha contiene dos variables, tenemos que transformar el integrando en función de una sola variable de integración

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rightarrow dV = 4\pi r^2 dr \Rightarrow \int dq = \int (r^2 - r + 3)4\pi r^2 dr$$

Operando el integrando y considerando los límites de integración

Si $r = a = 0.2$ la carga $q = 0$ y cuando $r = b = 0.5$ la carga es $q = q_{total}$

$$\int_0^{q_{total}} dq = \int_a^b (4\pi r^4 - 4\pi r^3 + 12\pi r^2) dr$$

$$(q)_0^{q_{total}} = 4\pi \left(\frac{r^5}{5} - \frac{r^4}{4} + \frac{3r^3}{3} \right)_{0.2}^{0.5}$$

$$q_{total} = 4\pi \left[\left(\frac{0.5^5}{5} - \frac{0.5^4}{4} + 0.5^3 \right) - \left(\frac{0.2^5}{5} - \frac{0.2^4}{4} + 0.2^3 \right) \right]$$

$$q_{total} = 1.36 \text{ C}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

1. Encontrar la fórmula que determina la carga total de un cubo de lado a , cuya carga se encuentra distribuida uniformemente solo en las caras superficiales con densidad superficial σ . Determinar el valor para el caso $a = 0.2 \text{ m}$, $\sigma = 10^6 \text{ C/m}^2$.
2. Encuentre la carga total de un alambre delgado de 2 m de longitud paralelo al eje x que se encuentra cargado con densidad lineal de carga $\lambda = (e^x + x) \text{ C/m}$
3. Considerar una nube de partículas cargadas de forma esférica y de radio a , cuya densidad volumétrica está dada por $\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r^2}{a^2} \right) \frac{\text{C}}{\text{m}^3}$, donde ρ_0 es constante. Hallar la carga total de la nube.

CLASE DE EJERCICIOS

Objetivo. Resolver los siguientes ejercicios

1. Se tiene una distribución volumétrica de carga dada por:

$$\rho(r) = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} & \text{si } 0 < r \leq a \\ 0 & \text{si } r > a \end{cases} \quad \text{Encontrar:}$$

- a. La carga total de la distribución
 - b. La carga encerrada en un cascarón esférico de radio interior $a/2$ y radio exterior a .
2. Se sabe que un anillo de radio R posee una carga q . Si la carga se distribuye uniformemente en el anillo calcule la densidad lineal de carga λ .
 3. Determinar la carga total de un disco circular de radio $r = 0.5 \text{ m}$ que tiene una densidad superficial de carga $\sigma = (10 - r) \text{ C/m}^2$.