

ELECTRODINÁMICA. CORRIENTE ELÉCTRICA

1.- CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA

- A) Es el flujo neto de carga eléctrica a través de una superficie cualquiera
- B) Movimiento ordenado de carga eléctrica en un medio



2.- MECANISMOS DE GENERACIÓN

CONVECCIÓN: Movimiento de un cuerpo cargado, debido a gradientes de presión o temperatura, $\vec{\nabla} p$, $\vec{\nabla} T$, a través de un medio eléctricamente neutro (nubes de tormenta).

CONDUCCIÓN: Movimiento de partículas cargadas debido a un campo eléctrico a través de un medio neutro eléctricamente, es el mecanismo de generación de corriente en conductores.

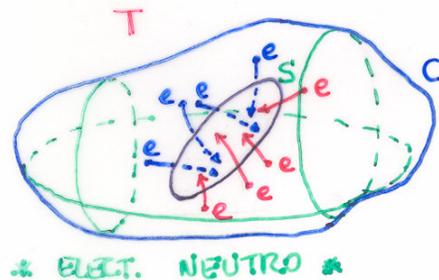
DIFUSIÓN: Movimiento de cargas en un medio, debido a un gradiente de concentración, $\vec{\nabla} c$, en semiconductores es una componente de las corrientes.

3.- CORRIENTE EN CONDUCTORES

SEA UN CONDUCTOR, **CNDT**, A TEMPERATURA $T \neq 0$ Y NO SOMETIDO A CAMPO ELÉCTRICO ALGUNO $E = 0$

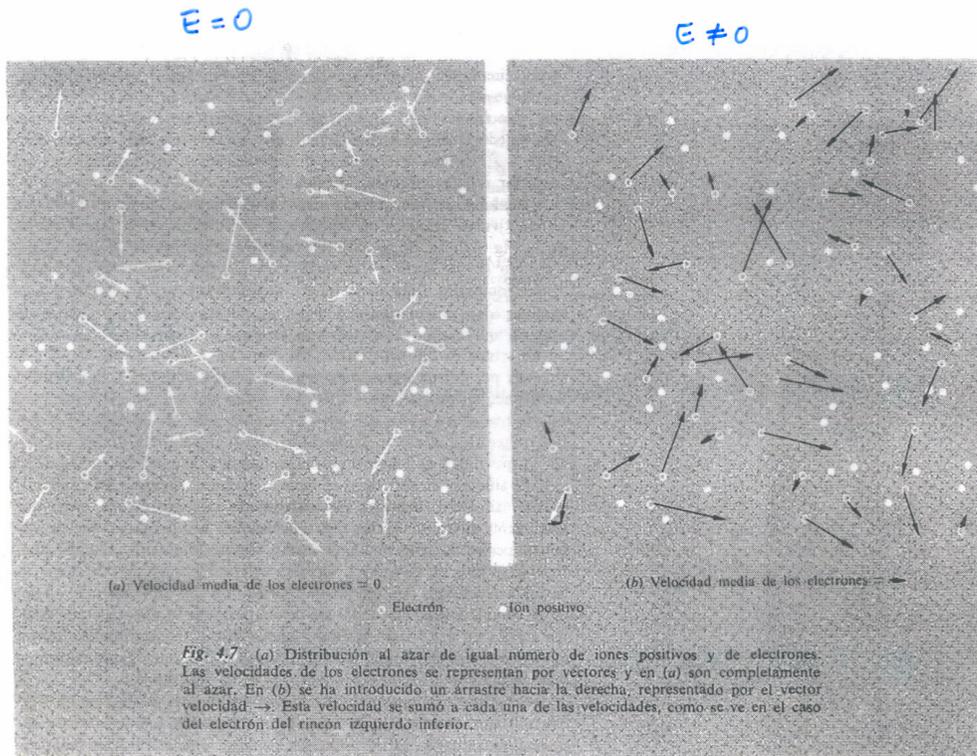
$$\text{CNDT} \equiv \left\{ \begin{array}{l} e^- \text{ libres que se mueven con velocidad aleatoria} \\ \text{sobre un fondo de iones positivos fijos} \end{array} \right\}$$

Si elegimos una superficie, ΔS , dentro del conductor, y contamos, durante un intervalo de tiempo $\Delta t \gg \tau$ (TIEMPO MEDIO ENTRE CHOQUES), el nº de cargas en promedio que lo atraviesan de derecha a izquierda $\langle n_1 \rangle$ y el nº de ellas que lo hacen en sentido contrario $\langle n_2 \rangle$ podríamos observar que $\langle n_1 \rangle = \langle n_2 \rangle$ lo que indica que este movimiento aleatorio de las cargas no contribuye a la corriente eléctrica pues el flujo neto es nulo ya que se compensan.



Si al mismo conductor le aplicamos un campo eléctrico, todos los electrones de conducción se ven sometidos a una fuerza en sentido contrario al campo y en consecuencia uno de los dos sentidos se ve favorecido frente al otro, $\langle n_1 \rangle \neq \langle n_2 \rangle$; el flujo neto es no nulo, apareciendo una corriente eléctrica, que como vimos en el estudio de

conductores tiene un carácter transitorio que dura (tiempo necesario para formar distribuciones de carga tales que crean un campo eléctrico inducido que se opone la campo aplicado de modo exacto) mientras existan puntos en el conductor que estén a diferente potencial eléctrico.



$$v_{em} = \frac{\Delta F}{\Delta t} = 0$$

$$\Delta t \gg \tau$$

$$\tau \sim 10^{-12} - 10^{-15} \text{ s}$$

↑
TIEMPO MEDIO ENTRE
CHOQUES

$$v_{em} \neq 0$$

$$v_{em} = -|Me| E$$

↓
MOVILIDAD DE LOS
PORTADORES DE CARGA

$$Me = \frac{191}{m} E$$

Así pues, si queremos corrientes permanentes hemos de meter unos dispositivos capaces de mantener diferencias de potencial permanentes. estos dispositivos pueden ser de varios tipos y se llaman **GENERADORES**

- BATERIAS \Rightarrow ENERGÍA QUÍMICA \rightarrow ENERGÍA ELÉCTRICA
- ALTERNADORES \Rightarrow ENERGÍA MECÁNICA \rightarrow ENERGÍA ELÉCTRICA
- PANELES SOLARES \Rightarrow ENERGÍA LUMINOSA \rightarrow ENERGÍA ELÉCTRICA

Si la diferencia de potencial dada por el generador es constante con el tiempo la corriente se llama estacionaria o continua

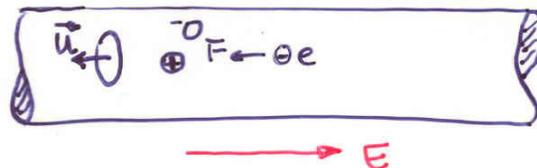
4.- INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA (I, i) Y DENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA (\vec{j})

¿CÓMO EVALUAR LA CORRIENTE ELÉCTRICA?

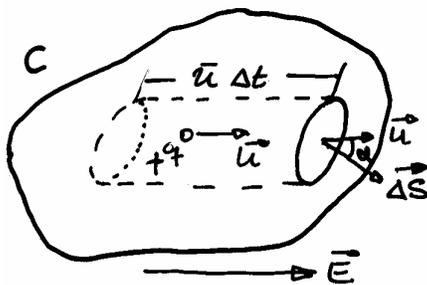
Si aplicamos un campo eléctrico a nuestro conductor, uno cualquiera de los electrones de conducción está sometido a

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FUERZAS EXTERNAS: } \vec{F}_{ext} = -|e|\vec{E} \Rightarrow \text{MOVIMIENTO ORDENADO} \\ \text{F. INTERNAS: } \left\{ \begin{array}{l} \text{INTERACI3N } e^- \leftrightarrow e^- \\ \text{INTERACI3N } e^- \leftrightarrow + \end{array} \right. \Rightarrow \text{MOVIMIENTO DESORDENADO} \end{array} \right.$$

EL RESULTADO ES QUE, EN PROMEDIO, TODOS LOS ELECTRONES DE CONDUCCI3N ADQUIEREN UNA VELOCIDAD \vec{v}_e TAL QUE SU PROYECCI3N EN LA DIRECCI3N DEL CAMPO, AL QUE SE VEN SOMETIDOS, ES ID3NTICA PARA TODOS ELLOS. A ESTA VELOCIDAD SE LE LLAMA **VELOCIDAD DE ARRASTRE** O **VELOCIDAD DE CONJUNTO** DE LOS PORTADORES, \vec{u} , TAL QUE SU M3DULO ES $u = |\vec{v}_e \cdot \vec{E} / E|$ SIENDO SU DIRECCI3N PARALELA AL CAMPO EL3CTRICO Y DE SENTIDO CONTRARIO.



Para dar una definici3n que valga para cualquier signo que tengan los portadores de carga vamos a razonar sobre portadores de carga positiva; si nuestro hipot3tico conductor presenta n portadores de carga por unidad de volumen, de modo que cada portador tiene una carga $+q$ y lleva una velocidad de arrastre, \vec{u} , en el sentido del campo, entonces dada una superficie ΔS cualquiera en el medio conductor, ¿cuánta carga, Δq , atraviesa la superficie Δs en el intervalo de tiempo Δt ?



Será la contenida en un cilindro oblicuo de base ΔS y $\vec{u} \Delta t$ de generatriz, y por tanto podemos poner

$$\Delta q = q n \Delta S \cdot \vec{u} \Delta t$$

DEFINIMOS LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE, i COMO LA CARGA QUE PASA A TRAVÉS DE LA SUPERFICIE EN LA UNIDAD DE TIEMPO; EN EL LÍMITE

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} = n q \vec{u} \cdot \vec{\Delta S} \text{ tal que } [i] = \frac{[C]}{[s]} = [\text{Amperio (A)}]$$

Si existiesen diferentes portadores de carga entonces debemos sumar las diferentes contribuciones

$$i = n_1 q_1 \vec{u}_1 \cdot \vec{\Delta S} + \dots + n_i q_i \vec{u}_i \cdot \vec{\Delta S} + \dots + n_N q_N \vec{u}_N \cdot \vec{\Delta S} = \vec{\Delta S} \cdot \sum_{i=1}^N n_i q_i \vec{u}_i$$

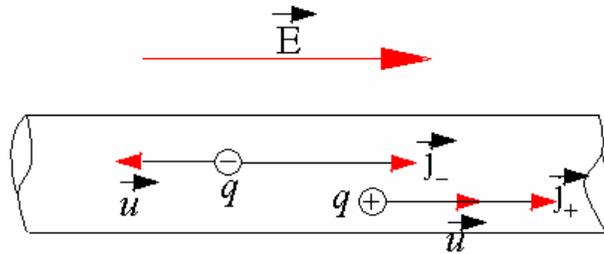
La intensidad depende del tamaño de la superficie elegida; para tener propiedades puntuales, independientes de la superficie elegida se define la densidad de corriente, \vec{j} , como la intensidad de corriente por unidad de superficie. de la expresión anterior

$$\vec{j} = \sum_{i=1}^N n_i q_i \vec{u}_i \text{ tal que } [j] = \text{A m}^{-2}$$

Si todos los portadores tienen igual valor absoluto de carga, entonces

$$\vec{j} = \sum_{i=1}^N n_i q_i \vec{u}_i = q \sum_{i=1}^N n_i \vec{u}_i = q n \vec{u} \text{ donde } \vec{u} = \langle \vec{u} \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \vec{u}_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

De todo lo anterior se desprende que i es una magnitud escalar que proporciona información macroscópica, mientras que \vec{j} es una magnitud puntual que da información microscópica y de modo que en cada punto tiene la dirección y el sentido del campo eléctrico en cada punto o lo que es lo mismo tiene el sentido del movimiento de los portadores de cargas positivas



5.- EFECTOS DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS

Las corrientes producen distintos efectos; entre los más relevantes están los: TÉRMICOS, QUÍMICOS y MAGNÉTICOS

Nos centraremos, principalmente, en el movimiento de electrones libres en medios conductores para generar efectos magnéticos