

CONDUCCION ELECTRICA

Corriente Eléctrica [I]

Carga eléctrica q (Coulomb) por unidad de tiempo que atraviesa un plano

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Unidad de corriente eléctrica: 1 Ampere = 1 Coulomb /seg
Ampere

Carga Elemental [q]

$1,6 \times 10^{-19}$ coulomb

Electrones por segundo necesarios para

generar una corriente de 1 Ampere

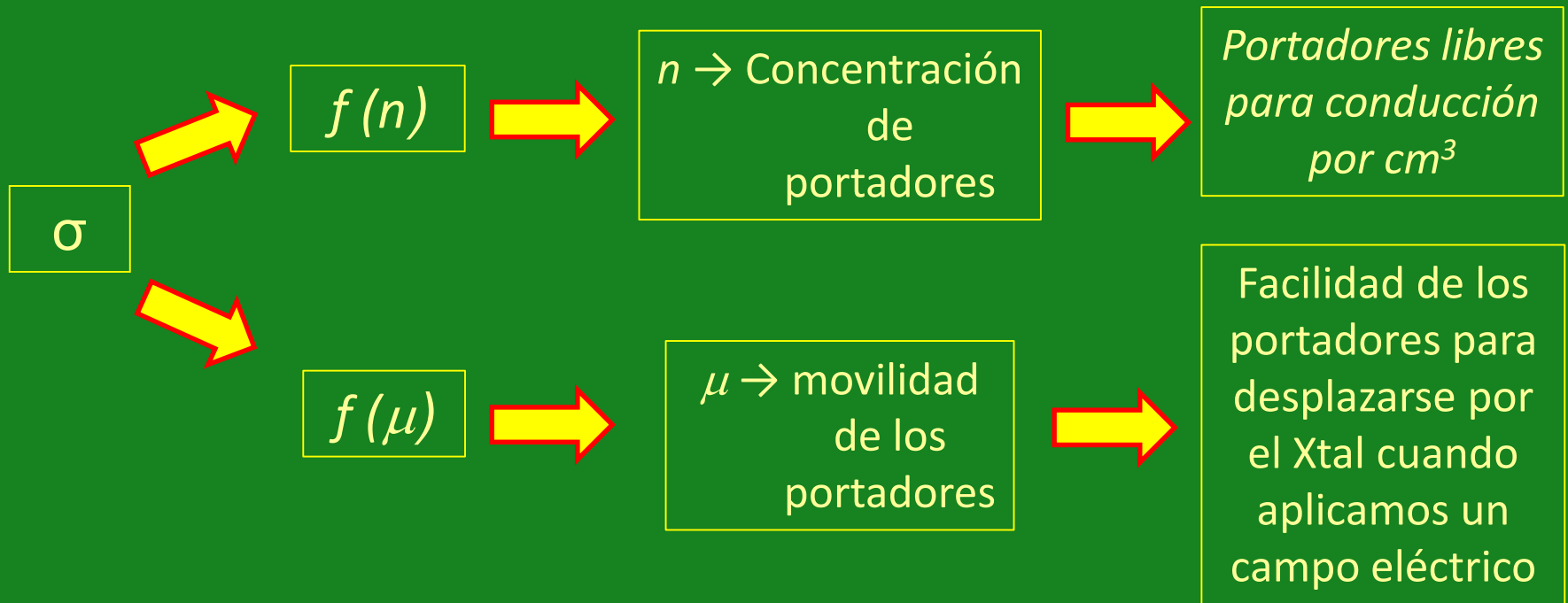
$6,25 \times 10^{18}$

CONDUCTIVIDAD

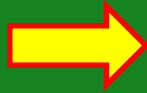
Conductividad [σ]: Parámetro que caracteriza a un material como conductor de corriente eléctrica cuando se aplica un campo eléctrico

Conductores: $\sigma > 10^4$ [$1/\Omega\text{-cm}$]

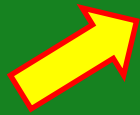
Aisladores: $\sigma < 10^{-6}$ [$1/\Omega\text{-cm}$]



n : concentración de portadores
[n° port./cm³]



n



$f(\text{Material})$

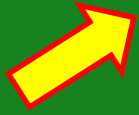


$f(\text{Temperatura})$

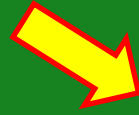
μ
Movilidad



μ



$f(\text{Estructura Xtalina})$



$f(\text{Temperatura})$

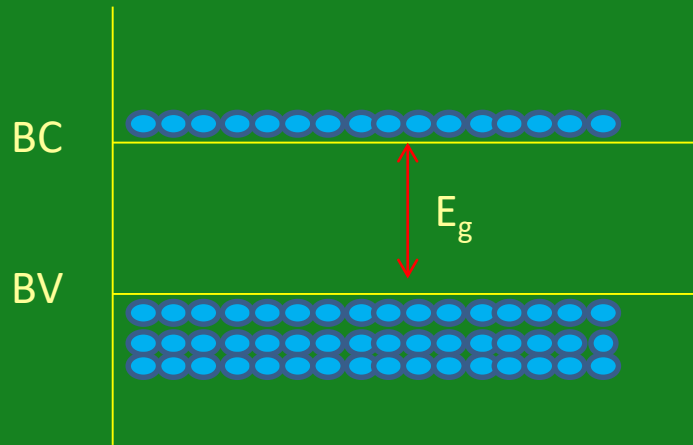
La calidad como conductor de un material será mejor cuando



- Tenga una gran concentración de portadores libres
- Al aplicar un campo eléctrico, los portadores puedan desplazarse fácilmente por el Xtal.

Movilidad

- En un material conductor los electrones de conducción no están ligados a ningún átomo en particular y pueden moverse a través del Xtal.
- Desde la Teoría de Bandas esto implica que los electrones se encuentran en la Banda de Conducción, que esta parcialmente llena



- Los electrones libres se mueven al azar con una velocidad v_{th} que es función de la temperatura, en este movimiento los electrones van chocando con los átomos
- La distancia promedio que recorren los electrones entre choque se llama “CAMINO LIBRE MEDIO [λ]”
- El tiempo entre choque se llama “Tiempo medio entre choques [τ]”

Velocidad térmica



$$v_{th} \rightarrow f(k T)$$

$$\frac{1}{2} m_e^* v_{th}^2 = \frac{3}{2} k T$$



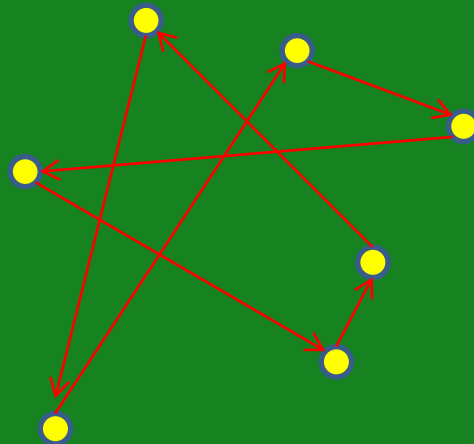
$$v_{th} \approx 10^6 \text{ m/s}$$

m_e^* → *masa efectiva
del electron*

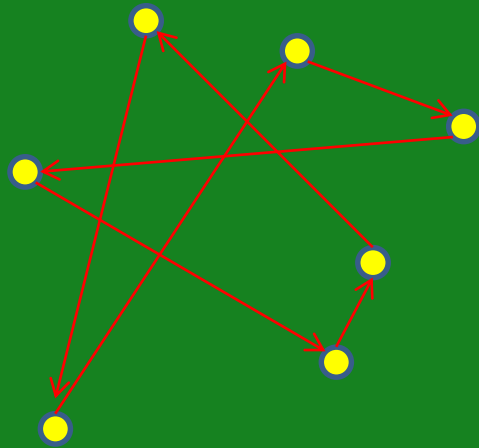


$$m_e^* = 0.26 m_0$$

p/Si

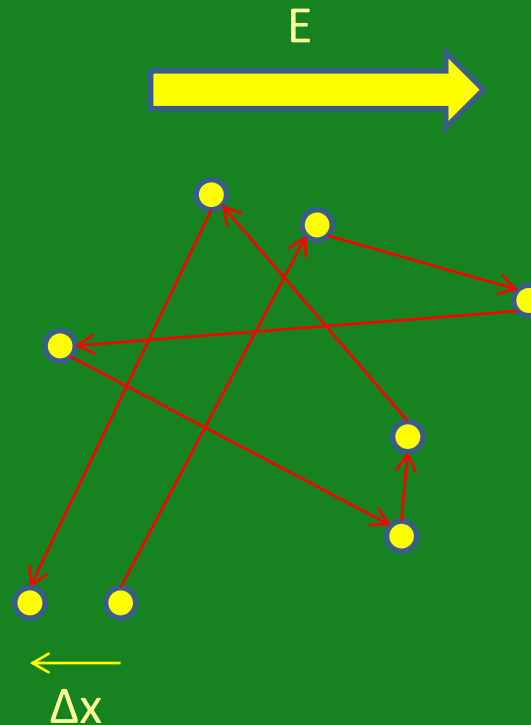


Movimiento con y sin Campo Eléctrico



$$\lambda \rightarrow f(T)$$

Camino libre medio



$$\tau \rightarrow f(T)$$

Tiempo medio entre choques

$$F = q E$$

Fuerza del campo eléctrico E sobre el electrón

$$a = \frac{q E}{m_e}$$

Aceleración producto de la fuerza eléctrica sobre el electrón

$$v_d = a \tau$$

$v_d \rightarrow$ velocidad de deriva

$$v_d = \frac{q E}{m_e} \tau$$

Velocidad del electrón al estar acelerado por la fuerza eléctrica entre choques

$$\mu \triangleq \frac{q \tau}{m_e}$$

$\mu \rightarrow$ movilidad

$\mu \rightarrow$ parámetro que relaciona la velocidad de deriva con el campo Eléctrico aplicado

$$v_d = \mu E$$

$$\mu \triangleq \frac{q \tau}{m_e}$$

$$\mu \rightarrow f(\tau)$$

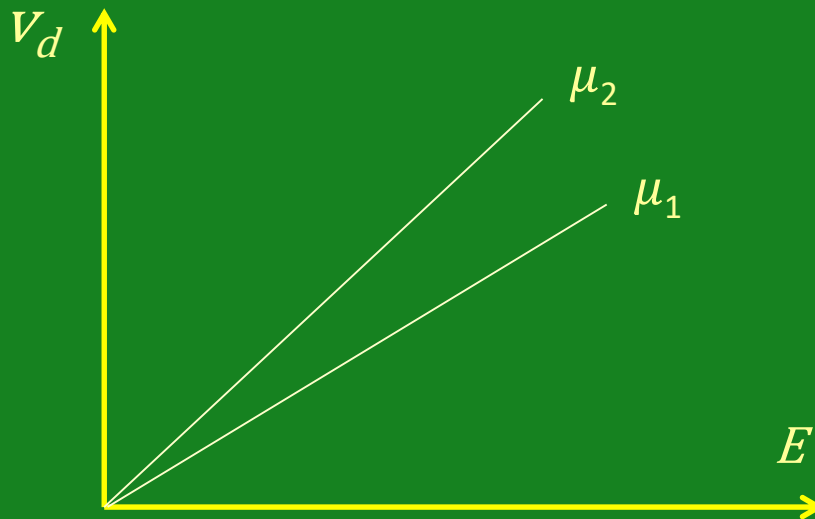
$\tau \rightarrow f(\text{Temperatura})$

$\tau \rightarrow f(\text{Estructura Xtalina})$

$$\mu = \frac{v_d}{E}$$

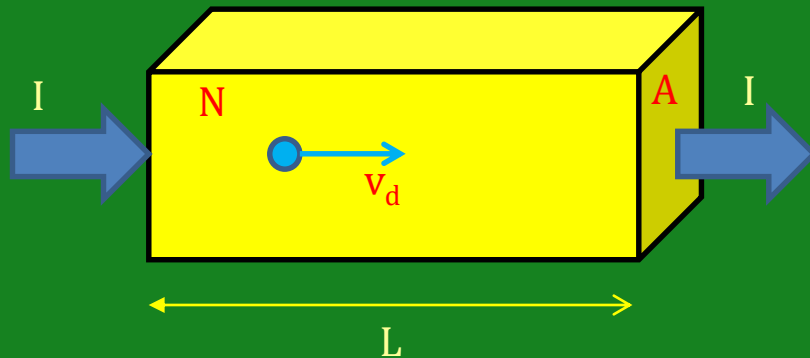
$\mu \rightarrow$ velocidad de deriva por unidad de campo eléctrico

Cuando mas grande es el valor de μ , mayor velocidad adquieren los portadores por cada Volt/cm aplicado



- El modelo vale si $v_d \ll v_{th}$

Ley de OHM



N → Numero de portadores de carga dentro del volumen

$N q$ → Carga móvil dentro del volumen

v_d → Velocidad de deriva de los portadores dentro del volumen

$T_T = \frac{L}{v_d}$ → Tiempo de transito (lo que demora un portador en recorrer la distancia L)

$$I = \frac{Q}{T_T} \quad I = \frac{N q v_d}{L} \quad J = \frac{I}{A} \quad J = \frac{N q v_d}{L A} \quad n = \frac{N}{L A} \left[\frac{\text{port}}{\text{cm}^3} \right]$$

$$J = q n v_d$$

$$v_d = \mu E$$

$$J = q n \mu E$$

$$\sigma = q n \mu$$

$\sigma \triangleq$ *conductividad*

$$J = \sigma E$$

- El análisis es válido p/ cualquier medio que tenga portadores de carga móviles

Conductividad (σ)

$$\sigma = q n \mu$$

q  *Carga elemental* $1,6 \cdot 10^{-19}$ [coulomb]

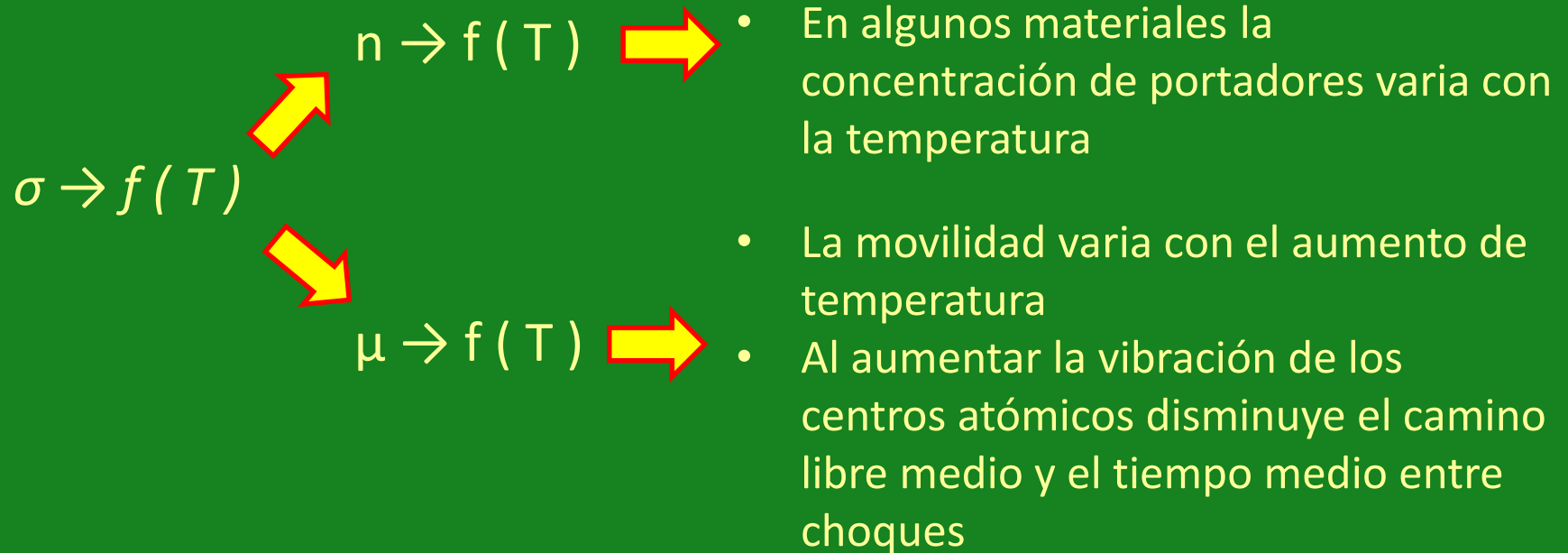
n  *Concentración volumétrica de portadores* $\left[\frac{\text{port}}{\text{cm}^3} \right]$

μ  *movilidad de los portadores* $\left[\frac{\text{cm}^2}{\text{V s}} \right]$

Variación de la conductividad

$$\sigma = q n \mu$$

- La conductividad depende de la temperatura

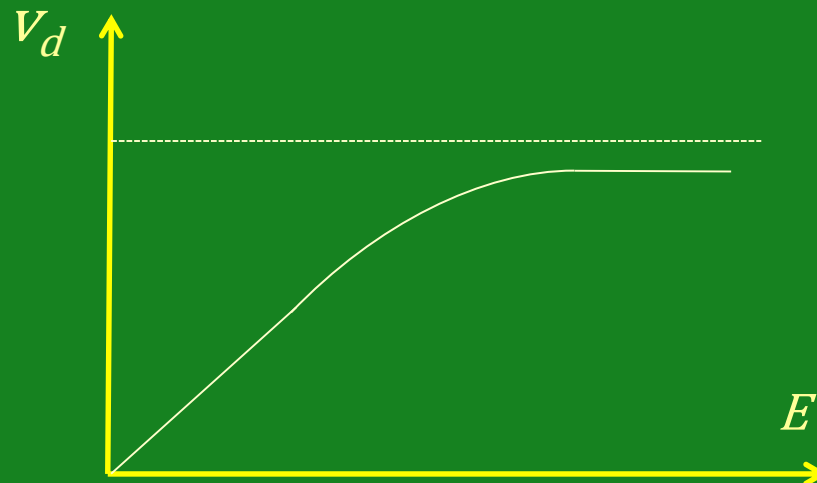


- La conductividad depende de la estructura Xtalina



Validez de la ley de OHM

- La densidad de corriente será una función lineal del campo eléctrico solo si σ es cte.
- Para campos muy elevados la densidad de corriente [J] no depende linealmente del campo eléctrico [E]
- Esto ocurre porque la velocidad de deriva de los portadores satura y no se cumple que $\mu = \frac{v_d}{E} = cte$
- La velocidad de deriva no cumple que $v_d \ll v_{th}$ y el modelo no es valido



Ejemplos de validez de la ley de Ohm

- v_{th} para los metales $\approx 10^8 \text{ cm/s}$
- v_{th} para los semiconductores $\approx 10^7 \text{ cm/s}$
- Consideramos $v_d \approx 0.1 v_{th}$ y calculamos E para esa situación

$$E = \frac{J}{\sigma} \quad J = q n v_d \quad E = \frac{q n v_d}{\sigma}$$

	Cu	Al	Si
$n \left[\frac{port}{cm^3} \right]$	$8,5 \times 10^{22}$	6×10^{22}	$1,5 \times 10^{10}$
$v_d \left[\frac{cm}{s} \right]$	10^7	10^7	10^6
$\sigma \left[\frac{1}{[\Omega-cm]} \right]$	$5,8 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$	3×10^{-6}
$E \left[\frac{V}{cm} \right]$	234×10^3	253×10^3	800

- Bibliografía

- Electrónica Integrada “Millman y Halkias”
Capitulo 2
- Guía N° 3 “Semiconductores”
- Física Vol II “Halliday-Resnick-Krane” – Física –
Volumen II - Capitulo 32