

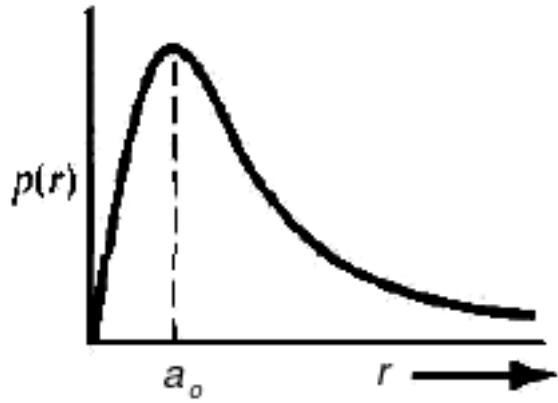
# **Física de Celdas Fotovoltaicas I**

## **Cap. II Semiconductores**

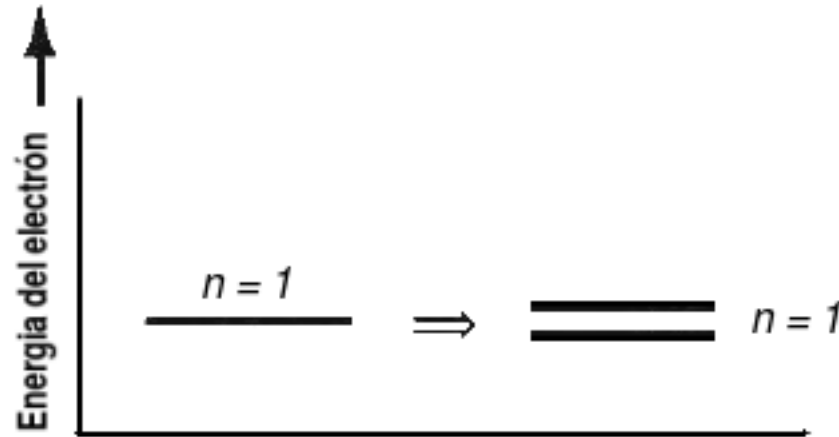
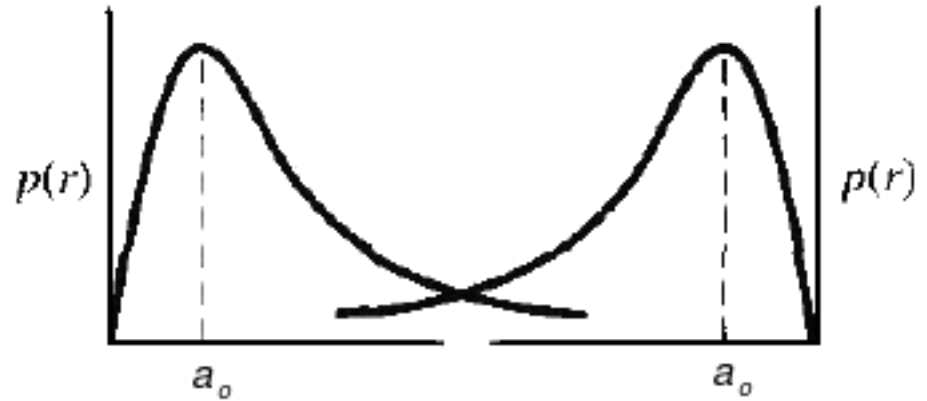
**José L. Solis**

**Universidad Nacional de Ingeniería  
Instituto Peruano de Energía Nuclear**

# Formación de las bandas

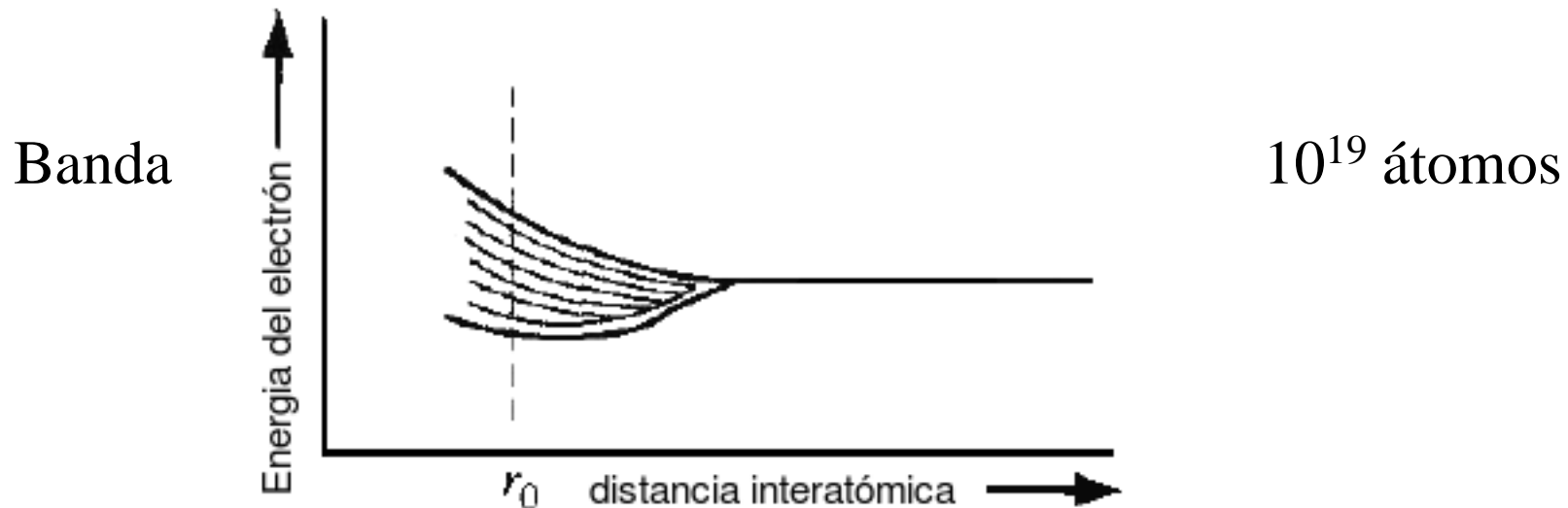


Átomo libre

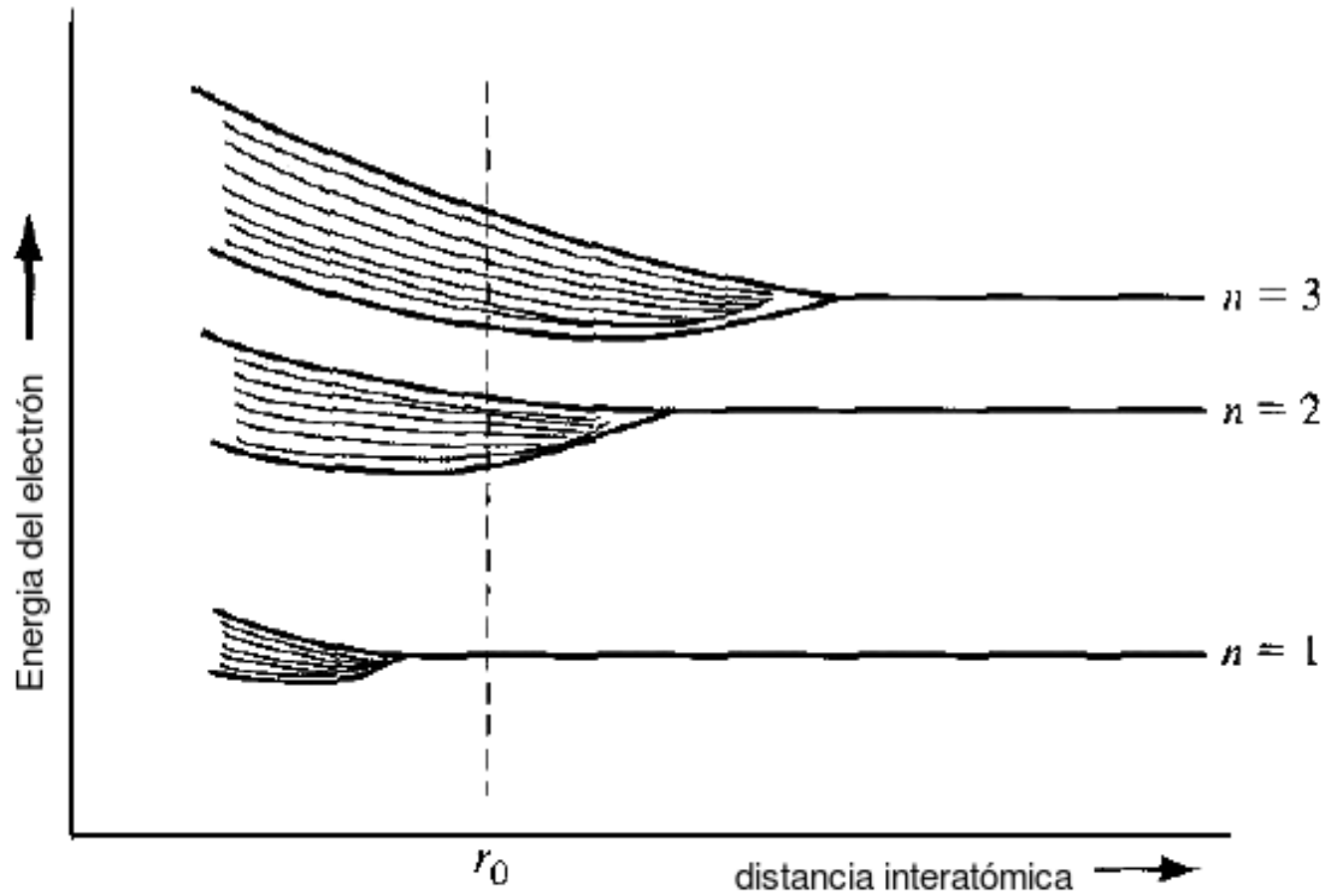


# Formación de las bandas

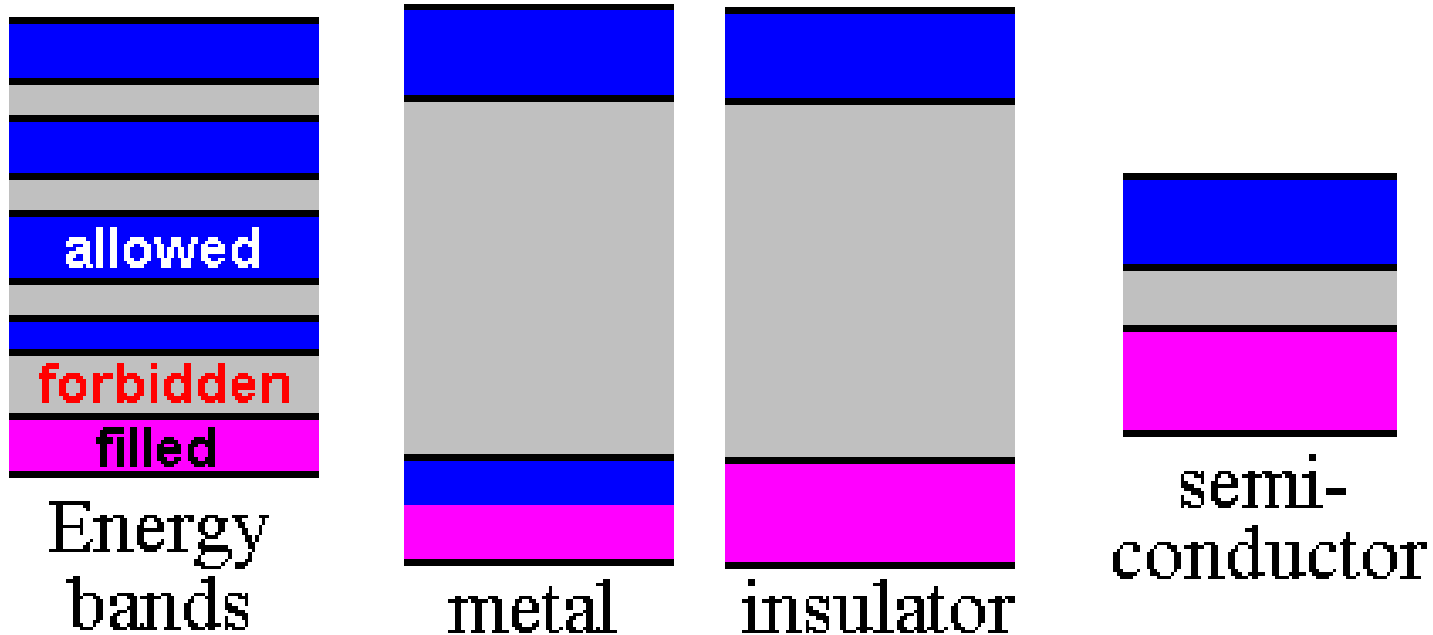
Segun el Principio de exclusion de Pauli los atomos que se acercan (cristal) no altera el numero total de estados cuanticos. Debido a que dos electrones no pueden tener los mismos numeros cuanticos la energia discreta se debe de desdoblarse en una banda de energia para que cada electron pueda ocupar un estado cuantico distinto.



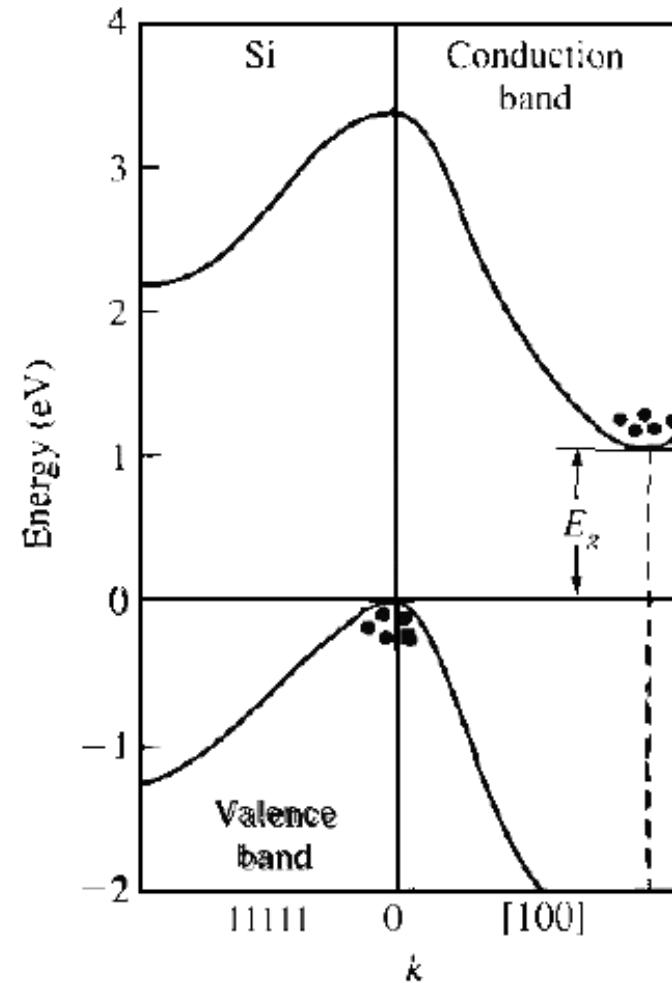
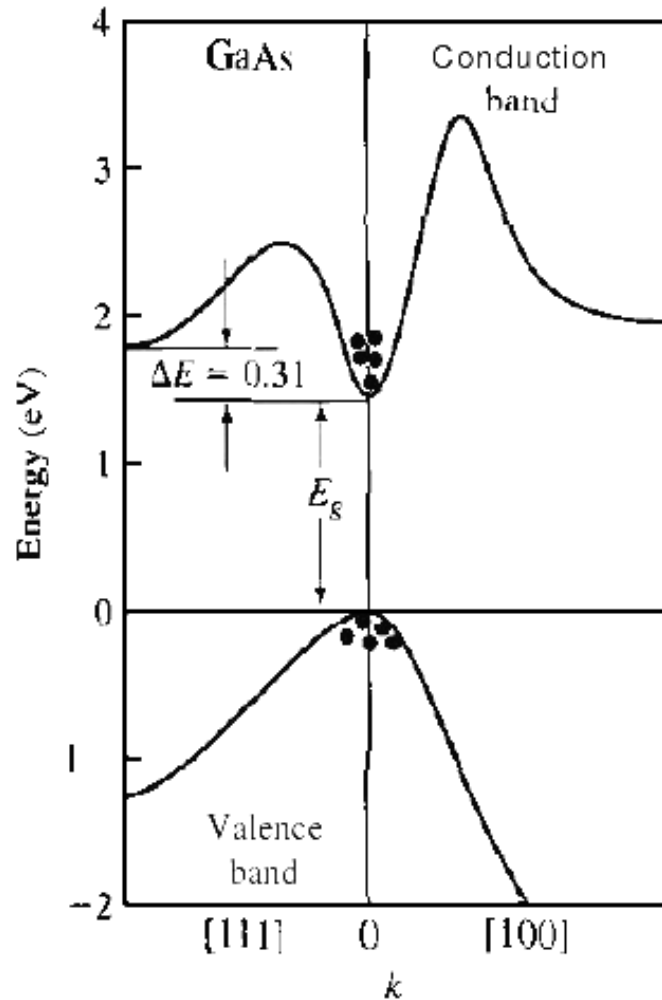
# Formación de las bandas



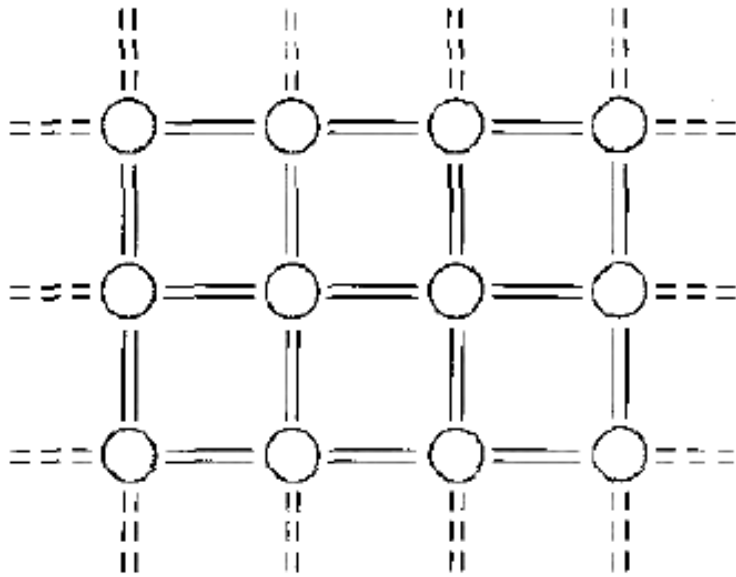
# Diagramas de Bandas de los Materiales



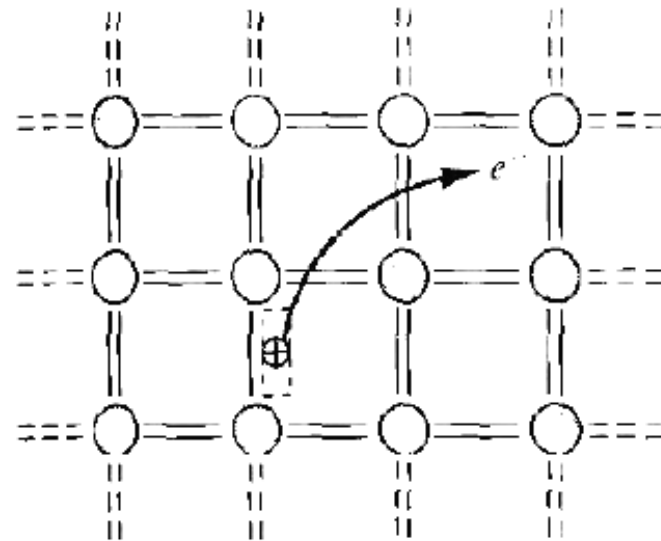
# Diagramas de Bandas del Si y GaAs



# Conducción eléctrica de los electrones



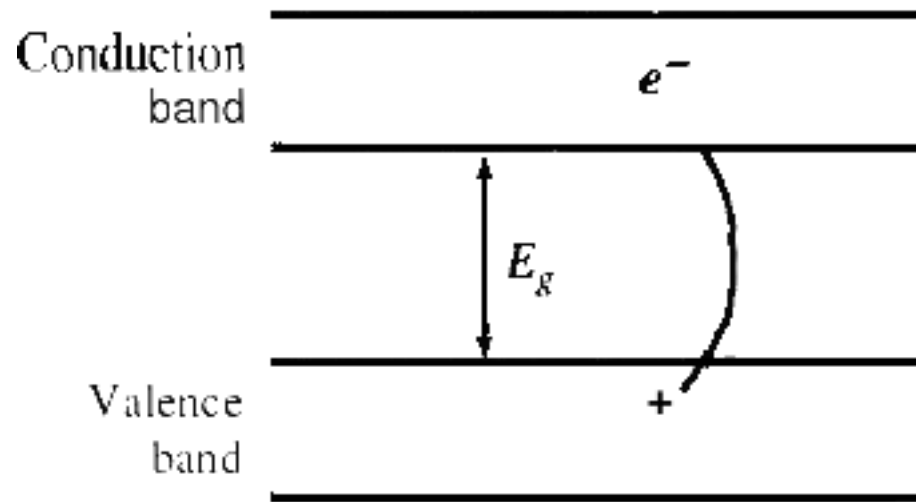
$T = 0 \text{ K}$



$T > 0 \text{ K}$

El semiconductor es neutro

# Conducción eléctrica de los electrones





---

# Semiconductores Intrinsicos

---

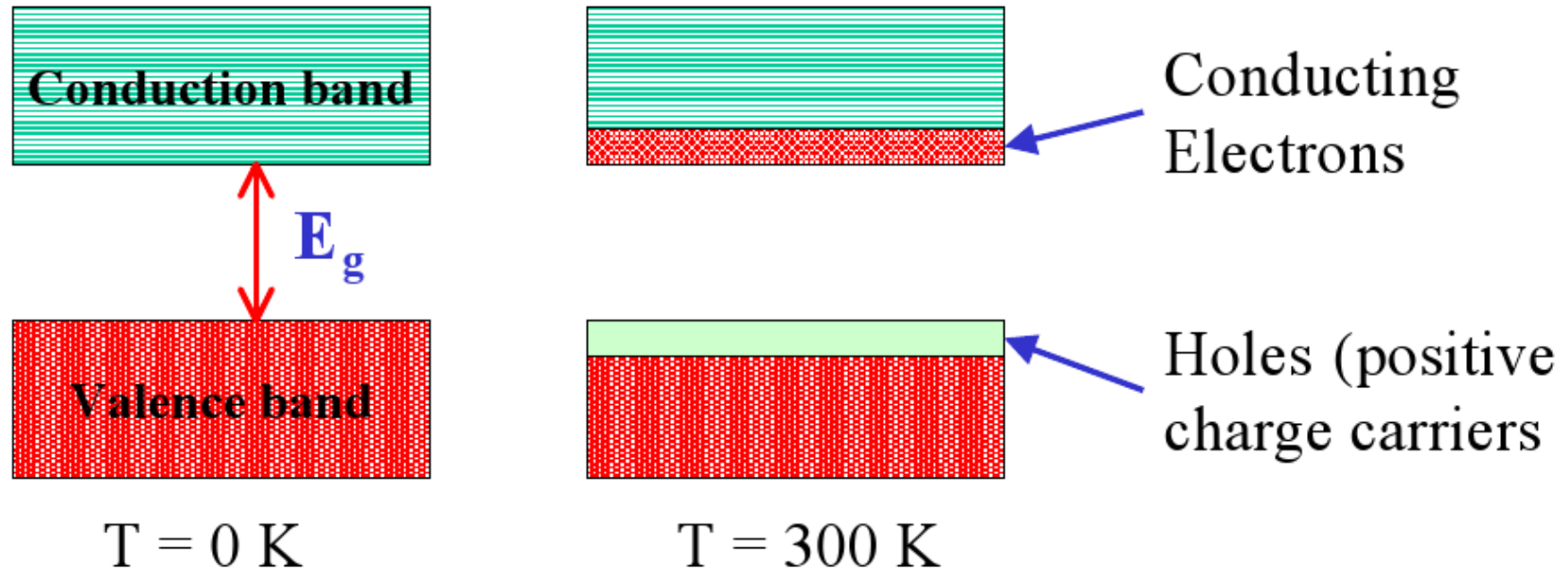
Un semiconductor intrínstico ideal es un semiconductor PURO, sin impurezas ni defectos cristalinos (Silicio puro).

$$n(E) = g_c(E) f_F(E)$$

$$p(E) = g_v(E) [1 - f_F(E)]$$

El número de electrones  $n$  en la BC es igual al número de huecos en BV

# Semiconductores Intrinsicos



En el Si ( $E_g = 1.1$  eV) uno de cada  $10^{13}$  atomos contribuyen con un electrón a la banda de conducción a temperatura ambiente.

---

# Semiconductores Intrinsicos

---

$$n_0 = N_c \exp \left[ \frac{-(E_c - E_F)}{kT} \right]$$

$N_c$  es la densidad de estados de la banda de conducción.

Si asumimos que la masa efectiva es igual a masa del electrón a  $T = 300$  K no da  $N_c = 2.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

# Semiconductores Intrinsicos

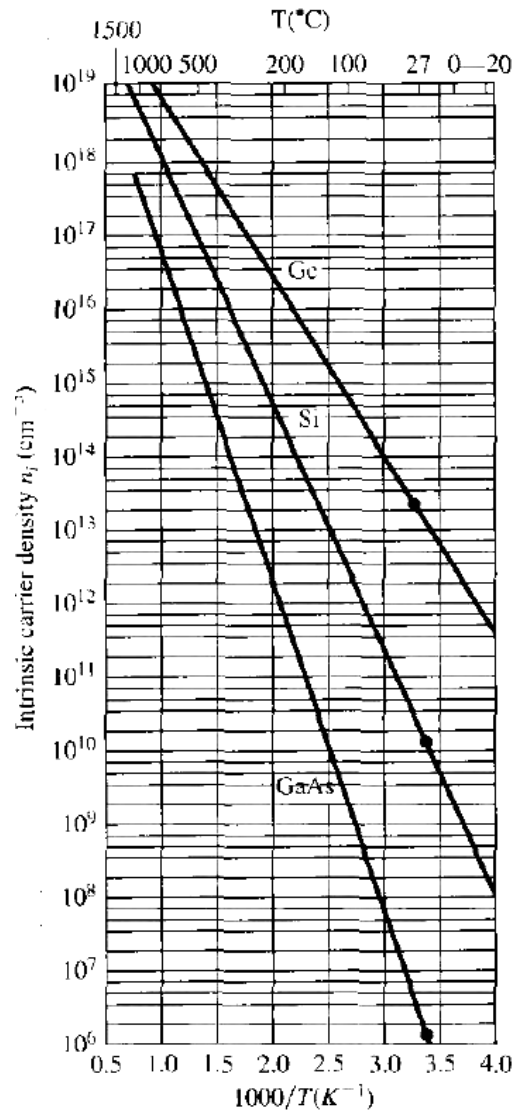
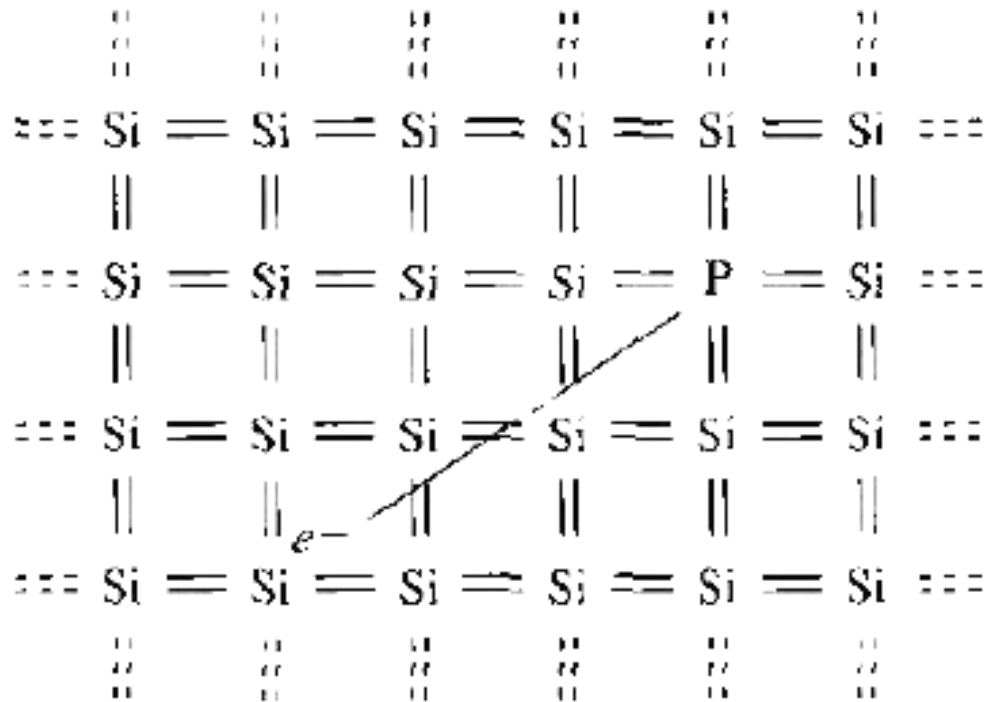


Figure 4.2 | The intrinsic carrier concentration of Ge, Si, and GaAs as a function of temperature. (From Sze [13].)

# Semiconductores Extrinsicos

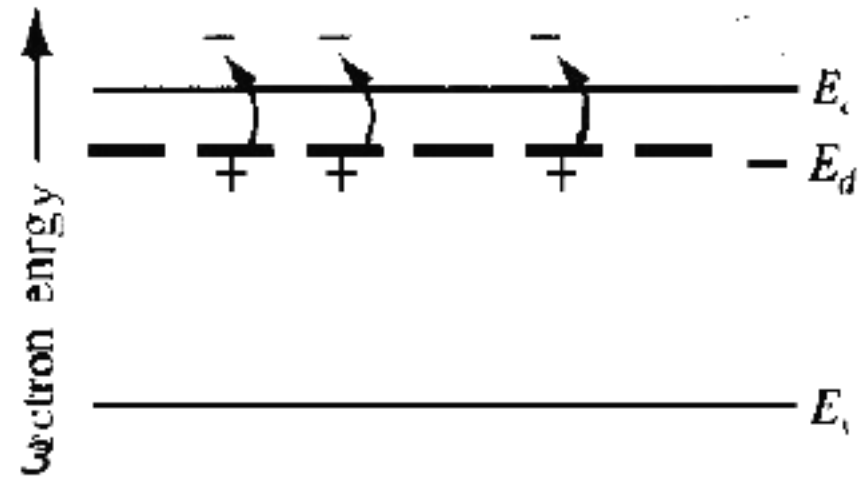
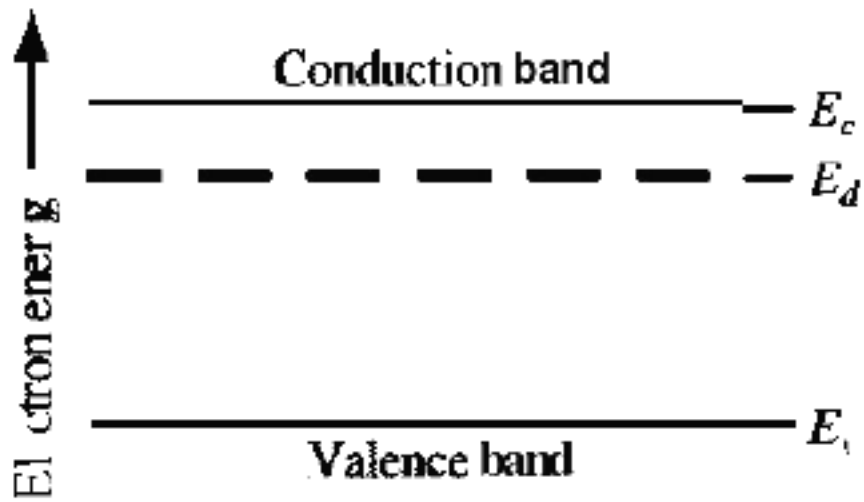
Un semiconductor extrinsico es un semiconductor con impurezas.



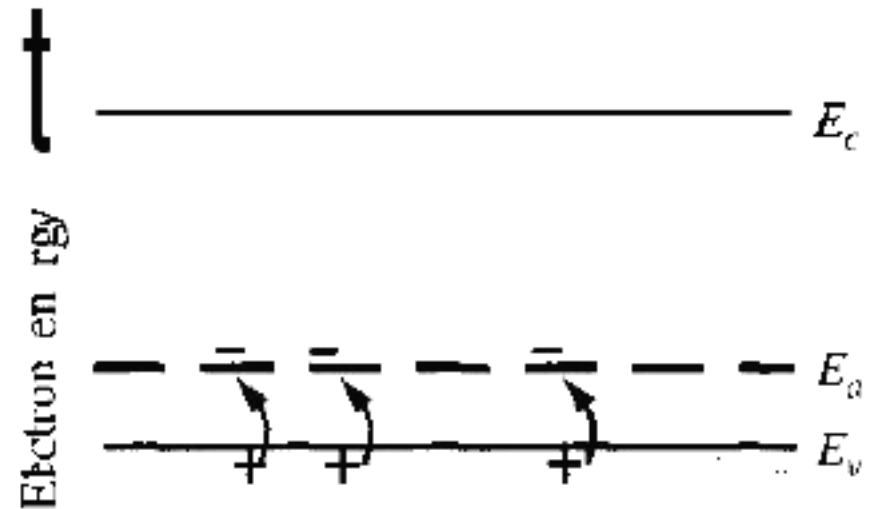
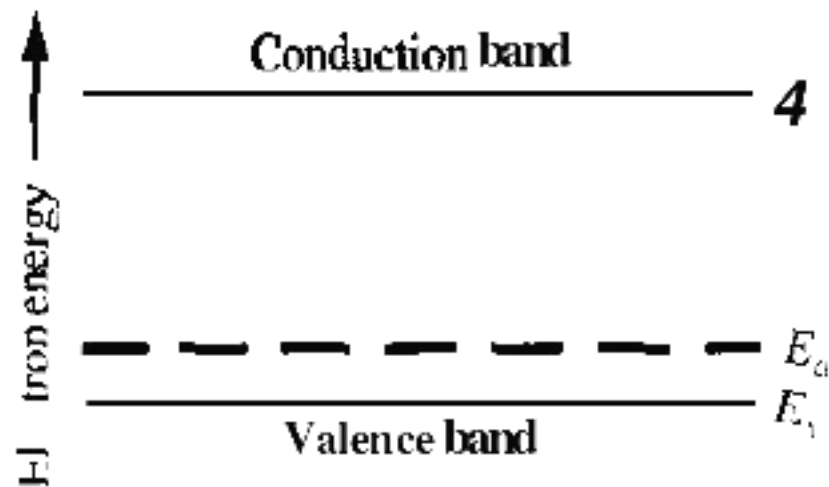
# Semiconductores Extrinsicos

IIIA	IVA	VA
<p>13</p> <p><b>Al</b></p> <p>26.98153</p>	<p>14</p> <p><b>Si</b></p> <p>28.0855</p>	<p>15</p> <p><b>P</b></p> <p>30.97376</p>
<p>Dopante tipo p</p> <p>3 e-</p> <p>de valencia</p>	<p>SC intrínseco</p> <p>4 e-</p> <p>de valencia</p>	<p>Dopante tipo n</p> <p>5 e-</p> <p>de valencia</p>
<p>Deficiencia de e- puede producir hueco</p>	<p>e- adicional puede ser e- de conducción</p>	

# Semiconductores Extrinsicos Tipo n



# Semiconductores Extrinsicos Tipo p



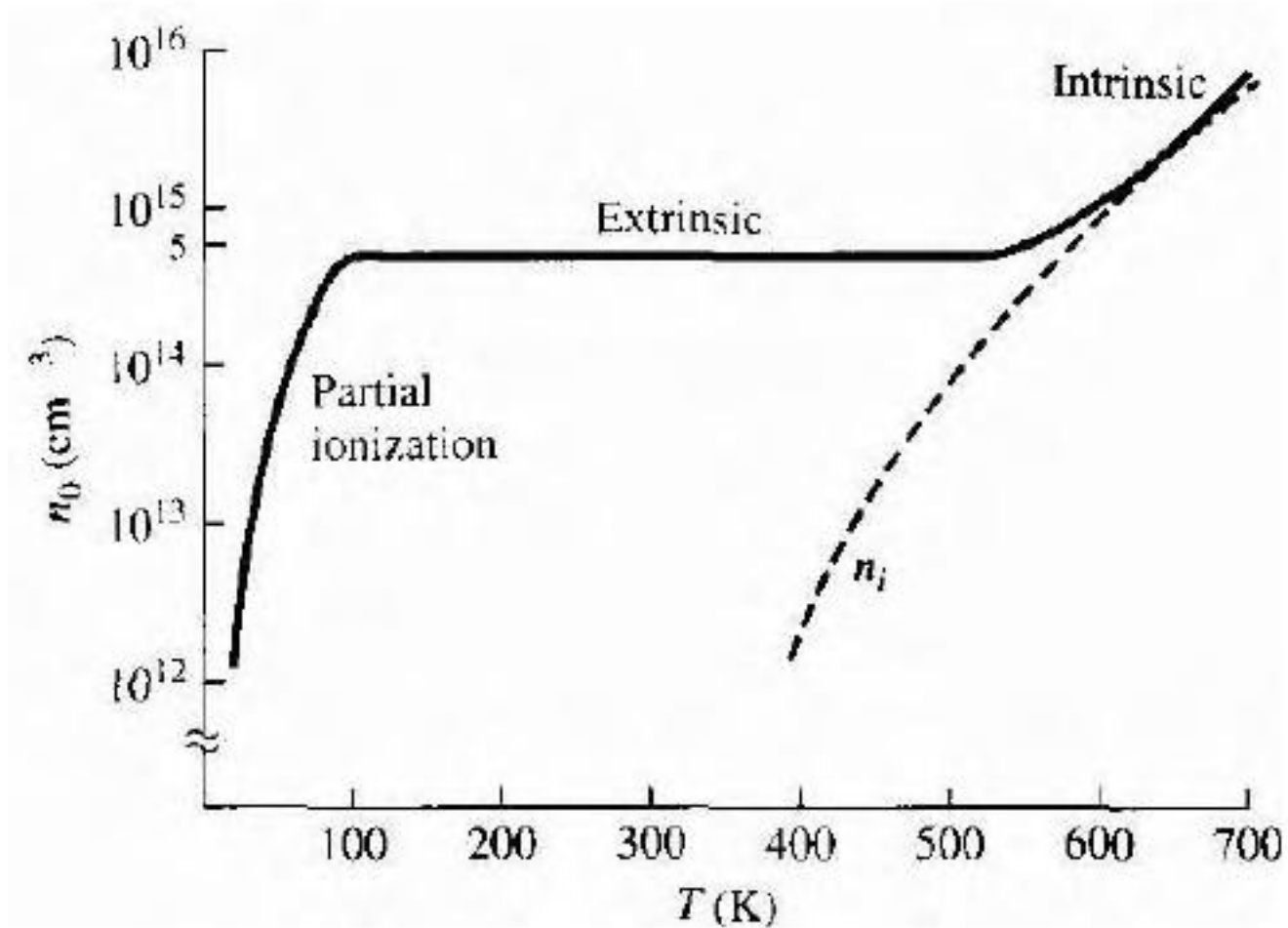


# Semiconductores Extrinsicos

Table 4.3 † Impurity ionization energies in silicon and germanium

Impurity	Ionization energy (eV)	
	Si	Ge
<i>Donors</i>		
Phosphorus	0.045	0.012
Arsenic	0.05	0.0127
<i>Acceptors</i>		
Boron	0.045	0.0104
Aluminum	0.06	0.0102

# Semiconductores



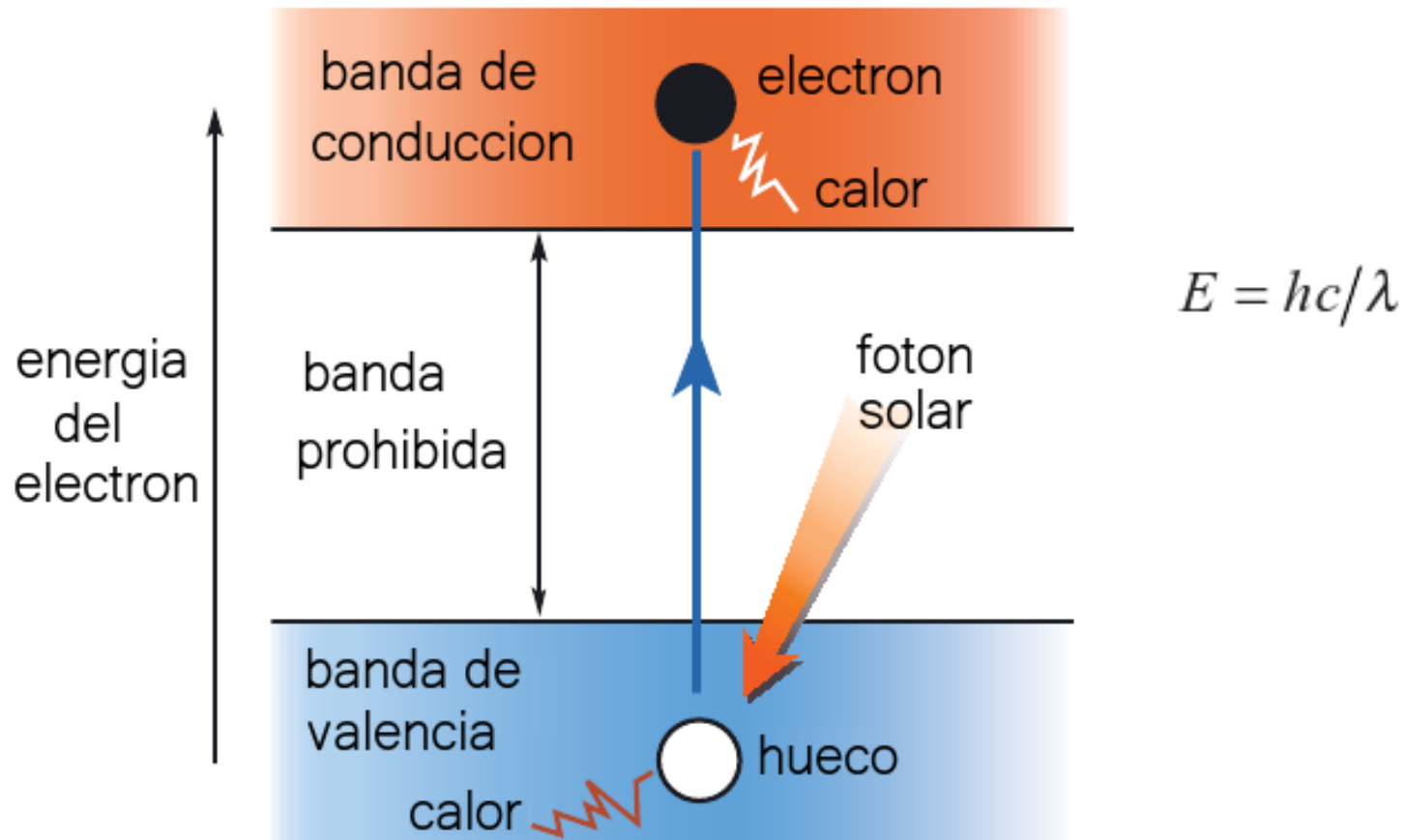
---

# Fotoconductividad

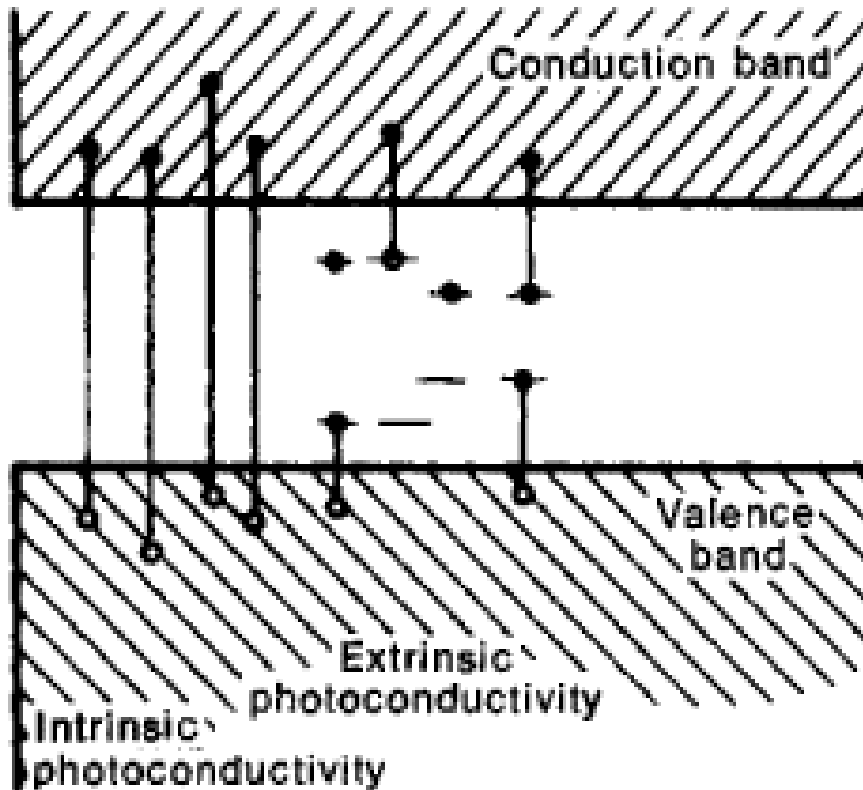
---

La fotoconductividad es definida como el cambio de la conductividad eléctrica ( $\sigma$ ) de un material debido a la acción de radiación incidente. El primer reporte sobre fotoconductividad ocurrió en 1873 por W. Smith, quien observa que la resistividad del Se disminuía por efecto de la radiación del sol.

# Fotoconductividad



# Fotoconductividad



$$\frac{dn}{dt} = \eta\alpha(\lambda)I_0 - \frac{n}{\tau}$$

$n$  es el número de portadores

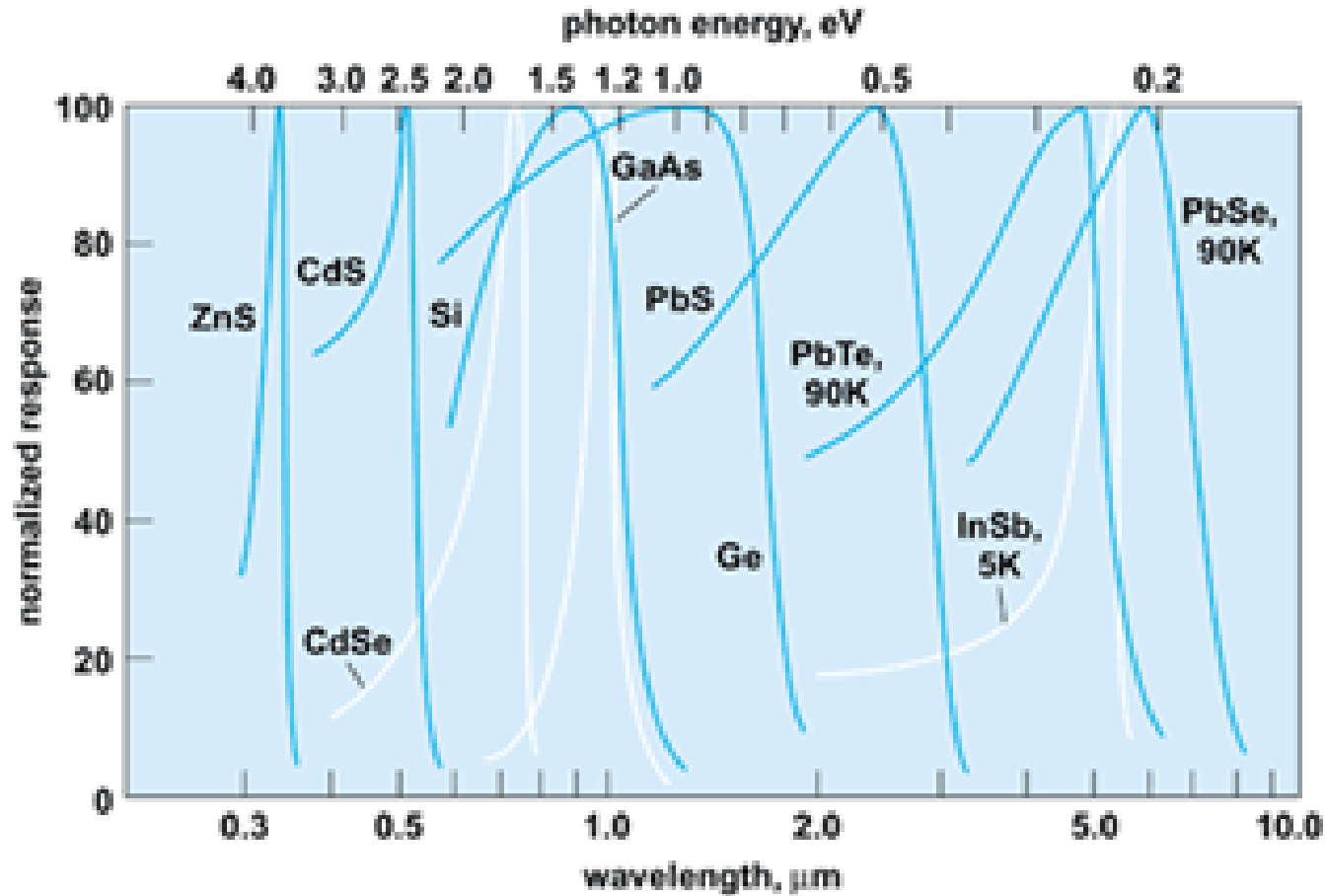
$\eta$  es la eficiencia del proceso

$\alpha$  es el coeficiente de absorción para cada longitud de onda

$I_0$  es la intensidad de la radiación incidente

$\tau$  es el tiempo de relajación de los electrones

# Fotoconductividad



# Fotoconductividad

