

la materia ha 4 fasi

- Solido
- Liquido
- gas
- Plasma

Cristallino  $\rightarrow$  ho reticoli con distanze precise  
usati x elettronica x gli atomi

Amorfo  $\rightarrow$  non sono periodici (Vetro)

Conduttore Se applico  $\Delta V \rightarrow$  le cariche si muovono non è il potenziale ma il campo elettrico che muove le cariche

Semiconduttore Silicio Germanio

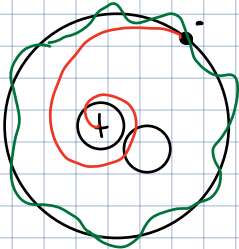
Isolante

Atomo di H

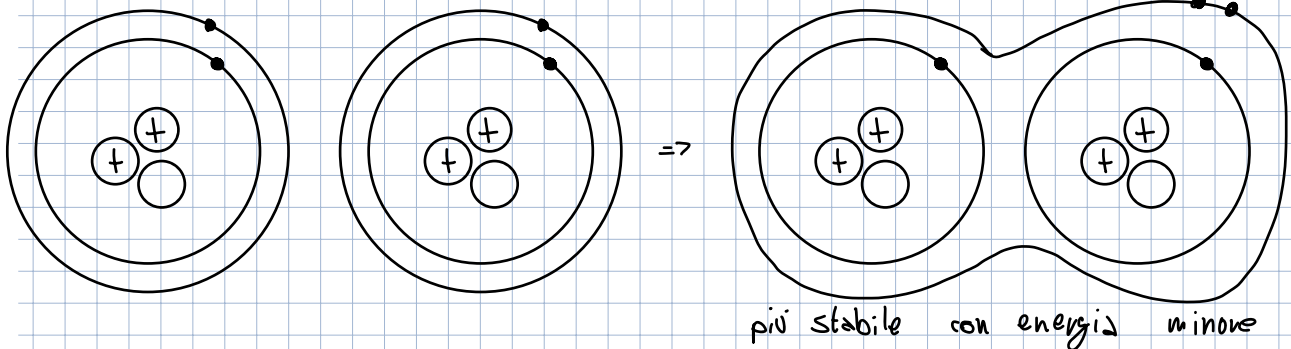
- x gira

l'elettrone è un'onda distribuita sul perimetro "orbitale"

le orbite sono quantizzate

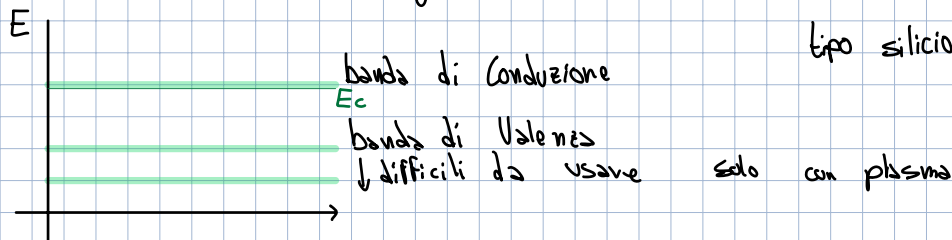


Se li avvicino due atomi cosa succede??



io ho un solido non atomi cosa succede??

si hanno delle bande energetiche ovvero molti livelli vicini tra di loro



tipo silicio 14 e  $\rightarrow$  14 bande

Se conosco energia conosco tutto del materiale

in un atomo è difficile che le cariche si muovano invece se ho una molecola gli elettroni si spostano lungo il "fascio".

Ma quanti elettroni ci sono ??? si fa con la statistica in base ai livelli

statistica di Fermi limite della conduzione

$$P(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{(E - E_F)}{kT}}}$$

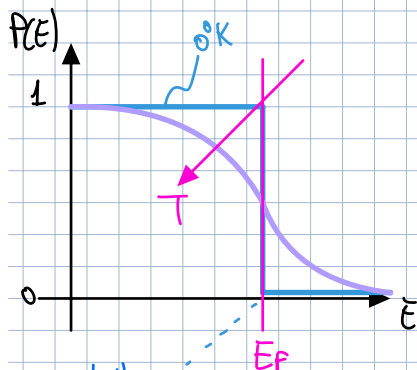
sta tra 0 e 1 mi dice quanti sono  
 livello di Fermi  
 Temperatura °K Boltzmann  
 numero piccolo

$$N_e = \int_B G(E) \cdot P(E) \cdot dE \rightarrow n = N_c \cdot e^{\frac{E_c - E_F}{kT}}$$

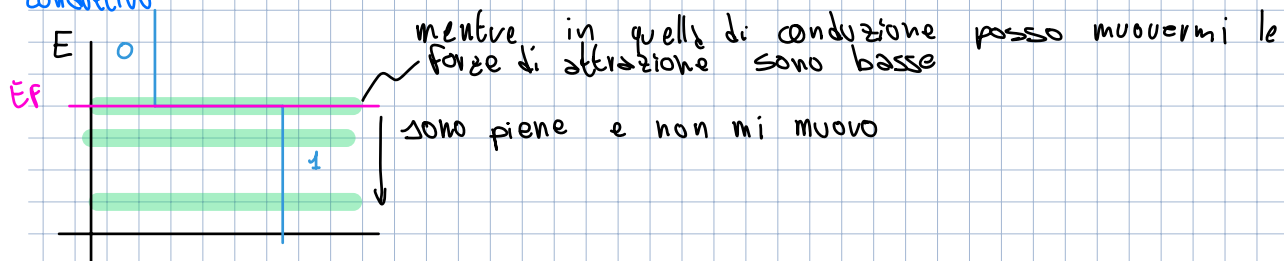
dip. dal materiale

$$n = \frac{N}{\Omega} \Rightarrow \text{volume}$$

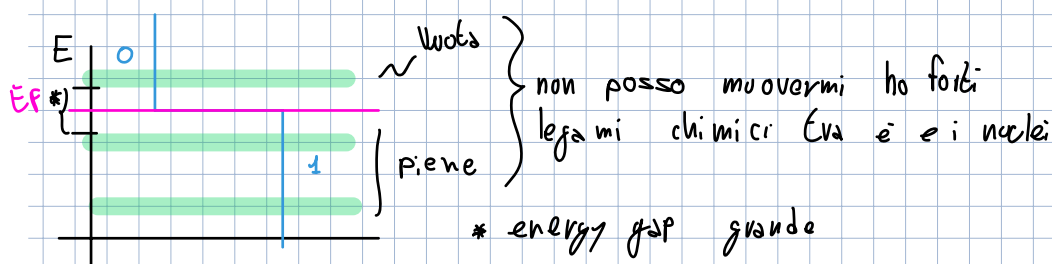
- particelle
- Bosoni ("fotoni")
  - Fermioni non possono avere lo stesso livello



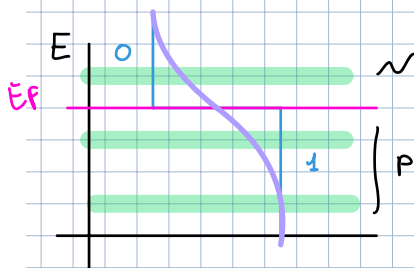
- per metallo conduttivo



- per isolanti



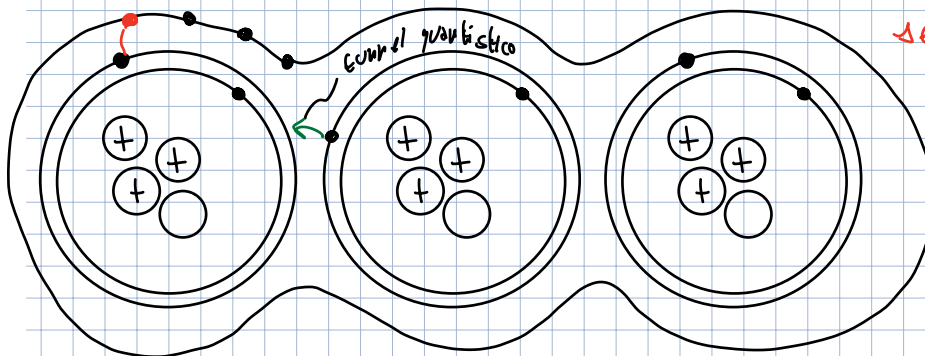
• per semiconduttori



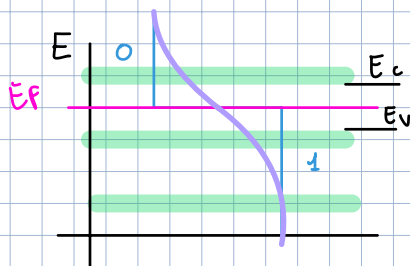
energy gap piccolo

se  $T = 0^\circ K \rightarrow$  come isolanti

se  $T > 0^\circ K \rightarrow$  come conduttori gli elettroni si spostano  
 $\downarrow$   
 si scalda  $\rightarrow$  si rompono i legami



campo elettrico applicato



Salta gli elettroni e i protoni sono liberi con  $\vec{E}$

$$n = N_C \cdot e^{-\frac{E_C - E_F}{kT}}$$

$$p = N_V \cdot e^{-\frac{E_F - E_V}{kT}}$$

conduttività

x metallo  $10^6 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

x Semi  $1 \div 10 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

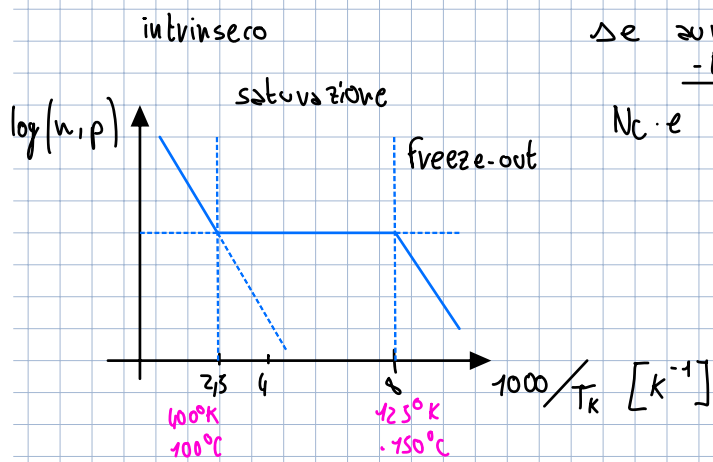
x isolanti  $10^{-12} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

$n = 10^{22} \text{cm}^{-3}$  x

$n \approx 10^{10} (T_{amb}) \text{cm}^{-3}$   $p = n$

$n \approx 0$

il drogaggio viene fatto con Silicio e Boro per ottenere "lacune" e  
 ottengo  $p \neq n \rightarrow$  x non è materiale intrinseco  $\rightarrow$  ma vale sempre  
 $n \times p = n^2$  oocchio che vale solo x certe temperature.



se aumento  $T$  ho più elettroni in banda  

$$\frac{-E_C - E_F}{N_C \cdot e}$$

$P_{\text{fornitore}} \text{ donatore } N_D$   
 $Ban \text{ accettore } N_A$

$\left. \begin{array}{l} P_{\text{fornitore}} \text{ donatore } N_D \\ Ban \text{ accettore } N_A \end{array} \right\} \text{ in saturazione } \begin{array}{l} n = N_D \\ p = N_A \end{array}$

non c'è solo il campo elettrico che muove le cariche