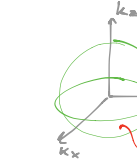
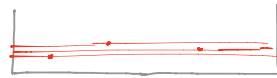


Repetition

- Helt metalliskt approximeras som en brunn.

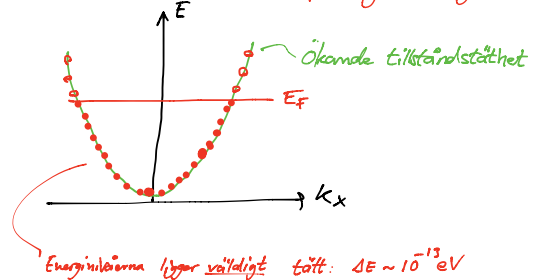
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \phi(x) = E \phi(x), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}, \quad \vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$$



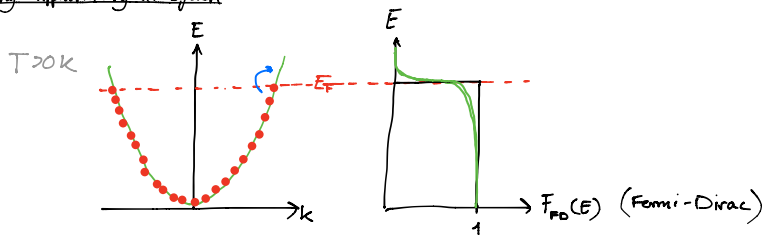
- Tillståndstäthet $Z(E) \propto \sqrt{E}$ i 3D

- Fermienergi, E_F : Alla valenselektroner ligger under E_F vid $T=0$

Fermitemperatur $E_F = kT_F$, T_F otroligt hög.



Fortsättning: Uppvärmning av system



$F(E)$ ger sannolikhet att ett tillstånd vid energi E är besatt givet $E_F(T)$ och T , $E_F(T)$ = Fermi-nivå (inte Fermienergi!)

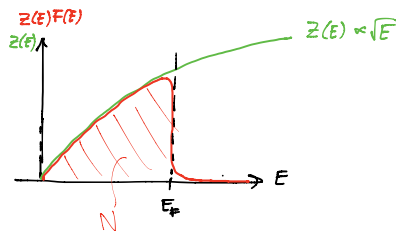
$$F(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F(T))/kT} + 1}$$

Fermi-nivå $E_F(T) \rightarrow$ Fermienergi E_F då $T \rightarrow 0$.

Denna varierar med T

Tidigare kom vi fram till att totalt antal elektroner $N = \int_0^{E_F} Z(E) dE$

Nu när $T > 0$ ändras denna till $N = \int_0^{\infty} Z(E) F(E) dE$ (marginell skillnad för låga temperaturer!)



Boltzmannfaktor:

sannolikheten att systemet med 8 el. finns i en viss konfiguration med energi E_i givet T .

$$P(E_i) = \frac{e^{-E_i/kT}}{\sum_n e^{-E_n/kT}}$$

Energi hos viss konf.

Energi hos alla konf.

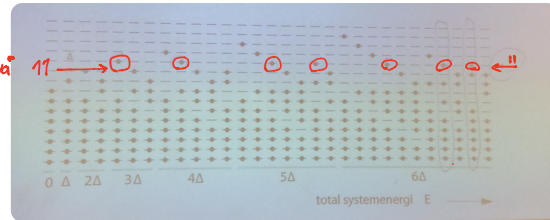
Ek nivå 11:

$$P(11e) = \frac{e^{-3/4kT} + e^{-4/4kT} + 2e^{-5/4kT} + 3e^{-6/4kT} + \dots}{e^{-3/4kT} + e^{-4/4kT} + 2e^{-5/4kT} + 3e^{-6/4kT} + \dots}$$

Om $kT = \Delta$ för $P(\text{nivå 11 besatt}) = 0,0456$.

Se fig 2 för plot av $P(E_i)$

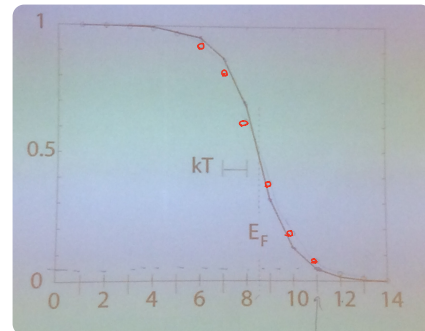
nivå 11



Figur 1: Olika besättningar av energier beroende på systemenergi

Böckermatematikern kan användas för att hitta medelenergin:

$$\bar{E} = 0 \cdot P(0) + \Delta \cdot P(\Delta) + 2 \cdot 2\Delta \cdot P(2\Delta) + \dots = \sum_n E_n P(E_n) \quad (\text{Se fig. 1})$$



Figur 2: Resultatet av $P(E_i)$ jämfört med ????

Värmekapacitet

$$C_v = \frac{dE}{dT}$$

Vi använder nu frielektronmodellen för att undersöka vårt resultat från föreläsning 2.

Klassiskt: $C_v = N_{\text{atom}} \cdot 3k + N_{\text{elektron}} \cdot \frac{3}{2}k$, $C_v^{el} = \frac{dE^{el}}{dT}$

hur frielektronmodellen (FEM) $\Rightarrow E^{el}(T) = E^{el}(T=0) + kT \cdot Z(E_F) \cdot kT = E^{el}(T=0) + k^2 T^2 Z(E_F)$

$$\Rightarrow C_v^{el} = \frac{dE^{el}}{dT} = 2k^2 T \cdot Z(E_F) = \left[Z(E_F) = \frac{3N_{el}}{2E_F} \right] = \left(\frac{3k^2 T \cdot N_{el}}{E_F} \right)$$

harmönga som exciteras

När möjligt de ökar sin energi

Klassiskt

Kvantmekaniskt

$$C_v^{el}/\text{elektron} : \frac{3}{2}k \quad \frac{3k^2 T}{E_F}$$

Faktor $\frac{C_v(\text{klass})}{C_v(\text{kvant})} \approx \frac{1}{200}$ i kvant har vi tagit i beaktning att det bara är ett fåtal elektroner som kan flyttas på sig!

Klassiskt vs kvant?

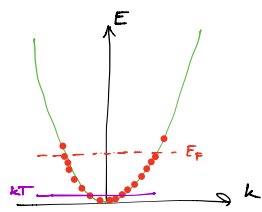
— Till stor del beroende på när Pauliprincipen spelar roll.

$\Rightarrow$ Pauliprincipen kvittar om $F(E) \ll 1$ för alla tillåtna E i vårt system. $\Leftarrow$ Ingen konkurrens om tillstånd

$$F(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} \ll 1 \Rightarrow F(E) \approx e^{-(E-E_F)/kT} \ll 1 \text{ för alla } E \text{ i vårt system} \Leftarrow \text{När gäller då detta??}$$

Generellt: E_F ligger under alla tillåtna E i vårt system.

Kvantregim: $kT \ll E_F$



Klassisk regim: $kT \gg E_F$

