

>> U_0 Klassisk gass Boltzmannfordeling
 << U_0 Kvantmekanikk $\frac{1}{2}$ Fermi gass \bar{n}_{FD}
 eller Bose gass \bar{n}_{BE}

Fermi gass $T=0$ som QM
 $T=0$ Fermionegass $E_F = \mu(T=0)$

Approximerasjon: Elektronene er fri / ingen andre krefter/potensialer om beholder (V)

Fri-elektron-gass-modellen (dypstet tilstand)

$E = \frac{\hbar^2 p^2}{2m} = \frac{\hbar^2}{8mL^2} (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2) \sim \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$

NVE Antall tilstander = Antall k i av spinn
 kvantiseringsgass
 NVT Tilstandstetthet $Z = \sum e^{-\beta E}$

Fermi-gass Antall tilstander = 2 * volum av k -rommet
 $N = \frac{2}{(2\pi)^3} \int d^3k$

Fyller opp til Fermi-energien $E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m}$
 $E_F = \frac{\hbar^2}{8m} \left(\frac{3N}{\pi V}\right)^{2/3} = f\left(\frac{N}{V}\right)$
 $\frac{E_F}{k} = T_F \gg T$ tilsvarende $\frac{V}{N} \ll U_0$

nov 8-10:07

Totalenergien $U = \iiint E(n) d^3n d\Omega d\epsilon$
 $= 2 \int E(n) n^2 dn \int_0^\pi \sin\theta d\theta \int_0^{2\pi} d\phi$

Sannsynlighet $g(\epsilon) = \frac{2}{(2\pi)^3} \int d^3k \delta(\epsilon - E(k)) = \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon$

$g(\epsilon)$ fordelingsfunksjon, tilstandstetthet
 $\frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon \rightarrow \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon$
 $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \Rightarrow k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$
 $\frac{dk}{dE} = \frac{1}{\hbar} \sqrt{\frac{m}{2E}}$
 $\frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} \cdot \frac{1}{\hbar} \sqrt{\frac{m}{2\epsilon}} d\epsilon = \frac{2}{\pi^2} \frac{m^2}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon = g(\epsilon)$
 $\Rightarrow \frac{2}{\pi^2} \frac{m^2}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon$ Tilstandstetthet

Per kvantmekanikk aproks. $T=0$
 Fermi/total $U = \int_0^{E_F} g(\epsilon) \epsilon d\epsilon = \frac{3}{5} N E_F$
 $P = -\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_{N,T} = \frac{2}{3} \frac{U}{V}$

Viktig å huske! P og elektronvisning. Høyt degenarasjonsfakt

Degenerert gass Elektroner Det lange tidsfelte
 Elektron-gass Elektron Betrekkere elektroniske ledning
 Elektron-gass Helt degenert } Betrekkere grunnleggende
 Nøytronegass Nøytronegass

nov 8-10:37

Kobber $\rho = 9 \text{ g/cm}^3$ $M_r = 63.5 \text{ g/mol}$

En kubisk bit på 63.5 g 1 mol atomer $N = N_A$

$V = \frac{63.5 \text{ g}}{9 \text{ g/cm}^3} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

Antal at hvert atom bidrar med ett elektron $N_e = N_A$

$\frac{N}{V} = \frac{6 \cdot 10^{23}}{7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 9.5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \sim 1 \text{ \AA}^{-3}$ gjellenevnt

$E_F = \frac{\hbar^2}{8m} \left(\frac{3N}{\pi V}\right)^{2/3} = 10^{-18} \text{ J} = 7 \text{ eV}$

$T_F = \frac{E_F}{k} = 82000 \text{ K}$

$P = \frac{2}{5} \frac{N}{V} E_F = 3.8 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \sim 40 \text{ GPa} \sim 4 \cdot 10^5 \text{ atm}$

$B = -V \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = 64 \text{ GPa}$ Ekspansjonskoeff: $B = 123 \text{ GPa}$

nov 8-11:02

Varmekapasitet? $T > 0$ $c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_N$

Antall elektron er dekket
 * antall elektron er dekket $\propto kT$
 $\propto N$

Elektron energi / kapasitet
 * antall elektron er dekket $\propto NkT$
 * energi $\propto NkT$
 $\frac{E_{avg}}{E_F} \propto \left(\frac{kT}{E_F}\right)^2$ (for degenert)

$U(T > 0) = U(T=0) + \Delta U$
 $= \frac{3}{5} N E_F + \frac{1}{2} N \left(\frac{kT}{E_F}\right)^2$

$c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_N \propto \frac{N k^2 T}{E_F}$

$T > 0$ litt mer formelt

$T=0$ fordelingsfunksjon $f(\epsilon) = g(\epsilon)$ i tilstands-
 ledning

$T > 0$ $f(\epsilon) = g(\epsilon) \bar{n}_{FD}(\epsilon)$

$N = \int_0^{E_F} g(\epsilon) \bar{n}_{FD}(\epsilon) d\epsilon$
 $\Rightarrow \frac{N}{N_0} = 1 - \frac{\pi^2}{12} \left(\frac{kT}{E_F}\right)^2$

$U = \int_0^{E_F} \epsilon f(\epsilon) d\epsilon = \int_0^{E_F} \epsilon g(\epsilon) \bar{n}_{FD}(\epsilon) d\epsilon$
 $= \frac{3}{5} N E_F + \frac{\pi^2}{6} N \left(\frac{kT}{E_F}\right)^2 + \dots$

nov 8-11:26

Elektron-gass

Viktig å huske! Antall elektron er dekket
 * antall elektron er dekket $\propto kT$
 $\propto N$

Elektron energi / kapasitet
 * antall elektron er dekket $\propto NkT$
 * energi $\propto NkT$
 $\frac{E_{avg}}{E_F} \propto \left(\frac{kT}{E_F}\right)^2$ (for degenert)

Hvor er μ ? ($\mu = E_F$)
 1) $E_F = E_{avg}$
 2) $E_F = E_{avg}$
 3) E_F er midt mellom E_c og E_v

$T > 0$ en viktig ting: antall innledende i ledningsbånd
 $g(\epsilon) = \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon}$
 $\bar{n}_{FD}(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(E - \mu)} + 1}$
 $\Rightarrow E_c, \mu$ er midt i ledningsbåndet

Hvor mange ledende elektroner i ledningsbåndet?
 $dN = g(\epsilon) d\epsilon$
 $N = \int_{E_c}^{E_F} g(\epsilon) d\epsilon$
 $N = \int_{E_c}^{E_F} \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{\epsilon} d\epsilon = \frac{2}{3} \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} \sqrt{E_F} E_F = \frac{2}{3} \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} E_F^{3/2}$

$N = \frac{2}{3} \frac{2}{\pi^2} \frac{m^3}{\hbar^3} E_F^{3/2}$ Bdfun.

nov 8-11:41