28/1-2013 FEM: $\psi(x) = e^{ikx}$, $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$, $k = \frac{2\pi}{L} n$, $n = 0, \pm 1, \ldots$ Fermienergi: $E_F(T=0) = \frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{3n}{8\pi}\right)^{2/3}$

(4)

Välbestämt $\vec{p} = \hbar k$

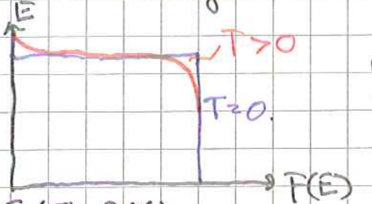
tillstånd identifieras av $(k_x, k_y, k_z, \text{spin})$

3D: tillståndstäthet $Z(E) \sim \sqrt{E}$

E_F: Fermienergin.

Fermifördelningen:

Alla tillstånd fulla $T=0$.



$F(E)\cdot Z(E)$

$N = \int_0^{E_F} Z(E)\,dE$ $(T=0)$

$N = \int_0^{\infty} Z(E)F(E)\,dE$ $(T>0)$

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

?

Boltzmann-faktor: sh att en viss konf. systemtillstånd, är besatt vid T

$$P(E) = \frac{e^{-E_i/kT}}{\underbrace{\sum_n e^{-E_n/kT}}_{\text{Samma över alla konf.}}} \sim e^{-E_i/kT}$$

(i konf. "i" har systemet energin E_i.)

Ex/ 11 är besatt.

$$P(\text{1:a } 3\Delta \text{ konf}) = \frac{e^{-3\Delta/kT}}{\sum_n \ldots}$$

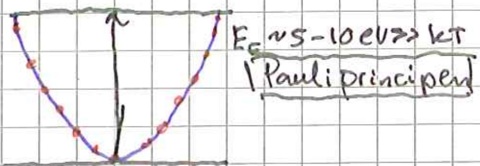
$$P(11e) = \frac{e^{-3\Delta/kT} + e^{-4\Delta/kT} + 2e^{-5\Delta/kT} + 3e^{-6\Delta/kT}}{e^{-0/kT} + e^{-\Delta/kT} + 2e^{-2\Delta/kT} + 3e^{-3\Delta/kT} + 5e\ldots}$$

Sätt $kT = \Delta \Rightarrow P(11e) = 0{,}00156$.

$E_{medel} = P(0)\cdot 0 + P(\Delta)\cdot\Delta + P(2\Delta)\cdot 2\Delta + \ldots$

Klassiskt $E_{kin} = \frac{3}{2}kT$

FEM:



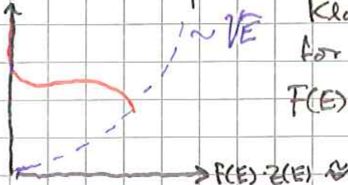
När fungerar en klassisk beskrivning?

Kvant/Klassiskt

$\Leftrightarrow$

när spelar Pauliprincipen roll?

Om det inte finns någon konkurrens om tillstånd $\rightarrow$ pauli. "kvittar".



Klassisk gräns $F(E) \ll 1$ för alla E i systemet.

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

$F(E)\cdot Z(E) \approx e^{-(E-E_F(T))/kT} \ll 1$ för alla E.

$E=0$: $e^{E_F(T)/kT} \ll 1 \Rightarrow E_F(T) < 0$

$$nL^3 = N = \int_0^{\infty} Z(E)F(E)\,dE \approx \int_0^{\infty} \underbrace{c\sqrt{E}}_{Z(E)}\, e^{-(E-E_F(T))/kT}\,dE$$

$\vdots$

$$n = e^{E_F(T)/kT}\cdot\frac{2}{h^3}(2\pi m kT)^{3/2}$$

$$E_F(T=0) = \underbrace{\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{2/3} n\,kT}_{\sim 1}\underbrace{\left(e^{E_F(T)/kT}\right)^{2/3}}_{\ll 1}$$

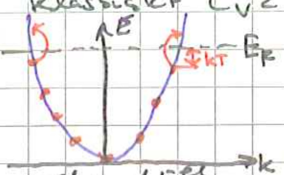
$\Rightarrow \boxed{E_F(T=0) \ll kT}$ för klassisk gräns

i uppfylls för T hög

$E_F(T=0)$ låg $\Leftrightarrow$ n litet.

Värmekapacitet. Hur blir det nu?

klassiskt $C_V = 3\cdot N_{atom}\cdot k + \underbrace{\frac{3}{2}N_{el}\cdot kT}_{\text{exp} \sim 0}$



$E_{tot}^{el}(T) \sim E_{tot}^{el}(T=0) + \underbrace{kT\,Z(E_F)}_{\text{antal som ökar energi}}\cdot kT$ (skillnaden den har med sig.)

$$C_V^{el} = \frac{dE_{tot}^{el}}{dT} = 2k^2 T Z(E_F) \rightarrow k^2 T \frac{N}{E_F(T=0)}\cdot\frac{3}{2}$$

$Z(E)\,dE$.

$Z(E_F)(T=0) = \frac{N}{E_F(T=0)}\cdot\frac{3}{2}$

	klassiskt	QM(FEM)	"exakt"
C_V^{el}/el	$\frac{3}{2}k$	$\frac{3k^2T}{E_F(T=0)}$	$\frac{\pi^2}{2}\frac{k^2T}{E_F}$

$\sim \frac{kT}{E_F}$ RT: $\frac{1}{40}eV\cdot\frac{1}{5eV} = \frac{1}{200}eV$

Granska fel vid Pauli: