

Termofysik 2007:

Övning 11, genomgång tisdag 4.12 kl. 16-18.

1. Rita Fermi-distributionen,

$$\bar{n}_k = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_k - \mu)} + 1}$$

för $\mu = 1$ eV och $T = 10000, 5000, 1000, 0$ K.

Fermi-energin $\epsilon_F = \mu(0 \text{ K}) (\mu = \mu(T))$. Vad är den fysikaliska tolkningen av ϵ_F ?

2. Beräkna atomdensiteten och fermienergin för a) Li b) Na c) K d) Cu e) Ag och f) Au och jämför med värdena i föreläsningsanteckningarna.

Li, Na, K har BCC-kristallstruktur, vilket är en kubisk enhetscell med 2 atomer per cell. Cu, Ag och Au har en FCC-struktur, d.v.s. 4 atomer per kubiska enhetscell. Gitterkonstanterna finns tabulerade nedan. ($a_0(\text{Li}) = 3.490 \text{ \AA}$, $a_0(\text{Na}) = 4.320 \text{ \AA}$, $a_0(\text{K}) = 5.230 \text{ \AA}$, $a_0(\text{Cu}) = 3.615 \text{ \AA}$, $a_0(\text{Ag}) = 4.090 \text{ \AA}$, $a_0(\text{Au}) = 4.080 \text{ \AA}$)

3. Beräkna Debyetemperaturen T_D för a) Cu b) C c) Si och d) Fe, då du vet att Debyefrekvensen ges av

$$\omega_D^3 = \frac{18N\pi^2}{V(\frac{2}{c_T^3} + \frac{1}{c_L^3})}.$$

c_T och c_L är de transversella respektive longitudinella moderna av ljudets hastighet (se tabell nedan). Jämför T_D med tabulerade värden nedan. Använd informationen om strukturerna given i föregående uppgift.

	struktur	$a_0(\text{\AA})$	$c_T(\text{m/s})$	$c_L(\text{m/s})$	$T_D(\text{K})$
Cu	FCC	3.615	2325	4760	315
Fe	BCC	2.867	2809	4994	460
Pt	FCC	3.920	1730	3260	230
W	BCC	3.160	2890	5220	310

4. En halvledare innehåller n donatornivåer, vars energi är $-\epsilon_0$. En donatornivå kan ockuperas antingen av en spinn-upp eller en spinn-ner elektron men den kan inte samtidigt upptas av två elektroner. Erhåll den stora partitionsfunktionen för elektronerna i donatornivåerna och finn därmed antalet elektroner i donatornivåerna.

VÄND!

5. Härled följande ekvation,

$$c_V(T) = \frac{3\pi^2}{4} k \frac{T}{T_F},$$

för värmekapaciteten av en fri elektron gas vid låga temperaturer, d.v.s. $T \ll T_F$, m.h.a. fermidistributionen, $\bar{n}(\epsilon)$, samt tillståndstätheten

$$f(\epsilon)d\epsilon = \frac{4\pi V}{h^3} (2m)^{3/2} \epsilon^{1/2} d\epsilon.$$

Utgå från

$$E = \int_0^\infty f(\epsilon) \bar{n}(\epsilon) \epsilon d\epsilon.$$

Vink: För $T \ll T_F$ och en godtycklig funktion $\phi(\epsilon)$ gäller:

$$\int_0^\infty \frac{\phi(\epsilon) d\epsilon}{\exp^{(\epsilon-\mu)/kT} + 1} = \int_0^\mu \phi(\epsilon) d\epsilon + \frac{\pi^2}{6} (kT)^2 \frac{d\phi(\mu)}{d\mu}.$$

(Se Landau och Lifshitz, s 169-170 för härledning av detta).

6. Använd Richardson-Dushmans ekvation för att bestämma emissionsströmtätheten för beryllium vid a) $T = 100$ K b) $T = 300$ K och c) 1000 K. Arbetsfunktionen för Be är 4.98 eV.