

# TENTAMEN I FASTA TILLSTÅNDETS FYSIK F3

Tid 2005 03-19 em

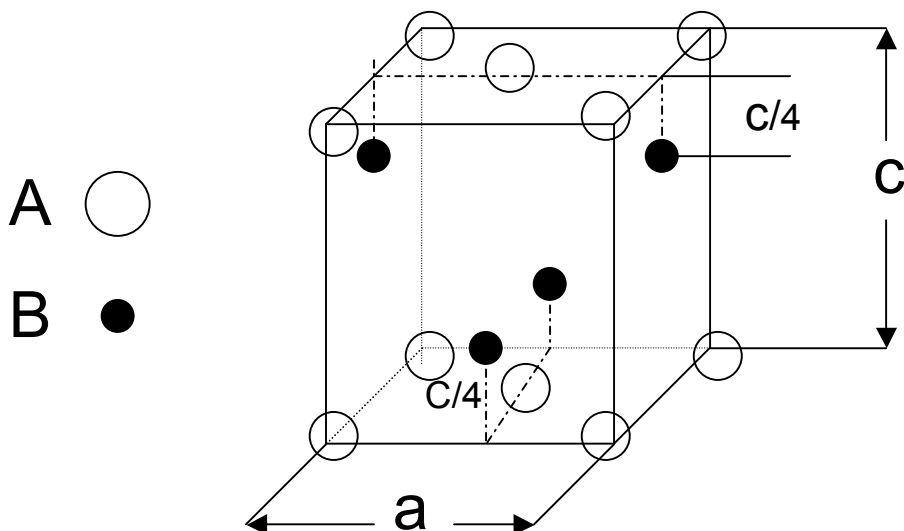
Lokal V

Hjälpmedel Matematiska tabeller, Physics Handbook, TEFYMA, typgodkänd räknare eller annan räknare i fickformat dock utan inprogrammerad text eller ekvationer av intresse för tentamen. Däremot är det i sin ordning att i räknarens minne ha lagrat värden på naturkonstanter som t.ex Plancks konstant och elektronmassan.

Examinator Lars Walldén (031-294897)

Vid tentamen Bo Helsing (031-411425)

1. Nedan visas den tetragonala enhetscellen för en förening av grundämnena A och B.
  - a) Ange den kemiska formeln för föreningen. (1 p)
  - b) Beskriv strukturen med gitter och bas. (1 p)
  - c) Ange  $h, k, l$  för åtminstone två reflexer som kommer att saknas vid röntgendiffraktion. (2 p)



2. a) Vid en normal elektron-fononkollision tar en elektron vid Fermi-ytan upp fononens energi och vågvektor så att  $\mathbf{k}_2 = \mathbf{k}_1 + \mathbf{K}$  där  $\mathbf{k}_1$  och  $\mathbf{k}_2$  är elektronens vågvektor före och efter kollisionen och  $\mathbf{K}$  fononens vågvektor. Fononens energi är liten så  $|\mathbf{k}_1| = |\mathbf{k}_2| = k_F$ . Hur stor är största möjliga vinkeln mellan  $\mathbf{k}_1$  och  $\mathbf{k}_2$  om elektronstrukturen beskrivs av frielektronmodellen och fononerna av Debye-modellen? Metallen är tvåvärd, dvs varje atom bidrar med två elektroner till elektrongasen. (2 p)
- b) Vad menas med en Umklapp-process och i vilka sammanhang har sådana processer betydelse? (2 p)

3. a) Gör en beräkning där Du uppskattar hur stort energisprånget vid närmsta Brillouin-zonyta behöver vara för Li för att bringa Fermi-ytan i kontakt med zonytan. (2 p)
- b) Härled uttrycket för Hall-konstanten för en frielektron, samt förklara i kvalitativa termer varför uttrycket kan ge fel tecken för en del i andra avseenden frielektroniska metaller. (2 p)
4. a) Förklara uppkomsten av och hur man kan uppskatta energin för dopnivåer i en halvledares bandgap t ex när Si dopas med P. (2 p)
- b) Inför begreppet effektiv bandmassa och visa hur den varierar med vågvektorn för ett typiskt energiband, Du kan utgå från att  $F = \hbar dk/dt$  där F är kraften orsakad av pålagda fält. (2 p)
5. a) Susceptibiliteten för ett salt med  $\text{Cr}^{+3}$  joner uppmäts vid rumstemperatur (300 K) till  $2.91 \cdot 10^{-4}$  i ett magnetfält av modest storlek, dvs magnetiseringen är långt från mättnad. Konfigurationen för  $\text{Cr}^{+3}$  joner är  $3d^3$ . Beräkna saltets mättnadsmagnetisering. (2 p)
- b) Vilken information kan erhållas av nedanstående diagram? Skriv en kortfattad text till vart och ett av diagrammen. (2 p)

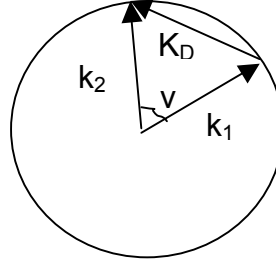
Här finns två diagram saxade ur kursboken: Kittel 8ed sid 348, vänstra diagrammet i Fig 27 och sid 267, vänstra diagrammet i Fig 8; (Samma diagram i Kittel 7ed sid 471 resp sid 343)

#### Lösningssnvisningar till tentamen 19 mars 2005-03-12

1. a) Antal A-atomer i enhetscellen =  $8 \times 1/8 + 2 \times 1/2 = 2$   
 Antal B-atomer =  $4 \times 1/2 = 2$ ; Kemisk formel: AB
- b) Som gitter kan man använda t ex det enkla tetragonala med  $\mathbf{a} = a(1,0,0)$ ;  $\mathbf{b} = a(0,1,0)$  och  $\mathbf{c} = c(0,0,1)$ . Basen är då för A- atomer  $\mathbf{R}_1 = (0,0,0)$  och  $\mathbf{R}_2 = a(1/2, 1/2, 0)$  och för B- atomer  $\mathbf{R}_3 = (a/2, 0, c/4)$  och  $\mathbf{R}_4 = (0, a/2, 3c/4)$ .
- c) Med det enkla tetragonala gittret är  $\mathbf{G}_{hkl} = 2\pi (h/a, k/a, l/c)$  och strukturfaktorn
- $$S = f_A (1 + \exp[-i 2\pi (h/a, k/a, l/c) \cdot (a/2, a/2, 0)]) + f_B (\exp[-i 2\pi (h/a, k/a, l/c) \cdot (a/2, 0, c/4)] + \exp[-i 2\pi (h/a, k/a, l/c) \cdot (0, a/2, 3c/4)]) = f_A (1 + \exp[-i \pi (h+k)]) + f_B (\exp[-i \pi l |2|]) (\exp[-i \pi h] + \exp[-i \pi (k+l)])$$
- Termen med faktorn  $f_A$  är noll om  $h+k$  är ett udda tal  
 Termen med faktorn  $f_B$  är noll om  $h$  är jämnt och  $k+l$  udda  
 eller om  $h$  är udda och  $k+l$  är jämnt  
 dvs  $S=0$  om  $h$  är jämnt,  $k$  udda och  $l$  jämnt  
 eller om  $h$  är udda,  $k$  jämnt och  $l$  jämnt.

2. a) Sätt maximala vinkeln  $= \alpha$ , erhålls för största möjliga fonon-vågvektorn, d v s Debye-vågvektorn. Därav erhålls (se fig nedan)  $\sin(v/2) = K_D / (2 k_F)$  där  $K_D =$  Debye- vågvektorns storlek och  $k_F$  Fermi-vågvektorns.  $K_D = (6 \pi^2 N_A / V)^{1/3}$  där  $N_A =$  antalet atomer och  $k_F = (3 \pi^2 N_e / V)^{1/3}$  där  $N_e$  är antalet elektroner i elektrongasen.

Med  $N_e = 2 N_A$  erhålls  $v = 60^\circ$ .



b) Se boken sid 135

3. a) Avstånd till närmsta zonyta  $G_{110} / 2 = \sqrt{2} \pi / a$ . Energin för en fri elektron vid zongränsen  $E = 3.81 (G_{110} / 2)^2$  eV med  $k$  i  $\text{\AA}^{-1} = [a = 3.49 \text{\AA}] = 6.2$  eV. Fermi-energin erhålls via  $k_F = (3 \pi^2 N_{el} / V)^{1/3}$ , som ger  $E_F = 4.7$  eV. Med ett språng av storleken 3.0 eV trycks energin vid zongränsen ned med 1.5 eV så att energin vid zongränsen  $= E_F$ .

b) se boken sid 164

4. a) se boken sid 222  
b) se boken sid 209

5. a) 3 st 3d elektroner ger  $p_{\text{eff}} = g [S(S+1)]^{1/2} = [g=2; S=3/2] = 3.87$ . Uttrycket i formelsamlingen för susceptibiliteten ger tillsammans med mättnadsmagnetiseringen  $M_m = N m / V = N 3 \mu_b / V = 6 \cdot 10^4$  A/m.

b) Se boken sid 470 och sid 343