

TENTAMEN I FASTA TILLSTÅNDETS FYSIK F3

Tid 2006 03-11 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 (ankn 3347)

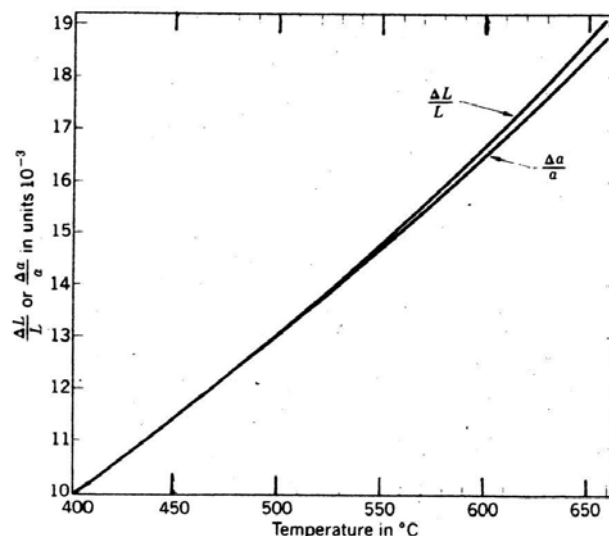
1. Vid röntgendiffraktion med $\text{CuK}\alpha$ strålning erhålls för en oordnad legering med sammansättningen CoNi och atomerna slumpvis ordnade i de positioner, som intas av ett enatomigt ämne med fcc-struktur, följande värden för $\sin^2\theta$: 0.1420, 0.1894, 0.3787, 0.5207, 0.5681, 0.7574, 0.8994, där θ är Bragg-vinkeln. Beräkna legeringens densitet och indicera reflexerna för de fyra minsta Bragg-vinklarna. Atomvikten för Co är 58.9 och för Ni är den 58.7. Våglängden för $\text{CuK}\alpha$ strålning är 1.542 Å. (4 p)

2. a) För ett Al-prov uppmäts längdens och gitterparameterns variation med temperaturen. De relativa ändringarna $\Delta L/L = [L(T) - L(0)] / L(0)$ och $\Delta a/a = [a(T) - a(0)] / a(0)$ är uppräpnade i nedanstående diagram.

- 1) Varför sammanfaller inte kurvorna? (1 p)
- 2) Utnyttja resultaten för att bestämma någon intressant storhet. (1 p)

b) Kristaller deformeras via glidprocesser. Uppskatta storleken på den kritiska skjuvspänningen om man antar att intilliggande atomplan glider stelt i förhållande till varandra. Är den erhållna uppskattningen bra? Om den inte är det hur förklarar man avvikelserna från experimentella värden? (2 p)

Figur till uppgift 2 a



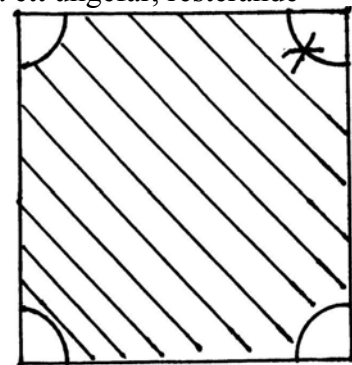
3. a) Vad finns det för experimentell grund för påståendet att elektriska ledningsförmågan för en ren metall begränsas framför allt av elektron-fonon kollisioner? Det finns en speciell typ av elektron-fonon kollisioner som särskilt bidrar till att begränsa ledningsförmågan och som begränsar även den termiska ledningsförmågan för en isolator. Beskriv denna typ av kollisioner. (2 p)

b) Nedanstående figur visar 1:a Brillouin-zonen för ett 2D kvadratisk gitter. Inom den skuggade arean är tillstånden besatta med elektroner.

1) Visa med hjälp av lämplig rörelseekvation hur den med kryss markerade elektronen rör sig i ett magnetfält riktat enligt figuren. Beskriv rörelsen både i k-rummet och vanliga rummet. (1 p)

2) För elektroner vars k-vektorer når cirkelsegmenten nära hörnen av zonen i den högra Brillouin-zonen är energin = Fermi-energin. Om den 2D kristallen har en atom i basen och atomerna är två-värda (2 valenselektroner per atom) så utgör cirkelsegmenten inte hela Fermi-randen. Förklara detta och rita en figur som visar var, på ett ungefär, resterande delar av Fermi-randen kommer att hamna. (1 p)

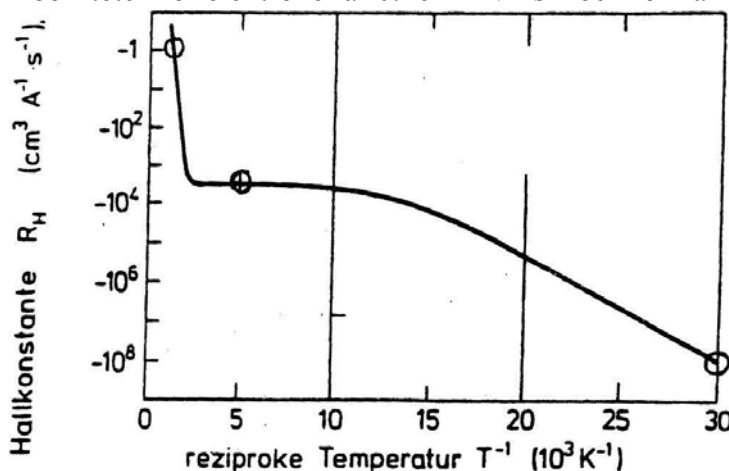
B ⊗



4 a) Redogör för en teoretisk modell som förklarar de energinivåer som introduceras i Si då den dopas med t ex. P. (1 p)

b) Nedanstående diagram visar hur Hall-koefficienten, R_H , varierar med temperatur för Si som dopats med As. Avläsning av tre punkter (se fig) ger följande R_H -värden:

$R_H = -10^8 \text{ cm}^3 \text{ C}^{-1}$ vid $T = 33 \text{ K}$, $R_H = -5 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \text{ C}^{-1}$ vid $T = 200 \text{ K}$, $R_H = -1 \text{ cm}^3 \text{ C}^{-1}$ vid $T = 850 \text{ K}$. Beräkna provets ledningsförmåga (i $\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$) vid dessa tre temperaturer. I den bifogade formelsamlingen finns ett uttryck för Hall-koefficienten. Mobiliteten för elektroner är $0.16 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ och för hål $0.05 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. (3 p)



5. a) Vad är Meissner-effekten och hur förklaras den utgående från Londons postulat? (3 p)

b) Beskriv en experimentell metod som ger information om en supraledares energigap. (1 p)

Lösningssanvisning tentamen 2006-03-11

1. $2 d_{hkl} \sin \Theta = \lambda$ eller $\sin^2 \Theta = \lambda^2 / (4 d_{hkl}^2)$. Slumpvis fördelning och lika många atomer av vardera slaget innebär att spridningsstyrkan, f , blir ett medelvärde

$$f = \frac{f_{Ni} + f_{Co}}{2}. \text{ För fcc är } d_{hkl}^2 = a^2 / (h^2 + k^2 + l^2) \text{ där } h, k, l \text{ alla är jämna tal eller alla är}$$

udda tal. De minsta värdena på $\sin^2 \Theta$ är då $(h^2 + k^2 + l^2) \lambda^2 / (4 a^2)$ där $(h^2 + k^2 + l^2) = 3, 4, 8, 11, 12, 16, 19, 20$ osv. De givna värdena på $\sin^2 \Theta$ ger $\sin^2 \Theta / (h^2 + k^2 + l^2) = 0.04733, 0.04735, 0.04734, 0.04734, 0.04734, 0.04734, 0.04734$. Härav erhålls $\lambda^2 / (4 a^2) = 0.04734$ dvs $a = 3.54 \text{ \AA}$ och tätheten =

$$= 4 m_{At} / a^3 = 8800 \text{ kg/m}^3.$$

2. a) Sätt $V = L^3 = [\text{Antag } t \text{ ex att gittret är sc med gitterp } a \text{ och en atom per gitterpkt}] = Na^3$. Volymen ökar pga att a ökar och pga att vakanser bildas så ökar N .

$$\Delta V/V = \Delta N/N + 3 \Delta a/a = 3 \Delta L/L, \text{ där } \Delta N/N = n/N = \exp(-E_V / kT),$$

som ger $\exp(-E_V / kT) = 3 (\Delta L/L - \Delta a/a)$. Avläsning för $T = 650 \text{ }^\circ\text{C} = 923 \text{ K}$ ger

$$(\Delta L/L - \Delta a/a) = c: a 0.35 \cdot 10^{-3} \text{ och därav } E_V = 0.6 \text{ eV}.$$

4. b) Vid $T = 850 \text{ K}$ framgår av det starkt ökande värdet på R_H med ökande T att provet är

intrinsiskt, dvs $n = p$, som ger $R_H = \frac{\mu_h^2 - \mu_e^2}{e p (\mu_h + \mu_e)^2}$, och

$$\sigma = ne\mu_e + pe\mu_h = pe(\mu_h + \mu_e) = \frac{\mu_h - \mu_e}{R_H} = 90000 \Omega^{-1} m$$

Vid $T = 200 \text{ K}$ är den donator-dopade halvledaren extrinsisk dvs $n \gg p$ och $R_H = -\frac{1}{ne}$

Som ger $\sigma = ne\mu_e = -\frac{\mu_e}{R_H} = 30 \Omega^{-1} m^{-1}$

Vid $T = 33 \text{ K}$, extrinsisk med $n \gg p$, $R_H = -\frac{1}{ne}$, $\sigma = ne\mu_e = -\frac{\mu_e}{R_H} = 0.0016 \Omega^{-1} m^{-1}$