

Ämneskod	MTF106 / MTF064
Tentamensdatum	2004-06-03
Skrivtid	9.00 - 14.00

Tentamen i: FASTA TILLSTÅNDETS FYSIK

Totala antalet uppgifter: 5

Jourhavande lärare: Hans Weber

Tel: 49 2088, Rum E111

Examinator: Hans Weber

Tel: 49 2088, Rum E111

Resultaten anslås : senast den onsdagen 24 juni 2004 i korridoren, E-huset

Tentamensrättningen får granskas: närhelst efter att resultatet anslagits

---

Tillåtna hjälpmedel: FYSIKALIA, BETA, räknedosa, Physics handbook,  
formelsamling: COLLECTION OF FORMULAE

---

Definiera beteckningar samt motivera antaganden och approximationer. Presentera lösningarna så att de blir lätta att följa.

Maximalt antal poäng: 18 p. För godkänt krävs: 8,5 p ordinarie tenta (inklusive bonuspoäng) andra tillfällen 7,5 p (omtenta augusti och december).

---

### 1. Kristallstruktur

Kristallstrukturen nedan är i 2 dimensioner. De enskilda atomerna representeras av de fyra bokstäverna q,p,d och b. Punkterna i figuren representerar en periodisk fortsättning av strukturen.

$$\begin{array}{cccccccc} q & p & d & b & q & p & d & b & q & p & d & b & \dots \\ d & b & q & p & d & b & q & p & d & b & q & p & \dots \\ q & p & d & b & q & p & d & b & q & p & d & b & \dots \\ d & b & q & p & d & b & q & p & d & b & q & p & \dots \\ \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \dots \\ \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \dots \\ \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \cdot & & \dots \end{array}$$

För den avbildade kristallstrukturen ange följande

- Vilken är den rektangulära enhetscellen.
- Vilken är den primitva enhetscellen.
- Vilken bas av bokstäver hör till varje gitterpunkt.

(3p)

## 2. Bragg spridning

Vid ett diffraktionsexperiment (se figur ovan) på ett polykristallint monoatomärt prov används  $K_{\alpha 1}$ -strålning från koppar. Vinkeln  $\beta$  mellan strålens riktning och detektorn kan varieras mellan  $0^\circ$  och  $90^\circ$ . Resultatet av experimentet framgår av figuren (se nästa sida) där du ser den reflekterade strålens intensitet ( $I$ ) som funktion av vinkeln  $\beta$ . Vilken av följande strukturer, sc, fcc, bcc och diamant har provet? (4p)

## 3. Två atomer i primitiva cellen

NaCl är en FCC-kristall med Na i  $(0,0,0)$  och Cl i  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ . Gitterkonstant är  $a = 5.65 \text{ \AA}$  och hastigheten för transversella akustiska vågor i  $[111]$ -riktningen är  $2.75 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ . Eftersom varje  $(111)$ -plan i NaCl endast innehåller atomer av ett slag, kan gittersvängningarna i  $[111]$ -riktningen behandlas med hjälp av en endimensionell modell där varje plan endast reprecenteras med en atom.

- Rita upp den endimensionella kristallen, samt bestäm den primitiva enhetscellens storlek uttryckt i gitterkonstanten  $a$ .
- Skissa det principiella utseendet hos dispersionsrelationen i  $[111]$ -riktningen.
- Använd uttrycket för grupp-hastigheten  $v = \partial\omega/\partial K$ , samt en serieutveckling av dispersionsrelationen

$$\omega^2 = C \frac{M_1 + M_2}{M_1 M_2} \pm C \sqrt{\left(\frac{M_1 + M_2}{M_1 M_2}\right)^2 - \frac{4 \sin^2(Kd/2)}{M_1 M_2}},$$

för att visa att fjäderkonstanten är  $C = 13.8 \text{ N/m}$ .

- Kristallen belyses med ljus. Det finns flera möjliga sätt för fotonerna att växelverka med kristallen. En av dessa är att en foton absorberas av kristallen och skapar en fonon under konservering av energi och rörelsemängd. Vilken våglängd måste det infallande ljuset ha för att denna process ska vara möjlig? Jämför med det experimentella värdet  $\lambda = 61 \mu\text{m}$ . (4p)



#### 4. Halvledare

Indium antimonid har den relativa dielektricitets konstanten  $\epsilon_r = 17$  och elektronerna har den effektiva massan  $m_e = 0.014m$ . Beräkna följande:

- (a) En donators jonisations energi.
- (b) Banradien för donatorn i sitt grundtillstånd.
- (c) Koncentrationen av donatorer vid vilken grundtillstånds banorna börjar överlappa?
- (d) Vad händer med grundtillståndet för donatorerna då koncentrationen blir större än den i c) beräknade? (4p)

#### 5. Halvledare

En kiselkristall är dopad med antimon (Sb) atomer i en koncentration  $10^{21} \text{ m}^{-3}$ . Störnivån ligger 39 meV från närmaste bandkant. Vid 450 K är bandgapet  $E_g = 1.14 \text{ eV}$ , samt mobiliteterna  $\mu_e = 1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  och  $\mu_h = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . De effektiva massorna kan approximeras med halva fria elektronmassan ( $m_e = m_h = 0.50m_0$ ) och alla störatomer kan antas vara joniserade vid rumstemperatur. Beräkna kristallens elektriska konduktivitet vid 450 K. (3p)

LYCKA TILL !