

Ämneskod	MTF064
Tentamensdatum	2002-08-23
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 12 september 2002

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 7,5 p (inklusive bonuspoäng).

---

## 1. Metaller och Halvledare

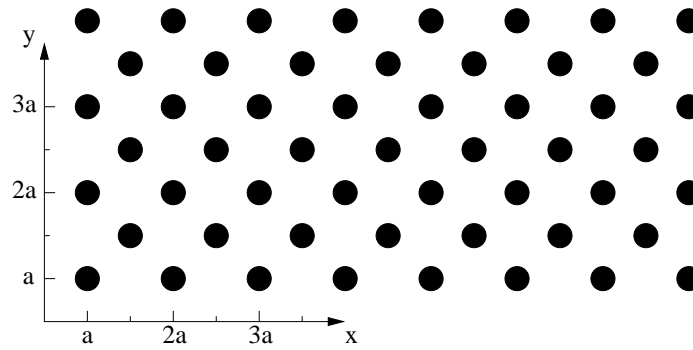
- (a) Kan synligt ljus användas för att analysera kristallstrukturer? Motivera!
- (b) En fysiker har analyserat en halvledare och en metall och kommit fram till ett antal slutsatser och kvantitativa resultat som uppräknas nedan. Sortera dessa, dvs vilka påståenden avser halvledaren respektive metallen.
  - i. Strukturen är kubisk och varje atom har fyra närmsta grannar.
  - ii.  $C_v$  är proportionell mot temperaturen vid mycket låga temperaturer.
  - iii.  $g(\epsilon_F) = 0$ , där  $g(\epsilon)$  är tillståndstätheten och  $\epsilon_F$  är fermi energin.
  - iv. Fria elektronmodellen fungerar rätt bra vad avser transportegenskaper.
  - v. Värmeledningsförmågan beror bara av fononerna.
  - vi. Dielektricitetskonstanten (relativa statiska) är 11.6 .
  - vii. Resistiviteten ökar då temperaturen ökar.
  - viii. Den elektriska ledningsförmågan ökar då temperaturen ökar.
  - ix. Lorentztalet är nära sitt teoretiska värde.

(4p)

## 2. Foner

Skissa det principiella utseendet för fononernas dispersionsrelationen (i en riktning) i diamant och i aluminium. Rita även upp det principiella utseendet för värmekapacitetens temperaturberoende för dessa ämnen. Ange eventuella skillnader och likheter mellan de två ämnena.

(3p)



### 3. Kristallstruktur

En metall läggs på ytan av en isolator så att en två-dimensionell metall bildas. Kristallstrukturen för denna artificiella metall visas i figuren nedan.

- Bestäm de primitiva translationsvektorer för denna kristallstruktur samt för dess reciproka gitter.
- Rita det reciproka gittret samt första Brillouin zonen.
- Bestäm relationen mellan elektrontätheten  $n$  och fermivåvektorn  $k_F$  för denna två-dimensionella metall.
- Den pålagda metallen är en legering  $AB_x$  av två metaller där metallen  $A$  är monovalent, metallen  $B$  är divalent samt  $x$  är ett reellt tal. Legeringen är sådan att då  $x$  ökar byts fler atomer  $A$  ut mot atomer  $B$ . Bestäm värdet på  $x$  då fermivåvektorn tangerar första Brillouin zonen yta.

(4p)

### 4. Halvledare

En egenledande halvledare med  $m_e = 0.01m_0$  och  $\mu_e = 1.0 \text{ m}^2/\text{Vs}$  har vid  $T = 300 \text{ K}$  en konduktivitet  $\sigma = 4.80 \cdot 10^{-7} (\Omega\text{m})^{-1}$  och en Hall coefficient  $R_H = -1.65 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{As}$ .

- Vilken mobilitet har hålen?
- Hur stor är koncentrationen av fria laddningsbärare?
- Hur långt under botten på ledningsbandet ligger den kemiska potentialen  $\mu$  vid den angivna temperaturen?
- Hur stort bandgap har halvledaren om konduktiviteten vid  $T = 600 \text{ K}$  är  $\sigma = 0.48 (\Omega\text{m})^{-1}$  samt mobiliteterna antas proportionella mot  $T^{-3/2}$  och bandgapet temperaturoberoende?

(4p)

VÄND!

## 5. Fermisystem

En stjärnas slutliga öde bestäms till stor del av dess massa. Små stjärnor som solen slutar som vita dvärgar, stjärnor med en massa över 1.4 gånger solmassan (den berömda *Chandrasekhar massan*) slutar som neutronstjärnor och stjärnor med en massa över 5.7 gånger solmassan slutar sina liv som svarta hål. I en vit dvärg är alla atomer joniserade trots att temperaturen är mycket låg, så elektronerna kan betraktas som fria elektroner där alla tillstånd upp till Fermivån är besatta och samtliga tillstånd över denna är tomma.

- (a) När massan hos en vit dvärg är nära 1.4 solmassor är alla elektroner extremrelativistiska, det vill säga energin ges av

$$E = \hbar ck,$$

och inte av det klassiska uttrycket  $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ . Visa att Fermivån är

$$E_F = \hbar c \left( \frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{1/3},$$

för extremrelativistiska elektroner.

- (b) Visa att tillståndstätheten ges av

$$D(E) = \frac{V}{\pi^2 \hbar^3 c^3} E^2,$$

för extremrelativistiska elektroner.

(3p)

LYCKA TILL !