

Ämneskod	MTF064
Tentamensdatum	2001-05-29
Skrivtid	9.00 - 14.00

Tentamen i: FASTA TILLSTÅNDETS FYSIK

Totala antalet uppgifter: 5

Jourhavande lärare: Hans Weber

Tel: 7 2088, Rum E111

Examinator: Hans Weber

Tel: 7 2088, Rum E111

Resultaten anslås : senast den 20 juni 2001

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 inklusive bonuspoäng.

---

### 1. Electronbands

The electron energy near the top of the valence band in a semiconductor is given by  $\epsilon = -10^{-37}k^2$  J, where  $\mathbf{k}$  is the wavevector. An electron is removed from the state  $\mathbf{k} = 10^9\hat{\mathbf{k}}_x$  m<sup>-1</sup>, where  $\hat{\mathbf{k}}_x$  is a unit vector along the  $x$  axis. Calculate for the resulting hole:

(Let  $\hbar = 10^{-34}$ Js)

- The effective mass.
- The Energy.
- The momentum.
- The velocity.

Each answer must include the sign (or direction). (4p)

### Svensk version: Elektronband

Energien för en elektron nära toppen av valensbandet ges av  $\epsilon = -10^{-37}k^2$  J, där  $\mathbf{k}$  är vågvektorn. En elektron tas bort ur tillståndet  $\mathbf{k} = 10^9\hat{\mathbf{k}}_x$  m<sup>-1</sup>, där  $\hat{\mathbf{k}}_x$  är en enhetsvektor i  $\mathbf{k}$ -rummets  $x$ -riktning.

Beräkna följande för det hål som uppstår i valensbandet: OBS var noga med tecknet (eller ange riktningen i tillämpliga fall)

(Låt  $\hbar = 10^{-34}$ Js)

- (a) Den effektiva massan.
- (b) Energin.
- (c) Rörelsemängden.
- (d) Hastigheten.

(4p)

## 2. Semiconductor

A silicon crystal is doped with antimon (Sb) atoms with the concentration  $10^{21} \text{ m}^{-3}$ . The impurity level is 0.04 eV from the nearest bandedge. The bandgap is  $E_g = 1.14$  at temperature  $T=450$  K, the mobilities are  $\mu_e = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  and  $\mu_h = 500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . The effective mass can be approximated to free electron mass and all the impurity atoms can be considered to be ionized at room temperature. Calculate the electrical conductivity of the crystal at the temperature  $T = 450$  K.

(4p)

### Svensk version: Halvledare

En kiselkristall är dopad med antimon (Sb) atomer i en koncentration  $10^{21} \text{ m}^{-3}$ . Störnivån ligger 0.04 eV från närmaste bandkant. Vid 450 K är bandgapet  $E_g = 1.14$  eV, samt mobiliteterna  $\mu_e = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  och  $\mu_h = 500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . De effektiva massorna kan approximeras med fria elektronmassan och alla störatomer kan antas vara joniserade vid rumstemperatur. Beräkna kristallens elektriska konduktivitet vid 450 K.

(4p)

## 3. Diamagnetism

In benzene the carbon atoms form a regular hexagon of side  $1.4 \text{ \AA}$ . One outer electron from each atom has a wavefunction that extends round the whole ring of atoms. Estimate roughly the contribution of these electrons to the diamagnetic susceptibility of liquid benzene (density =  $880 \text{ kg m}^{-3}$ , molecular weight = 78 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )).

(3p)

### Svensk version: Diamagnetism

I bensen ligger kol atomerna i hörnen på en liksidig sex-hörning vars kantlängd är  $1.4 \text{ \AA}$ . En elektron från varje kolatom har en vågfunktion som sträcker sig över hela ringen. Beräkna bidraget till den diamagnetiska susceptibiliteten för bensen i vätskeform från dessa elektroner. (densitet =  $880 \text{ kg m}^{-3}$ , molekyl vikt = 78 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )).

(3p)

#### 4. Crystal structure

Consider the following pattern:

```
q p d b q p d b q p d b . . .
d b q p d b q p d b q p . . .
q p d b q p d b q p d b . . .
d b q p d b q p d b q p
. . .
. . .
. . .
```

- What is the rectangular unit cell.
- What is the primitive unit cell.
- What is the basis of letters associated with each lattice point.

(3p)

#### Svensk version: Kristallstruktur

För kristallstrukturen avbildad ovan ange följande

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

(3p)

#### 5. Specific heat

Sodium metal displays free-electron-like behaviour. The effective electron mass is equal to the electron mass and the Debye temperature is 160 K. What fraction of the total heat capacity at 330 K is contributed by the electrons. (4p)

#### Svensk version: Värmekapacitivitet

Natrium kan beskrivas med fri-elektron modellen. Den effektiva elektronmassan kan sättas till den fria elektronens massa och Debye temperaturen är 160 K. Hur stor del av den totala värmekapacitiviteten vid 330 K kommer från elektronbidraget. (4p)

LYCKA TILL !