UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR TEORETISK FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Professor P.C.Hemmer
Tlf. 3648

EKSAMEN I FAG 72030 FASTE STOFFERS FYSIKK

Onsdag 14.august 1985
kl.0900-1500

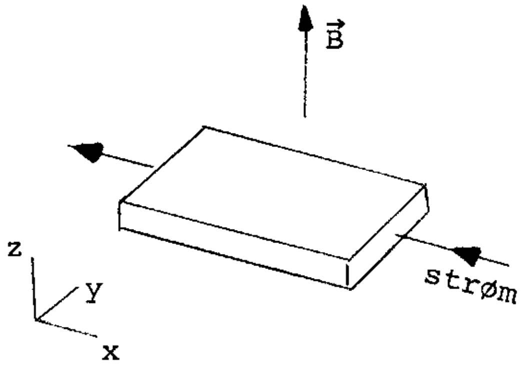
Tillatt hjelpemiddel: Rottmann: Mathematische Formelsammlung.

Oppgave 1

a) Hva er Halleffekten? Vis at Hallkoeffisienten $R=E_y/j_x B_z$ er gitt ved

$$R = -1/en_- ,$$

når ladningsbærerne er elektroner med antallstetthet n_- .



b) For en ekstrinsikk halvleder i et magnetfelt 0.6 Tesla måles en Hallspenning 4mV tversover et prøvestykke som er L_z=1mm tykt, L_y=5mm bredt og L_x=5cm langt. Strømmen i x-retning er 10 mA. Beregn antalltettheten av ladningsbærerne.

c) Generaliser uttrykket for Hallkoeffisienten R for det tilfelle at både negative og positive ladningsbærere er tilstede, med antallstetthet henholdsvis n_- og n_+ . De to typer ladningsbærere har (retningsuavhengige) mobiliteter μ_- og μ_+ .

Oppgave 2

a) Angi to eksperimentelle kjennetegn på en halvleder. Definér en halvleder mikroskopisk. Hva er forskjellen på en intrinsikk og en ekstrinsikk halvleder?

b) Anta at nederste del av ledningsbandet i halvlederen er parabolsk,

$$\epsilon(\vec{k}) = \epsilon_\ell(0) + \hbar^2 k^2/2m_\ell \ ,$$

og argumenter for at i termisk likevekt inneholder ledningsbandet

$$2(m_\ell k_B T/2\pi\hbar^2)^{\frac{3}{2}}\, e^{[\mu-\epsilon_\ell(0)]/k_B T}$$

elektroner pr.volumenhet.

c) Når toppen av valensbandet også er parabolsk

$$\epsilon_k(\vec{k}) = \epsilon_v(0) - \hbar^2 k^2/2m_v \ ,$$

blir på tilsvarende vis hullkonsentrasjonen i valensbandet

$$p = 2(m_v\, k_B T/2\pi\hbar^2)^{\frac{3}{2}}\, e^{-[\mu-\epsilon_v(0)]/k_B T}$$

Beregn for en <u>intrinsikk</u> halvleder posisjonen av Ferminivået μ og elektrontettheten n_e i ledningsbandet.

d) Angi kortfattet hvorledes størrelsen av bandgapet i en intrinsikk halvleder kan finnes eksperimentelt, ved to ulike metoder.

Oppgave 3

Midlere feltteori for en $S=\frac{1}{2}$ (Ising) ferromagnet i et ytre felt $\vec{B}$ gir følgende relasjon mellom magnetiseringen M og temperaturen T :

$$M = ng\mu_B \tanh\left[\frac{g\mu_B}{k_B T}(B+\mu M)\right]$$

der n er antall spinn pr. volumenhet og λ er relatert til vekselvirkningsenergien $J(\vec{r})$ mellom to spinn i avstand $\vec{r}$:

$$\lambda = \frac{1}{n\mu_B^2 g^2} \sum_{\vec{r}} J(\vec{r}) \ .$$

Beregn susceptibiliteten χ for grensetilfellet at det ytre felt går mot null. Hvilken Curietemperatur gir dette?

Oppgave 4

I et éndimensjonalt Bravaisgitter med gitterkonstant a har atomene (masse m) harmonisk vekselvirkning med kraftkonstant α_1 mellom nærmeste naboer og kraftkonstant α_2 mellom nest nærmeste naboer. Vis at dispersjonsrelasjonen for gitteret er

$$\omega = 2m^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\alpha_1 \sin^2(ka/2) + \alpha_2 \sin^2(ka)}$$

Skissér dispersjonsrelasjonen. Angi for bølgetallet et minimumsintervall som inneholder all fysiske informasjon. Skissér også kvalitativt frekvensfordelinga $g(\omega)$ og gruppehastigheten $v_g(k)$.

Oppgave 5

Gi en definisjon av det resiproke gitter til et gitt Bravaisgitter. Vis at det resiproke gitter kan genereres av de primitive vektorene

$$\vec{b}_1 = 2\pi \cdot v_B^{-1} (\vec{a}_2 \times \vec{a}_3)$$

$$\vec{b}_2 = 2\pi \cdot v_B^{-1} (\vec{a}_3 \times \vec{a}_1)$$

$$\vec{b}_3 = 2\pi \cdot v_B^{-1} (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \quad ,$$

i k-rommet. Her er a_i primitive vektorer for det opprinnelige Bravaisgitteret, og

$$v_B = \vec{a}_1 \cdot (\vec{a}_2 \times \vec{a}_3) = \vec{a}_2 \cdot (\vec{a}_3 \times \vec{a}_1) = \vec{a}_3 \cdot (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2)$$

er volumet av enhetscella i dette.