

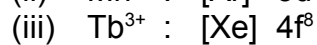
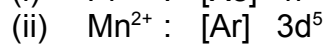
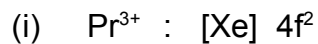
Tentamen Vaste Stof Fysica I

14 augustus 1998

Vermeld s.v.p. op ieder vel uw naam, geboortedatum, jaar van inschrijving en studentnummer.

VRAAG 1 (3 punten)

- a) Geef de grondtoestand in spectroscopische notatie van de volgende ionen, gebruikmakend van de regels van Hund:



We brengen ijzer (nominaal $3d^8$) in een magnetisch veld B_A . Dit veld induceert een magnetisatie M evenredig met het veld: $M = \chi B_A$. Op haar beurt veroorzaakt de magnetisatie via de exchange interactie een effectief lokaal veld $B_x = \lambda M$, zodat het totale lokale veld ter plaatse van de Fe atomen wordt door: $B_{\text{LOC}} = B_A + \lambda M$.

Verder geldt, dat voor Pauli paramagnetisme: $M/B_A = C/T$.

$$C = \frac{np^2 \mu_B^2}{3k_B}, \quad p = g\sqrt{S(S+1)} \quad \lambda = 5000$$

Hint: verwaarloos spinbaan wisselwerking. Gebruik $S=1$ en $g=2$.

- b) Bereken p voor ijzer.
- c) Leidt een uitdrukking af voor χ als functie van de temperatuur T .
- d) Schets χ als functie van T .
- e) Bereken T_c .
- f) Wat zijn magnonen? Schets de magnon dispersierelatie voor Fe.

VRAAG 2 (2 punten)

- a) Teken de kristalstructuur van keukenzout (NaCl).
- b) Is dit fcc, sc of bcc?
- c) Bereken de (uitdrukking voor de) structuurfactor als gegeven is

$$S = \sum_j f_j e^{-i\vec{G} \cdot \vec{r}_j}$$

$\vec{r}_j = x_j \vec{a}_1 + y_j \vec{a}_2 + z_j \vec{a}_3$ met \vec{a}_i basisvectoren van de conventionele eenheidscel.

$\vec{G} = v_1 \vec{b}_1 + v_2 \vec{b}_2 + v_3 \vec{b}_3$ met \vec{b}_i basisvectoren van de conventionele eenheidscel in het reciproke rooster.

en $f_{\text{Cl}}/f_{\text{Na}} = Z$

- d) Wat wordt de nieuwe kristalstructuur als we alle Cl^- ionen vervangen door Na?
- e) Leg uit wat het röntgendiffractiespectrum wordt in dit geval.

VRAAG 3 (3 punten)

- a) Schets nauwkeurig de dispersie relatie voor accoustische en optische fononen. Welke soort wordt gebruikt in het Debye model voor soortelijke warmte?
- b) Schets de algemene vorm van de soortelijke warmte C_v in het Debye model. Geef de limiet van C_v voor $T \rightarrow \infty$ en de Debye temperatuur aan in je schets.

In diamant is de snelheid van het geluid $v_s = 5 \text{ km/s}$ en de dichtheid van atomen is $n = 1 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$. Diamant heeft 2 atomen per primitieve eenheidscel.

- c) Hoeveel optische en hoeveel accoustische modes heeft diamant? (per primitieve eenheidscel).
- d) Druk, uitgaande van het Debye model, de Debye frequentie ω_D uit in $n = 2N/V$, waar N het totale aantal modes is.

e) Gegeven de Planck verdeling: $\langle n(\omega) \rangle = \frac{1}{e^{\frac{\hbar\omega}{k_B T}} - 1}$.

Geef een uitdrukking voor de thermische energie U in het Debye model (gebruikmakend van het resultaat van d)).

VRAAG 4 (2 punten)

SC rooster

- Wat voor soort materiaal is dit? (Metaal, halfgeleider, isolator, semi-metaal) Leg uit.
- Schets voor elk van de andere types een soortgelijk bandenplaatje en leg uit wat en waarom er verschillen zijn.
- Wat is de fysische betekenis van de eerste Brillouin-zone?
- Bereken en schets de bandenstructuur van een vrij electron gas in een simpel kubisch rooster als functie van \vec{k} in de [100] richting voor alle $|\vec{G}| \leq 2\pi / a$.

Gegeven: $\varepsilon(k_x, k_y, k_z) = \frac{\hbar^2}{2m} [(k_x + G_x)^2 + (k_y + G_y)^2 + (k_z + G_z)^2]$

- Geef aan in je tekening wat er gebeurt met de banden als de periodieke potentiaal van het rooster meegenomen zou worden in de berekening.