



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: BIT350 Statistisk fysikk **DATO:** 3. desember 2010

TID FOR EKSAMEN: kl. 09-12 (3 timer)

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Bestemt, enkel kalkulator (kode C)
Valgfri standard formelsamling

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV 3 OPPGAVER PÅ 2 SIDER,
INKL. DENNE FORSIDA**

MERKNADER: —

OPPGITT:

$$\beta = \frac{1}{kT}, \quad R = N_A k, \quad N_A = \text{Avogadros tall}$$
$$C_V = \left(\frac{\partial \bar{E}}{\partial T} \right)_V, \quad \bar{\epsilon}_{\text{rot}} = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z_{\text{rot}}$$
$$\mathcal{Z} = \sum_{Nr} e^{\beta(\mu N - E_{Nr})}, \quad \bar{N} = -\frac{\partial \Omega}{\partial \mu}, \quad \Omega = -kT \ln \mathcal{Z}$$

Oppgave 1

Det multiplikative rotasjonsbidraget til partisjonsfunksjonen for ett molekyl i en diatomisk gass, går i høytemperaturrensen mot (der I = treghetsmomentet):

$$Z_{\text{rot}} = \sum_r e^{-\beta \cdot (\epsilon_{\text{rot}})_r} = \frac{2I}{\beta \hbar^2}$$

(forts. neste side)

a) Finn midlere rotasjonsenergi $\bar{\epsilon}_{\text{rot}}$ pr. molekyl i høytemperaturgrensen. (Hvor mange frihetsgrader tilsvarer dette resultatet?)

b) Finn rotasjonsbidraget C_{rot} til den molare varmekapasiteten C_V i høytemperaturgrensen.

c) For karbonmonoksid (CO) ved værelsestemperatur er $kT/(\hbar^2/2I)$ av størrelsesorden 10^3 . Hva er da gassens molare C_V , hvis translasjonsbidraget er lik $3R/2$, og vibrasjon ikke er eksitert?

Oppgave 2

En halvleder inneholder n donornivåer. Hvert av dem kan være tomt, eller fylt med høyst ett elektron som kan ha spinn enten opp eller ned. Et elektron i et donornivå har energi $-\epsilon_0$, ellers 0. Hvert donornivå er tomt eller fylt *uavhengig* av tilstanden i de andre donornivåene. Det totale antallet av elektroner i donornivåene varierer altså.

a) Vis at hvis $n = 1$, så ville bidraget til den store partisjonsfunksjonen $\mathcal{Z}$ for dette ene donornivået være gitt som:

$$1 + 2e^{\beta(\mu + \epsilon_0)}$$

b) Forklar hvorfor $\mathcal{Z}$ for systemet av alle de n donornivåene da blir:

$$\mathcal{Z}(T, V, \mu) = (1 + 2e^{\beta(\mu + \epsilon_0)})^n$$

c) Bruk uttrykket for $\bar{N}$ til å finne n_d , midlere antall elektroner inneholdt i de n donornivåene.

Oppgave 3

Svar kort men fyldestgjørende:

a) Beskriv hva som menes med begrepene makrotilstand og mikrotilstand.

b) Forklar begrepet statistisk vekt.

c) Ved utledning av Boltzmann- og Gibbs-fordelingene betraktet vi entropien til *varmebadet*, ved en gitt tilstand for systemet. Begrunn hvorfor.

d) Hvilke antakelser om “oscillatorene” i Einsteins modell for faste stoffers varmekapasitet er det som medfører overensstemmelse med eksperimenter ved høye temperaturer, men ikke ved lave? Og hvorfor?

e) Hvilken egenskap ved partisjonsfunksjonen til en klassisk gass er det som gjør at molekylene hastighetsfordeling er uavhengig av krefter i og mellom molekylene? (Forutsatt hastighets-uavhengige krefter.)

f) Hvilken felles egenskap for elektroner og nøytroner er det som gjør at resultatene for fri elektrongass i metaller har relevans for enkle modeller for nøytronstjerner?

– God jul –