

Course code	MTF131
Examination date	2005-10-27
Time	09.00 - 14.00

Examination in: **QUANTUM MECHANICS AND STATISTICAL PHYSICS**

Total number of problems: 5

Teacher on duty: Hans Weber

Tel: 49 20 88, Room E111

Examiner: Hans Weber

Tel: 49 20 88, Room E111

The results are put up:

24 November 2005 on the notice-board, building E

The marking may be scrutinised: after the results have been put up

Allowed aids: Fysikalia, Physics Handbook, Beta, calculator, COLLECTION OF FORMULAE

Define notations and motivate assumptions and approximations. Present the solutions so that they are easy to follow. Maximum number of point is 15 p. 7.0 points is required to pass the examination. Grades 3: 7.0, 4: 9.5, 5: 12.0

1. Two dimensional Square well

A particle is placed in the potential (a 2 dimensional square well)

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } 0 \leq x \leq a \text{ and } 0 \leq y \leq a \\ +\infty & \text{for } x > a, x < 0 \text{ and } y > a, y < 0. \end{cases}$$

- Calculate (solve the Schrödinger equation) the eigenfunctions ?
- What are the 4 lowest eigenenergys ?
- What are the degeneracys of these 4 lowest eigenstates ?

(3p)

2. Protoner i ett magnetfält

Ett protonrikt prov är placerat i ett homogent magnetfält B . Varje proton har spinnet $\frac{1}{2}$ och magnetiska momentet m_μ och kan därför ha två möjliga energier, $\epsilon = \pm Bm_\mu$, motsvarande de två möjliga spinnriktningarna. Ett applicerat radiofrekvensfält inducerar övergångar mellan dessa två nivåer (om dess frekvens satisfierar villkoret $h\nu = 2Bm_\mu$). Den effekt som därvid absorberas från radiofrekvensfältet är proportionell mot skillnaden mellan antalet protoner i de båda nivåerna.

Antag att protonerna i provet är i termisk jämvikt vid en temperatur τ .

Hur beror den absorberade effekten av temperaturen τ ? Betrakta särskilt så höga temperaturer att $m_\mu B \ll \tau$, ($\tau = k_B T$).

(3p)

3. Rörelsemängdsmoment

En partikel placeras i en sfäriskt symmetrisk potential $V(r)$. Partikeln befinner sig i ett stationärt tillstånd med följande vågfunktion:

$$\psi(\mathbf{r}) = \psi(x, y, z) = N(xy + yz + zx)e^{-\alpha r},$$

där N och α är konstanter.

- En mätning av L^2 och L_z utförs på systemet. Beräkna de möjliga utfallen och deras sannolikhet.
- Beräkna väntevärdet av $\langle L^2 \rangle$ och $\langle L_z \rangle$.

(3p)

4. Identiska partiklar

Ett system består av två partiklar. Varje partikel kan finna sig i ett av tre tillstånd, med följande energier: 0 , ϵ och 2ϵ . Systemet befinner sig i kontakt med en värmereservoar vid temperatur τ .

- Härled ett uttryck för tillståndssumman Z om vi kan betrakta partiklarna som klassiska (dvs det går att skilja på partikel 1 och partikel 2) !
- Vad är Z om partiklarna är bosoner?
- Vad är Z om partiklarna är fermioner?

(3p)

5. Ett system av endimensionella harmoniska oscillatorer

Ett system består av N icke växelverkande särskiljbara en-dimensionella harmoniska oscillatorer. Dessa har odegenererade energinivåer $(n + \frac{1}{2})\hbar\omega$ där n är ett heltal $n = 0, 1, 2, 3, \dots$. Systemet befinner sig i temperaturjämvikt vid temperatur τ . På grund av någon urvalsregel är endast nivåer med $n = 0, 2, 4, 6, \dots$ tillåtna.

- Räkna ut ett uttryck för partitionsfunktionen $Z(\tau)$ och Helmholtz fria energi $F(\tau)$ för systemet. Ledning ta först fram partitionsfunktionen Z_1 för en oscillator och bilda sedan Z .
- Beräkna specifika värmen C_v för systemet. Ledning räkna ut entropin σ först.
- Bli systemet "mer klassiskt" eller "mer kvantmekaniskt (=det syns i systemets egenskaper att energispektrat har diskreta energinivåer)" (vid samma temperatur) genom urvalsregelns restriktion? Motivera svaret!

(3p)

GOOD LUCK !