CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA OCH GÖTEBORGS UNIVERSITET
Fysik och teknisk fysik, Göran Wahnström

Tentamen i FTF140 Termodynamik och statistisk fysik för F3

Tid och plats: Onsdagen den 15 april 1998 kl 8.45-12.45 i sal MG.
Jourhavande lärare: Peter Sandström, ankn 3299.
Hjälpmedel, uppgifterna 1-5: Inga.
Hjälpmedel, uppgifterna 6-9: Physics Handbook, Beta, Termodynamiska tabeller (utdelade), egenhändigt skrivet A4-blad med valfritt innehåll (inga kopior eller maskinskrift), valfri räknedosa i fickformat.
Betygsgränser: För godkänt krävs 30 poäng. Poäng från inlämningsuppgifter och duggor adderas till tentamenspoängen enligt en viss formel. Uppgifterna 1-5 ger max 2 poäng vardera och uppgifterna 6-9 max 10 poäng vardera.
Lösningar: Anslås på institutionens anslagstavla i Fysikums trapphus samt på entrédörren till trapphuset omedelbart efter skrivningens slut.
Rättningsgranskning: Tisdagen den 28 april 1998 kl 12.00-13.00 i rum F4114 (Fysiks forskarhus).

1. För ett isolerat system gäller att alla spontana processer är sådana att entropin ökar. Vid jämvikt gäller att entropin är konstant och maximal. Vad gäller motsvarande för ett system med konstant volym men i kontakt med en temperaturreservoar?

2. Bestäm medelvärdet av $(v_x^2\ v_y^2)$ för en klassisk enatomig gas i termodynamisk jämvikt. Svaret ska uttryckas i systemets temperatur, atomens massa samt eventuella naturkonstanter.

3. För hålrumsstrålning gäller att

$$D(\omega) = \frac{V}{\pi^2 c^3}\omega^2$$

och

$$n(\omega) = \frac{1}{e^{\beta\hbar\omega} - 1}$$

där $D(\omega)$ är tillståndstätheten, $n(\omega)$ Plancks fördelningslag och ω ljusets vinkelfrekvens. Härled ett uttryck på temperaturberoendet för strålningsenergin, dvs bestäm f(T) där

$$U_{tot} \propto\ f(T)$$

4. Vad beskriver denna funktion?

$$n_s = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_s - \mu)} + 1}$$

5. 1997 års nobelpris i fysik gick till tre fysiker som har bidraget till utvecklingen av laserkylning av neutrala atomer. En ganska spektakulär användning av denna teknik är påvisandet av Bose-Einstein kondensation för en gas av Rb atomer. Man var då tvungen att sänka temperaturen

till ungefär T_b=100 nK. Om man behandlar Rb atomerna som icke-växelverkande partiklar inneslutna i en viss volym (som bestäms av hur experimentet är uppsatt) kan man bestämma energiuppsplittringen mellan grundtillståndet och den första exciterade nivån. Är denna energiuppsplittring mycket större än, ungefär lika stor som eller mycket mindre än $k_B T_b$? Motivera ditt svar!

6. Man kan få problem med temperaturbalansen i sin bostad om man har tänkt sig att bosätta sig på månen. Dagstemperaturen är ca 100^0C och nattemperaturen ca -100^0C. I bostaden vill man ha temperaturen 20^0C. Det kan man erhålla med hjälp av en värmepump, genom att värme pumpas ut på dagen och in på natten. Värmeströmmen genom väggar och dylikt kan antas vara 0.5 kW per grad temperaturskillnad. Vilken är den minsta möjliga effekt som krävs för att driva värmepumpen på dagtid respektive nattid?

7. En sfärisk ballong innehåller 2 kg vattenånga med temperaturen 300^0C och trycket 500 kPa. Ballongens material har en sådan elasticitet så att trycket inuti ballongen hela tiden är proportionellt mot dess diameter. Vattenångan i ballongen tillåts nu avge värme till omgivningen tills dess volymen är hälften av begynnelsevolymen. Bestäm sluttemperaturen!

8. Grundtillståndet för jonen Nd^{3+} betecknas $^4I_{9/2}$ och är alltså tiofaldigt degenererat. Vid spektroskopiska mätningar på saltet $Nd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ har man emellertid funnit att kristallstrukturen leder till en uppsplittring av Nd-jonens grundtillstånd i en dublett och två kvartetter med högre energier, 9.5 meV respektive 32.2 meV. Hur stor är entropin per Nd-jon i lågtemperaturgränsen respektive högtemperaturgränsen? Med höga temperaturer menas här höga jämfört med nivåsplittringen men inte så höga så att andra termer än $^4I_{9/2}$ spelar någon roll. Hur stor del av Nd-jonerna finns i den lägsta nivån (dubletten) vid temperaturen 300 K?

9. Det finns två olika isotoper av helium: ^{3}He och ^{4}He, fermion respektive boson. Betrakta en utspädd lösning av ^{3}He i flytande ^{4}He. Tätheten för lösningen är 145 kgm^{-3} och den består av 1.3 atomprocent ^{3}He. Bidraget till värmekapaciteten från ^{3}He kan beskrivas med hjälp av en degenererad Fermigas under förutsättning att massan m av en ^{3}He atom ersätts med en effektiv massa m^*, som på ett approximativt sätt tar hänsyn till växelverkan. För detta system gäller att m^*/m=2.39. Bestäm motsvarande Fermienergi och Fermitemperatur.