

S-114.425, Fysiikka III (Sf) I välikoe 12.10.2004

1. a) Kuinka monta molekyyliä keskimäärin törmää sekunnissa $1,0 \text{ cm}^2$:n suuruiseen pintaan ilmassa paineen ollessa $1,0 \text{ bar}$ lämpötilassa $300,0 \text{ K}$? Ilman keskimääräinen moolimassa on 29 g/mol . b) Kuinka pitkän sylinterin, jonka pohjan ala on $1,0 \text{ cm}^2$, edellä mainitut molekyylit täyttävät $1,0 \text{ bar}$ paineessa lämpötilassa $300,0 \text{ K}$?

2. Tarkastellaan N :n toisistaan erotettavissa olevan hiukkasen mikrokanonista joukkoa. Hiukkasten käytettävissä on neljä energiatasoa, jotka kaikki ovat degeneroitumattomia. Tasojen energiat ovat -2ε , $-\varepsilon$, ε ja 2ε . a) Määritä systeemin sisäenergia U . b) Määritä U :n raja-arvo, kun lämpötila $T \rightarrow 0$, ja kun $T \rightarrow \infty$.

3. Oletetaan, että systeemin 5 hiukkasella on 6 sallittua energiatasoa, 1ε , 2ε , 3ε , 4ε , 5ε ja 6ε . Hiukkasten kokonaisenergia on 12ε . Oletetaan, että $g_i = 2$. Laske kunkin partition todennäköisyys ja energiatasojen keskimääräiset miehitysluvut, jos systeemi noudattaa a) Maxwell-Boltzmann statistiikkaa, b) Fermi-Dirac statistiikkaa.

4. Tarkastellaan metalliin tehtyä onteloja, jossa on vakuumi (tyhjö). Voidaan osoittaa, että vakuumin täyttää sähkömagneettisen kentän kvanttien eli fotonien muodostama kaasu. Fotonien energian ja liikemäärän välinen yhteys on $E = cp$. Olettamalla fotonien ja ontelon seinämien väliset törmäykset elastisiksi johda käyttäen hyväksi analogiaa opetusmonisteen lukuun 2.2 fotonikaasun "tilanyhtälö" $pV = \frac{1}{3}U$, missä U on kaasun kokonaisenergia.

5. Tarkastellaan kiinteän aineen lämpövärtelyjä niin sanotun riippumattomien oskillaattorien mallin (Einsteinin malli) avulla. a) Miten lämpövärtelyjä kuvataan tässä mallissa? b) muodosta järkevä yhden värähtelijän partitiofunktio (laske tilasumma geometrisen sarjan summan avulla) c) mikä on hilan kokonaislämpöenergia? d) laske lämpöenergia korkeissa lämpötiloissa ja osoita, että se vastaa ekvipartitiototeoremaa.

VAKIOITA

$m_e = 9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$\text{amu} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
$e = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$	$\hbar = 1,0545 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
$\varepsilon_0 = 8,8544 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$	$K_e = 1/4\pi\varepsilon_0$	$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$	$K_m = \mu_0 / 4\pi$
$\gamma = 6,670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$	$N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$