

1. Hypoteettisen systeemin tilanyhtälö on

$$\frac{pV^{10}}{T^5} = K,$$

missä  $K$  on vakio. Alkutilassa systeemi on ilmakehän paineessa, sen tilavuus on 0,5 litraa, ja lämpötila 300 K. Seuraavaksi systeemiä puristetaan (reversibelisti ja) isotermisesti, kunnes sen tilavuus on pienentynyt yhdellä prosentilla. Kuinka paljon lämpöä absorboituu systeemiin?

2. Olkoon meillä  $N$  kaksitilaspiniä ( $s_i = \pm 1$ ), joista kunkin energia magneettikentässä  $B$  on  $E_i = -\mu B s_i$ . Laske systeemin kanoninen partitiofunktio ja magneettinen momentti  $M = \mu \sum_i \langle s_i \rangle$  lämpötilassa  $T$ .
3. Näytä, että kaksidimensioiselle massallisten bosonien ideaalikaasulle ei ole syytä odottaa Bose-kondensaatiota.
4. Laske klassisella statistisella mekaniikalla kolmidimensioisen harmonisen oskillaattorin potentiaalissa  $[V(r) = m\omega^2 r^2/2]$  oleskelevan  $N$ :n atomin ideaalikaasun tiheys paikan funktiona.
5. a) Kirjoita *lokaalia termistä tasapainoa* kuvaava jakautumafunktio  $f^{(0)}$ : nopeusjakautuma on terminen, mutta kaasun tiheys ja lämpötila voivat olla paikan funktioita.  
b) Kirjoita Boltzmannin kuljetusyhtälö relaksaatioaika-approksimaatiossa, ja ratkaise poikkeama lokaalista termisestä tasapainosta  $g = f - f^{(0)}$  alimmassa kertaluvussa suureen  $g$  suhteen [pieni parametri on tässä oleellisesti atomin törmäyksiä välisen vapaan matkan ja tiheyden tai lämpötilan muutoskaalan suhde].  
c) Oletetaan nyt, että kaasussa pidetään yllä pientä lämpötilagradienttia, mutta reunaehtot (astian seinät) estävät massavirran jatkuvassa tilassa. Laske astiaan syntyvän tiheysgradientin suuruus.