
PHYS-C0220 Termodynamiikka ja statistinen fysiikka, kevät 2021**Kotitenti**

Palautus yhtenä tiedostona PDF-muodossa viimeistään maanantaina 1.3.

Nimeä palautustiedostosi seuraavasti: *SukunimiEtunimi_kotitenti2021.pdf*

Tehtävä 1.

Kirjoita lyhyt essee kurssisuorituksesi yhteenvedoksi. Käy ensin läpi kurssin yleiset osaamistavoitteet ja viikkokohtaiset oppimistavoitteet. Tarkastele näiden pohjalta termodynamiikan osaamistasi ennen kurssia ja niitä uusia asioita statistisen fysiikan perusteista, jotka olet nyt mielestäsi sisäistänyt hyvin. Mitkä asiat ovat puolestaan jääneet sinulle vielä epäselviksi?

Ohjeellinen pituus: 2,5 – 3 sivua normaalilla 12 pisteen fontilla.

Tehtävä 2.

Kurssin alussa tarkastelimme yksinkertaista mallisysteemiä, joka koostui N hiukkasesta siten, että hiukkasilla oli hyvin määritellyt paikat rakenteessa (kiteisen materiaaliin tapaan). Hiukkasten kesken on jaettu \tilde{E} energiakvanttia ja systeemin kokonaisenergia on $E = \tilde{E}\varepsilon$, jossa ε on siis yhden energiakvantin suuruus. Tällaisen systeemin mahdollisten mikrotilojen määräksi johdimme lausekkeen

$$\Omega(\tilde{E}, N) = \frac{(\tilde{E} + N - 1)!}{\tilde{E}!(N - 1)!}.$$

Tarkastellaan tällaista systeemiä nyt lähemmin sillä oletuksella, että sekä \tilde{E} että N ovat hyvin suuria lukuja.

a) Osoita, että systeemin lämpötila T voidaan ilmaista muodossa

$$T = \frac{\varepsilon}{k_B} \left[\frac{1}{\ln\left(1 + \frac{N}{\tilde{E}}\right)} \right].$$

b) Johda edelliskohdan tuloksen avulla systeemin entropia S , sisäenergia U ja lämpökapasiteetti vakiohiukkasmäärällä,

$$C_N = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_N,$$

systeemin lämpötilan T ja hiukkasmäärän N funktioina.

Tehtävä 3.

Selitä omin sanoin mikä on klassinen ekvipartitioteoreema. Miten sen tulokset liittyvät termodynaamisen systeemin lämpötilaan? Milloin ekvipartitioteoreeman voi olettaa olevan voimassa, milloin taas ei? Anna näistä kummastakin yksi esimerkki.

Tehtävä 4.

Kuutiomainen säiliö, jonka tilavuus on $V = L^3$, sisältää N :n identtisen hiukkasen muodostaman kaasun. Hiukkasten spin on $s = \frac{1}{2}$, ja magneettinen momentti suuruudeltaan μ_m (älä sekoita tätä kemialliseen potentiaaliin). Oletetaan, että klassisen tarkastelun ehto, $N/V \ll n_Q$, on voimassa.

- Kaasu laitetaan homogeeniseen magneettikenttään¹ \vec{B} . Tällöin kunkin kaasuhiukkasen magneettinen potentiaalienergia on $\pm\mu_m B$. Määritä nyt kaasun kanoninen partitiofunktio Z_N .
- Laske edellä määritetyn partitiofunktion avulla kaasun sisäenergia U ja lämpökapasiteetti $C_{V,\vec{B}}$ (ts. vakiotilavuudessa ja vakiokentässä \vec{B}).
- Laske lopuksi systeemin magneettinen momentti

$$m = - \left(\frac{\partial F}{\partial B} \right)_{N,T}.$$

¹Tätä kutsutaan usein myös magneettivuon tiheydeksi, mutta seuraamme oppikirjan käyttämää konventiota.