

1. Laske tilanyhtälö, entropia ja lämpökapasiteetti harvalle ($n = N/V \rightarrow 0$) bosekaasulle ottaen huomioon vain johtavat poikkeamat klassisesta ideaalikaasusta. Huomaa että tällä rajalla $\mu \rightarrow -\infty$ ja fugasiteetti $z = e^{\beta\mu}$ on pieni ja verrannollinen tiheyteen n . Tulokset toiselle viriaalikerroimelle, entropialle ja C_V :lle ovat

$$B_2(T) = \frac{\hbar^3}{2g} \left(\frac{\pi}{mk_B T} \right)^{3/2}$$

$$S = S^{\text{class.}} - Nk_B \frac{n\hbar^3}{4g} \left(\frac{\pi}{mk_B T} \right)^{3/2}$$

$$C_V = C_V^{\text{class.}} + Nk_B \frac{3n\hbar^3}{8g} \left(\frac{\pi}{mk_B T} \right)^{3/2}$$

Missä lämpötilassa n poikkeaa 10% klassisen ideaalikaasun arvosta normaalissa ilmakehän paineessa bosoneilla joiden massa on ${}^4\text{He}$ -atomin massa?

2. Osoita seuraavat tulokset ideaaliselle bosekaasulle kondensaatiolämpötilan alapuolella:

$$E = c_1 m^{3/2} T^{5/2} V$$

$$p = c_2 m^{3/2} T^{5/2}$$

$$C_V = \frac{5}{2} \frac{E}{T}$$

$$S = \frac{5}{3} \frac{E}{T}$$

Mitä ovat vakiot c_1, c_2 ?

3. Määrää ns. aurinkovakio, joka ilmoittaa auringon säteilytehon kohtisuoralle pintayksikölle maapallon etäisyydellä. (W/m^2). Auringon pintalämpötila on $T_S \approx 5800 \text{ K}$, läpimitta $1.392 \times 10^9 \text{ m}$ ja keskietäisyys maasta $1.496 \times 10^8 \text{ km}$. Vertaa kokeelliseen tulokseen $1.39 \text{ kW}/\text{m}^2$