

Palauta lasketut tehtävät MyCourses-palautuslaatikkoon. Laskuja saa tehdä ryhmätyönä, mutta jokainen kirjoittaa omat ratkaisunsa käsin paperille ja skannaa tai ottaa kuvan niistä.

1. Eräässä termodynaamisessa tasapainossa olevassa systeemissä, joka noudattaa Maxwell-Boltzmann statistiikkaa, saatiin kokeellisesti tilojen energioille ja niiden suhteellisille miehitystodennäköisyyksille arvot: 2,3 meV (63%), 10,9 meV (23%), 19,5 meV (8,5%) ja 28,1 meV (3,1%) vastaavasti. Arvioi systeemin lämpötila näiden kokeellisten tulosten perusteella. Oletetaan kaikkien tilojen degeneraatioksi  $g_i = 1$ .
2. a) Laske makrotilojen lukumäärä systeemille, jossa on neljä hiukkasta ja kaksi energiatilaa, joista toisen degeneraatio on yksi ja toisen kaksi. b) Laske kunkin makrotilan termodynaaminen todennäköisyys (mikrotilojen lukumäärä), kun kullakin tilalla voi olla rajattomasti hiukkasia ja hiukkaset voidaan erottaa toisistaan. c) Kuten b-kohta, mutta hiukkasia ei voi erottaa toisistaan.
3. a) Olkoon Bose-Einstein -statistiikkaa noudattavassa systeemissä 6 hiukkasta ja 8 energiatilaa (energiat  $0, \varepsilon, 2\varepsilon, 3\varepsilon, 4\varepsilon, 5\varepsilon, 6\varepsilon, 7\varepsilon$  ja  $g_i = 3 \quad \forall i$ ). Muodosta diagrammi makrotiloista (vrt. luentomonisteen kuva), kun sisäenergia  $U = 7\varepsilon$ . b) Laske kunkin makrotilan termodynaaminen todennäköisyys ja c) osoita, että mikrotilojen summa on 2340. d) Laske kunkin tilan keskimääräinen miehitysluku.
4. Osoita, että Maxwell-Boltzmann -statistiikkaa noudattavassa systeemissä tilan  $j$  keskimääräinen miehitysluku on  $n_j = -Nk_B T \left( \frac{\partial \ln(Z)}{\partial E_j} \right)_T$ , missä  $N$  on kokonaishiukkasmäärä.