



ZTF-FCT
Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

FISIKA MODERNOA

3 Gaia

Partikula bereizgarrien mekanika estatistikoa

1. Sistema batean energia-mailak honako hauek dira, $E = 0, \epsilon, 2\epsilon, 3\epsilon, \dots$. Demagun, sistemak 10 partikula dituela eta barneko energia $U = 6\epsilon$ dela. Kalkulatu zein izan daitezkeen sistemaren makroegoera guztiak. Kalkulatu makroegoera bakoitzaren mikroegoera kopurua. Zeinek dauka kopururik handiena? Ariketa egiteko, saiatu Ω -ren adierazpen orokorra ez erabiltzen.

2. Atomoetan, elektroien energia-mailen arteko aldearen magnitude-ordena elektroivolta da. Sistema batean, atomoek izan ditzaketen energiaren balioak bi dira, bi energien arteko aldea $E = 1eV$ -ekoa izanik. Baldintza arruntetan, $T = 300K$ -etan, zein da bi mailen partikula-kopuruen arteko zatidura?

3. Sistema batean bi energia maila daude. Energiaren arteko aldea $0.1 eV$ -ekoa da.

- Sistemaren tenperatura $T = 300 K$ -ekoa bada, partikula bat hartuta, zein da goiko mailan egoteko probabilitatea?
- Aurreko probabilitatearen balioa, zein tenperaturatan izango da $P = 0.25$?

- Posiblea da bi energia mailetan partikula kopurua berbera izatea?
- Kalkulatu sistemaren barneko energia eta bero ahalmena.

4. Sistema batean dauden N partikulen energiaren balio posibleak bi dira, ϵ_1 eta ϵ_2 . Partikulak bereizgarriak dira. Sistema, kanpoko sistema batekin dago kontaktuan, tenperatura konstantea izanik. Energia-maila bakoitzean dagoen partikula-kopurua n_1 eta $n_2 = N - n_1$ dira. Prozesu kuantiko batean, partikulak maila batetik bestera pasatu daitezke, hau da, $n_1 \rightarrow n_1 + 1$ eta $n_2 \rightarrow n_2 - 1$. Prozesu horren ondorioz, energia trukatu egiten da kanpoko sistemarekin. Kalkulatu sistemaren entropia-aldaketa prozesu kuantiko hori gertatzen denean.

5. Solido batean ioien momentu angeluarraren zenbaki kuantikoa $j = 1$ da. Ioi bakoitza hiru egoera desberdinetan egon daiteke, momentu angeluarraren z osagaia, $j_z = -\hbar, 0, \hbar$ izanik kasu bakoitzean. Efektu elektrikoak direla eta, $j_z = \pm\hbar$ egorek, $j_z = 0$ egoerak baino Δ energia txikiagoa dute. Horrez gain, z ardatzaren norabidearen jarritako B eremu magnetikoari esker, egoerek $E_B = \frac{j_z}{\hbar} g_J \mu_B B$ energia magnetikoa dute.

- Energiaren jatorria ondo aukeratuz, egiaztatu hiru egoeren energiak honako hauek direla, $\epsilon_1 = 0$, $\epsilon_2 = -\Delta + g_J \mu_B B$ eta $\epsilon_3 = -\Delta - g_J \mu_B B$.
- Lor itzazu partizio-funtzioa eta suszeptibilitatea, $\chi_m = \mu_0 M/B$.
- Curie-ren legearen arabera, material paramagnetikoaren suszeptibilitatea, tenperaturaren alderantzizko proportzionala da (B eremua oso txikia denean, hau da, $B \rightarrow 0$ limitean). Egiaztatu, Curie-ren legea $k_B T \ll \Delta$ eta $k_B T \gg \Delta$ bi mugetan betetzen dela, baina ez $k_B T \sim \Delta$ denean.
- Bi muga horietan, egiazta ezazu suszeptibilitateen arteko zatidura $3/2$ dela.

6. Sistema batean, ν maiztasuneko N osziladore bereizgarri daude. Tenperatura $T = h\nu/k_B$ da. Osziladore jakin bat hartuta, kalkulatu $n = 2$

energia-mailan egoteko probabilitatea. Hiru dimentsioko osziladore harmo-
nikoaren energiak endekatuak direla hartu behar da kontuan. n mailaren
endekapena $(n + 1)(n + 2)/2$ da.

7. Sistema batean ω maiztasun angeluarreko N osziladore daude.

- Demagun, aldiune jakin batean, osziladore guztiak $n = 3$ energia-
mailan daudela. Kalkulatu sistemaren energia osoa. Egoera hori ezin
da oreka-egoera izan. Zergatik?
- Sistema isolatuta dago, beraz, energia osoa konstantea da. Sistema
bilakatu egingo da, oreka termodinamikoa lortu arte. Oreka-egoera
lortzean, zein da sistemaren tenperatura?