



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



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

FISIKA MODERNOA

3 Gaia

Gas monoatomikoa eta bereizgarritasuna

1. Lor itzazu 300 K-etan dagoen oxigeno gasari dagozkion $\langle v \rangle$ abiaduraren batezbestekoa, v_r abiaduaren karratuaren batezbestekoa eta v_m abiadurarik probableena.

2. Ontzi batean hidrogeno atomoak daude, gas ideala osatuz. Energia zinetikoaren batezbesteko balioa $E = 1$ eV-ekoa da.

- Zein da sistemaren tenperatura?
- Bohr-en ereduaren arabera, atomoen energia mailak honako hauek dira, $E_n = -\alpha/n^2$, non $n = 1, 2, \dots$ eta $\alpha = 13.6$ eV diren. Energia mailen endakapena $b_n = 2n^2$ da. Kalkulatu $n = 3$ bigarren egoera kitzikatuan eta $n = 1$ oinarritzko egoeran dauden partikula kopuruen arteko erlazioa, aurreko tenperaturan.
- Zein izan behar da tenperaturaren balioa aurreko erlazioa 0.1 izateko?

3. Solido batean, partikulak gainazalean higitu daitezke, soilik. Potentziala, a aldeko bi dimentsioko potentzial-osin infinitua eta karratua da. Idatz ezazu energiaren adierazpena. Zein dira ϵ baino energia txikiagoa

duten egoerak? Kalkulatu aurreko egoera-kopurua, $G(\epsilon)$. Hortik abiatuz, kalkulatu ϵ eta $\epsilon + d\epsilon$ tartean dauden egoeren dentsitatea, $g(\epsilon)d\epsilon$. Bukatzeko, kalkulatu bi dimentsioko sistema honen partizio-funtzioa eta barneko energia.

4. Gas baten partizio-funtzioa honako hau da,

$$Z_N = \left(\frac{V - Nb}{N} \right)^N \left(\frac{mk_B T}{2\pi c^2} \right)^{3N/2} e^{\frac{N^2 a^2}{V k_B T}}$$

non a, b eta c konstanteak diren. Egiaztatu presioaren adierazpena Van der Waals-en ekuazioa dela. Kalkulatu barneko energia.

4. L aldeko ontzi kubiko batean N partikula **bereiztezin** daude gas bat osatuz. Kanpoko eragilea dela eta, partikulen energiaren balioak honako hauek dira,

$$\varepsilon = \varepsilon_0 (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)^{1/2}$$

$n_x, n_y, n_z = 1, 2, \dots, \infty$ eta $\varepsilon_0 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$

- $\varepsilon \gg \varepsilon_0$ denean, kalkulatu ε energia baino energia txikiagoa duten $G(\varepsilon)$ egoera-kopurua.
- Energiaren espektroa jarraitutzat hartuta, kalkulatu Z_N sistema osoaren partizio-funtzioa.
- Kalkulatu barneko energiaren adierazpena T temperaturaren funtzioan. Zein dira funtzio horren limiteak $T \rightarrow 0$ doanean eta $T \rightarrow \infty$ doanean?
- Gasaren presioa $P = -\frac{\partial F}{\partial V}$, dela kontuan hartuta, eman ezazu gas horren P presioa T eta V kuboaren bolumenaren funtzioan.
- Prozesu adiabatiko batean (entropia konstantea mantendu behar da), P eta T magnitudeen zein konbinazio mantendu egin behar da konstante?

5. Hiru dimentsioko potentzial osin infinituan N partikula daude. Osinaren eitea ortoedrikoa da (aurpegiaren arteko angelu guztiak zuzenak dira),

neurriak L_x , L_y eta L_z izanik. Osin horretan, partikulen energiak hauek dira,

$$\varepsilon = \frac{h^2}{8m} \left(\frac{j_x^2}{L_x^2} + \frac{j_y^2}{L_y^2} + \frac{j_z^2}{L_z^2} \right)$$

$j_x, j_y, j_z = 1, 2, \dots, \infty$.

- Energia oso handia denean, $\varepsilon \gg \frac{h^2}{2mL_i^2}$, $i = 1, 2, 3$, egiaztatu ε energia baino energia txikiagoa duten egoera-kopurua haxe dela,

$$G(\varepsilon) = \frac{4\pi V}{3h^3} (2m\varepsilon)^{3/2}$$

V osinaren bolumena da.

- Partikulak Xenoi-atomoak dira (masa $m = 131.3$ g/mol da). Osinaren dimentsioak $L_x = L_y = 2L_z = 10$ cm-koa bada, eta temperatura $T = -157.2^\circ$ C bada, zein da partikulen batezbesteko energia?
- Badakigu partikula jakin baten energia batezbestekoa baino txikiagoa dela. Zenbat egoeratan egon daiteke? Eta bere energia batezbestekoa baino handiagoa bada?
- Batezbesteko energiaren inguruan, zenbat egoera daude $\Delta\varepsilon = 10^{-10}$ eV-eko energia tartean?