

2018-2019 Ikasturtea, *Termodinamika eta Fisika Estatistikoa* Ohiko deialdia, 2019ko ekainaren 7a

Termodinamika

Benzenoaren (C_6H_6 ; masa molekularra 78 g) lurruntze-tenperatura $80^\circ C$ da, presioa 1 atm denean eta, baldintza horietan, benzenoari dagokion lurruntze-beroa 86 cal/g da.

Bestalde, benzeno likidoaren eta gasaren bolumen espezifikoa, aipatutako baldintzetan, $v_l = 1.2 \text{ cm}^3/\text{g}$ eta $v_g = 356 \text{ cm}^3/\text{g}$ dira, hurrenez hurren.

Esku artean benzenoaren 1 g duzu, oso-osorik gas egoeran dagoena eta $C_V = 3.3 \text{ cal/K-eko}$ bero-ahalmeneko eta 500 K-ean dagoen sistemarekin batera.

Benzenoa kutxa itxian sartu da. Benzenoa eta sistema makina itzulgarriaren bidez termikoki konektatu dira; makina martxan jarri da eta horrela mantendu da benzenoa erabat likidotu den arte.

Lortu honako hauek:

1. Ariketa

Zer nolako makina itzulgarria da?

- (a) Onartu sistemaren fasea ez dela aldatuko;
zenbatekoa da bere amaierako tenperatura, ΔT^{sis} ?
- (b) Benzenoaren eta sistemaren entropia-aldakuntzak: ΔS^{ben} , ΔS^{sis} .

2. Ariketa

- (a) Makinak egin duen lana: W .
- (b) Prozesua bukatutakoan, benzenoaren: entalpia-aldaketa (ΔH^{ben}), barne-energiaren aldaketa (ΔU^{ben}), *Helmholtz-en* funtzioaren aldaketa (ΔF^{ben}), *Gibbs-en* funtzioaren aldaketa (ΔG^{ben}).

Aurreko ariketako prozesua bukatutakoan, benzenoa dagoen kutxa 1 atm-ean eta $60^\circ C$ -an dauden presio-iturriarekin eta bero-iturriarekin kontaktuan dagoen eta $V = 35 \text{ l}$ -koa den hustutako gordailuan jarri dugu kutxa itxi batean. Kutxa hautsi da. Benzeno guztia lurrundu baino lehen neurtu den presioa 0.008 atm da. Benzeno likidoari dagokion zabalkuntza-koefizientea honako hau da: $\alpha = 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Benzenoaren lurruna gas idealtzat hartu daiteke.

Lortu honako hauek:

3. Ariketa

- (a) Zenbat benzeno lurrundu da aipatutako presioa neurtu denean?
- (b) Zenbatekoa da benzenoari (elkarren arteko orekan dauden bi faseez, likidoa eta gasa, osatutako nahasturari) dagokion bolumen espezifikoa?

4. Ariketa

Benzeno guztia lurrundutakoan gordailuan neurtu dugun presioa 0.01 atm da.

- (a) Irudikatu prozesua (osoa, aurreko ariketakoa ere bai) p/T diagraman.
- (b) Lortu honako hauek: entalpia-aldaketa (ΔH^{ben}), barne-energiaren aldaketa (ΔU^{ben}), *Helmholtz-en* funtzioaren aldaketa (ΔF^{ben}), *Gibbs-en* funtzioaren aldaketa (ΔG^{ben}).

Estatistika

Lortuko duzun egoera-ekuazioak ez dauka partikularen izaerarekiko mendekotasunik: dela fermioia, dela bosioa, dela partikula klasikoa.

Har ezazu aintzakotzat fotoiz osatutako gasa, V bolumeneko barrunbean dagoena, T tenperaturan.

1. Ariketa

- (a) Idatz ezazu fotoizko gas horren partizio-funtzio gran-kanonikoa: $\mathcal{Z}(T, V; \mu = 0) = \mathcal{Z}(T, V)$.
- (b) Lortu gasari dagokion gran-potentzialaren adierazpen bat.
Adieraz ezazu zure emaitza T , V eta ω maiztasunarekiko integral baten funtzioan.
(Ez duzu integrala egin behar.)
- (c) Lortu gasari dagokion E energiaren adierazpena.
Berebat, berori adieraz ezazu T , V eta ω maiztasunarekiko integral baten funtzioan.
(Ez duzu integrala egin behar.)
- (d) Aurreko bi emaitzak erabilita, lortu pV biderkadurari dagokion adierazpena.
(Kasu honetan integrala kalkulatu behar duzu.)

Oraingo honetan, aldiz, aztertuko duzun sistema honako hau da: ultra-erlatibistak ($mc^2 \ll cp_F$) diren elkarrekintzarik gabeko (independente) elektroiz osatutako gasa. Aipatutako limitean, honako hau da elektroien energiaren eta bere momentuaren arteko erlazioa: $\epsilon(\vec{p}) = c|\vec{p}|$. Horrelako N elektroi daude V bolumenean. Spina kontuan hartu behar da egoerak zenbatzeko.

2. Ariketa

- (a) Lortu gasaren μ potentzial kimikoa eta *Fermi*ren momentua, p_F , $T = 0$ K denenean eta N eta V aldagaien funtzioan.
- (b) Lortu sistemaren E energia osoa, $T = 0$ K denenean eta N eta V aldagaien funtzioan.
- (c) Lortu, $T = 0$ K denean, pV biderkadurari dagokion adierazpena.
(Kasu honetan integrala kalkulatu behar duzu.)

3. Ariketa

- (a) Idatz ezazu elektroizko gas horren partizio-funtzio gran-kanonikoa, tenperatura finituan.
Erabil ezazu emaitza hori gasaren potentzial gran-kanonikoaren adierazpen bat lortzeko.
Adieraz ezazu T , V , μ eta energiarekiko integral baten funtzioan.
(Ez duzu integrala egin behar.)
- (b) Lortu gasari dagokion E energiaren adierazpena.
Berebat, berori adieraz ezazu T , V , μ eta energiarekiko integral baten funtzioan.
(Ez duzu integrala egin behar.)
- (c) Aurreko bi emaitzak erabilita, lortu pV biderkadurari dagokion adierazpena.

4. Ariketa

Zein da $\epsilon(\vec{p}) = c|\vec{p}|^s$ dispertsio-erlazioko D dimentsioko espazioan bizi den gas baten pV biderkaduraren adierazpena?