

TEME AVANSATE DE FIZICA PENTRU PROFESORI SI ELEVI (2)

Autor: Profesor Dr. LUMINITA FILIP

Liceul Teoretic “NICOLAE CARTOJAN“, Giurgiu

Un cilindru izolat termic si inchis la ambele capete este impartit in doua compartimente de un piston termoconductor care se poate misca fara frecare. Initial, pistonul este fixat in centrul cilindrului si in cele doua compartimente se afla cate un litru de aer la 300 K si presiunile de 2 atm si, respectiv, 1 atm. Fiind eliberat, pistonul se deplaseaza intr-o pozitie de echilibru. Calculati valorile finale ale temperaturii si presiunii in cilindru. Calculati de asemenea variatia entropiei totale si comentati rezultatul obtinut. Pentru aer se poate considera cu buna aproximatie ca valoarea caldurii molare la volum constant este $C_V = (5/2)R$.

Rezolvare

Datorita faptului ca sistemul considerat este izolat de exterior (izolat termic si mecanic), energia interna totala nu se schimba. Cum temperaturile initiala si finala sunt egale (piston diaterm) si cum cele doua gaze se pot considera ca ideale, rezulta ca temperatura finala este aceeaasi cu cea initiala:

$$T' = T = 300 \text{ K.}$$

In starea de echilibru final, atat presiunile cat si temperaturile celor doua mase de gaz vor fi egale.

Volumul initial al fiecarui compartiment fiind $V = 1 \text{ l}$, putem scrie:

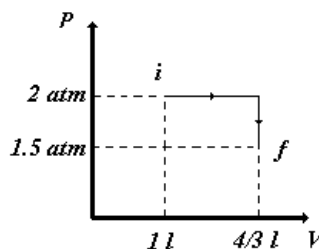
$$\frac{P_1 V}{T} = \frac{P V_1}{T'}; \frac{P_2 V}{T} = \frac{P V_2}{T'}; V_1 + V_2 = 2V,$$

unde $P_1 = 1 \text{ atm}$ si $P_2 = 2 \text{ atm}$. Impartind membru cu membru primele doua relatii, rezulta

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}, \text{ iar din a treia relatie obtinem imediat ca } V_1 = 2/3 \text{ l si } V_2 = 4/3 \text{ l. Revenind, de}$$

exemplu, in prima relatie, obtinem imediat ca: $P = P_1 \frac{V}{V_1} = \frac{3}{2} P_1 = 1,5 \text{ atm.}$

Procesul care leaga starile de echilibru initiala si finala nu trebuie considerat *a priori* reversibil. Cele doua stari sunt aratate in figura alaturata. Cum nu stim din start ca procesul



este reversibil, pentru calcularea variatiei oricarei marimi de stare, folosim un proces reversibil fictiv care leaga cele doua stari. Un exemplu este o succesiune dintr-o izobara si o izocora, aratate pe figura prin linia continua cu sageti. Variatia de entropie a sistemului se poate calcula ca suma a variatiilor de entropie a celor doua subsisteme:

$$\Delta S_1 = \int_{izobara}^{V \rightarrow 4V/3} \frac{\delta Q}{T} + \int_{izocora}^{P_1 \rightarrow P} \frac{\delta Q}{T} = \nu_1 C_P \int_V^{4V/3} \frac{dT}{T} + \nu_1 C_V \int_{P_1}^P \frac{dT}{T}.$$

Pe izobara reversibila avem insa $\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V}$, iar pe izocora reversibila $\frac{dT}{T} = \frac{dP}{P}$, astfel incat

$$\Delta S_1 = \nu_1 C_P \int_V^{4V/3} \frac{dV'}{V'} + \nu_1 C_V \int_{P_1}^P \frac{dP'}{P'} = \nu_1 (C_P - C_V) \ln \frac{4}{3} = \nu_1 R \ln \frac{4}{3}.$$

In mod analog se poate afla $\Delta S_2 = -\nu_2 R \ln \frac{3}{2}$. Numerele de moli din cele doua compartimente se pot calcula direct din ecuatia termica de stare pentru fiecare subsistem: $\nu_1 = 2 \cdot \nu_2 = 2 \cdot P_2 V / (RT)$. In final, se obtine:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 0.0573 \text{ J/K}.$$

Valoarea strict pozitiva a variatiei de entropie indica faptul ca procesul descris in problema este *irreversibil*.