

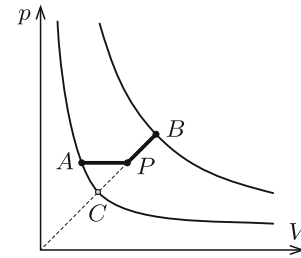
Fizika feladat megoldása

P. 5235. $n = 2$ mol anyagmennyiségű, egyatomos ideális gáz az ábrán látható $A \rightarrow P \rightarrow B$ folyamatot végzi. A gáz hőmérséklete a kiinduló állapotban $T_1 = 280$ K, a végállapotban $T_2 = 4T_1$. Az AP szakasz párhuzamos a V tengellyel, a BC szakasz meghosszabbítása átmegy az origón, a P pont pedig a BC szakasz felezőpontja.

a) Határozzuk meg a gáz hőmérsékletét a P állapotban!

b) Mennyi hőt vesz fel a gáz az $A \rightarrow P \rightarrow B$ folyamatban?

(5 pont)



Közlő: Kotek László, Pécs

Megoldás. a) Tudjuk, hogy $T_A = T_C = T_1 = 280$ K és $T_B = 4T_1 = 1120$ K. A PB egyenes átmegy az origón, így az egyenlete:

$$p(V) = k \cdot V.$$

Az egyenes pontjaira felírt állapotegyenlet:

$$p(V)V = k \cdot V^2 = nRT, \quad \text{tehát} \quad V = \sqrt{\frac{nRT}{k}}.$$

Mivel P a BC szakasz felezőpontja, a „vízszintes” koordinátákra igaz:

$$V_P = \frac{V_C + V_B}{2},$$

$$\sqrt{\frac{nRT_P}{k}} = \frac{\sqrt{\frac{nRT_C}{k}} + \sqrt{\frac{nRT_B}{k}}}{2},$$

$$4nRT_P = nRT_C + nRT_B + 2nR\sqrt{T_C T_B},$$

$$T_P = \frac{1}{4}(T_1 + 4T_1 + 2\sqrt{4T_1 T_1}) = \frac{9}{4}T_1.$$

Eszerint a gáz hőmérséklete a P állapotban 630 K.

b) A folyamatban egyatomos ideális gáz vesz részt, ezért a szabadsági fokok száma $f = 3$. Az AP állapotváltozás izobár, amelyre a hőtan I. főtétele így alkalmazható:

$$\Delta E_{AP} = W_{AP} + Q_{AP},$$

$$\frac{f}{2}nR(T_P - T_A) = -p_A(V_P - V_A) + Q_{AP},$$

ahonnan

$$\begin{aligned} Q_{AP} &= \frac{f}{2}nR(T_P - T_1) + p_A V_P - p_A V_A = \frac{f}{2}nR(T_P - T_1) + p_P V_P - nRT_A = \\ &= \frac{3}{2}nR(T_P - T_1) + nRT_P - nRT_1 = \frac{5}{2}nR(T_P - T_1). \end{aligned}$$

A PB folyamatban a gázon végzett munkát a PB szakasz „alatti” trapéz területe adja meg:

$$\Delta E_{PB} = W_{PB} + Q_{PB},$$

$$\frac{f}{2}nR(T_B - T_P) = -\frac{p_P + p_B}{2}(V_B - V_P) + Q_{PB},$$

$$\begin{aligned} Q_{PB} &= \frac{f}{2}nR(T_B - T_P) + \frac{1}{2}(p_P V_B + p_B V_B - p_P V_P - p_B V_P) = \\ &= \frac{f}{2}nR(4T_1 - T_P) + \frac{1}{2}(p_P V_B - p_B V_P) + \frac{1}{2}nR(T_B - T_P) = \\ &= \frac{f+1}{2}nR(4T_1 - T_P) + \frac{1}{2}(p_P V_B - p_B V_P). \end{aligned}$$

A PB egyenes egyenletét felhasználva látszik, hogy

$$p_P V_B - p_B V_P = kV_P V_B - kV_P V_B = 0,$$

tehát

$$Q_{PB} = \frac{f+1}{2}nR(4T_1 - T_P) + 0 = 2nR(4T_1 - T_P).$$

Az összes felvett hő:

$$Q = Q_{AP} + Q_{PB} = \frac{5}{2}nR(T_P - T_1) + 2nR(4T_1 - T_P) = nR \left(\frac{11}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_P \right).$$

Behelyettesítve az $n = 2$, $R = 8,31 \text{ J/(mol K)}$, $T_1 = 280 \text{ K}$ és $T_P = 630 \text{ K}$ értékeket, azt kapjuk, hogy az $A \rightarrow P \rightarrow B$ folyamatban összesen $Q = 30,8 \text{ kJ}$ hőt vesz fel a gáz.

Horváth Anikó (Szeged, Radnóti M. Kísérleti Gimn., 11. évf.)

Megjegyzés. A keresett mennyiségek (T_P és Q) egyike sem függ a CB egyenes meredekségét jellemző k állandótól. Ezt – az első pillanatban meglepőnek tűnő – tényt a hosszú számolás elvégzése nélkül is beláthatjuk, ha felírjuk az ismert és a keresett mennyiségek mértékegységét. Mivel k mértékegysége J/m^6 , és a *méter* egyetlen más fizikai mennyiség dimenziójában nem szerepel, T_P és Q nem függhet k -tól.

(G. P.)

27 dolgozat érkezett. Helyes 16 megoldás. Kicsit hiányos (4 pont) 5, hiányos (2–3 pont) 5, hibás 1 dolgozat.