

JAVÍTÓKULCS

I. feladat

I. feladat

8 p

1)

- a) Ha a szivattyú a folyadék feletti nyomást lecsökkenti a szobahőmérsékletnek megfelelő telített gőznyomás értékére, akkor teljesül a forrás feltétele és a víz forni kezd. 1 p
Mivel a szivattyú a forrás során felszabaduló gőzöket is kiszívja, a forrás tovább tart, de ez hőelvonással jár és a végén a víz fagyását eredményezi. 1 p
- b) Az autó egyensúlyi hőmérséklete akkor áll be, amikor a hőszigetelése révén leadott hő egyenlő a környezet hőszigeteléséből felvett hővel. A hőszigetelés során leadott hő függ a hőmérséklettől. Derült időben, amikor a környezetétől kevesebb hőt kap (felhők hiánya), 0°C fölötti hőmérsékleten az autó hőszigetelése nagyobb és ez lehűléssel jár, majd valahol 0°C alatt fog beállni a hőegyensúly és beindul a dérképződés. 1 p
Ha az autót ereszt alá, garázsban vagy épület közelében parkoljuk le (a szélvédővel az épület felé), akkor a környezet hőszigetelése nagyobb lesz és 0°C fölött áll be az egyensúly. 1 p

2)

- a) A labda gyors térfogatcsökkenése adiabatikus átalakulásnak tekinthető. Az átalakulás törvényéből következik, hogy $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$
 $T_2 = T_1 (V_1/V_2)^{\gamma-1} = T_1 2^{0,4} = 300 \cdot 2^{0,4} = 396 \text{ K}$. 2 p
- b) A belső energia $U = \nu C_V T$, az arány $U_2/U_1 = T_2/T_1 = 1,32$. 2 p

II feladat

7p

A bezárt levegő nyomása egyenlő a légnyomás és a higanyoszlop nyomásának összegével.

A nyomás egyenlete $p = p_0 + l/2 - y$, ahol $p_0 = 760 \text{ torr (Hgmm)}$, $l = 1520 \text{ mm}$ és y (mm-ben) a higanyoszlop elmozdulása. 1 p

A $p(y)$ elsőfokú függvény és a grafikonja egy csökkenő egyenes. Grafikon helyes megszerkesztése. 2 p
Látható, hogy a kezdeti és végső állapot hőmérséklete azonos. 1 p

A folyamat során a hőmérséklet kezdetben nő, majd csökken. A maximális értéket akkor éri el, amikor az egyenes meredeksége azonos az illető állapoton átmenő izotermáéval, vagyis érintőleges a T_{\max} -nak megfelelő izoterma az egyeneshez. Ez a szakasz felénél következik be, ahol $y = \frac{l}{4} = 38 \text{ cm}$. 1 p

A hőcsere akkor szűnik meg, amikor az egyenes meredeksége egy adiabatáéval egyezik, ott ahol az adiabata érintőleges az egyenesre. A hőcsere előjelváltása az érintési pontnak megfelelő állapotban történik. 1 p

Megjegyzés: Igényesebb kidolgozásnál (elvárásnál) meghatározható a maximális hőmérséklet értéke is.

Az átalakulás $T(V) = \frac{S}{\nu R} \left[-y^2 + \frac{l}{2}y + \frac{l^2}{2} \right]$ másodfokú egyenletének maximumát keresve kapható meg.

A maximális hőmérsékletnek megfelelő y érték : $y = \frac{l}{4} = 38 \text{ cm}$. Ezen hőmérséklet a folyamat közepén

114 cm-s levegőoszlopnál következik be, $T_{\max} = \frac{9}{8}T_1$.

A hőcsere előjelváltása a $Q(V)$ szintén másodfokú egyenlet maximumánál következik be. Itt vált a hő felvétele hőleadásba. $Q(V) = \Delta U + L = \frac{5}{2}S \left(-y^2 + \frac{l}{2} \right) + \frac{S}{2}(-y^2 + 2ly) = S \left(-3y^2 + \frac{9}{4}ly \right)$, ennek

maximuma az $y = \frac{3}{8}l$ értéknél kapható meg. A levegőoszlop magassága ekkor

$$h = \frac{l}{2} + \frac{3}{8}l = \frac{7}{8}l = 133 \text{ cm}. \quad 1 \text{ p}$$

III. feladat

15 p

a) AB folyamatra az adiabatikus átalakulás egyenletéből $P_A = 32 \text{ atm}$.

CD folyamatra az izoterm átalakulás egyenletéből $P_D = 4 \text{ atm}$

2 p

b) A körfolyamatban végzett mechanikai munka egyenlő az egyes folyamatok munkáinak összegével.

$$L_{AB} = -U_{AB} = -\nu C_V(T_B - T_A) = -(P_B V_B - P_A V_A)$$

$$P = \text{állandó}$$

$$L_{AB} = 3600 \text{ J}.$$

2 p

$$L_{BC} = P_B(V_C - V_B) = -400 \text{ J}, L_{CD} = P_C V_C \ln 4 = -560 \text{ J}, L_{DA} = 0.$$

2 p

$$L = 2640 \text{ J}$$

1 p

A hőmennyiséget a D-A izochor átalakulásban veszi fel.

$$Q_1 = \nu C_V(T_A - T_D) = (P_A V_A - P_D V_D) = 4200 \text{ J}.$$

1 p

A hőleadás a B-C és C-D átalakulásban történik.

$$Q_2 = Q_{BC} + Q_{CD}, \text{ de az I. főtétel egyenletéből is megkapható. Mivel a körfolyamatban a}$$

$$\Rightarrow L = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = L - Q_1 = -1560 \text{ J}$$

2 p

c) A körfolyamat hatásfoka

$$\eta = L/Q_1 = 0,6285 = 62,85 \%$$

3 p

d) $T_{\max} = T_A, T_{\min} = T_C = T_D$

1 p

$$\text{a Carnot ciklus hatásfoka } \eta = 1 - T_C/T_A = 1 - p_D/p_A = 1 - 4/32 = 0,875 = 87,5\%.$$

1 p