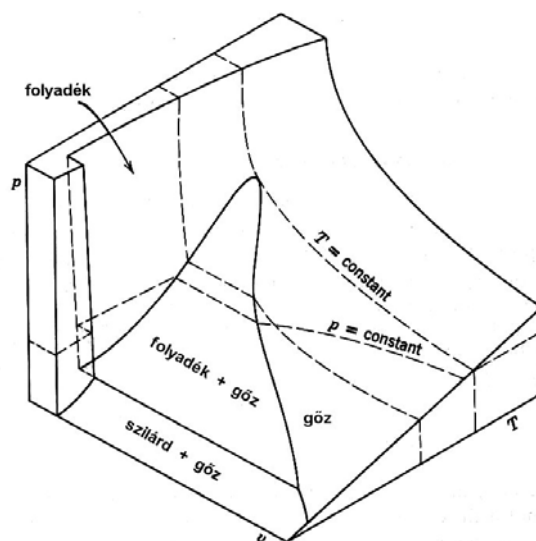


***HŐTAN PÉLDATÁR KIEGÉSZÍTÉS***



***Összeállította:***

***Dr. Sánta Imre  
egyetemi docens***

**Budapest  
2010**

Dr. Sánta Imre: Hőtan példatár kiegészítés. (Átdolgozott)

© Dr. Sánta Imre, 2010.

Kiadja:  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Repülőgépek és Hajók Tanszék

## TARTALOMJEGYZÉK

Állapotegyenlet	1
Kinetikus gázelmélet	2
Első főtételek	3
Fajhő	9
T-s diagram	10
Entrópiaváltozás, súrlódásos folyamatok	11
Gázkeverékek	13
Gázkörfolyamatok	15
Gőzfolyamatok	19
Gőzkörfolyamatok	21
Nedves levegő	23
Hővezetés	25
Hőátadás	26
Hősugárzás	27
A feladatok megoldásának eredményei	29

## ÁLLAPOTEGYENLET

1. **ÁE**

Egy 0,3685 g tömegű  $C_x H_x$  képletű szénhidrogén 127 °C hőmérsékleten és 0,958 bar nyomáson 164 cm<sup>3</sup> térfogatú. Határozza meg a képletben x értékét.  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ; Relatív atomtömegek:  $M_C=12$ ;  $M_H=1$ .

2. **ÁE**

0,03 m<sup>3</sup> fizikai normál állapotú ( $p=760 \text{ Hgmm}$ ,  $t=0 \text{ °C}$ ) oxigén 650 cm<sup>3</sup> térfogatú edényben van. Meghatározandó: a nyomásmérő (manométer) által mutatott (túl-)nyomás az edényben, ha az oxigén hőmérséklete 200 °C. A barometrikus nyomás 750 Hgmm,  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ;  $M_{O_2}=32$ ;  $\rho_{Hg}=13600 \text{ kg}/\text{m}^3$

3. **ÁE**

100 MW teljesítményű gőzturbina 1 kWh energiatermelésre 0,37 kg üzemanyagot használ fel. Hány kg/óra levegőt kell a kazán ventilátorainak a tüztérbe juttatniuk, ha 1 kg tüzelőanyag elégetéséhez 15 Nm<sup>3</sup> ( $p=101325 \text{ Pa}$ ,  $t=0 \text{ °C}$ ) levegő szükséges?  $R_{lev}=287 \text{ J}/(\text{kg K})$

4. **ÁE**

Egy kazánban óránként 800 kg pakurát tüzelünk el. Meghatározandó a füstcsatorna keresztmetszete, ha a füstgáz hőmérséklete 400 °C, nyomása 1 bar, sűrűsége fizikai normálállapotban ( $p=101325 \text{ Pa}$ ,  $t=0 \text{ °C}$ ) 1,22 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg pakura elégetésekor 24 kg füstgáz keletkezik. A füstgáz áramlási sebessége 4 m/s.

5. **ÁE**

A tüzelőanyag fűtőértékének meghatározására szolgáló kaloriméter-bombát oxigénnel töltik meg. Az oxigént egy 6 l űrtartalmú, 120 bar nyomású palackban tartják. Határozzuk meg, hány töltésre elég az oxigén, ha a bomba űrtartalma 400 cm<sup>3</sup> és minden alkalommal 22 bar nyomásra töltjük fel. Töltéskor a hőmérséklet-változást elhanyagoljuk.

6. **ÁE**

Határozza meg, hány percig elég a bűvárnak a 2 db 6 literes tartályban levő 98,1 bar, 17 °C kezdeti állapotú levegő, ha a bűvár 20 belégzést végez percenként és minden belégzéskor 5 liter levegőt használ fel. A légzésbiztosító automata 0,3 MPa nyomásig működik megbízhatóan. A környezeti nyomás 101325 Pa.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ . A hőmérséklet a folyamat során állandó.

7. **ÁE**

Egy 40 dm<sup>3</sup> űrtartalmú üres tartály súlya 64 kg. Milyen súlyú lesz a tartály, ha 15 °C-on 150 bar nyomásig argonnal feltöltjük? Hogyan változik meg az argon nyomása, ha a teli tartályt  $t = 25 \text{ °C}$  hőmérsékletű helyiségbe visszük?  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{Ar} = 39,94$ .

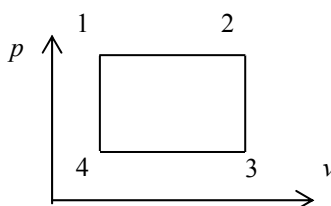
8. **ÁE**



A hengerben súrlódás nélkül elmozduló dugattyú egyik oldalán levegő, a másikon CO<sub>2</sub> van környezeti hőmérsékleten ( $V_{lev}=V_{CO_2}$ ) A levegő tömegének felét kiengedjük, majd a csapot elzárjuk. Meghatározandó: a) a dugattyú két oldalán maradt gázok tömegének aránya ( $m_{lev}/m_{CO_2}$ ) b) a  $V_{lev}/V_{CO_2}$  térfogatarány, ha a gázok

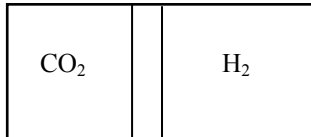
felveszik a környezet hőmérsékletét; c) a rendszerben a kiindulási és végállapotban lévő nyomások viszonya;  $M_{lev} = 29$   $M_{CO_2} = 44$ .

9. **ÁE**



Igazolja, hogy az ábrázolt körfolyamatban bármilyen - állandó  $c_p$  és  $c_v$  fajhővel rendelkező közeg esetén a  $T_1, T_2, T_3, T_4$  hőmérsékletek  $T_1 \cdot T_3 = T_2 \cdot T_4$  kapcsolatban vannak egymással.

10. **ÁE**



Egy hermetikusan zárt hengerben a dugattyú sűrűdés nélkül elmozdulhat. A dugattyú egyik oldalán 1 kg CO<sub>2</sub> a másikon 1 kg H<sub>2</sub> van. Állapítsuk meg a jobb és baloldalon lévő térfogatok viszonyát ( $V_{CO_2}/V_{H_2}$ ) termodinamikai egyensúly esetén.  
 $R_M=8314\text{kJ}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{CO_2}=44$ ,  $M_{H_2}=2$ .

11. **ÁE**

Egy hermetikusan zárt hengerben a dugattyú sűrűdés nélkül elmozdulhat. A dugattyú egyik oldalán 3g H<sub>2</sub> van. Hány g CO<sub>2</sub> van a másik oldalon, ha a két gázzal kitöltött térfogat azonos? (Termodinamikai egyensúly van)  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$ .  $M_{CO_2}=44$ ,  $M_{H_2}=2$ .

12. **ÁE**

Egy hidrogénnel töltött léggömb szállítóképessége -20 °C és 1 bar környezeti állapot esetén 3000 N. A léggömb hirtelen +20 °C hőmérsékletű melegebb, de változatlan nyomású légrétegbe jut. Hogyan változik meg a léggömb szállítóképessége, ha úgy számolunk, hogy a ballon és a környezet lassú hőcseréje következtében a hidrogén hőmérséklete a kezdeti időpillanatban változatlan marad.  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{H_2}=2$ ,  $M_{lev}=29$ .

13. **ÁE**

Egy sztratoszféra-kutató léggömb a földön  $10^4\text{ m}^3$  15 °C hőmérsékletű 760 Hgmm (környezeti állapotú) héliummal van megtöltve és 22 km magasságig emelkedik, ahol a nyomás 0,0402 bar, a hőmérséklet -56 °C. Meghatározandó a léggömbre ható felhajtó erő (emelő erő) a földön és a fenti magasságban a következő feltételek mellett: a) a gyors emelkedés alatt a gáz hőmérséklet-változást nem szenved; b) a ballonban lévő gáz emelkedéskor politrópikusan -30 °C-ra hűl.  $M_{He}=4$ ,  $M_{lev}=29$ ,  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $\rho_{Hg}=13600\text{ kg}/\text{m}^3$ .

14. **ÁE**

Határozza meg az  $1\text{ m}^3$  térfogatú, H<sub>2</sub>-vel töltött léggömbre ható felhajtó erőt, ha a levegő nyomása 1 bar, a léggömbben pedig ehhez képest 0,333 bar túlnyomás van. A H<sub>2</sub> és levegő hőmérséklete azonos 288 K.  $M_{lev}=29$ ,  $M_{H_2}=2$ ,  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$

15. **ÁE**

Mekkora legyen a hidrogénnel ( $M_{H_2}=2$ ) töltött léggömb térfogata, ha a felemelendő tárgy és a léggömb gáz nélküli saját súlyának összege  $G=3000\text{ N}$ . A levegő nyomása a maximális magasságban ahová a léggömbnek fel kell jutnia 0,5 bar és a hőmérséklet 0 °C. Mennyire változik meg a léggömb emelőereje, ha biztonsági okokból héliummal töltjük meg ( $M_{He}=4$ )? Mekkora a léggömb térfogata a földön, ha  $p=1\text{ bar}$ ,  $t=30\text{ °C}$ ? Mekkora a hélium tömege?  $R_{lev}=287\text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$ .

16. **ÁE**

Egy alumínium edényben 10,33 bar és 27 °C állapotú levegő van. Az edény és a gáz együttes tömegének értéke 18 kg. Később 6 kg levegő kiengedése után, a nyomás 5,165 bar lesz, -23 °C hőmérsékleten. Határozza meg az edény tömegét, valamint belső térfogatát.  $R_{lev}=287\text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$

### **KINETIKUS GÁZELMÉLET**

1. **KGE**

Egy hengert a benne sűrűdés nélkül elmozduló dugattyú két azonos részre osztja, ahol az egyikben 1kg hidrogén a másikban széndioxid van. Termodinamikai egyensúly esetén meghatározandó: a)  $m_{CO_2}=?$     b)  $N_{CO_2}=?$     c)  $t=27\text{ °C}$  esetén  $a\left(\sqrt{c^2}\right)_{CO_2}=?$   $R_M=8314\text{ J}/(\text{kmol K})$ ,

$N_A=6,023 \cdot 10^{26} /\text{kmol}$ ,  $M_{CO_2}=44$ ,  $M_{H_2}=2$ .

2. **KGE**

Hány  $N_2$  molekula van 1 liter térfogatban  $27^\circ C$  hőmérsékleten és 10 mmHg nyomáson?

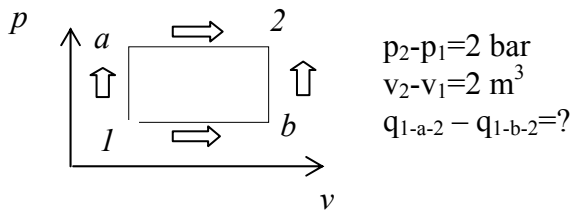
Milyen értékű a  $\sqrt{c^2}$  sebesség?  $R_M=8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $N_A=6,023 \cdot 10^{26} / \text{kmol}$ ,  $M_{N_2}=28$ ,  $\rho_{Hg}=13600 \text{ kg/m}^3$ .

3. **KGE**

$m = 4 \text{ kg}$  CO gáz 0 Kelvintől számított belső energiája 1250 kJ, térfogata  $V = 2 \text{ m}^3$ . Határozza meg a kinetikus gázelmélet segítségével a gáz nyomását, hőmérsékletét, valamint a  $\sqrt{c^2} = ?$  sebesség értékét.  $R_M=8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $N_A=6,023 \cdot 10^{26} / \text{kmol}$ ,  $M_{CO}=28$ .

**ELSŐ FŐTÉTEL**

1. **EF**



2. **EF**

Az 1-c-2 folyamat során 80 kJ hőt közlünk, 30 kJ munkát nyerünk. Mennyi hőt kell közölni az 1-b-2 folyamat során 10 kJ munka nyeresé céljából. Mennyi hőt kell közölni, vagy elvonni a 2-a-1 folyamatban, ha közben kompresszióra 50 kJ munkát fordítunk.

3. **EF**

Bizonyos gáz kezdeti állapota egy dugattyúval lezárt hengerben 10 bar térfogata  $0,05 \text{ m}^3$ . Határozza meg a munkát, melyet a gáz végez ideális expanzió eredményeképpen, ha  $p=aV^{-2} - bV^{-1}$  és  $p_2=1 \text{ bar}$ ,  $V_2=0,1 \text{ m}^3$ .

4. **EF**

Egy kompresszorban súrlódásmentesen állandósult üzemmóddal  $1,5 \text{ kg/s}$  levegőt sűrítünk  $p_1=1 \text{ bar}$   $t_1=127^\circ C$  állapotról  $p_2=1,5 \text{ bar}$  nyomásra. A sűrítés során  $p(v+0,574) = \text{állandó}$ , ahol  $v$   $\text{m}^3/\text{kg}$ -ban,  $p$  Pa-ban értendő. A belépési sebesség  $100 \text{ m/s}$ , míg a kilépési  $200 \text{ m/s}$ . Határozza meg a sűrítési teljesítményigényt és a hőmennyiséget.  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$ .

5. **EF**

Egy energetikai egység teljesítménye  $375 \text{ kW}$ . A belépő levegő jellemzői  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1= 27^\circ C$ . A belépési keresztmetszet  $A_1= 0,12 \text{ m}^2$ . A kilépő közeg állapotjelzői  $p_2= 1,8 \text{ bar}$ ,  $t_2= 153^\circ C$ . A kilépési keresztmetszet  $A_2 = 0,1 \text{ m}^2$ , melyben a sebesség  $119 \text{ m/s}$ . A munkaközegnek tekintve határozza meg a bevezetésre kerülő hőmennyiséget, valamint a munkaközeg tömegáramát.  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa= 1,4$ .

6. **EF**

Mennyi hőt kell  $3 \text{ kg}$   $p_1=1 \text{ bar}$  nyomású  $v_1 = 0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$  fajtérfogatú CO-val állandó térfogaton közölni, hogy az azt követő adiabatikus expanzió végén a  $p_2 = 2 \text{ bar}$  és  $v_2 = 1,5 \text{ m}^3/\text{kg}$  paraméterekkel jellemzett állapotba jusson.  $R_M=8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{CO}=28$ .

7. **EF**

Kétatomos ideális gázzal  $50 \text{ kJ}$  hőt közlünk, miközben izobár expanziót végez. Meghatározandó a folyamat munkája.

8. **EF**

$1 \text{ kg}$  gáz ( $\kappa=1,5$ )  $p_1, v_1$  állapotból izotermikusan  $p_2, v_2$  állapotba jut. Ezt követően állandó nyomáson annyi hőt vonunk el belőle, hogy térfogata a kiindulási  $v_1$  lesz. Meghatározandó az

izotermikus folyamat során közölt, és az izobár során elvont hőmennyiségek aránya, ha  $p_1/p_2=10$ .

9. **EF**

Egy kompresszor izotermikusan sűrít  $1000 \text{ Nm}^3/\text{óra}$  ( $p=101325 \text{ Pa}$ ,  $t=0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) széndioxidot  $p_1=0,95 \text{ bar}$   $t_1=47 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotról  $p_2=8 \text{ bar}$  nyomásig.

Meghatározandó: a/ a kompresszor ideális teljesítményszüksége;

b/ a folyamat biztosításához szükséges ideális hűtővízmennyiség, ha felmelegedése a hűtés során  $\Delta t=15 \text{ }^\circ\text{C}$ .  $M_{\text{CO}_2} = 44$ ,  $R_M= 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $c_{\text{v}\ddot{\text{v}}\text{z}}=4189 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $p_N=101325 \text{ Pa}$ ,  $t_N=0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

10. **EF**

$\kappa=1,66$  kitevőjű  $R= 2078 \text{ J}/(\text{kg K})$  gázállandójú gáztól egy ideális politrópikus folyamat során elvonunk  $100 \text{ kJ}$  hőt, miközben belső energiája  $200 \text{ kJ}$ -val nő. Meghatározandó a folyamat fajhője, munkája és politrópikus kitevője. Ábrázolja a folyamatot  $p$ - $v$  és  $T$ - $s$  diagramban.

11. **EF**

Milyen hőmérsékleten lesz egyenlő az ideális gáz és a van der Waals egyenlettel leírható valóságos gáz izotermikus sűritésére fordítandó munka?

12. **EF**

1 kilomol kétatomos ideális gáz adiabatikus sűritésére  $146 \text{ kJ}$  munkát fordítunk. Mennyivel nő a kompresszió során a hőmérséklet?  $R_M=8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$

13. **EF**

Egy  $40 \text{ l}$  űrtartalmú szigetelt tartályban  $0,4 \text{ kg}$   $10 \text{ bar}$  nyomású levegő van. Egy kisméretű szelepen keresztül kiengedünk az  $1 \text{ bar}$  nyomású környezetbe annyit, hogy a tartálynyomás  $5 \text{ bar}$  értékre csökkenjen. A folyamat során ideális adiabatikus állapotváltozás zajlik. Határozza meg a tartályban maradó levegő tömegét.  $\kappa_{\text{lev}} = 1,4$ ;  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ .

14. **EF**

Meghatározandó az  $1,5 \text{ kW}$  teljesítményű légmotor óránkénti levegőszüksége ha a  $3 \text{ bar}$  nyomású  $288 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő a motorban  $1 \text{ bar}$  nyomásig és  $230 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletig adiabatikusan expandál.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ .

15. **EF**

Egy fűtött (1-2) politrópikus folyamat ( $n= - 4,32$ ) során  $m=0,5 \text{ kg}$ ,  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotú széndioxidba  $1,76 \cdot 10^5 \text{ J}$  hőt vezetünk. Mekkora a folyamat munkája? Az 1 állapotból kiindulva izochor (1-a) és izobár (a-2) folyamattal is elérhetjük a 2 állapotot. Mekkora lesz ekkor az izochor és izobár folyamattal kapcsolatos összes hőmennyiség? Mekkora lesz a  $w_{1a2}$ ?  $M_{\text{CO}_2} = 44$ ;  $R_M= 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$

16. **EF**

Egy expanzió-folyamat során a gázzal közölt hő  $50 \%$ -a térfogatváltozási munkára,  $50 \%$ -a a belső energia növelésére fordítódik. a)  $n = ?$ ; b) ábrázolja  $p$ - $v$ , és  $T$ - $s$  diagramban; c) Mekkora a folyamat fajhője?  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$

17. **EF**

Egy kompresszor  $V_0 = 500 \text{ nm}^3/\text{h}$  levegőt szállít.  $p_1 = 0,8 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_2 = 4 \text{ bar}$ . A kompresszió politrópikus ( $n=1,3$ ),  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  $\kappa= 1,4$ ;  $p_0=1 \text{ bar}$ ;  $t_0=15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Meghatározandó: a)  $P= ?$ ; b)  $m_{\text{v}\ddot{\text{v}}\text{z}}=?$  (hűtővíz), ha  $\Delta t_{\text{v}\ddot{\text{v}}\text{z}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_{\text{v}\ddot{\text{v}}\text{z}}=4189 \text{ J}/(\text{kg K})$ .

18. **EF**

Egy levegőkompresszor politrópikusan levegőt sűrít. A kompresszió során a levegő entalpiája  $1,9 \cdot 10^5 \text{ kJ/h}$  értékkel nő. A sűritésre fordított teljesítmény  $60 \text{ kW}$ . Határozza meg a folyamat politrópikus kitevőjét, valamint a szükséges hűtővíz mennyiségét, ha felmelegedése  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  lehet.  $c_{\text{v}\ddot{\text{v}}\text{z}}=4189 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  $\kappa= 1,4$ .

19. **EF**

Ideális kétfokozatú kompresszorral politrópikusan ( $n=1,2$ ) levegőt sűrítünk  $p_1 = 1 \text{ bar}$  és  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotról  $p_2=9 \text{ bar}$ -ig. A kompresszor  $V_1 = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $p_1$ ,  $t_1$  állapotú levegőt szív be. A fokozatok munkája megegyezik, a két fokozat között a levegőt állandó nyomáson a kiin-

dulási hőmérsékletig visszahűtjük. Meghatározandó a kompresszorhajtás ideális teljesítményigénye, valamint az összes hűtéshez (folyamat + visszahűtés) szükséges óránkénti hűtővíz mennyiség, ha  $\Delta t_{\text{hűtővíz}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  lehet.  $c_{\text{víz}} = 4,188 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ ,  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1.4$ .

20. **EF**

$m = 2 \text{ kg/s}$  levegő ideális politrópikus folyamata a  $p_1 = 4 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 127 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotú pontban kezdődik és áthalad a  $p_a = 8 \text{ bar}$ ,  $t_a = 187 \text{ }^\circ\text{C}$  állapoton. A folyamat teljesítményigénye  $1100 \text{ kW}$ . Meghatározandó: a) a végállapot paraméterei ( $p_2$ ,  $v_2$ ,  $t_2$ ); b) a folyamattal kapcsolatos hőmennyiség; c) a szükséges hűtővíz mennyiség, ha felmelegedése  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  lehet.  $R_{\text{lev}} = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1.4$ ,  $c_{\text{víz}} = 4189 \text{ J}/(\text{kgK})$ .

21. **EF**

Politrópikus kompresszió során  $2,5 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 1,2 \text{ bar}$  nyomású levegő nyomása  $p_2 = 6 \text{ bar}$  értékre nő. Ekkor a hőmérséklet  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ -ről  $t_2 = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra változik. Meghatározandók: a) kompressziómunka; b) hőmennyiség; c) belsőenergia-változás.  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

22. **EF**

Oxigént ideális politrópikus folyamattal sűrítünk  $1,05 \text{ bar}$ ,  $15^\circ\text{C}$  állapotról  $4,2 \text{ bar}$ -ra úgy, hogy a sűrítési munka  $1/3$ -a a falon keresztül, mint hő elvonásra kerül. Határozza meg a sűrítés vég-hőmérsékletét!  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{\text{O}_2} = 32$ .

23. **EF**

A dízelmotor hengerében a kompresszió végén a levegő hőmérsékletének legalább a tüzelőanyag gyulladáspontjával kell megegyeznie.  $V_2 = ?$ , ha  $V_1 = 2 \text{ liter}$ , a tüzelőanyag gyulladási hőmérséklete  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ , és a kompresszió kezdetén  $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1 \text{ bar}$ . A kompresszió a) adiabatikus; b) politrópikus ( $n = 1,3$ ). Mennyi hőt visz el a hűtővíz a kompresszió során?  $W_{12} = ?$   
 $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

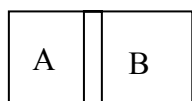
24. **EF**

Meghatározandó optimálisan hány %-os munkamegtakarítást eredményez, ha egyfokozatú kompresszióról kétfokozatúra térünk át. A kompresszió izentrópus. A kezdeti nyomás  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_2 = 10 \text{ bar}$ . A két kompresszor között a kiindulási hőmérsékletre hűtjük a közeget állandó nyomáson.  $R_{\text{lev}} = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1.4$

25. **EF**

Többfokozatú kompresszor  $p_1 = 0,981 \text{ bar}$  nyomásról  $p_2 = 54 \text{ bar}$  nyomásig adiabatikusan levegőt sűrít. Az egyes fokozatok nyomásviszonyai azonosak és  $6-8$  közé esnek. A fokozatok között a levegőt a kiindulási (kompresszor előtti) állapotig hűtjük vissza. Meghatározandó: a) fokozatok száma, a kompresszor teljesítményigénye, ha a fokozatok izentrópus hatásfoka  $70\%$ ; a hűtővíz mennyisége, ha  $\Delta t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V = 3 \text{ m}^3/\text{s}$  - ( $p_1, t_1$  esetén),  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ ,  $c_{\text{víz}} = 4,188 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ .

26. **EF**



$p_{A1} = 3 \text{ bar}$ ,  $t_{A1} = 400^\circ\text{C}$   
 $p_{B1} = 1 \text{ bar}$ ,  $t_{B1} = 400^\circ\text{C}$

A dugattyú két oldalán azonos tömegű levegő van a falak és a dugattyú szigetelt. A dugattyúrögzítés kioldása után a dugattyú súrlódás nélkül elmozdul és a nyomáskiegyenlítődségig sűríti a B térben levő gázt. Meghatározandó: a) az egyensúlyi nyomás, b) a két térben kialakuló hőmérséklet.  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

27. **EF**

Egy adiabatikus falakkal és dugattyúval rendelkező hengerben  $1 \text{ kilomol O}_2$  van. A súlyterheléses dugattyú  $p_1 = 2 \text{ bar}$  állandó nyomást biztosít. Egy adott időpillanatban súlyrögzítéssel ugrásszerűen növeljük a nyomást  $p_2 = 3 \text{ bar}$ -ig, majd az egyensúly beállta után súlylevétellel újra csökkentjük - szintén ugrásszerűen  $p_3 = p_1 = 2 \text{ bar}$ -ra. Meghatározandó a térfogat és hőmérséklet a 3. állapotban, ha  $T_1 = 350 \text{ K}$  Mekkora lesz az entrópiaváltozás az 1-3 folyamat során?  $M_{\text{O}_2} = 32$ ,  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ .



28. **EF**  
Egy szigetelt hengert egy válaszfalal osztottunk két részre úgy, hogy az egyik részében  $2 \text{ m}^3$  5 bar nyomású,  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő (ideális gáz) van, míg a másik  $5 \text{ m}^3$  térfogatú térrészben abszolút vákuumot biztosítottunk. A válaszfal eltávolítása után a levegő kitölti az egész hengertérfogatot. Határozza meg: a) a rendszer által végzett munkát, b) a belsőenergia-változást, c) a levegő hőmérsékletét és nyomását a folyamat végén.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ .
29. **EF**  
Egy vízszintes, szigetelt, zárt hengerben súrlódásmentesen mozgó dugattyú közepén helyezkedik el. A dugattyú két oldalán két kétatomos ideális gáz van. A dugattyú hőszigetelt, a gázok kezdeti paraméterei azonosak:  $p_0 = 1 \text{ bar}$ ,  $V_0 = 20 \text{ liter}$ ,  $t_0 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Az egyik térrészben villamos fűtőszállal annyi hőt vezetünk be, hogy a nyomás megkétszereződjék. Határozzuk meg az egyes térrészekben levő gázok jellemzőit a hőközlés után. Mekkora a rendszerbe bevezetett hő?  $R_M=8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ .
30. **EF**  
Vízszintes,  $2 \text{ dm}^2$  keresztmetszetű hengerben 8 liter,  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű, a környezettel megegyező nyomású ( $p = p_0 = 1 \text{ bar}$ ) levegő van. A dugattyút egy hosszú - kezdetben erőmentes -  $D=80 \text{ N/cm}$  erősségű rugó támasztja meg. A henger fűtése következtében a levegő a rugóerőt legyőzve eredeti térfogatának másfélszeresére tágul. Határozza meg a közölt hőmennyiséget!  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  $\kappa=1,4$ .
31. **EF**  
Vízszintes,  $2 \text{ dm}^2$  keresztmetszetű hengerben 8 liter,  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű, a környezettel megegyező nyomású ( $p = p_0 = 1 \text{ bar}$ ) levegő van. A dugattyút egy hosszú - kezdetben erőmentes  $D=80 \text{ N/cm}$  erősségű rugó támasztja meg. A hengerben lévő levegő fűtésére  $3960 \text{ J}$  hőt fordítunk. Határozza meg a gáz nyomását a végállapotban, valamint a gáz által végzett munkát!  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  $\kappa=1,4$ .
32. **EF**  
Egy U-alakú cső egyik vége zárt, a másik nyitott. A függőleges száruk  $1000 \text{ mm}$  hosszúak, s a cső  $1 \text{ cm}^2$  állandó keresztmetszetű. Kezdetben  $400 \text{ mm}$  magasan van a higany a függőleges szárukban. Mennyi hőt kell közölni az elzárt részben levő levegővel, hogy a higany szintje a kezdetihez képest  $30 \text{ milliméterrel}$  csökkenjen. (A bevezetett hő teljes egészében a gázt melegíti!)  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ ,  $\rho_{\text{Hg}}=13600 \text{ kg/m}^3$ . A környezeti nyomás  $1 \text{ bar}$ .
33. **EF**  
Egy  $2 \text{ liter}$  térfogatú, levegőt tartalmazó tartályhoz  $1 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű üvegcső csatlakozik, mely függőlegesen  $200 \text{ mm}$  mélyen higanyba merül. Kezdetben a csőben és csövön kívül a higanyfelszín azonos magasságú. Legalább milyen teljesítményű fűtőtestet kell a tartályba szerelni, ha azt akarjuk, hogy a higany szintje a csőben  $5 \text{ perc}$  alatt a cső alsó végéig süllyedjen? (A bevezetett hő teljes egészében a gázt melegíti!)  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ ,  $\rho_{\text{Hg}}=13600 \text{ kg/m}^3$ . A környezeti nyomás  $1 \text{ bar}$ .
34. **EF**  
Egy  $20 \text{ l}$  űrtartalmú szigetelt tartályban levegő van  $1 \text{ bar}$  nyomáson és  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ -on. A tartályt rákötjük egy  $10 \text{ bar}$  nyomású  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegőt szállító gázvezetékre és  $10 \text{ bar}$ -ig töltjük. Határozza meg a tartályban a töltés után levő levegő hőmérsékletét és tömegét.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ .
35. **EF**  
Egy hőszigetelt tartályban a levegő jellemzői  $p_t = 0,3 \text{ bar}$ ,  $t_t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , a környezeté  $p_k = 1 \text{ bar}$ ,  $t_k=10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Meghatározandó: A tartályban lévő közeg hőmérséklete abban az esetben, ha a  $p_k$ ,  $t_k$  állapotú levegő a tartályba (nyomásegyenlőségig) beáramlik.  $\kappa=1,4$ .
36. **EF**  
Egy hőszigetelt tartályban környezeti hőmérsékletű, de a környezetinél kisebb  $p_t$  nyomású levegő van.  $t_k=27 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_k=1 \text{ bar}$ . Meghatározandó, a  $p_t$  nyomás értéke, ha a szelep kinyitása és a kör-

nyezeti levegő nyomáskiegyenlítődéig tartó beáramlása után a tartályban a hőmérséklet 346,5 K lesz.  $\kappa=1,4$ .

37. **EF**

Egy dízelmotor kipufogási folyamatát egyszerűsítetten modellező berendezésének hengerében az expanzió végén (zárt szelepeknél) (1) a nyomás  $p_1=7$  bar. A kipufogó szelep a dugattyú alsó holtponthelyzetében nyit, s a gáz kiáramlása következtében a nyomás a hengerben - még a dugattyú alsó holtponthelyzetében - a kipufogási 1,2 bar nyomásra csökken (2), majd a dugattyú állandó nyomáson kitolja a hengerből a gázt (3). A kipufogás során a gázok közepes hőmérséklete 430 °C, nyomása 1,2 bar. Tételezzük fel, hogy a gázok kiáramlása során nincs hőcsere. Számítsuk ki a  $T_1$  hőmérsékletet az expanzió folyamat végén. Határozzuk meg a fajlagos entrópiaváltozást a kipufogás során.  $R=288,4$  J/(kg K),  $\kappa=1,33$ .

38. **EF**

Egy 200 l térfogatú edényben CO van  $t_1 = 20$  °C hőmérsékleten. Mennyi hőt kell a gázzal közölni, hogy hőmérséklete 80 °C -ra emelkedjék? Mekkora lesz a nyomás a végállapotban, ha a nyomás hevítés előtt  $p_1=2,5$  bar?  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{CO}=28$ .

39. **EF**

Hosszú, alsó végén zárt függőleges kör keresztmetszetű csőben súrlódás nélkül elmozdulhat egy dugattyú, melynek  $m=100$ g tömegéhez képest a csőben lévő kétatomos ideális gáz tömege elhanyagolható. Egyensúly esetén a dugattyú a cső aljától  $l_0=0,5$  m távolságra van. Meghatározandó az egyensúlyi helyzetéből kilendített dugattyú kis lengéseinek mozgásegyenlete és periódusideje, ha a gáz állapotváltozása adiabatikus, a cső keresztmetszete  $A=1$  cm<sup>2</sup>, környezeti nyomás  $p_0=1$  bar.  $\kappa=1,4$ .

40. **EF**

Hosszú, alsó végén zárt függőleges kör keresztmetszetű csőben súrlódás nélkül mozoghat egy dugattyú, melynek  $m=100$ g tömegéhez képest a csőben levő ideális gáz tömege elhanyagolható. Egyensúly esetén a dugattyú a cső aljától  $l_0=1$  m távolságra van. Meghatározható: az egyensúlyi helyzetéből kilendített dugattyú kis lengéseinek mozgásegyenlete és periódusideje, ha a gáz állapotváltozása izotermikus, a cső keresztmetszete  $A=1$  cm<sup>2</sup>, környezeti nyomás  $p_0=1$  bar.

41. **EF**

Hőszigetelt, két végén zárt henger belső terét elhanyagolható tömegű rögzített dugattyú osztja két egyenlő részre. A dugattyú egyik oldalán 2 kilomol, 500 K hőmérsékletű kétatomos ideális gáz, a másikon pedig vákuum van. A dugattyú rögzítését feloldva az a hengerben súrlódásmentesen elmozdul úgy, hogy a gáz a teljes hengertérfogatot kitölti. Ezután fokozatosan növeljük a dugattyúra ható nyomást és igen lassan visszajuttatjuk kiindulási helyzetébe. Meghatározandó a belsőenergia-változás a két folyamat eredményeképpen.

42. **EF**

Ideális gázzal (O<sub>2</sub>) töltött adiabatikus, elasztikus falú ballonban a gáz nyomása  $p_1=2$  bar hőmérséklete  $T_1=300$  K. Meghatározandó a ballonban levő gáz  $T_2$  hőmérséklete, amely a környezet (külső) nyomásának  $p_2=5$  bar értékre történő ugrásszerű megváltozása után áll be. Mekkora lesz a gáz fajlagos entrópiaváltozása.  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{O_2}=32$ .

43. **EF**

Nitrogén  $m=0,12$  kg/s mennyiségben állandósultan, súrlódásmentesen áramlik egy fűvókában. A gáz a fűvókához 2,8 bar nyomással és 100 °C hőmérsékleten 15 m/s sebességgel érkezik, s a fűvókában izentrópiusan expandál 1,6 bar nyomásig. Határozza meg a fűvóka kilépési keresztmetszetét.  $M_{N_2}=28$ ,  $R_M=8314$  J/(kmol K)

44. **EF**

Levegő  $m=0,2$  kg/s mennyiségben állandósultan, súrlódásmentesen áramlik egy fűvókában. A fűvókához 1,8 bar nyomással és 400 °C hőmérsékleten 15 m/s sebességgel érkezik. A levegő a fűvókában politrópiusan ( $n=1,3$ ) expandál 1,1 bar nyomásig. Határozza meg a fűvóka kilépési keresztmetszetét.  $M_{lev}=29$ ,  $R_M=8314$  J/(kmol K)

45. **EF**

Egy légcsatornába, melynek belépő keresztmetszete  $17,52 \text{ cm}^2$ ,  $150 \text{ kg/óra}$   $t_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 1 \text{ bar}$  állapotú levegő lép be. Határozza meg a levegő mozgatására fordított teljesítményt, ha a csatorna falán távozó hő  $1000 \text{ kJ/óra}$ , a kilépő levegő hőmérséklete  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , sebessége  $100 \text{ m/s}$ . A be- és kilépés közötti szintkülönbség elhanyagolható.  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$

46. **EF**

Egy szűkülő csatornába belépő  $m = 0,5 \text{ kg/s}$  oxigén sebessége  $100 \text{ m/s}$  hőmérséklete  $727 \text{ }^\circ\text{C}$ . A csatorna falán keresztül  $2 \text{ kW}$  hőt vezetünk a gázba. Határozza meg a kilépési keresztmetszetet, ha a kilépő nyomás  $p_2 = 6 \text{ bar}$ , a hőmérséklet  $t_2 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ !  $R_M=8314\text{J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{O_2} = 32$ .

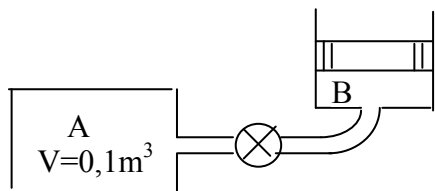
47. **EF**

A  $V=25$  literes,  $p=2\text{bar}$  nyomású,  $t=0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegőt tartalmazó tartályból a levegő tömegének egy részét  $5,0344 \text{ kJ}$  hő bevezetésével kiengedjük - miközben nyomása állandó marad. Az eredeti gáztömeg milyen hányada távozik a tartályból a folyamat során?  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ .

48. **EF**

$6,9 \text{ bar}$  nyomású,  $260 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő mielőtt egy fűvókában izentrópicusan expandál  $1,1 \text{ bar}$  nyomásig, fojtást szenved. Határozza meg a fűvóka előtti nyomást, ha a levegő sebessége a fűvóka előtt  $100 \text{ m/s}$ , a fűvókában  $637 \text{ m/s}$ -ig gyorsul.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  $\kappa= 1,4$ .

49. **EF**



Az A és B henger az ábrán látható módon kapcsolódik. A rendszer szigetelt. A B hengerben a dugattyú súrlódásmentesen mozoghat és a hengerben  $2 \text{ bar}$  állandó nyomást biztosít. Kezdetben a dugattyú a henger alján foglalt helyet. Ekkor az A hengerben a nyomás  $6 \text{ bar}$ , a hőmérséklet  $300 \text{ K}$  volt. A két henger közötti csővezetékben a

csapot megnyitva a két hengerben kiegyenlítődik a nyomás. Határozzuk meg a hengerekben kialakuló hőmérsékletet és a dugattyú helyzeti energiájának megváltozását, ha a környezeti nyomás

$1 \text{ bar}$ .  $R=500 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,3$ .

50. **EF**

Egy szűkülő csatornába belépő oxigén sebessége  $100 \text{ m/s}$ , nyomása  $10 \text{ bar}$ , hőmérséklete  $727 \text{ }^\circ\text{C}$ . A csatornában politrópikus folyamat játszódik le. Határozza meg a kilépési sebességet, ha a kilépő nyomás  $p_2 = 6 \text{ bar}$ , a hőmérséklet  $t_2 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ !  $R_M=8314\text{J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{O_2} = 32$ .

51. **EF**

Egy  $1 \text{ m}^3$  térfogatú szigetelt tartályban  $50 \text{ bar}$ ,  $400\text{K}$ , egy másik ugyancsak szigetelt  $5 \text{ m}^3$  térfogatú tartályban  $1 \text{ bar}$ ,  $300 \text{ K}$  állapotú levegő van. A két tartály egy szeleppel van összekötve. A szelepet kinyitjuk és addig tartjuk nyitva, míg a nyomás az első tartályban felére csökken. Ezután a szelepet elzárjuk. Határozza meg a tartályokban a hőmérsékletet, valamint a nyomást a második tartályban.  $R=287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa=1,4$ .

52. **EF**

Egy  $V=1,7 \text{ m}^3$  térfogatú tartályban  $1,4 \text{ bar}$  nyomású,  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű szénmonoxid van. Egy kompresszorral további CO betáplálást végzünk addig, míg a nyomás a tartályban megduplázódik. A töltés során a tartályban állandó  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletet biztosítunk. A tartálynyomás növekedésével a kompresszor kilépő hőmérséklete  $T=17p^{0,25}$  összefüggés szerint változik – ahol  $[T]=\text{K}$ ,  $[p]=\text{Pa}$ . Határozzuk meg mennyi hőt kell a folyamat során a tartályból elvonni, vagy abba bevezetni!  $M_{CO}=28$ ,  $R_M= 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ ,  $\kappa=1,4$ .

53. **EF**

Egy  $0,5 \text{ m}^3$  térfogatú tartályban  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű  $5 \text{ bar}$  nyomású CO van.  $40 \text{ bar}$  nyomású,  $77 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű CO-t szállító gázvezetékre kapcsoljuk és  $30 \text{ bar}$ -ig töltjük. Mennyi hőt kell el-

vonni a tartályból töltés közben, hogy a hőmérséklet a töltés végén 57 °C legyen?

$R_M=8314\text{J}/(\text{kmol K})$ ,  $M_{\text{CO}}=28$ .

54. **EF**

Ideális gáz adiabatikusan expandál egy fűvócsőben. A belépő keresztmetszetben  $p_1=60$  bar,  $T_1=3000$  K,  $c_1=200$  m/s. Az expanzió 1,01 bar nyomásig tart. A kilépő hőmérséklet 1800 K. Mekkora fajlagos munkát (1 kilogrammra vonatkoztatva) végzett a gáz ha a kilépő sebesség a belépőhöz képest elhanyagolható? Relatív molekulatömeg  $M=20$ ,  $\kappa=1,2$ ,  $R_M=8314$  J/(kmol K)

55. **EF**

Egy repülőgép hajtómű fűvócsőjében a gáz égéstermékek adiabatikusan expandálnak. Felszálló üzemmódon a fűvócső belépő keresztmetszetében a nyomás 1,8 bar, a hőmérséklet 1200 K, a mozgási energia a kilépőhöz képest elhanyagolható.

A gáz fajhője  $c_p = 0,959 + 1,16 \cdot 10^{-4} T + 3,65 \cdot 10^{-8} T^2$  [kJ/kgK] függvény szerint függ a hőmérséklettől ( $[T] = \text{K}$ ). Határozza meg a kilépő sebességet és nyomást, ha a kilépő keresztmetszetben a hőmérséklet 900 K! A relatív molekulatömeg  $M=30$ ,  $R_M=8314$  J/(kmol K)

56. **EF**

2 kg/s levegőt  $p_1 = 1$  bar,  $t_1 = 27$  °C állapotból politrópikus folyamattal sűrítünk. Határozza meg a végállapot  $p_2$ ,  $t_2$  jellemzőit, ha a kompresszor teljesítményszükséglete 261 kW és a hűtővízzel 60 kW hőt viszünk el! ( $c_1 \approx c_2$ );  $R=287$  J/(kg K),  $\kappa=1,4$ .

### FAJHŐ

1. **FH**

Határozzuk meg a hidrogén 100 °C és 1000 °C hőmérsékletintervallumban érvényes közepes izochor fajhőjét a példatár F.4. táblázata alapján.

2. **FH**

Határozzuk meg a Nitrogén  $\text{Nm}^3$  tömegre vonatkoztatott izobár fajhőjét, ha feltételezzük, hogy a fajhő nem függ a hőmérséklettől.  $p_N=101325$  Pa,  $T_N=273$  K,  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2}=28$ .

3. **FH**

A  $\text{CO}_2$  közepes izobár kilomolhőjét 0 és 600 °C között a

$$c_{Mp} \Big|_0^t = 35,86 + 0,02064t - 0,6418 \cdot 10^{-5} t^2 \quad \text{kJ}/(\text{kmol K}), [t]=^\circ\text{C.}$$

összefüggés adja meg. Mekkora a valódi fajhő 400 °C-on.  $M_{\text{CO}_2}=44$ .

4. **FH**

A kompresszorból kilépő  $p_1=7$  bar nyomású  $t_1=160$  °C hőmérsékletű levegőt visszahűtőbe vezetjük. Itt a levegő 25 °C -ig hűl le. Határozza meg a hűtővíznek óránként átadott hőmennyiséget ha a kompresszor szállítóképessége  $V = 6$  m<sup>3</sup>/min ( $p_1, t_1$ ).

$$c_{Mp}=28,903 + 6,199 \cdot 10^{-3} t - 8,419 \cdot 10^{-7} t^2 \quad \text{kJ}/(\text{kmol K}), [t]=^\circ\text{C.}$$

$R_{\text{lev}}=287$  J/(kg K),  $R_M=8314$  J/(kmol K)

5. **FH**

Egy dízelmotor hengerében a levegőt adiabatikusan sűrítjük az tüzelőanyag gyulladási hőmérsékletéig (800 °C). Hányadrészére csökken a térfogat?  $t_1=100$  °C. a)  $\kappa = f(T)$ ; b)  $\kappa=1,4 = \text{const}$ .

6. **FH**

Egy gázturbina égőterében a hőközlés állandó nyomáson történik. Ennek eredményeképpen a levegő hőmérséklete 300 °C -ról 750 °C -ra nő. Meghatározandó a fajlagos bevezetett hőmennyiség, ha a)  $c_p = 1,005$  kJ/(kg K); b)  $c_p = 0,998 + 2,24 \cdot 10^{-4} t - 2,92 \cdot 10^{-8} t^2$  kJ/(kg K);  $[t]=^\circ\text{C}$ , c) F.5 táblázat

7. **FH**

Egy  $V = 0,12$  m<sup>3</sup> űrtartalmú tartályban  $p_1 = 10$  bar,  $t_1 = 50$  °C állapotú levegő van. Meghatározandó: a) mennyi hőt kell közölni a levegővel, hogy hőmérséklete  $t_2 = 150$  °C legyen?  $c=f(T)$ ! b) mekkora lesz akkor a levegő nyomása?  $R_{\text{lev}} = 287$  J/kg fok.

8. **FH**

3 kg nitrogén adiabatikus kompressziója során a  $p_1 = 1$  bar,  $t_1 = 100$  °C állapotból a  $t_2 = 500$  °C hőmérsékletű állapotba jut. Határozza meg a sűrítésre fordított  $W_{12}$  munkát, valamint a végnyomás értékét, ha a fajhő a hőmérséklet függvénye!  $R_M = 8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2} = 28$ .

9. **FH**

3kg 1bar, 200 °C állapotú levegővel 500 kJ hőt közlünk állandó térfogaton. Határozza meg a véghőmérsékletet, ha a fajhő a hőmérséklet függvénye.

10. **FH**

Zárt edényben, melynek térfogata  $V = 1.5$  m<sup>3</sup>  $p_1 = 3$  bar,  $t_1 = 200$  °C állapotú O<sub>2</sub> van. Határozza meg a gáz hőmérsékletét ha 4000 kJ hőt közlünk vele. A fajhő a hőmérséklet függvénye.  $R_M = 8314$  J/(kmol K),  $M_{O_2} = 32$ .

11. **FH**

Zárt edényben, melynek térfogata  $V = 1.5$  m<sup>3</sup>  $p_1 = 3$  bar,  $t_1 = 2000$  °C állapotú CO<sub>2</sub> van. Határozza meg a gáz hőmérsékletét ha 1 MJ hőt elvonunk a rendszertől. A fajhő a hőmérséklet függvénye.  $R_M = 8314$  J/(k mol K),  $M_{CO_2} = 44$ .

12. **FH**

3kg 1bar, 200 °C állapotú levegővel 500 kJ hőt közlünk állandó nyomáson. Határozza meg a véghőmérsékletet, ha a kilomolhő a hőmérséklet függvényében  $c_{Mp} = 28,903 + 6,199 \cdot 10^{-3} t$  kJ/(kmol K),  $[t] =$  °C összefüggés szerint változik.

13. **FH**

Egy kompresszor adiabatikusan sűrít 60kg/s levegőt, miközben a levegő hőmérséklete 300 °C-ról 750 °C-ra nő. Határozza meg a sűrítés teljesítményigényét és a nyomásviszonyt, ha a fajhő a következő módon a függ a hőmérséklettől  $c_p = 0,998 + 2,24 \cdot 10^{-4} t - 2,92 \cdot 10^{-8} t^2$  kJ/(kg K),  $[t] =$  °C.  $R = 287$  J/(kg K).

### T-S DIAGRAM

1. **T-S**

Egy politropikus folyamat során  $\Delta V > 0$ ,  $\Delta p > 0$ . Ábrázolja a folyamatot p - v és T - s diagramban. Adja meg a hőmennyiség, a munkák, az entrópiaváltozás és az entalpiaváltozás előjelét, valamint az n értékét (-tól - ig). Külön T - s diagramban szemléltesse a  $w_{12}$  munka területét!

2. **T-S**

Egy politrópikus folyamat során  $W_{t12} > 0$ ,  $\Delta U < 0$ . Ábrázolja a folyamatot p - v és T - s diagramban. Adja meg a hőmennyiség, a munkák, az entrópiaváltozás és az entalpiaváltozás előjelét, valamint az n értékét (-tól - ig). Külön T - s diagramban szemléltesse a  $W_{t12}$  munka területét.

3. **T-S**

Egy politrópikus folyamat során  $W_{12} > 0$ ,  $W_{t12} < 0$ . Ábrázolja a folyamatot p - v és T - s diagramban. Adja meg a hőmennyiség, a munkák, az entrópiaváltozás és az entalpiaváltozás előjelét, valamint az n értékét (-tól - ig). Külön T - s diagramban szemléltesse a  $w_{12}$  munka területét!

4. **T-S**

Ábrázolja T-s diagramban az izobár kompresszió munkaszükségletének megfelelő területet!

5. **T-S**

Gázt sűrítünk súrlódásos adiabatikus kompresszióval  $p_1, T_1$  állapotból  $p_2, T_2$  állapotba, majd innen súrlódásos adiabatikus expanziót valósítunk meg a kezdeti  $p_1$  nyomásig. T-s diagramban szemléltesse a két folyamat munkája közötti eltérésnek megfelelő területet!

### ENTRÓPIAVÁLTOZÁS, SÚRLÓDÁSOS FOLYAMATOK

1. **EV, SURL**

Egy  $m = 1,2$  kg tömegű kő  $h = 14$  m-ről esik a földre. Meghatározandó a folyamat során a föld-

kódarab rendszer entrópia változása. A kő és környezetének kezdeti hőmérséklete 20 °C.

2. **EV,SURL**

3 kg levegő entrópiája 200 °C állandó hőmérsékleten 1,5 kJ/K értékkel csökkent. Meghatározandó a végállapot nyomása és fajtérfogata, valamint az elvont hőmennyiség értéke, ha a kezdeti nyomás 2 bar.  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$ .

3. **EV,SURL**

Határozza meg az ideális gáz  $T_1$  hőmérsékletéről  $T_2$ -re két úton - a) állandó nyomáson, b) állandó térfogaton - történő hevítések fellépő entrópiaváltozások viszonyát.

4. **EV,SURL**

4 kg levegőt ideális adiabatikus kompresszióval juttatunk az "1" állapotból "2"-be úgy, hogy térfogata hatodrészt csökken. Ezután a "3" állapotig politrópikus ( $n=1,3$ ) kompressziót valósítunk meg. Meghatározandó az entrópiaváltozás az 1-2-3 folyamat során, ha  $p_3/p_2 = 1,5$ .  $c_v = 717,8 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$

5. **EV,SURL**

Határozza meg a politrópikus kitevő értékét és a fajlagos entrópiaváltozás nagyságát annál a reverzibilis kompressziónál, ahol  $v_1/v_2 = 2$ , a térfogatváltozási munka 300 kJ/kg, az elvont hő pedig 100 kJ/kg. Ábrázolja a folyamatot T-s diagramban.  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa= 1,4$ .

6. **EV,SURL**

3 kg oxigén  $n = 1,2$  politrópikus kitevő mellett  $t_1 = 100 \text{ °C}$  -ról  $t_2 = 300 \text{ °C}$  -ra melegszik. A fajhő a kinetikus gázelmélet alapján számítandó. Meghatározandó az entrópiaváltozás.  $M_{O_2}=32$ ,  $R_M=8314\text{J/(kmol K)}$ . Ábrázolandó a folyamat T-s és p-v diagramban.

7. **EV,SURL**

1 bar, 27 °C állapotból induló valóságos adiabatikus kompresszió az irreverzibilitás 30 kJ/kg fajlagos hasznos munkavégzőképesség csökkenést eredményez, ugyanakkor a kompressziómunka 20 százalékkal nagyobb, mint reverzibilis esetben. Határozza meg a kompresszió végnyomását, a kilépő közeg hőmérsékletét, valamint a folyamat politrópikus hatásfokát!  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa= 1,4$ . A környezeti hőmérséklet 27 °C.

8. **EV,SURL**

Egy súrlódásos adiabatikus kompresszió folyamat jellemzői:  $t_1 = 27 \text{ °C}$ ,  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $m = 3 \text{ kg/s}$ ,  $\eta_{\text{pol}}^k=0,9$ . A folyamat során bekövetkező entrópiaváltozás  $\Delta s = 51,25 \text{ J/(kg K)}$ . Határozza meg a folyamat teljesítményszükségletét, valamint a súrlódás során keletkező hőmennyiséget.  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$

9. **EV,SURL**

Egy turbokompresszor súrlódásos adiabatikus folyamattal sűrít 500 m<sup>3</sup>/ó  $p_1=1 \text{ bar}$  és  $t_1 = 20 \text{ °C}$  állapotú levegőt  $p_2 = 4 \text{ bar}$ ig. A kompresszió izentrópus hatásfoka  $\eta_s = 0,85$ . Meghatározandó: a) a sűrítésre fordított teljesítmény, b) az irreverzibilitás következtében fellépő hasznos munkavégzőképesség csökkenés, ha a környezeti hőmérséklet 20 °C.  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$

10. **EV,SURL**

Jól szigetelt légturbinába belépő levegő jellemzői  $p_1= 5 \text{ bar}$ ,  $T_1= 900 \text{ K}$ . Kilépőnyomás 1 bar. Határozza meg a turbina izentrópus hatásfokát, ha a levegő tömegárama 5 kg/s, és a turbina teljesítménye 1 MW. A szigetelés sérülése miatt a teljesítmény 980 kW-ra csökken. Mekkora lesz a szigetelésen keresztüli hővesztés?( Az  $\eta_s$  változatlan!)  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

11. **EV,SURL**

A súrlódásos adiabatikus expanzió izentrópus hatásfoka  $\eta_s = 0,8$ ,  $T_1=500 \text{ K}$ ;  $p_1/p_2 = 6$ ;  $R = 287 \text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ . Milyen politrópus kitevő felel meg az állapotváltozásnak? Mekkora a belső súrlódás következtében felszabaduló hőmennyiség? Hány %-a térül meg ennek az expanzió során?

12. **EV,SURL**

Egy légturbina előtti szabályozószelepen a  $p_0 = 20$  bar nyomású  $600\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő fojtást szenved. A turbinában sűrűlódásos adiabatikus expanzió zajlik  $p_2 = 1$  bar nyomásig ( $\eta_s^e = 0,9$ ). Meghatározandó a szabályzó szelep utáni  $p_1$  nyomás, ha az irreverzibilitások következtében a rendszer hasznos munkavégző képessége  $60\text{ kJ/kg}$  értékkel csökkent ( $t_{\text{körny}}=27\text{ }^\circ\text{C}$ ). Meghatározandó: a politrópikus hatásfok, fajlagos technikai munka.  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$

13. **EV,SURL**

Egy sűrűlódásos adiabatikus kompresszió kezdetén  $p_1 = 1$  bar,  $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ . A kompresszió alatti entrópiánövekedés  $140\text{ J/(kg K)}$ . A kompresszió végnyomása  $p_2 = 0,5\text{ MPa}$ . Meghatározandó: a/ a sűrűlódási hőmennyiség; b/ politrópikus hatásfok.  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

14. **EV,SURL**

Egy sűrűlódásos adiabatikus expanzió során  $T_1 = 400\text{ K}$ ,  $p_1/p_2 = 2$ , az izentrópus folyamatok képesti munkacsökkenés  $22,088\text{ kJ/kg}$ . Határozza meg a folyamat izentrópus hatásfokát. Mekkora hányada térül meg a sűrűlódás során keletkező hőmennyiségnek. Mekkora hasznos munkavégzőképesség csökkenést okoz ez az irreverzibilitás  $27\text{ }^\circ\text{C}$  környezeti hőmérséklet esetén.  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

15. **EV,SURL**

Egy sűrűlódásos adiabatikus kompresszió izentrópus hatásfoka  $70\%$ . A kompresszió kezdetén  $p_1 = 1$  bar,  $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ . A kompresszió alatti entrópia növekedés  $140\text{ J/(kg K)}$ . Meghatározandó: a/ a politrópikus kitevő; b/ nyomásviszony; c/ sűrűlódási hőmennyiség; d/ politrópikus hatásfok.  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

16. **EV,SURL**

A  $p_1 = 4$  bar  $t_1 = 27\text{ }^\circ\text{C}$ -os levegő nyomása fojtás következtében lecsökken, majd  $\eta_s^k = 0,7$  izentrópus hatásfokú adiabatikus kompresszióval ismét a kezdeti  $p_1$  nyomásra sűrítjük. Határozza meg a fojtás utáni nyomás értékét ha az irreverzibilitások miatti fajlagos munkavégzőképesség-csökkenés  $74,5\text{ kJ/kg}$ , a környezeti hőmérséklet  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

17. **EV,SURL**

Egy  $p_1 = 10$  bar  $t_1 = 327\text{ }^\circ\text{C}$  állapotból induló sűrűlódásos adiabatikus expanzió izentrópus hatásfoka  $\eta_s^e = 0,8$ . A fajlagos entrópia növekedés a folyamat során  $140\text{ J/(kg K)}$ . Mekkora a  $p_1/p_2$  nyomásviszony értéke? Határozza meg a sűrűlódási hőmennyiségből visszanyert munka értékét. A munkaközeg levegő.  $R = 287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa=1,4$ .

18. **EV,SURL**

Egy sűrűlódásos adiabatikus expanziót megvalósító gép teljesítményét fojtással szabályozzuk. A sűrűlódásos adiabatikus expanzió politrópus hatásfoka  $90\%$ . A gép a  $100\%$ -os teljesítményt  $p_1/p_2 = 5$  nyomásviszony esetén biztosítja. Hány százalékkal kell az expanzió kezdeti nyomását a fojtással csökkenteni  $80\%$ -os teljesítmény elérése érdekében? (A tömegáram és a sűrűlódásos folyamat politrópus hatásfoka változatlan marad.)  $\kappa=1,4$ .

19. **EV,SURL**

$m=2\text{ kg/s}$  egyatomos, ideális gáz ( $M=4$ ) az 1- állapotból fojtással jut 2 - be, majd sűrűlódásos adiabatikus kompresszióval 3 - ba, innen pedig sűrűlódásos adiabatikus expanzióval 4 - be. Meghatározandó az 1 - 4 folyamatok következtében előálló munkavégzőképesség csökkenés, ha  $p_1/p_2=2$ ;  $p_1=p_3$ ;  $p_2=p_4$ ;  $\eta_s^e = \eta_s^k = 0,87$ ;  $t_{\text{min}} = 0\text{ }^\circ\text{C}$ .  $R_M=8314\text{ J/(kmol K)}$ .

20. **EV,SURL**

$6,9$  bar nyomású,  $260\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő mielőtt egy fúvókában izentrópusan expandál  $1,1$  bar nyomásig, fojtást szenved. Határozza meg az entrópia-változást a két folyamat eredményeképpen, ha a levegő sebessége a fúvóka előtt  $100\text{ m/s}$ , a fúvókában  $637\text{ m/s}$ -ig gyorsul.  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ;  $\kappa= 1,4$ . Határozza meg az irreverzibilitás miatti fajlagos hasznos munkavégzőképesség csökkenést, ha  $T_{\text{körny}}=300\text{ K}$ . Mekkora a fúvóka előtti nyomás?

## 21. EV,SURL

2 kg/s hélium  $p_1=2$  bar,  $t_1=27$  °C állapotról  $p_2=1$  bar-ig fojtást szenved, majd súrlódásos adiabatikus kompresszióval a nyomását  $p_3= p_1$ -re növeljük. Ezután súrlódásos adiabatikus expanziót valósítunk meg  $p_4=p_2$ -ig. Határozza meg az expanzió és a kompresszió izentrópus hatásfokát, ha azok egymással megegyeznek és a hasznos munkavégzőképesség csökkenés 1,279 MJ/s, a környezeti hőmérséklet 0 °C!  $M_{He}=4$ ,  $R_M=8314$ J/(kmol K).

## 22. EV,SURL

5 kg/s levegő  $p_1=2$  bar,  $t_1=27$  °C állapotról  $p_2=1$  bar-ig fojtást szenved, majd súrlódásos adiabatikus kompresszióval a nyomását  $p_3= p_1$ -re növeljük. Határozza meg a kompresszió izentrópus hatásfokát, ha a hasznos munkavégzőképesség csökkenés 350 kJ/s, a környezeti hőmérséklet 27 °C!  $R = 287$  J/(kg K);  $\kappa=1,4$ .

## GÁZKEVERÉKEK

### 1. GÁZKEV

Milyen nyomásra kell sűríteni az  $m = 8$  kg tömegű gázkeveréket, hogy  $t = 180$  °C -on  $4$  m<sup>3</sup> térfogatú legyen.  $g_{CO_2}=0,18$ ,  $g_{O_2}=0,12$ ,  $g_{N_2}=0,7$ .  $R_M =8314$  J/(kmol K),  $M_{CO_2}=44$ ,  $M_{O_2}=32$ ,  $M_{N_2}=28$ .

### 2. GÁZKEV

1 m<sup>3</sup> levegőben kb. 0,21 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> és 0,79 m<sup>3</sup> N<sub>2</sub> van.

Meghatározandó: 1)  $R_{O_2}$ ,  $R_{N_2}$ ,  $R_{lev}$ ; 2)  $\rho_{lev} - p = 750$  mm Hgo,  $t = 20$  °C állapotban 3)  $p_{O_2}$ ,  $p_{N_2}$ ; 4)  $c_{p,lev}$ ,  $c_{v,lev}$ .  $\kappa= 1,4$ ;  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{O_2}=32$   $M_{N_2} = 28$ .

### 3. GÁZKEV

Azonos nyomású (1 bar) és hőmérsékletű (27 °C ) 20 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>-t és 40 m<sup>3</sup> N<sub>2</sub>-t keverünk össze  $V=(V_{H_2}+V_{N_2})$  Számítsuk ki a keveredés miatt bekövetkező entrópia változást, valamint a gázok parciális nyomását a keverékben.  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{H_2}=2$ ,  $M_{N_2}=28$ .

### 4. GÁZKEV

Egy keverő kamrában 250 kg/h,  $t = 500$  °C hőmérsékletű oxigén és 100 kg/h,  $t = 30$  °C állapotú nitrogén keveredik. Határozza meg a kilépő keverék hőmérsékletét! ( $p$ =állandó)  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2}=28$ ,  $M_{O_2}=32$ .

### 5. GÁZKEV

Egy tartályban 1 kilomol O<sub>2</sub> és 2 kilomol N<sub>2</sub> keveréke van  $t_1=30$  °C és  $p_1 = 1$  bar állapotban. A keveréket  $v =$  állandó mellett hűtjük  $t_2 = 10$  °C-ra. Meghatározandó a keverék belső energiájának megváltozása. (Az alkotók ideális gázok).  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2}=28$ ,  $M_{O_2}=32$

### 6. GÁZKEV

Hidrogénből (H<sub>2</sub>) és metánból (CH<sub>4</sub>) álló gázkeverék gázállandója 2550 J/(kg K), térfogata 67,2 m<sup>3</sup>, nyomása 0,98 bar, hőmérséklete 15 °C. Határozza meg a tömeg- és térfogatarányt, valamint a hidrogén és metán tömegét.  $R_M = 8314$  J/(kmol K),  $M_{H_2} = 2$ ,  $M_{CH_4}=16$ .

### 7. GÁZKEV

Határozzuk meg a füstgáz közepes izobar fajhőjét 800 °C és 1600 °C hőmérsékletintervallumban, ha tömegszázalékos összetétele  $g_{CO_2}=19$ ,  $g_{H_2O}= 9,5$ ,  $g_{N_2} = 71,5$ ;  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2}=28$ ,  $M_{CO_2}=44$ ,  $M_{H_2O}=18$ .

### 8. GÁZKEV

Két gáz egy válaszfalal szétválasztott edényben van, s a következő adatokkal rendelkezik. Nitrogén:  $V_1 = 1,5$  m<sup>3</sup>  $p_1 = 5$  bar  $t_1 = 30$  °C, Széndioxid:  $V_2 = 1,0$  m<sup>3</sup>,  $p_2= 2$  bar,  $t_2= 57$  °C. Meghatározandó a válaszfal eltávolítása után keletkező gázkeverék: 1) nyomása, 2) hőmérséklete, 3) gázállandója, 4) térfogat-százalékos összetétele - ha az alkotók ideális gázok. Mekkora lesz az entrópiaváltozás a keveredés során?  $R_M=8314$  J/(kmol K),  $M_{N_2}=28$ ,  $M_{CO_2}=44$ .

### 9. GÁZKEV

Két térfogat egység hidrogén H<sub>2</sub> és egy térfogat. egység. O<sub>2</sub> keveréke a durranógáz. Határozza



meg a durranógáz gázállandóját, az alkotók parciális nyomását, ha a keverék nyomása 1 bar, valamint a tömegarány szerinti összetételt.  $R_{O_2} = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{H_2} = 2$

10. **GÁZKEV**

Meghatározandó a 2 tömegegység levegőből és 1 tömegegység világítógázból álló keverék sűrűsége, parciális nyomásai és gázállandója  $p = 1,01325 \text{ bar}$  és  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotban. A világítógáz sűrűsége ugyanebben az állapotban  $0,52 \text{ kg/m}^3$   $R_{lev} = 287 \text{ J/(kg K)}$ .

11. **GÁZKEV**

25 kg, 2 bar nyomású oxigénből és szénmonoxidból álló gázkeverékkel 1500 kJ hőt közlünk, miközben belső energiája nem változik meg. A hőkölés végén a keverék nyomása 1 bar, hőmérséklete  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Határozza meg tömeg- és térfogatszázalékos összetételét!  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{CO} = 28$ .

12. **GÁZKEV**

$V = 0,6 \text{ m}^3$ -es tartályban 1 bar  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotban  $O_2$  van. Nitrogént juttatunk be 2 bar  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotig. Mekkora lesz tömegarány és a térfogatarány?  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{N_2} = 28$

13. **GÁZKEV**

$V_1 = 5 \text{ l}$  űrtartalmú edényben  $p_1 = 150 \text{ bar}$  nyomású  $CO$  van, míg a másik  $V_2 = 8 \text{ l}$  űrtartalmú tartályban ugyanolyan hőmérsékletű, de  $p_2 = 220 \text{ bar}$  nyomású  $H_2$ . Mekkora lesz a  $p$  össznyomás, ha a két tartályt egymással összekötjük? Milyen térfogat arányban elegyednek a gázok?  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{CO} = 28$ ,  $M_{H_2} = 2$ .

14. **GÁZKEV**

Azonos hőmérsékletű ( $t = 127 \text{ }^\circ\text{C}$ ), nyomású és térfogatú  $CO_2$  és  $N_2$  adiabatikus keveredése során (a térfogatok összegződnek) az entrópia növekedés  $15 \text{ kJ/K}$ . Meghatározandó az alkotók parciális nyomása, ha a keverék térfogata  $2 \text{ m}^3$ .  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{CO_2} = 44$ ,  $M_{N_2} = 28$

15. **GÁZKEV**

Adiabatikusan összekeverünk 3 kg oxigént ( $p = 3 \text{ bar}$ ,  $t = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ) és 2 kg levegőt ( $p = 5 \text{ bar}$ ,  $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ ) úgy, hogy a térfogatok összegződnek. Határozza meg a keverék hőmérsékletét és nyomását, valamint az alkotók térfogat-százalékos összetételét!  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{lev} = 29$

16. **GÁZKEV**

1 kmol  $0,4 \text{ MPa}$  nyomású és  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű oxigén 2 kmol  $0,2 \text{ MPa}$  nyomású és  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű széndioxiddal adiabatikusan keveredik. Határozza meg a keveredéssel kapcsolatos entrópiaváltozást! Keveredéskor a térfogatok összegződnek.  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{CO_2} = 44$ .

17. **GÁZKEV**

Egy zárt tartályban összesen 2,2 kg tömegű héliumból és oxigénből álló ideális gázkeverék van  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten. A gázkeverékkel  $143,5 \text{ kJ}$  hőt közlünk és hőmérséklete  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -al, nyomása  $0,15 \text{ bar}$ -ral növekedett. Határozza meg az alkotó gázok tömegét és térfogat-százalékos összetételét. Mekkora volt a gázkeverék eredeti nyomása? Mekkora a tartály térfogata? Mekkora az entrópia-változás a folyamat során?  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ ,  $M_{He} = 4$

18. **GÁZKEV**

Egy  $r_{CO_2} = 0,4$ ,  $r_{N_2} = 0,6$  összetételű ideális gázkeverék - melynek tömegárama  $2 \text{ kg/s}$  - a  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotból politrópikus folyamattal  $t_2 = 227 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotba jut. Határozza meg a végállapot nyomását, ha a hűtővízzel  $60 \text{ kW}$  hőt viszünk el!  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{CO_2} = 44$ ,  $M_{N_2} = 28$ ,  $c_{viz} = 4189 \text{ J/(kg K)}$ .

19. **GÁZKEV**

4 kg gázkeveréket ( $g_{CO_2} = 0,8$ ;  $g_{N_2} = 0,2$ ) adiabatikusan sűrítünk  $p_1 = 1 \text{ bar}$  nyomásról  $p_2 = 5 \text{ bar}$ -ig, miközben a sűrítésre  $1 \text{ MJ}$  munkát fordítunk. Meghatározandó az ezt követő izotermikus expanzió által szolgáltatott munka, ha az a kezdeti  $V_1$  térfogatig tart.  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{N_2} = 28$ ,  $M_{CO_2} = 44$ . Határozza meg a rendszer entrópiaváltozását!

20. **GÁZKEV**

Egy  $0,5 \text{ m}^3$  térfogatú tartályban  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű és 2 bar nyomású  $CO_2$  van, a másik  $1,5 \text{ m}^3$

térfogatú tartályban pedig 250 °C hőmérsékletű hélium. Milyen nyomásúnak kell lennie a héliumnak, ha a tartályok összekapcsolása után 200 °C hőmérsékletű keveréket akarunk kapni? Határozza meg a keverék nyomását, tömegét, továbbá az alkotók parciális nyomását! Mekkora lesz az entrópiaváltozás a keveredés során?

21. **GÁZKEV**

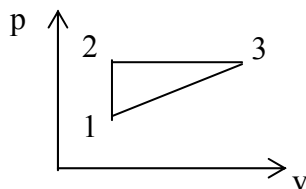
10 m<sup>3</sup>, p<sub>1</sub>=760,5 mm Hg.o. és t<sub>1</sub>= 0°C állapotú gázkeverék térfogat-százalékos összetétele: O<sub>2</sub>=20%, CO<sub>2</sub>=30%, N<sub>2</sub>=50%. Politrópus kompresszió végén a nyomása 10 bar, hőmérséklete 147 °C lesz. Meghatározandó a keverék entrópiaváltozása a folyamat során.

**GÁZKÖRFOLYAMATOK**

1. **KÖRF**

Megfordítható körfolyamat adiabatikus kompresszióból, politrópus expenzióból és izochor állapotváltozásból áll. η<sub>t</sub> = ?, W<sub>t</sub> = ? ha a kompresszió kezdeti hőmérséklete 0 °C, V<sub>1</sub>/V<sub>2</sub> = 5,5 A politrópus expenzió végén a hőmérséklet 400 °C. A munkaközeg levegő. R = 287 J/(kg K), κ=1,4

2. **KÖRF**



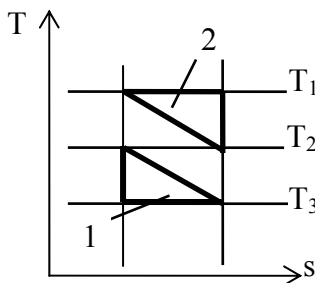
Határozza meg az alábbi körfolyamat termikus hatásfokát,

ha  $\frac{p_2}{p_1} = 10$ ,  $\frac{v_3}{v_2} = 1,2$  és  $\kappa = 1,4$ .

3. **KÖRF**

Meghatározandó az 1-2 izochorból, 2-3 adiabatikus expenzióból és 3-1 izobárból álló körfolyamat termikus hatásfoka, ha p<sub>2</sub>/p<sub>1</sub> = 15. R=287 J/(kg K), κ=1,4

4. **KÖRF**



T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub> = T<sub>2</sub> - T<sub>3</sub>      T<sub>2</sub> = 666 K

$\frac{\eta_{t1}}{\eta_{t2}} = 2$

T<sub>1</sub> = ?      T<sub>3</sub> = ?

5. **KÖRF**

Számítsuk ki az adiabatikus kompresszióból, izotermikus expenzióból és izochor állapotváltozásokból álló megfordítható körfolyamat termikus hatásfokát. O<sub>2</sub> a munkaközeg és az adiabatikus kompressziónál v<sub>1</sub>/v<sub>2</sub>=3,5. R<sub>M</sub> =8314 J/(kmol K), M<sub>O2</sub>=32.

6. **KÖRF**

Egy körfolyamatban 1 bar, 300 K állapotú levegőt izentrópusan sűrítünk térfogatának ötödrésze, majd állandó térfogaton hőt közlünk. Az ezt követő izentrópus expenzió a kezdeti 1 bar nyomásig tart, majd izobár folyamatban hőt vonunk el a kezdeti állapotig. Határozza meg a közölt hőmennyiséget, ha a körfolyamat munkája 300 kJ/kg. R=287 J/(kg K), κ= 1,4.

7. **KÖRF**

Határozza meg az 1-2 adiabatikus kompresszióból, 2-3 politrópából (n = 0,5) és 3-1 politrópából (n = 2) álló levegő körfolyamat termikus hatásfokát, ha p<sub>1</sub>=1 bar, t<sub>1</sub> = 27 °C, p<sub>2</sub>/p<sub>1</sub>=5. R=287 J/(kg K), κ= 1,4

8. **KÖRF**

Meghatározandó egy megfordítható Carnot-körfolyamat megvalósító hőerőgép termikus hatás-

foka, ha a hőbevezetés hőmérséklete 500 °C elvezetési hőmérséklete 20 °C. Meghatározandó a bevezetett és elvont hő mennyisége, ha teljesítménye  $P = 5000 \text{ kW}$ .

9. **KÖRF**

Mekkora egy Carnot-körfolyamatban az 1 kg munkaközegre (levegő) eső technikai munka, ha az izotermikus expanzió kezdeti állapota  $p_a = 100 \text{ bar}$ ,  $t_a = 600 \text{ °C}$ , az adiabatikus expanzió végállapota  $p_c = 1 \text{ bar}$ ,  $t_c = 10 \text{ °C}$ . Mennyi hőt kell közölni, és elvezetni, mekkora a termikus hatásfok és a  $v_{\max}/v_{\min}$  sűrítési arány?  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$

10. **KÖRF**

A hűtőgép egy hőszigetelt 20 °C léghőmérsékletű 1 bar nyomású  $V = 124 \text{ m}^3$  légtérű szoba közepén van elhelyezve. A hűtőgép hűtési teljesítménye 600 W, a berendezés meghajtó teljesítménye 0,1 kW. Bekapcsolás előtt a hűtőgép ajtaját kinyitjuk és úgy hagyjuk. 1) A bekapcsolás után 1 órával tökéletes keveredést feltételezve hány fokos lesz a szoba hőmérséklete? 2) Ha a hűtőgép megfordított Carnot-körfolyamat szerint működik és a hűtendő tér ajtaját zárva tartjuk mekkora lesz ott a hőmérséklet. Ez esetben a környezet hőmérsékletét  $t = 20 \text{ °C}$ -re állandónak tételezzük fel.  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$

11. **KÖRF**

Határozza meg egy Otto-körfolyamat termikus hatásfokát és hasznos munkáját, amennyiben  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 0 \text{ °C}$ ,  $p_3 = 53 \text{ bar}$ ,  $p_4 = 3,5 \text{ bar}$ ,  $m = 2 \text{ kg}$ ,  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

12. **KÖRF**

Egy Otto-körfolyamatot ( $\varepsilon = 9$ ,  $\lambda = 2$ ) úgy módosítunk, hogy az adiabatikus expanziót  $p_1$  nyomásig meghosszabbítva a hőelvonást állandó nyomáson valósítjuk meg (turbótöltés). Mekkora lesz az új és az eredeti körfolyamat termikus hatásfokának viszonya?  $\kappa = 1,4$

13. **KÖRF**

Egy Diesel-körfolyamat a  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ °C}$  és a  $p_3 = 40 \text{ bar}$ ,  $t_3 = 1127 \text{ °C}$  állapotjelzőkkel jellemzett pontok között működik. Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokát! A munkaközeg levegő  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

14. **KÖRF**

Egy ideális Diesel-körfolyamatnál a  $V_1$  hengertérfogat 1 liter, a kompresszióviszony 20, a kezdeti paraméterek  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ °C}$ . Határozza meg a körfolyamat hasznos munkáját, ha az előzetes expanzióviszony  $V_3/V_2 = 2$ .  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

15. **KÖRF**

Egy Sabatier-körfolyamat szerint működő gépben a kompresszióviszony 7, a hengerátmérő 0,1 m, a lökethossz 0,12 m. A kompresszió folyamat kezdeti paraméterei: 1 bar, 40 °C. Az izochor folyamat végén a nyomás 55 bar. Határozza meg a körfolyamat hasznos munkáját és termikus hatásfokát, ha az izobár hőközlés a lökethossz 5 százalékáig tart.  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$

16. **KÖRF**

Egy levegő munkaközegű Sabatier-körfolyamat a kezdeti állapot 1 bar, 300 K és 2000 K maximális hőmérséklet között működik. Határozza meg a fajlagos bevezetett hőmennyiség értékét, ha

$v =$  állandó mellett bevezetett hő megegyezik a  $p =$  állandó mellett bevezetettel és a kompresszióviszony 15. Mekkora a körfolyamat termikus hatásfoka?  $R=287 \text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

17. **KÖRF**

Számítsuk ki a két izotermából és két izobárból álló körfolyamat  $\eta_t$ -át és a  $w_h$ -t ha a CO munkaközeg entrópiaváltozása az izobár expanzió során  $0,4 \text{ kJ/(kg K)}$ , és az izotermikus kompressziónál  $-0,5 \text{ kJ/(kg K)}$ . Az izotermikus hőközlés hőmérséklete  $127 \text{ °C}$ ,  $R_M = 8314 \text{ J/(kmol K)}$ .  $M_{CO} = 28$ .

18. **KÖRF**

Egy levegő körfolyamatot az 1- 2 izentrópiikus kompresszió, 2 -3 izobár kompresszió, 3 - 4 izotermikus expanzió, 4 - 1 izobár kompresszió alkot. Ábrázolja a körfolyamatot T - s és p - v diag-

ramban továbbá határozza meg a hasznos munkáját!  $T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $s_4 - s_3 = 461,97 \text{ J}/(\text{kg K})$ ;  
 $\eta_t = 0,1$ .  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

19. **KÖRF**

Az 1-2 izotermikus kompressziót, 2-3 izobár expanziót, 3-4 izotermikus expanziót és 4-1 izobár folyamatot tartalmazó ideális körfolyamat minden folyamata során az entrópiaváltozás abszolút értéke  $\Delta s = 0,5 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ . Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokát!

$R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

20. **KÖRF**

Egy levegő munkaközegű körfolyamat az 1 bar,  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotban kezdődő 1-2 izentropikus kompresszióból, a 2-3 p-v koordináta rendszerben egyenesként ábrázolt hőközlésből, 3-4 izentropikus expanzióból és 4-1 a p-v koordináta rendszerben egyenesként ábrázolt hőelvonásból áll.  $p_2/p_1 = 5$ ,  $p_3 = 20 \text{ bar}$ ,  $t_3 = 1227 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p_4 = 2 \text{ bar}$ . Határozza meg a körfolyamat hasznos munkáját és termikus hatásfokát!  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

21. **KÖRF**

Számítsuk ki a két izotermából és két izochorból álló *Stirling*-körfolyamat  $\eta_t$ -át és  $w_h$ -t ha a CO munkaközeg entrópiaváltozása az izochor hőközlés során  $0,4 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ , és az izotermikus kompressziónál  $-0,5 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ . Az izotermikus hőközlés hőmérséklete  $127 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $R_M = 8314 \text{ J}/(\text{kmol K})$ .  $M_{CO} = 28$ .

22. **KÖRF**

Számítsuk ki a két izotermából és két izochorból álló levegő munkaközegű *Stirling*-körfolyamat  $\eta_t$ -át, ha  $T_3/T_1 = 2$ ,  $v_1/v_2 = 2$ .  $\kappa = 1,4$ .

23. **KÖRF**

Meghatározandók az ideális gázturbina körfolyamat jellegzetes pontjainak paraméterei, az ideális turbina, kompresszor, valamint a hasznos munka és a körfolyamat termikus hatásfoka. A számítást 1 kg munkaközegre végezzük. A körfolyamat kezdeti paraméterei  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\pi = p_2/p_1 = 10$ ,  $\kappa = 1,4$ ;  $T_3 = 1000 \text{ K}$ . A munkaközeg levegő,  $c_p = 1004 \text{ J}/(\text{kg K}) = \text{const}$ .

24. **KÖRF**

Meghatározandó az ideális hőcserélős gázturbina körfolyamat minden pontjának hőmérséklete, valamint termikus hatásfoka ha  $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\pi = p_2/p_1 = 5$ ,  $t_3 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ . A munkaközeg levegő,  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ . Hasonlítsa össze a hőcserélős és a hőcserélő nélküli körfolyamat termikus hatásfokát!

25. **KÖRF**

Mekkora lesz az egyszerű ideális gázturbina berendezés hasznos teljesítménye és termikus hatásfoka, ha paraméterei a következők: A levegő nyomása a kompresszor előtt  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . A kompresszor nyomásviszonya 5. A turbina előtti hőmérséklet  $750 \text{ }^\circ\text{C}$ . A kompresszor által beszívott levegő mennyisége  $\dot{m}_{\text{levegő}} = \dot{m}_{\text{gáz}} = 50 \text{ kg/s}$ ,  $c_{p \text{ lev}} = c_{p \text{ gáz}} = 1 \text{ kJ}/(\text{kg K})$

26. **KÖRF**

Ideális hőcserélős gázturbina körfolyamat fajlagos hasznos munkája  $4,27 \cdot 10^4 \text{ J/kg}$ ,  $\eta_t = 55 \%$ . Meghatározandó: a) a berendezés turbinája által szolgáltatott fajlagos munka; b) a kompresszió kezdeti hőmérséklete, ha a turbina előtti  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ .  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$

27. **KÖRF**

Ideális hőcserélős gázturbina körfolyamat fajlagos hasznos munkája  $50 \text{ kJ/kg}$ , termikus hatásfoka  $50\%$  Mekkora lesz ugyanennek a berendezésnek a termikus hatásfoka a hőcserélő kiiktatása esetén, ha a kompresszor előtti hőmérséklet  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ?  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$

28. **KÖRF**

Egy ideális gázturbina hasznos teljesítménye  $100 \text{ kW}$ . Mekkora a kompresszor nyomásviszonya, ha  $t_3 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $m_{\text{ev}} = 0,8 \text{ kg/s}$ ,  $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Ideális hőcserélő alkalmazásával hány százalékkal nő vagy csökken a termikus hatásfok ( $\Delta \eta_t$ )? (Munkaközeg levegő)  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$ ,  $\kappa = 1,4$ .

29. **KÖRF**

Egy ideális gázturbina előtt a levegő állapotjelzői  $t_1 = 27\text{ °C}$ ,  $p_1 = 1\text{ bar}$ ,  $\pi = 4$ . Mekkora a körfolyamat hasznos munkája és termikus hatásfoka ha az adott nyomásviszony és az érvényes  $T_3$  esetén a turbina a maximálisan lehetséges teljesítményt szolgáltatja? A legnagyobb hasznos munkával kapcsolatos kifejezés levezetendő!  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$

30. **KÖRF**

A  $t_1 = 15\text{ °C}$  és  $t_3 = 1027\text{ °C}$  hőmérsékletekkel jellemzett ideális gázturbina körfolyamatban hőcserélő alkalmazásával a termikus hatásfok 10%-kal nő ( $\Delta\eta = 0,1$ ). Határozza meg a körfolyamat hasznos munkáját! A munkaközeg levegő.  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$

31. **KÖRF**

A gázturbina az érvényes környezeti viszonyok és  $t_3$  esetén a maximális  $P_{\max} = 10\text{ MW}$  teljesítményt szolgáltatja.  $t_1 = 27\text{ °C}$ ,  $m = 60\text{ kg/s}$ . Határozza meg  $T_2$ ,  $T_3$ , valamint a körfolyamat termikus hatásfokának értékét!  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa=1,4$

32. **KÖRF**

Ideális hőcserélős gázturbina körfolyamat termikus hatásfoka 60%, a hőcserélő kiiktatásával ugyanennek a berendezésnek 30% lesz a termikus hatásfoka. Mekkora a körfolyamat fajlagos hasznos munkája. A munkaközeg levegő. A kompresszor előtti hőmérséklet  $27\text{ °C}$ .  $\kappa = 1,4$   
 $R=287\text{ J/(kg K)}$ .

33. **KÖRF**

Egy gázturbina körfolyamat a  $p_1=1\text{ bar}$ ,  $t_1=27\text{ °C}$  és a  $p_3=5\text{ bar}$ ,  $t_3=727\text{ °C}$  állapotjelzőkkel jellemzett pontok között működik. A kompresszor és a turbina izentrópus hatásfoka azonos. Ezen hatásfokok mely értékénél lesz a körfolyamat hasznos munkája  $100\text{ kJ/kg}$ ? A munkaközeg levegő  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ . (A többi folyamat ideális.)

34. **KÖRF**

Egy gázturbina körfolyamat valóságos adiabatikus kompresszióval ( $\eta_s^k = 0,85$ ) és expanzióval ( $\eta_s^e = 0,88$ ),  $t_1=27\text{ °C}$  és  $t_3=927\text{ °C}$  paraméterekkel működik. Határozza meg, milyen nyomásviszonynál szolgáltat  $185,037\text{ kJ/kg}$  munkát. A munkaközeg levegő.  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$

35. **KÖRF**

Egy ideális gázturbinás sugárhajtóműben a kompresszor nyomásviszonya 10. A környezeti hőmérséklet  $-40\text{ °C}$ , a nyomás  $0,5\text{ bar}$ , a turbina előtti hőmérséklet pedig  $1200\text{ °C}$ . Határozza meg a turbina utáni nyomást és hőmérsékletet, ha a munkaközeg levegő. A turbina kilépő keresztmetszetében a sebesség elhanyagolható!  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

36. **KÖRF**

Határozza meg a 35. feladatban szereplő sugárhajtómű tolóerejét, ha  $m=60\text{ kg/s}$  és a tolóerő, mint a tömegáram és a kiáramlási sebesség szorzata számítható. (Az ideális adiabatikus expanzió teljes, a belépő sebesség elhanyagolható.)

37. **KÖRF**

Egy ideális, hőcserélős gázturbina körfolyamatban  $t_1 = 27\text{ °C}$ ,  $\pi = 5$ ,  $s_4-s_1=743\text{ J/(kg K)}$ . Meghatározandó a körfolyamat munkája és a bevezetett hőmennyiség.  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

38. **KÖRF**

$2\text{ kg O}_2$ -vel Otto-körfolyamatot megvalósító gép termikus hatásfoka  $0,4$ . A körfolyamat legnagyobb hőmérséklete  $2000\text{ °C}$ , a legkisebb  $27\text{ °C}$ . Mekkora a hasznos munka?  
 $R_M = 8314\text{ J/(kmol K)}$ ,  $M_{O_2} = 32$ .

39. **KÖRF**

Egy reverzibilis Carnot-körfolyamat legnagyobb hőmérséklete  $1000\text{ K}$ , termikus hatásfoka  $80\%$ . Mekkora lesz a megfordított (hűtő) körfolyamat fajlagos hűtési teljesítménytényezője?

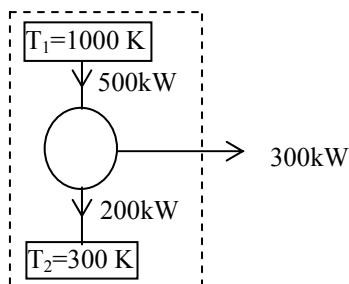
40. **KÖRF**

Határozza meg az 1-2 adiabatából, 2-3 izotermából és 3-1 izobarból álló levegő körfolyamat termikus hatásfokát, ha  $s_1-s_3 = 400\text{ J/(kgK)}$ !  $R=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

41. **KÖRF**

Egy Diesel-körfolyamatot ( $\epsilon=40$ ,  $\rho=3$ ) úgy módosítunk, hogy az adiabatikus expanziót  $p_1$  nyomásig folytatva a hőelvonást állandó nyomáson valósítjuk meg (turbótöltés). Mekkora lesz az új és az eredeti körfolyamatok termikus hatásfokának viszonya?  $\kappa=1,4$ .

42. **KÖRF**



Mekkora entrópiánövekedést eredményez a szigetelt rendszerben az ábra szerinti irreverzibilis Carnot-hőerőgép?  
Mekkora a hasznos munkavégző-képesség csökkenés?  
Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokát!

43. **KÖRF**

Egy reverzibilis hűtőkörfolyamat 1-2 izoterma, 2-3 adiabata, 3-4 izobar, 4-1 adiabata folyamatokból áll.  $p_1=7$  bar,  $v_1=0,12$  kg/m<sup>3</sup>,  $t_3=200^\circ\text{C}$ ,  $p_3=20$  bar. Határozza meg a körfolyamat fajlagos hűtési teljesítménytényezőjét!  $R=287$  J/(kg K),  $\kappa=1,4$ .

### GŐZFOLYAMATOK

1. **GŐZFOLY**

2 kg 30 bar nyomású 10 % fajlagos nedvességet tartalmazó vízgőzt fojtással hozunk száraz telített állapotba, majd innen ideális adiabatikus expanzióval nyomását 0,1 bar-ig csökkentjük. Határozza meg az adiabatikus expanzió folyamán nyert munkát és a folyamatok következtében előálló entrópia változást. Gőztáblázat használandó! Ábrázolja a folyamatokat T-s diagramban.

2. **GŐZFOLY**

3 kg/s 15 bar nyomású 95 % fajlagos gőztartalmú vízgőzt (1) 10 barig izentrópiusan expandáltatjuk (2), majd erről a nyomásról mindaddig fojtjuk, míg száraz telítetté nem válik (3). Határozza meg az izentrópius expanzió során nyert munkát és az 1-2-3 folyamat következtében előálló entrópiaváltozást. Gőztáblázat használandó! Ábrázolja a folyamatokat T-s diagramban.

3. **GŐZFOLY**

$m = 5$  kg/s,  $p = 25$  bar,  $t = 400$  °C állapotú túlhevített gőzbe mennyi ugyanekkora nyomású  $x_1=0,3$  gőztartalmú nedves gőzt kell keverni, ha  $p = \text{áll.}$  mellett száraz telítetté akarjuk alakítani. Gőztáblázat használandó!

4. **GŐZFOLY**

A gőzkazánból a túlhevítőbe  $m = 2700$  kg/ó  $p = 16$  bar,  $x = 0,98$  állapotú gőz érkezik. A túlhevítő utáni hőmérséklet  $400$  °C. Meghatározandó a túlhevítőben közölt hőmennyiség, valamint a túlhevítő előtti és utáni csőátmérők viszonya, ha a gőzsebesség azonos. A túlhevítőben  $p = \text{állandó}$ . Gőztáblázat használandó!

5. **GŐZFOLY**

Egy tartályban  $m = 100$  kg,  $t_1 = 220$  °C,  $x_1 = 0,64$  állapotú nedves gőz van. 20 kg vizet  $p = \text{állandó}$  mellett leválasztunk belőle. Meghatározandók az edényben maradt vízgőz állapotjelzői: ( $p$ ,  $V$ ,  $i$ ,  $s$ ,  $u$ ). Gőztáblázat használandó!

6. **GŐZFOLY**

Meghatározandó  $m = 17$  kg/s  $p = 25$  bar állapotú száraz telített gőz  $p = \text{áll.}$  mellett  $t_2=400$  °C -ig tartó túlhevítésére fordított hő óránkénti mennyisége. Hány %-al nő ez a hőmennyiség, ha a túlhevítőbe 80 % gőztartalmú nedves gőz érkezik. Gőztáblázat használandó!

7. **GŐZFOLY**

Milyen nyomásra kell fojtani az 50 bar nyomású, 85% gőztartalmú nedves gőzt, hogy száraz telítetté váljék? Gőztáblázat használandó!

8. **GŐZFOLY**

Egy  $m$  tömegű dugattyúval lezárt függőleges hengerben túlhevített gőz van, melynek kezdeti nyomása 20 bar, hőmérséklete  $400\text{ }^\circ\text{C}$ . Ekkor a dugattyú 1 m-re van a henger aljától s a rendszer egyensúlyban van. A későbbiekben hőelvonás hatására a dugattyú 200 mm utat tesz meg. Meghatározandó a dugattyú által a gőzön végzett munka, valamint  $Q_{12}$ . A dugattyú átmérője 300mm. Gőztáblázat használandó!

9. **GŐZFOLY**

Adiabatus, dugattyúval lezárt hengerben  $p_1=90$  bar nyomáson  $0,5\text{ m}^3$  nedves gőz van úgy, hogy felét telített víz, míg a másik felét száraz telített gőz tölti ki. A dugattyú rögzítését kioldva ideális adiabatus expanzió játszódik le  $p_2= 60$  bar nyomásig. Meghatározandó: Milyen térfogatot foglal el a gőzfázis a hengerben a folyamat végén? Gőztáblázat használandó!

10. **GŐZFOLY**

$p_1= 90$  bar,  $x_1 = 0,125$ ,  $V_1 = 10\text{ m}^3$  állapotú gőzbe izotermikusan bevezetünk  $Q = 6 \cdot 10^3$  MJ hőt. Meghatározandó:  $p_2$ ,  $t_2$ ,  $v_2$ ,  $i_2$ ,  $s_2$ ,  $w_{12}$ . Gőztáblázat használandó!

11. **GŐZFOLY**

Zárt edényben  $3\text{ m}^3$  száraz telített gőz van 10 bar nyomáson. Meghatározandó a végnyomás a hőmennyiség és a végállapot fajlagos gőztartalma, ha  $60\text{ }^\circ\text{C}$ -ra hűtjük. Gőztáblázat használandó!

12. **GŐZFOLY**

$5\text{ m}^3$  nedves gőzt  $x_1= 0,8$ ,  $p_1= 5$  bar állapotú ideális adiabatus folyamattal sűrítünk  $p_2= 25$  bar-ig. Meghatározandók:  $v_2$ ,  $t_2$ , valamint  $W_{12}$ . Gőztáblázat használandó!

13. **GŐZFOLY**

$50\text{ kg}$   $p_1=50$  bar,  $x_1=0,85$  állapotú nedves gőz izotermikusan expandál  $p_2= 5$  bar-ig, majd állandó nyomáson hűtjük az  $x_3= x_1$  gőztartalomig. Határozza meg a 2 - 3 folyamat során elvont hőmennyiséget, végzett munkát és a belsőenergia megváltozását. Gőztáblázat használandó!

14. **GŐZFOLY**

Egy szilárd falú  $10\text{ m}^3$  térfogatú tartály, melyben 2,1 bar nyomású  $x=0,9$  gőztartalmú nedves gőz van, egy 10 bar,  $250\text{ }^\circ\text{C}$  állapotú gőzt szállító csővezetékre csatlakozik és töltődik míg a tartályban lévő gőz nyomása 6 bar hőmérséklete  $250\text{ }^\circ\text{C}$  lesz. Határozza meg a folyamat során az edénybe bevezetett vagy abból elvont hőmennyiséget!

15. **GŐZFOLY**

Egy elmozduló dugattyúval lezárt hengerben  $t=300\text{ }^\circ\text{C}$  állapotú száraz telített gőz van. A kezdeti térfogat  $V_1= 10\text{ m}^3$ .  $Q=373,74588$  MJ hőmennyiség izotermikus bevezetése után meghatározandó a végzett munka. Gőztáblázat használandó!

16. **GŐZFOLY**

Egy függőleges, 100 mm átmérőjű hengerben 2 kg nedves gőz van úgy, hogy térfogatának 1/11-ed részét telített víz, a többit száraz telített gőz tölti ki. A hengert egy  $m_d = 48,03$  kg tömegű súrlódásmentesen elmozdulni képes dugattyú zárja le. A környezeti nyomás 1 bar, a rendszer egyensúlyban van. Hőbevezetés hatására a dugattyú 50 cm-t felemelkedik. Határozza meg a gőz jellemzőit a kezdeti és végállapotban, valamint a bevezetett hőmennyiséget!

17. **GŐZFOLY**

2 kg gőz ideális folyamata során  $W_{1,2} = 600\text{ kJ}$  munkát végez. Határozza meg (gőztáblázattal) a folyamat során elvont vagy bevezetett hőmennyiséget, amennyiben  $p_1=10$  bar,  $t_1=440\text{ }^\circ\text{C}$  és  $p_2=1$  bar,  $t_2=240\text{ }^\circ\text{C}$ . Mekkora lenne az ugyanezen két állapot között lejátszódó súrlódásos adiabatus folyamat izentrópus hatásfoka?

18. **GŐZFOLY**

$V=0,6\text{ m}^3$  térfogatú edényben 14 bar,  $250\text{ }^\circ\text{C}$  állapotú gőz van, melyből addig engedünk ki, míg nyomása 4 bar nem lesz. Közben a tartályban izentrópus folyamat játszódik le. Ezután a sze-

lepet zárva az edényt 3 bar nyomásig hűtjük. Meghatározandó (gőztáblázattal) a tartályból távozott vízgőz tömege, a hűtés utáni fajlagos gőztartalom, valamint az elvont hőmennyiség.

19. **GŐZFOLY**

15 kg,  $p_1=16$  bar,  $x_1=0,77$  állapotú nedves gőzt  $t_2=400$  °C –ig izobar módon, majd izotermikusan hevítünk (3). A 2-3 folyamat során az entrópiaváltozás 45,855 kJ/K. Gőztáblázattal határozza meg a közölt hő ( $Q_{1,2}; Q_{2,3}$ ), illetve a végzett munkák ( $W_{1,2}; W_{2,3}$ ) mennyiségét!

20. **GŐZFOLY**

Gőztáblázattal határozza meg mennyi telített vizet kell 4 kg/s 60 bar nyomású és 560 °C hőmérsékletű túlhevített gőzhöz adni, hogy hőmérséklete 400 °C –ra csökkenjen! ( $p=$  állandó).

### **GŐZKÖRFOLYAMATOK**

*A következő feladatokban ha eltérő adat vagy kérdés nem szerepel, a kondenzáció a telített folyadék állapotig tart, a tápszivattyú teljesítményigényét pedig elhanyagoljuk.*

1. **GŐZKÖRF**

Hogyan és mennyivel változik meg a Rankine–Clausius-körfolyamat termikus hatásfoka, ha a gőz turbina előtti paraméterei  $p_1= 50$  bar és  $t_1=500$  °C, s a kondenzátornyomást  $p_2=0,5$  bar-ról  $p_2=0,05$  bar-ra változtatjuk.

2. **GŐZKÖRF**

Egy Rankine - Clausius - gőzkörfolyamatban a turbina előtti nyomás 35 bar, a kondenzátornyomás 0,5 bar. Határozza meg a tápszivattyú teljesítményigényét  $m=2$  t/h gőz tömegáram esetén!

3. **GŐZKÖRF**

Határozza meg a vízgőz körfolyamat termikus hatásfokát, ha a turbina előtti gőz állapota 12 MPa és 480 °C. A kondenzátornyomás 0,005 MPa, az expanzió izentrópiikus hatásfoka 85%.

4. **GŐZKÖRF**

Egy gőzkörfolyamatban a 100 MW teljesítményű turbinába belépő gőz jellemzői:  $p_1=200$  bar,  $t_1=650$  °C, a kondenzátornyomás 0,05 bar. Az expanzió izentrópiikus hatásfoka 80%. Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokát, valamint a kondenzátorba belépő hűtővíz mennyiségét!  $c_{v\text{íz}}= 4189$  J/(kg K),  $\Delta t_{v\text{íz}}=10$  °C.

5. **GŐZKÖRF**

Gőzturbinába belépő gőz jellemzői:  $p_1=200$  bar,  $t_1=650$  °C, a kondenzátornyomás 0,05 bar. A körfolyamat termikus hatásfoka 37,12%. Meghatározandó az expanzió izentrópiikus hatásfoka.

6. **GŐZKÖRF**

A gőz turbina előtti állapotjelzői 25 bar és 360 °C. A kondenzátornyomás 0,2 bar. Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokának megváltozását, ha a gőz nyomása a turbina előtti fojtásos állapotváltozás során 16 bar értékre csökken. Az expanzió izentrópiikus hatásfoka 88%.

7. **GŐZKÖRF**

A gőzturbinába beömlő frissgőz nyomása  $p_1 = 100$  bar, hőmérséklete  $t_1 = 600$  °C, a kondenzátorban uralkodó nyomás 0,05 bar. A turbina gőznyelése 72 t/h. Meghatározandó a turbina izentrópiikus hatásfoka, ha a kondenzátorba belépő hűtővíz 16 °C a kilépő 24 °C, a hűtővíz mennyisége 4600 m<sup>3</sup>/h (súrlódásos adiabatikus expanzió).  $c_{v\text{íz}}= 4189$  J/(kg K).

8. **GŐZKÖRF**

Egy gőzturbina előtt a gőz állapotjelzői: 1,2 MPa és 300 °C. A kondenzátornyomás 0,02 MPa. Határozza meg az izentrópiikus hatásfokot, ha a turbinából távozó gőz hőmérséklete 75 °C. A kondenzátorban a hűtővíz 10 °C hőmérsékletváltozást szenved. 1 MW teljesítmény esetén határozza meg a szükséges hűtővíz tömegáramot!  $c_{v\text{íz}}= 4189$  J/(kg K)

9. **GŐZKÖRF**

Egy súrlódásos adiabatikus expanziót tartalmazó ( $\eta_s^e = 0,8$ ) gőzkörfolyamat termikus hatásfoka  $\eta_t = 0,35$ . A kondenzátorból kilépő telített víz entalpiája 121,42 kJ/kg. A kondenzátorban a 72,5 kg/s hűtővíz  $\Delta t = 8$  °C-al melegszik fel. A turbinába érkező gőz mennyisége 1 kg/s. Határozza a



meg a turbina előtti gőz nyomását, hőmérsékletét, valamint a turbina teljesítményét.

$$c_{\text{vöz}} = 4189 \text{ J/(kg K)}.$$

10. **GŐZKÖRF**

A gőzturbinában lejátszódó expanzió izentrópus hatásfoka 80 %, a kondenzátornyomás 0,05 bar. A gőz tömegárama 29,196 t/h. A kondenzátorban 1719 t/h hűtővíz 10 fokkal melegszik fel. A turbina teljesítménye 10 MW. Meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka, valamint a turbinába belépő gőz nyomása és hőmérséklete.  $c_{\text{vöz}} = 4189 \text{ J/(kg K)}$ .

11. **GŐZKÖRF**

A turbina gőznyelése 72 t/h, a kondenzátorban uralkodó nyomás 0,05 bar. A turbina izentrópus hatásfoka 88,2%, teljesítménye 26,822 MW. Meghatározandó a gőzturbinába beömlő frissgőz nyomása és hőmérséklete, ha a kondenzátorba belépő hűtővíz 16 °C a kilépő 24 °C, a hűtővíz mennyisége 4600 m<sup>3</sup>/h (sűrűdásos adiabatikus expanzió, a kondenzáció a telített folyadék állapotig tart).  $c_{\text{vöz}} = 4189 \text{ J/(kg K)}$ .

12. **GŐZKÖRF**

$p_0 = 200$  bar nyomású gőz a szabályzó szelepeken a fojtás következtében 20% -os nyomáscsökkenést szenved, majd a turbinában  $p_2 = 0,1$  bar -ig sűrűdásos adiabatikus expanziót valósít meg. A két irreverzibilis folyamat eredményeképpen az entrópia 1,52 kJ/(kg K) értékkel változik meg. Meghatározandó a turbina teljesítménye és a körfolyamat termikus, valamint az expanzió izentrópus hatásfoka, ha  $m_g = 150$  t/h, a hűtővíz tömegárama  $m_v = 2884$  t/h és hőmérséklete 30 °C -al nő.  $c_{\text{vöz}} = 4189 \text{ J/(kg K)}$ .

13. **GŐZKÖRF**

A gőz jellemzői a turbina szabályzó szelepe előtt  $p_0 = 100$  bar és  $t_0 = 700$  °C. A kondenzátornyomás  $p_2 = 0,05$  bar. Milyen nyomásra kell a szabályzó szeleppel a gőzt fojtani, hogy a turbina fajlagos teljesítménye 30 %-kal csökkenjen? A turbina izentrópus hatásfoka teljes terhelésnél 0,8, míg részterhelésnél 0,7.

14. **GŐZKÖRF**

Egy gőzturbina főgőzszelepe előtt az  $m = 10$  t/h tömegáramú gőz nyomása 100 bar, hőmérséklete 600 °C. A szelepen a gőz - fojtás miatt - 10 %-os nyomáscsökkenést szenved. Határozza meg a turbina teljesítményét, ha a kilépési nyomás 1 bar és az izentrópus hatásfok 0,9. Gőztáblázat használandó!

15. **GŐZKÖRF**

Ideális gőzkörfolyamatban (Rankine-Clausius) a turbina előtti paraméterek  $p_1 = 90$  bar,  $t_1 = 500$  °C, a kondenzátornyomás 0,04 bar. 30 bar nyomáson közbeeső újrahevítést alkalmazunk 350 °C -ig. Meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka.

16. **GŐZKÖRF**

A gőz turbina előtti paraméterei  $t_1 = 550$  °C,  $p_1 = 100$  bar. Egyszeres közbenső túlhevítést alkalmazunk  $p = 30$  bar nyomáson  $t = 550$  °C hőmérsékletig. A kondenzátornyomás 0,05 bar. Meghatározandó a termikus hatásfok értéke, valamint a turbina teljesítménye, ha a turbinán 100 t/ó gőz áramlik át. Az expanzió izentrópus hatásfoka mindkét esetben 80 %.

17. **GŐZKÖRF**

Egy gőzkörfolyamatban az expanziót két - nagy és kisnyomású - turbinában valósítjuk meg. A nagynyomásúba 100 t/h 100 bar nyomású gőzt vezetünk, ahol száraz telített állapotig expandál. Ezután közbenső túlhevítést alkalmazunk állandó nyomáson ( $p = 5$  bar), majd a gőzt a kisnyomású turbinába vezetjük, ahol  $p_k = 0,1$  bar kondenzátornyomásig expandál. Meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka, ha a kondenzátoron 5445 m<sup>3</sup>/h hűtővíz áramlik át, s közben  $\Delta t = 10$  °C -al melegszik fel. Meghatározandó továbbá a két turbina ideális teljesítménye (MW). ( $c_{\text{vöz}} = 4189 \text{ J/kg K}$ )

18. **GŐZKÖRF**

Egy gőzkörfolyamatban az expanziót két turbinában - nagy és kisnyomású - valósítjuk meg. A nagynyomásúban 200 t/ó, 550 °C hőmérsékletű gőzt vezetünk, s ez a száraz telített állapotig expandál. Ezután közbenső túlhevítést alkalmazunk állandó nyomáson 500 °C -ig, majd a gőzt

az alacsony nyomású turbinába vezetjük, ahol a  $p_k = 0,05$  bar kondenzátornyomásig expandál. Meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka, ha a kondenzátoron  $11356 \text{ m}^3/\text{ó}$  hűtővíz áramlik át, s közben  $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  -al melegszik. Mekkora a turbina ideális teljesítménye. Mindkét expanzió izentrópikus. ( $c_{\text{viz}} = 4189 \text{ J/kg K}$ .)

#### 19. GŐZKÖRF

$\text{NH}_3$  gőzüzemű kompresszoros hűtőgépben az izentrópikus kompresszió munkaszükséglete  $213,5 \text{ kJ/kg}$ . A hűtőtér hőmérséklete  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ . A munkaközeg az elpárologtatóból száraz telített állapotban lép ki, a kondenzátor után pedig  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  -ra visszahűtjük. Meghatározandó: a)  $\varepsilon = ?$ , b) a hűtendő térből óránként elvont hő mennyisége, ha a berendezésben  $100 \text{ kg/h}$   $\text{NH}_3$  cirkulál.

#### 20. GŐZKÖRF

Egy gőzkörfolyamatban a turbina előtti jellemzők:  $p_1 = 150 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ , míg a kondenzátornyomás  $0,05 \text{ bar}$ . A körfolyamat termikus hatásfoka  $37 \%$ . Határozza meg a turbinában lejátszódó súrlódásos adiabatikus expanzió izentrópikus hatásfokát!

#### 21. GŐZKÖRF

Egy gőzkörfolyamatban a gőz tömegárama  $100 \text{ t/h}$ , a turbina előtti jellemzők:  $p_1 = 150 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ , a kondenzátornyomás  $0,05 \text{ bar}$ . Az expanzió izentrópikus hatásfoka  $0,8$ . Határozza meg a turbina teljesítményét és körfolyamat a termikus hatásfokát!

### NEDVES LEVEGŐ

#### 1. NL

Egy szárító-berendezésben a szárítás levegővel történik  $p = 1 \text{ bar}$  nyomáson. A  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  és  $\varphi_1 = 40 \%$  állapotú levegőt előbb  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  -ra felmelegítik ( $p = \text{áll.}$ ) majd így vezetik a szárítóba, ahol a szárítás során  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  -ra hűl le. Meghatározandó: a levegő előmelegítésére fordított hő mennyisége  $1 \text{ kg}$  száraz levegőre vonatkoztatva, a levegő paraméterei a szárító után, a szárítóban elvont nedvesség mennyisége  $1 \text{ kg}$  száraz levegőre vonatkoztatva. A hőveszteség elhanyagolható. Meghatározandó továbbá: Mennyi nedvességet vitt volna el a szárítóból a levegő, ha nem melegítjük elő?

#### 2. NL

A  $4 \text{ bar}$  nyomású nedves levegő állapotát pszichrométerrel mérjük, a száraz hőmérő  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  -t a nedves  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  -t mutat. Meghatározandó:  $x$ ,  $\varphi$ ,  $t_{\text{harmat}}$ . Gőztáblázat használandó!  $r_0 = 2500 \text{ kJ/kg}$ ,  $c_{\text{pg}} = 1,9 \text{ kJ/(kg K)}$ ,  $\kappa_{\text{szlev}} = 1,4$ ;  $R_{\text{szlev}} = 287 \text{ J/(kg K)}$ ,

#### 3. NL

$V = 20 \text{ m}^3$ ,  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 70 \%$   $p = 2 \text{ bar}$  nyomású levegő  $p = \text{áll.}$  melletti hűtése során milyen hőmérsékleten válik telítetté? Milyen legkisebb hőmérsékletre kell lehűteni, és mennyi hőt kell ehhez elvonni, ha  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  -on  $40 \%$  relatív nedvességtartalmat akarunk elérni?  $\Delta m_{\text{viz}} = ?$  Gőztáblázat használandó!  $r_0 = 2500 \text{ kJ/kg}$ ,  $c_{\text{pg}} = 1,9 \text{ kJ/(kg K)}$ ,  $\kappa_{\text{szlev}} = 1,4$ ;  $R_{\text{szlev}} = 287 \text{ J/(kg K)}$ ,

#### 4. NL

A levegő paraméterei kompresszió előtt  $p_1 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x = 14 \text{ g/kg}$ . A kompresszió  $p_2 = 5 \text{ bar}$ -ig történik majd  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  -ra visszahűtjük  $p = \text{áll.}$  mellett. A hűtés során  $4 \text{ g/kg}$  vizet leválasztunk, majd  $2 \text{ bar}$ ig fojtást valósítunk meg. Meghatározandó a levegő relatív nedvességtartalma a fojtás után, valamint ennek a levegőnek a harmatponti hőmérséklete. Gőztáblázat használandó!

#### 5. NL

A nedvesség elnyeletésére szilikagélt alkalmaznak. Mennyi szilikagélt kell  $1 \text{ kg}$  szárazlevegőnként a  $\varphi_1 = 60 \%$ ,  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 1 \text{ bar}$  állapotú nedves levegőbe helyezni, ha  $t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  -on  $\varphi_2 = 40 \%$  relatív nedvességtartalmat akarunk biztosítani? (A szilikagél elnyelő-képessége  $0,2 \text{ kg viz/kg}$ . Mekkora a  $t_2$ ,  $\varphi_2$  állapotú levegő harmatponti hőmérséklete? Gőztáblázat használandó!

6. **NL**  
Egy klimatizálendő térben az 1 óra alatt felszabaduló összes hő mennyisége 5000 kJ, a nedves-sége 1,25 kg. Az átlagosan tartandó paraméterek = 40 %;  $t_b = 20\text{ °C}$  ( $p = 1\text{ bar}$ ).  $i$ - $x$  diagram segítségével meghatározandó: 1/ a szellőző levegő állapota, óránkénti mennyisége, ha hőmérséklete  $5\text{ °C}$  -al lehet alacsonyabb  $t_b$ -nél. 2/ a szellőző levegő harmatponti hőmérséklete.
7. **NL**  
 $t_1 = 15\text{ °C}$ ,  $p_1 = 1\text{ bar}$  és  $x_1 = 0,01\text{ kg/kg}$  állapotú nedves levegőt hőelvonás mellett sűrítünk  $t_2 = 60\text{ °C}$ ,  $p_2 = 7\text{ bar}$  állapotig. Meghatározandó  $\varphi_2$ . Gőztáblázat használandó!
8. **NL**  
Állandó  $p = 2\text{ bar}$  nyomáson összekeverünk  $10\text{ m}^3$   $5\text{ °C}$  hőmérsékletű, 80 % relatív nedvességtartalmú levegőt  $2\text{ m}^3$  térfogatú  $40\text{ °C}$  hőmérsékletű, 15% relatív nedvességtartalmú levegővel. Határozza meg a keverék levegő  $t$ ,  $x$ ,  $\varphi$  értékeit, valamint harmatponti hőmérsékletét! Gőztáblázat használandó!
9. **NL**  
Nedves levegő harmatponti hőmérséklete  $1,01325\text{ bar}$  nyomáson  $10\text{ °C}$ , míg a száraz hőmérő  $30\text{ °C}$ -t mutat. Határozza meg  $i$ - $x$  diagram segítségével a nedves hőmérőn leolvasható hőmérsékletet, a relatív és fajlagos nedvességtartalmat. Oldja meg a feladatot gőztáblázattal is. A telítési gőznyomás a várható megoldás tartományában a  $p_s = 130,166\text{t} - 259,321\text{ Pa}$  egyenlettel közelíthető, ahol  $[t] = \text{°C}$ .
10. **NL**  
Nedves levegő harmatponti hőmérséklete  $2,5\text{ bar}$  nyomáson  $10\text{ °C}$ , míg a száraz hőmérő  $30\text{ °C}$ -t mutat. Határozza meg gőztáblázat segítségével a nedves hőmérőn leolvasható hőmérsékletet, a relatív és fajlagos nedvességtartalmat. A telítési gőznyomás a várható megoldás tartományában a  $p_s = 130,166\text{t} - 259,321\text{ Pa}$  egyenlettel közelíthető, ahol  $[t] = \text{°C}$ .
11. **NL**  
Nedves levegő harmatponti hőmérséklete  $1,01325\text{ bar}$  nyomáson  $10\text{ °C}$ , míg a nedves hőmérő  $20\text{ °C}$ -t mutat. Határozza meg  $i$ - $x$  diagram segítségével a szárazhőmérőn leolvasható hőmérsékletet, a relatív és fajlagos nedvességtartalmat. Oldja meg a feladatot gőztáblázattal is.
12. **NL**  
 $50\text{ kg}$  száraz levegő tartalmú  $t = 25\text{ °C}$  hőmérsékletű nedves levegőből kicsapattunk, majd leválasztottunk  $0,15\text{ kg}$  vizet. Meghatározandó a kiindulási relatív nedvességtartalom  $t = 25\text{ °C}$  hőmérsékleten, ha végállapotban ugyanezen a hőmérsékleten  $\varphi = 40\text{ %}$ . A folyamat során  $p = 2\text{ bar}$
13. **NL**  
A nedves levegő nyomása  $2\text{ bar}$ , hőmérséklete  $70\text{ °C}$ , relatív nedvességtartalma  $50\text{ %}$ . Határozza meg - izentrópus expanzió esetén - milyen nyomáson kezd a nedvesség kicsapódni?
14. **NL**  
 $t_1 = 5\text{ °C}$  hőmérsékletű  $\varphi_1 = 30\text{ %}$  állapotú nedves levegő felmelegítése után  $10\text{ °C}$  hőmérsékletű víz beporlasztásával  $\varphi_2 = 40\text{ %}$ ,  $t_2 = 20\text{ °C}$  állapotba jut. Határozza meg az előmelegítés hőmérsékletét, a szükséges hőmennyiséget, valamint a beadagolt víz tömegét. A folyamat során  $p = 101325\text{ Pa} = \text{állandó}$ .
15. **NL**  
 $p = 1\text{ bar}$  nyomású és  $10\text{ °C}$  hőmérsékletű telített nedves levegő  $x = 0,04$  fajlagos nedvességtartalmú nedves levegővel keveredik. Mekkora legyen a második nedves levegő legkisebb hőmérséklete, hogy kizárjunk bármilyen helyi ködképződést? ( $i$ - $x$  diagram)
16. **NL**  
 $50\text{ kg}$   $t = 25\text{ °C}$  hőmérsékletű nedves levegőből kicsapattunk, majd leválasztottunk  $0,12\text{ kg}$  vizet. Meghatározandó a kiindulási relatív nedvességtartalom  $t = 25\text{ °C}$  hőmérsékleten, ha végállapotban ugyanezen a hőmérsékleten  $\varphi = 40\text{ %}$ . A folyamat során  $p = 2\text{ bar}$
17. **NL**  
Egy  $50\text{ liter}$  űrtartalmú üveg edényben  $50\text{ °C}$  hőmérsékletű  $3\text{ bar}$  nyomású nedves levegő van.

Ha a keveréket ( $v=\text{const.}$  mellett) hűtjük,  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on megkezdődik a nedvesség kicsapódása az edény falán. Határozza meg az edényben levő vízgőz tömegét! Mekkora a kezdeti relatív nedvességtartalom?

18. **NL**

$2\text{ kg}$   $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$   $p=2\text{ bar}$  állapotú nedves levegőbe állandó nyomáson ugyanilyen hőmérsékletű vízgőzt juttatunk  $3\text{ g}$  mennyiségben. Ekkor  $\varphi=60\%$  lesz. Határozza meg a kezdeti relatív nedvességtartalmat és a harmatponti hőmérsékletet.

19. **NL**

Az ablaküveg felületi hőmérséklete  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , amikor a szobában a hőmérséklet  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  és a barometrikus nyomás  $74,88\text{ cm Hg}$ . A szobalevegő milyen relatív nedvességtartalma esetén kezdődik meg az ablaküveg bepárásodása? Határozza meg a vízgőz parciális nyomását, fajlagos nedvességtartalmát és a nedves levegő sűrűségét ebben az állapotban!  $\rho_{\text{Hg}}=13600\text{ kg/m}^3$ ,  $R_{\text{szl}}=287\text{ J/(kg K)}$ ,  $\kappa_{\text{szl}}=1,4$ .

20. **NL**

$20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű  $2\text{ bar}$  nyomású éppen telített állapotú nedves levegő izotermikusan expandál  $1\text{ bar}$  nyomásig. Határozza meg a folyamat során bekövetkező fajlagos entrópiaváltozást és a bevezetett fajlagos hőmennyiséget!

### HŐVEZETÉS

1. **HV**

A hőkamra külső falát olyan szigetelő réteggel látták el, melynek hővezetési tényezője  $\lambda_2=0,062(1+0,363\cdot 10^{-2}t)$  [ $\text{W}/(\text{m K})$ ] módon számítható. Meghatározandó az  $1\text{ m}^2$  falfelület hővesztesége, ha a fal és a szigetelés érintkezési helyén a hőmérséklet  $t_{w2}=300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a szigetelés külső felületén pedig max.  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A szigetelés vastagsága  $\delta=100\text{ mm}$ .

2. **HV**

Egy acél csővezeték külső átmérője  $50\text{ mm}$ . Határozza meg a cső belső átmérőjét, ha a belső felület hőmérséklete  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a külső pedig  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A cső  $1\text{ méterre}$  jutó hővesztesége  $5535\text{ J}$ , az acél hővezetési tényezője  $45\text{ W}/(\text{m K})$ .

3. **HV**

Egy  $60\text{ mm}$  külső átmérőjű korrózióálló cső belső felületének hőmérséklete  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a cső környezetének hőmérséklete  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A külső felületen a hőátadási tényező  $10\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Határozza meg a külső felület hőmérsékletét, ha a cső belső átmérője  $30\text{ mm}$ . A cső anyagának hővezetési tényezője  $22\text{ W}/(\text{m K})$ .

4. **HV**

Egy  $5\text{ mm}$  átmérőjű elektromos huzalt milyen vastag szigetelőréteggel kell ellátni, hogy a hőleadás maximális legyen, ha a szigetelőanyag hővezetési tényezője  $\lambda=0,175\text{ W}/(\text{m K})$ , a levegő és a szigetelőanyag felülete közötti hőátadási tényező  $\alpha=11\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

5. **HV**

Egy  $100\text{ mm}$  átmérőjű csővezetékben áramló gőz hőmérsékletét folyadék hőmérővel mérjük, mely egy olajjal töltött  $15\text{ mm}$  külső átmérőjű  $0,9\text{ mm}$  falvastagságú vascsőben (tokban) van elhelyezve. A hőmérő a tok végének hőmérsékletét mutatja, mely a tok hővezetése következtében alacsonyabb a gőz hőmérsékleténél. Milyen hosszon nyúljon be a tok a csővezetékbe, hogy a hőmérsékletmérés hibája  $0,5\%$ -nál ne legyen nagyobb? A hőátadási tényező a tok végénél  $100\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . A tok anyagának hővezetési tényezője  $50\text{ W}/(\text{m K})$ .

6. **HV**

Egy téglafalú lakószoba felfűtési folyamatának kezdetekor a falak hőmérséklete megegyezik a külső  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérséklettel. Határozza meg mennyi idő múlva alakul ki a falakban és a helyiségben az állandósult hőmérséklet eloszlás? A szobában véghőmérséklet  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A fal belső felületén

a hőátadási tényező  $6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a külső oldalon  $15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , a hőmérsékletvezetési tényező  $a = 0,0011 \text{ m}^2/\text{óra}$ ; a fal vastagsága  $0,396 \text{ m}$ ; hővezetési tényezője  $0,4 \text{ W/(m K)}$ .

7. **HV**

Egy elektromos vezetéként szolgáló  $30 \text{ mm}$  külső-,  $14 \text{ mm}$  belsőátmérőjű réz csőben az áram-sűrűség  $40 \text{ A/mm}^2$ . A cső külső felülete  $10 \text{ mm}$  vastag szigetelőréteggel van ellátva és a környezeti hőmérséklet  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Az axiális irányú hővezetést elhanyagolva és feltételezve, hogy a szigetelőréteg hőmérséklete sehol sem lépi túl a  $135 \text{ }^\circ\text{C}$  értéket, határozza meg a cső belső felületén kényszerhűtéssel elvonandó hőmennyiséget, valamint a belső csőfelület hőmérsékletét. A réz hővezetési tényezője  $380 \text{ W/(m K)}$ , a szigetelő anyagé  $0,3 \text{ W/(m K)}$ . A külső felületi hőátadási tényező  $40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , a réz fajlagos ellenállása  $2 \cdot 10^{-5} \Omega\text{mm}$ .

8. **HV**

Egy  $10 \text{ mm}$  átmérőjű elektromos kábelt milyen vastag szigetelőréteggel kell ellátni, hogy a hőleadás maximális legyen? A szigetelőanyag hővezetési tényezője  $\lambda=0,1 \text{ W/(m K)}$ , a levegő és a szigetelőanyag felülete közötti hőátadási tényező  $\alpha=10 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ . Mekkora lesz ekkor a szigetelés külső felületének hőmérséklete, ha a huzal ellenállása  $0,005 \text{ Ohm/m}$ , a vezetőben folyó egyenáram erőssége  $100 \text{ A}$ , a környezeti levegő hőmérséklete  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

9. **HV**

Egy  $90 \text{ mm}$  külső átmérőjű cső két réteg egyenként  $30 \text{ mm}$  vastag szigetelőréteggel van burkolva. Az egyik réteg hővezetési tényezője a másiknak négyszerese. Milyen sorrendben ad a két réteg jobb szigetelést? Hány százalékkal lesz kisebb a hővesztés ekkor a másiknál? Feltételezzük, hogy a cső és a szigetelés külső felületének hőmérséklete a két esetben azonos ( $t_{w \text{ cső1}}=t_{w \text{ cső2}}$ ,  $t_{w \text{ szig külső1}}=t_{w \text{ szig külső 2}}$ ).

## HŐÁTADÁS

1. **HÁ**

$d = 100 \text{ mm}$  átmérőjű  $3 \text{ mm}$  falvastagságú csőben áramló vizet a cső külső felülete mentén állandó  $t_g=400 \text{ }^\circ\text{C}$  átlaghőmérsékletű füstgáz melegíti  $t_v = 200 \text{ }^\circ\text{C}$  közepes hőmérsékletre. Határozza meg a csőfalon keresztüli hőáram-sűrűséget, amennyiben a vízfaloldali hőátadási tényező  $\alpha_v = 2000 \text{ w/(m}^2 \text{ K)}$  míg a gázoldali  $\alpha_g = 50 \text{ w/(m}^2\text{K)}$ . Mekkora lesz a hőáramsűrűség, ha a cső belső felületére  $2 \text{ mm}$  vastag vízkő rakódik.  $\lambda_{\text{vízkő}} = 32 \text{ W/(m K)}$ .  $\lambda_{\text{acél}} = 40 \text{ w/(m K)}$ . Mekkora lesz a cső külső felületének hőmérsékletnövekedése. A csőfal síknak tekintendő.

2. **HÁ**

Egy  $25 \text{ mm}$  külső átmérőjű és  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  külső hőmérsékletű vascsövet úgy kell szigetelni, hogy a szigetelés vastagsága ne legyen nagyobb, mint  $55 \text{ mm}$  és külső felületének hőmérséklete ne emelkedjék  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  fölé. A cső környezetének (levegő) hőmérséklete  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  és a szigetelés külső falára vonatkozó hőátadási tényező  $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Határozza meg a szükséges szigetelőanyag hővezetési tényezőjét!

3. **HÁ**

Meghatározandó  $17 \text{ kg/s}$ ,  $p=25 \text{ bar}$ ,  $x=0,6$  állapotú nedves gőz állandó nyomáson száraz telítetté történő alakítására fordítandó hő mennyisége (gőztáblázattal). A melegítést síknak tekinthető falon keresztül  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű füstgázzal végezzük. Határozza meg a szükséges hőátviteli felületet, valamint a fal gázoldali felületének hőmérsékletét. A gázoldali hőátadási tényező  $30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a gőzoldali  $4500 \text{ W/m}^2\text{K}$ . A fal anyagának hővezetési tényezője  $45 \text{ W/(m K)}$ , vastagsága  $10 \text{ mm}$ .

4. **HÁ**

Egy vízszintes helyzetű szilárd tüzelőanyagú rakéta konténerének hossza  $5 \text{ m}$  átmérője  $1 \text{ m}$ . A környező levegő hőmérséklete  $t_f = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Szél nincs. Határozza meg annak a fűtőtestnek a teljesítményét, amelyik a konténer felületén  $t_w = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  = állandó hőmérsékletet biztosít.  $Nu_m=0,135(G_r P_r)^{1/3}$ ,  $t_m=(t_f+t_w)/2$

5. **HÁ**

Egy  $d = 100$  mm belső átmérőjű acélcsőben  $80$  °C hőmérsékletű víz áramlik. A csőfal belső felületének hőmérséklete  $70$  °C. Milyen sebességgel áramoltatja a vizet a szivattyú a csőben, ha a hőledás  $q = 12,56$  kW/m. A szükséges adatok a Példatár függelékéből veendő a folyadék hőmérsékletén. A számításához válassza ki a megfelelő egyenletet a következőkből:  $Nu = 0,024(GrPr)^{1/3}$ ;  $Nu = 0,021Re^{0,8} Pr^{0,43}$ ;  $Nu = 0,5Re^{0,2} Gr^{0,3}$ ;  $Nu = 2,2(x+c_y)^{1/3}$

6. **HÁ**

$100$  mm belső átmérőjű és  $5$  m hosszú vízszintes csőben  $t = 80$  °C hőmérsékletű  $c = 0,5$  m/s sebességű víz áramlik. A cső belső felületének hőmérséklete  $50$  °C. Határozza meg a falon keresztül leadott hőmennyiséget! A számításához válassza ki a megfelelő egyenletet a következőkből:  $Nu = 0,024(GrPr)^{1/3}$ ;  $Nu = 0,021Re^{0,8} Pr^{0,43}$ ;  $Nu = 0,5Re^{0,2} Gr^{0,3}$ ;  $Nu = 2,2(x+c_y)^{1/3}$

7. **HÁ**

Egy  $25$  mm belső átmérőjű csőben  $1,5$  kg/s mennyiségű víz áramlik, melynek közepes hőmérséklete  $40$  °C. A cső belső falának hőmérséklete  $39$  °C. A hőveszteség a csőfalán keresztül  $985$  W/m. Turbulens áramlásnál a hőátadás számítására a  $Nu = 0,0243Re^m Pr^n$  alakú egyenletet alkalmazzák. Határozza meg a képletben  $n$  értékét, ha  $m = 0,8$ . A meghatározási hőmérséklet a víz közepes hőmérséklete.

8. **HÁ**

Határozza meg hányszorosára növeli a hőátvitelt a forró vízből a levegőbe a gázoldali felület bordázása, ha a bordázottság (bordázott és sima felületek aránya)  $15$ , a falvastagság  $9$  mm, a fal hővezetési tényezője  $45$  w/(mK), a vízoldali és levegőoldali hőátadási tényezők rendre  $830$  és  $11$  w/(m<sup>2</sup>K). A forró víz és a levegő hőmérséklete a két esetben legyen azonos.

### HŐSUGÁRZÁS

1. **HS**

Egy polírozott alumínium felület hőmérséklete  $250$  °C, s ekkor sugárzóképesége  $170$  W/m<sup>2</sup>. Milyen hányadát veri vissza ez a felület az ugyanilyen hőmérsékletű abszolút fekete felületről beeső sugárzásnak? Mekkora a felületek effektív sugárzása?

2. **HS**

Két párhuzamos síkfelület között sugárzással átadott hőmennyiség  $70000$  W/m<sup>2</sup>. Meghatározandó az 1 felület effektív sugárzása, ha  $T_2 = 500$  K,  $a_2 = 0,7$ ,  $c_0 = 5,67$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>. ( $T_2 < T_1$ )

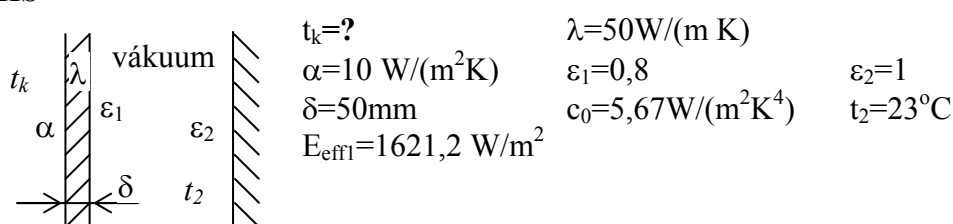
3. **HS**

Két egymással párhuzamos sík fal közötti sugárzásos hőcserét két polírozott síklap közéjük helyezésével csökkentjük. Határozza meg a falak közötti hőáramsűrűséget, ha a falak hőmérséklete  $t_1 = 527$  °C,  $t_2 = 27$  °C, feketeségi foka  $\epsilon_1 = 0,8$ ,  $\epsilon_2 = 0,9$ . A polírozott lapoké rendre  $\epsilon_{e1} = 0,1$ ,  $\epsilon_{e2} = 0,05$ ,  $c_0 = 5,67$  W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)

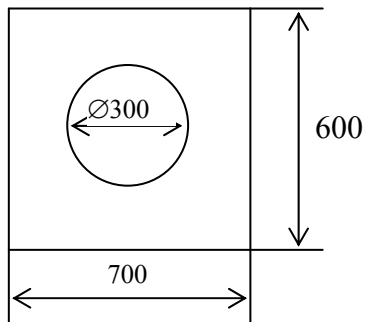
4. **HS**

Egy sík fal hőmérséklete  $227$  °C feketeségi foka  $\epsilon_1 = 0,8$  effektív sugárzóképesége  $E_{eff1} = 5000$  W/m<sup>2</sup>. Határozza meg a vele szemben lévő  $\epsilon_2 = 0,4$  feketeségi fokú fal hőmérsékletét, valamint a két fal közötti sugárzásos hőcserét!  $c_0 = 5,67$  W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)

5. **HS**



6. HS

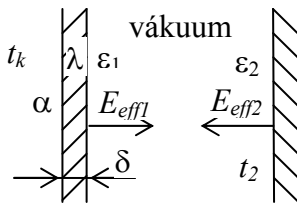


Határozza meg a 600x700 mm keresztmetszetű csőalagútban lévő 300mm külső átmérőjű gőzvezeték 1m hosszra eső sugárzásos hőveszteségét.

A csővezeték külső felületének hőmérséklete 567 °C  
feketeségi foka 0,93.

Az alagút belső felületi hőmérséklete 117 °C,  
feketeségi foka 0,8.  
 $c_0=5,67 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

7. HS



$$t_k=?$$

$$\alpha=2000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$\delta=10\text{mm}$$

$$E_{\text{eff}1}=310225 \text{ W}/\text{m}^2,$$

$$\lambda=50\text{W}/(\text{m K})$$

$$\epsilon_1=0,8 \quad \epsilon_2=0,7$$

$$c_0=5,67\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$$

$$E_{\text{eff}2}=116276 \text{ W}/\text{m}^2$$

8. HS

Két párhuzamos sík felület között a sugárzásos hőcsere csökkentése céljából két sugárzáscsökkentő ernyőt helyeztünk el, melyek feketeségi foka rendre 0,1 és 0,05. Az első felület hőmérséklete  $t_1=527 \text{ °C}$ , feketeségi foka 0,8. Határozza meg a másik felület  $t_2 < t_1$  hőmérsékletét (feketeségi foka 0,9), ha az átszármaztatott hőmennyiség  $383,5 \text{ w}/\text{m}^2$ .  
 $c_0=5,67 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

9. HS

Egy  $0,2 \text{ m}^2$  nagyságú fekete felület hőmérséklete  $540 \text{ °C}$ . Határozza meg: a) a teljes kibocsátott energiát, b) a merőleges fekete sugárzás intenzitását, c) a maximális sugárzásintenzitáshoz tartozó hullámhosszt!

10. HS

8 térfogat%  $\text{CO}_2$  és 10 térfogat% vízgőzt tartalmazó füstgáz egy  $0,6 \text{ m}$  átmérőjű kéményben áramlik. A közepes gázhőmérséklet  $t_g=900 \text{ °C}$ , a kémény falának felületi hőmérséklete  $t_w=600 \text{ °C}$  és a felületének feketeségi foka  $\epsilon_w=0,8$ . Határozza meg a gáz és a kémény fala között - a fal  $1 \text{ m}^2$  felületére - sugárzással átszármaztatott hőmennyiséget! A füstgáz nyomása 1 bar.

## A FELADATOK MEGOLDÁSÁNAK EREDMÉNYEI

(Az eredményeket a kérdések sorrendjében közöljük.)

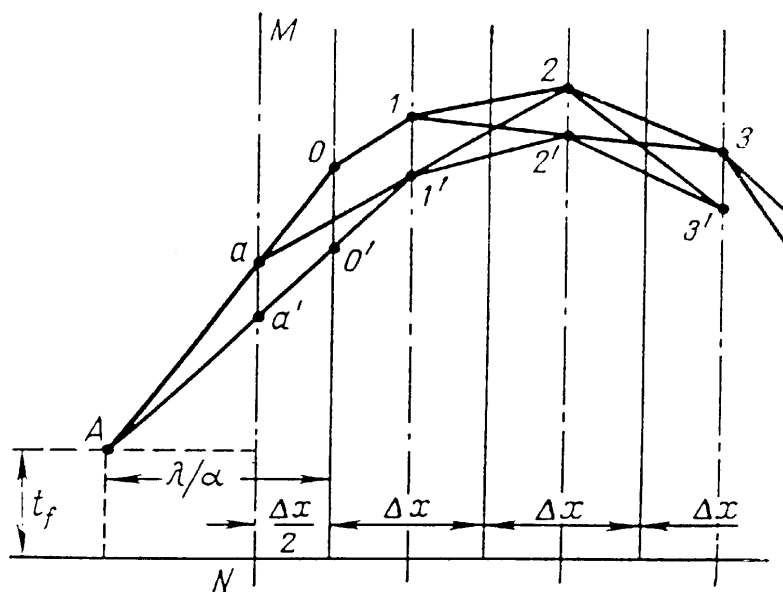
<i>Állapotegyenlet</i>			
1	6	2	8 MPa
3	717,342 t/h	4	2,729 m <sup>2</sup>
5	66	6	11,3 perc
7	74 kg; 155,2 bar	8	29/88; 1/2; 4/3
9		10	1/22
11	66 g	12	-440 N
13	103,85 kN; 143,1 kN; 118,2 kN	14	10,788 N
15	514,659 m <sup>3</sup> ; 2777,29 N; 285,607 m <sup>3</sup> ; 45,35 kg		
16	3 kg; 1,25 m <sup>3</sup>		
<i>Kinetikus gázelmélet</i>			
1	22 kg; 3,0115*10 <sup>26</sup> ; 412,38 m/s	2	3,2217*10 <sup>20</sup> ; 516,94 m/s
3	2,5 bar; 420,98 K; 612,4 m/s		
<i>Első főtétel</i>			
1	0,4 MJ	2	60 kJ; -100 kJ
3	-19210 J	4	84,2 kW; -212,4 kW
5	2,578 MW; 17,52 kg/s	6	4,887 MJ
7	-14,28 kJ	8	0,853
9	70,29 kW; 4,027 t/h	10	-1574,2 J/kgK; 300 kJ; 1,44
11		12	7,02 K
13	24,38 g	14	92,64 kg/h
15	-10,279 kJ; 181,227 kJ; -15,499 kJ	16	0,6; c <sub>n</sub> =1435 J/kgK
17	28,206 kW; 0,086 kg/s	18	1,336; 0,1724 kg/s
19	289,65 kW; 17621 kg/h		
20	114,31 bar; 0,0197m <sup>3</sup> /kg; 786,32 K; -323,5 kW; 5,148 kg/s		
21	451,648 kJ; -129,849 kJ; 321,834 kJ	22	385,7 K
23	0,208 dm <sup>3</sup> ; 0,09761dm <sup>3</sup> ; -131,542 kJ/kg; 394,625 kJ/kg; 526,166 kJ/kg		
24	16,3 %	25	2; 2,27 MW; 17,63 kg/s
26	1,5 bar; 590,25 K; 755,7 K	27	15,044 m <sup>3</sup> ; 361,9 K; 0,973kJ/(kmolK)
28	0; 0; 27°C; 2 bar		
29	834,3 K; 365,8 K; 13,905 m <sup>3</sup> ; 6,095 m <sup>3</sup> ; 10,002 kJ		
30	3956J	31	1,8 bar; -560 J
32	2,322 J	33	0,47 W
34	430,37 K; 0,162 kg	35	353 K
36	0,538 bar;	37	884,9 K; 241,17 J/kgK
38	25,596 kJ; 3,0117 bar	39	0,35833 s
40	0,5996 s	41	6,641 MJ
42	643,3 K; 1111,8 J/kgK	43	2,086*10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>
44	7,393*10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	45	8,007 kW
46	1,86*10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	47	1/4-e
48	5,527 bar	49	232,8 K; 269,7 K; 15,786 kJ
50	478,73 m/s	51	328,1 K; 458,24 K; 5,48 bar
52	-369,606 kJ	53	1422,486 kJ
54	-3,013 MJ/kg	55	820,23 m/s; 0,5629 bar
56	3,698 bar; 400 K		



<b>Fajhő</b>			
1	10,699 kJ/kgK;	2	1298 J/(m <sup>3</sup> K);
3	1,12 kJ/kgK	4	4,6396 MJ/h
5	1/18,5; 1/14	6	452,3 kJ/kg; 498,2 kJ/kg; 493,8 kJ/kg
7	93,648 kJ; 13,095 bar	8	930,57 kJ; 13,88 bar
9	419 °C	10	1512 °C
11	1181,2 °C	12	357,8 °C
13	29,89 MW; 9,352		
<b>Entrópiaváltozás, sűrűlódásos folyamatok</b>			
1	0,5622 J/K	2	11,419 bar; 0,1189 m <sup>3</sup> /kg; -709,5 kJ
3	κ	4	-89,64 J/K
5	1,267; -66,311 kJ/kgK	6	-836,11 J/K
7	13,39 bar; 695,51 K; 0,88	8	602,7 kW; 60,252 kW
9	27,78 kW; 2,72 kW	10	0,6; 20 kW
11	1,275; 52,312 kJ/kg; 23, 04	12	14,6 bar; 0,8575; -422,392 kJ/kg
13	52,536 kJ/kg; 0,767	14	0,694; 9%; 19,553 kJ/kg
15	1,608; 4,494; 51,3 kJ/kg; 0,756	16	2 bar
17	7,06; 17,069 kJ/kg	18	31,6 %
19	0,997 MJ/s	20	19,096 kJ/kg; 5,527 bar
21	0,7242	22	0,839
<b>Gázkeverékek</b>			
1	2,474 bar		
2	R=288,27 J/kgK; ρ=1,184 kg/m <sup>3</sup> ; c <sub>p</sub> =1008,93 J/kgK; c <sub>v</sub> =720,67 J/kgK		
3	12,715 kJ/K; 0,333 bar; 0,666 bar	4	625,6 K
5	1247,1 kJ		
6	g <sub>H2</sub> =0,558; g <sub>CH4</sub> =0,442; r <sub>H2</sub> =0,91; r <sub>CH4</sub> =0,09; 5 kg; 3,96kg		
7	1413,96 J/kg		
8	3,81 bar; 309,3 K; 266,92 J/kgK; r <sub>N2</sub> =0,803; r <sub>CO2</sub> =0,197; 1824J/K		
9	693 J/kgK; 0,666 bar; 0,333 bar; 0,111; 0,889		
10	0,864 kg/m <sup>3</sup> ; 0,452 bar; 0,561 bar; 429 J/kgK		
11	0,2225; 0,7775; 0,19988; 0,80012	12	0,5429; 0,4571; 0,2379; 0,7621
13	193,08 bar; 0,298; 0,702	14	21,64 bar
15	405 K; 3,84 bar; r <sub>O2</sub> =0,667; r <sub>N2</sub> =0,333	16	16,809 kJ/K
17	0,584; 1,616; 0,743; 0,257; 0,819 bar; 5,444 m <sup>3</sup> ; 482,4 J/K		
18	9,096 bar	19	-1,2218 MJ; 1004 J/K
20	24,473 kPa; 80,025 kPa; 1,453 kg; 63,41 kPa; 16,614 kPa; 479,6 J/K		
21	-4408,7 J/K		
<b>Gázkörfolyamatok</b>			
1	0,266; 103,911 kJ/kg	2	0,1297
3	0,408	4	1000 K; 333 K
5	0,213	6	553,64 KJ
7	0,19	8	0,621; 8051,5 kW; 3051,5 kW;
9	118 kJ; 174,6 kJ; 56,6 kJ; 0,6758; v <sub>max</sub> /v <sub>min</sub> =64,82		
10	23,4°C; -21,9°C	11	0,54; 1149,55kJ
12	1,0736	13	0,612
14	750,3 J	15	1312,6J; 0,532

16	932,3 kJ/kg; 0,6518	17	0,192; 63,91 kJ/kg
18	19,55 kJ/kg	19	0,219
20	283,5 kJ/kg; 0,427	21	0,257
22	0,178	23	$w_h=203,61$ kJ/kg; $\eta_i=0,482$
24	0,3686; 0,56	25	10,098MW; 0,3686
26	77,636 kW; 538,38 K	27	0,142
28	$\pi_k=1,64$ (vagy 81,15) $\Delta\eta_i=58,3\%$	29	71,137 kJ/kg; 0,327
30	359 kJ/kg	31	523 K; 918 K; 0,427
32	193,694 kJ/kg	33	0,837
34	8,98 vagy 5,15	35	2,86 bar; 1256 K
36	59,709 kN	37	192893 J/kg; 369315 J/kg
38	779,436 kJ	39	0,25
40	0,186	41	1,1
42	1/6 kW/K; 50 kW; 0,6	43	2,094
44			
<b>Gőzfolyamatok</b>			
1	284,53 kJ; 3,874 kJ/K	2	223,59 kW; 1,576 kJ/kgK
3	1,692 kg/s	4	374,02 kW; 0,799
5	23,201 bar; 5,5269 m <sup>3</sup> ; 2430,34 kJ/kg; 5,5315 kJ/kgK; 2270,054 kJ/kg		
6	26,683 GJ/h; 84,4 %	7	3,333 kPa
8	28,27 kJ; -124,43 kJ	9	0,887 m <sup>3</sup>
10	3,118 bar; 303,32 °C; 0,8489 m <sup>3</sup> /kg; 3067,64 kJ/kg; 7,679 kJ/kgK; -2,653 GJ		
11	19,917 kPa; -35,098 MJ; 0,02522	12	0,07211m <sup>3</sup> /kg; 223,93 °C; +3,88MJ
13	-27,717 MJ; 4,227 MJ; -23,489 MJ	14	+2,333 GJ
15	-268,765 GJ		
16	$p_1 = p_2 = 1,6$ bar; $x_1 = 0,00957$ ; $i_1 = 496,65$ kJ/kg; $x_2 = 0,01137$ ; $Q_{1,2} = 8$ kJ		
17	10,8 kJ; 0,678	18	2,331 kg; 0,7397; -624,16 kJ
19	13,575 MJ; 28,168 MJ; -2,263 MJ; -27,868 MJ		
20	0,7959 kg/s		
<b>Gőzkörfolyamatok</b>			
1	32,6 %; 39,6 %;	2	1,974 kW
3	0,36	4	0,3712; 14558 t/h
5	0,8	6	0,268, 0,248
7	0,882	8	0,56; 0,137 kg/s
9	60 bar; 690 °C; 1308,26 kW	10	42 bar; 670 °C
11	100 bar; 600 °C	12	46,33 MW; 0,315; 0,695
13	10 bar	14	2,752 MW
15	0,4234	16	0,3636; 37,69
17	0,4138; 44,726 MW	18	0,426; 98 MW
19	5,74; 122,5 MJ	20	80%
21	38,222 MW; 37 %		
<b>Nedves levegő</b>			
1	30 kJ/kg; 35 °C; 34,5 %; 64 kJ/kg; 0,0059 kg/kg; 0,003 kg/kg		
2	$2,71 \cdot 10^{-3}$ kg/kg; 40,92 %; 15,24°C		
3	18,94 °C; 9,74 °C; -1,0669 MJ; 0,139 kg		
4	56,21%; 25 °C	5	0,066 kg
6	15 °C; 20 %; 176,06 kg/kg	7	55,6%

8	10,28 °C; 59,56 %; 2,615°C	9	17,4 °C; 28,95 %; 7,629*10 <sup>-3</sup> kg/kg
10	20,55 °C; 28,95 %; 0,0038 kg/kg	11	37,56 °C; 18,89 %; 0,0076kg/kg
12	69,9 %	13	1,701 bar
14	30,4 °C; 25,55 kJ/kg; 4,182*10 <sup>-3</sup> kg/kg	15	34 °C
16	0,698		
17	0,0004 kg; 11,36 %		
18	0,488; 17,89 °C		
19	0,275; 0,00872 bar; 0,0088 kg/kg; 1,1619 kg/m <sup>3</sup>		
20	199,818 J/kg; 58,547 kJ/kg		
<b>Hővezetés</b>			
1	256,17 W/m <sup>2</sup>	2	30 mm
3	99,16 °C	4	13,4 mm
5	0,127 mm	6	Több mint 80 óra
7	17,4 kW; 131,6 °C	8	0,005 m; 104,6 °C.
9	Jobb hővezető belül; 22%		
<b>Hőátadás</b>			
1	9720 W/m <sup>2</sup> ; 213,4 °C	2	0,0875 W/mK
3	887,83 m <sup>2</sup> ; 230,2 °C	4	5,533 kW
5	0,877 m/s	6	120,165 kW
7	0,4	8	12,4
<b>Hősugárzás</b>			
1	4242 W/m <sup>2</sup> azonos	2	103543 W/m <sup>2</sup>
3	383,5 W/m <sup>2</sup>	4	766,4 K; 5825 W/m <sup>2</sup>
5	275 °C	6	21760 W
7	1448,7 °C	8	300 K
9	4,645 kW; 7,396 W/(m <sup>2</sup> steradián); 3,625.10 <sup>-6</sup> m		
10	8843 W/m <sup>2</sup>		



A nem állandósült hővezetés feladatának megoldása a véges differenciák módszerével