

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΜΠ 329: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ # 6

Αφροδίτη Παπαδοπούλου
Δρ. Χημικός Μηχανικός
afparadopoulos@isc.tuc.gr



ΑΣΚΗΣΗ 6.1:

Ιδανικό αέριο εισέρχεται σε έναν αδιαβατικό στρόβιλο σε θερμοκρασία 700 K και πίεση 600 kPa, με ταχύτητα 50 m/s ενώ η παροχή μάζας είναι 1.5 kg/s. Το αέριο εκτονώνεται σε θερμοκρασία 400 K. Στην έξοδο η ταχύτητα του αερίου είναι 150 m/s και το εμβαδό διατομής του σωλήνα εξόδου είναι 0.01 m². Να θεωρηθούν οι μέσες τιμές των ειδικών θερμοτήτων του αερίου στο θερμοκρασιακό εύρος των 400-700 K: $c_p=1,3 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $c_v=0,9 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.

(α) Να υπολογιστεί η ογκομετρική παροχή του αερίου στην είσοδο

(β) Να υπολογιστεί η ισχύς του στροβίλου.

(γ) Να υπολογιστεί η πίεση εξόδου.



ΑΣΚΗΣΗ 6.1:

Δεδομένα:

Είσοδος (1)

$$T_1 = 700 \text{ K}$$

$$P_1 = 600 \text{ kPa}$$

$$u_1 = 50 \text{ m/s}$$

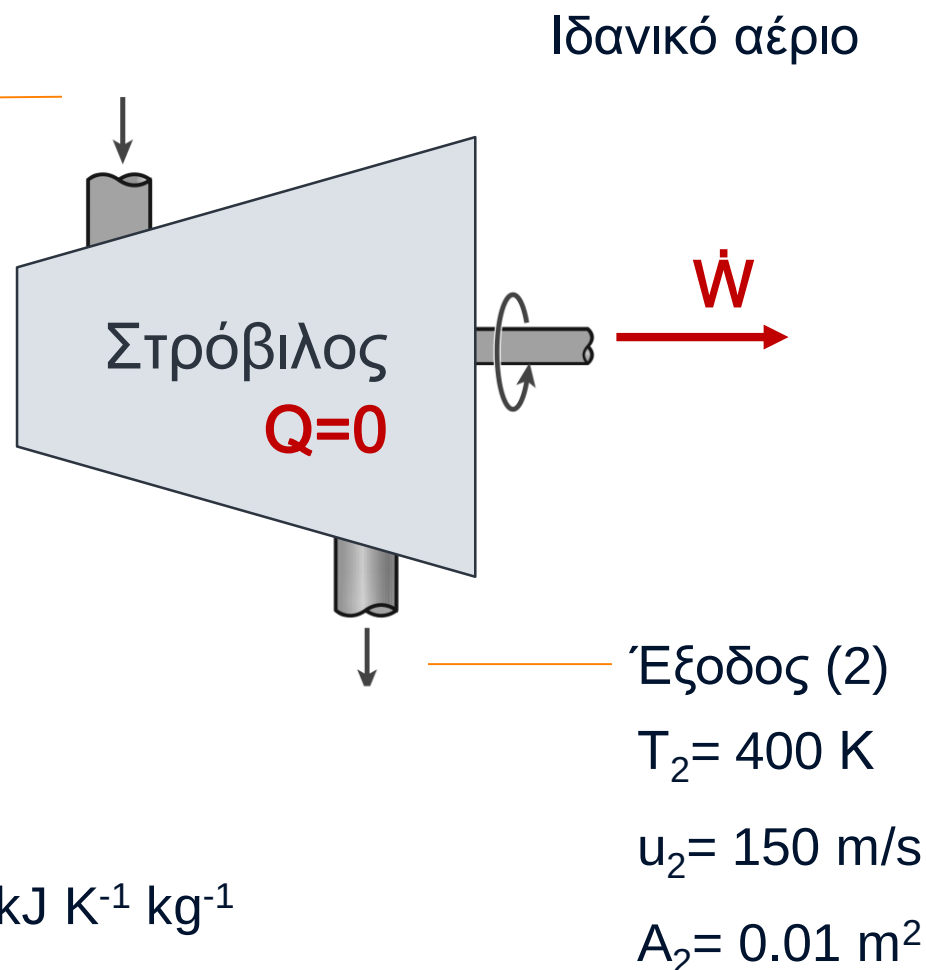
$$\dot{m}_1 = 1.5 \text{ kg/s}$$

Ιδανικό αέριο

$$c_p = 1.3 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

$$c_v = 0.9 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

$$R = c_p - c_v = 1.3 - 0.9 \Rightarrow R = 0.4 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$





ΑΣΚΗΣΗ 6.1:

(α): Ογκομετρική παροχή στην είσοδο

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m} = 1.5 \text{ kg/s}$$

Είσοδος (1)

$$T_1 = 700 \text{ K}$$

$$P_1 = 600 \text{ kPa}$$

$$u_1 = 50 \text{ m/s}$$

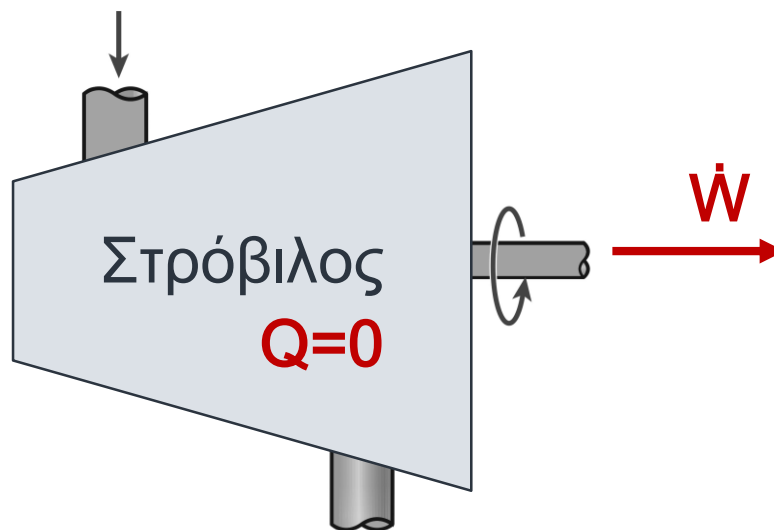
$$\dot{m}_1 = 1.5 \text{ kg/s}$$

Ιδανικό αέριο

$$R = 0.4 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

$$P_1 \cdot V_1 = m \cdot R \cdot T_1$$

$$P_1 \cdot \dot{V}_1 = \dot{m}_1 \cdot R \cdot T_1$$



$$\dot{V}_1 = \frac{\dot{m} R T_1}{P_1} = \frac{1.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 700 \text{ K}}{600 \text{ kPa}}$$

$$\dot{V}_1 = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$$



ΑΣΚΗΣΗ 6.1:

(β): Ισχύς του στροβίλου

1^{ος} Θερμοδυναμικός Νόμος για Ανοικτά Συστήματα:

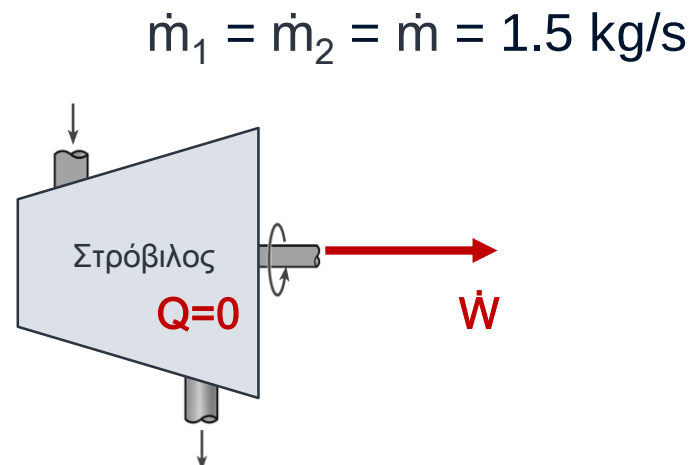
$$\Delta H + \Delta E_k + \Delta E_\delta = Q - W$$

0 0

$$\Delta \dot{H} + \Delta \dot{E}_k = - \dot{W} \Rightarrow \dot{m} c_p (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \dot{m} (u_2^2 - u_1^2) = - \dot{W}$$

$$1.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (400 - 700) \text{K} + \frac{1}{2} 1.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (150^2 - 502) \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \frac{\text{kJ}}{1000 \text{kgm}^2/\text{s}^2} = - \dot{W}$$

$$\dot{W} = + 570 \text{ kW}$$





ΑΣΚΗΣΗ 6.1:

(γ): Πίεση εξόδου

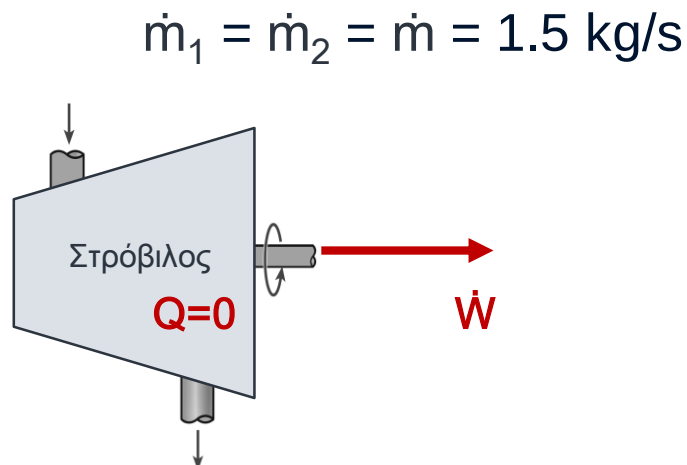
$$P_2 \cdot \dot{V}_2 = \dot{m} \cdot R \cdot T_2$$

$$\dot{V}_2 = u_2 \cdot A_2$$

$$\dot{V}_2 = 150 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.01 \text{m}^2 \Rightarrow \dot{V}_2 = 1.5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P_2 = \dot{m} \cdot R \cdot T_2 / \dot{V}_2 = \frac{1.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0.4 \frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{kg}} \cdot 400 \text{K}}{1.5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 160 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$$

$$\Rightarrow P_2 = 160 \text{ kPa}$$





ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

Σε έναν θάλαμο ανάμιξης, νερό με πίεση 300 kPa και θερμοκρασία 20° C αναμιγνύεται με υπέρθερμο υδρατμό πίεσης 300 kPa και θερμοκρασίας 300° C. Στο θάλαμο εισέρχεται το κρύο νερό με παροχή 1.8 kg/s. Αν το μίγμα εγκαταλείπει το θάλαμο ανάμιξης στους 60° C, να υπολογιστεί η παροχή μάζας του υπέρθερμου υδρατμού αν ο ρυθμός απώλειας θερμότητας από τα τοιχώματα του δοχείου ανάμιξης είναι 50kJ/s.



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

▣ Δεδομένα:

Νερό:

Πίνακες A4-A7

- Ρεύμα 1:

$P_1 = 300 \text{ kPa}$ Κατάσταση?

$T_1 = 20^\circ\text{C}$

$\dot{m}_1 = 1.8 \text{ kg/s}$

- Ρεύμα 2:

$P_2 = P_1 = 300 \text{ kPa}$ Υπέρθερμος
 $T_2 = 300^\circ\text{C}$ ατμός (υδρατμός)

- Ρεύμα 3:

$P_3 = P_2 = P_1 = 300 \text{ kPa}$

$T_3 = 60^\circ\text{C}$

Κατάσταση?



- $\dot{Q}_{out} = 50 \text{ kJ/s}$



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

Ζητείται το $\dot{m}_2$

Ισοζύγιο Ενέργειας:

$$\begin{aligned}\sum H_{in} &= H_{out} + Q_{out} \\ H_1 + H_2 &= H_3 + Q_{out} \quad [\text{kJ}] \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 &= \dot{m}_3 h_3 + \dot{Q}_{out} \quad [\text{kJ/s}]\end{aligned}$$

Ισοζύγιο μάζας:

$$\begin{aligned}\sum \dot{m}_{in} &= \dot{m}_{out} \\ \dot{m}_1 + \dot{m}_2 &= \dot{m}_3 \quad [\text{kg/s}]\end{aligned}$$



Παραδοχές:

- Σταθεροποιημένη ροή
- Αμελητέα μεταβολή ΔE_k , ΔE_δ
- Όγκος ελέγχου: Θάλαμος
- $P_1 = P_2 = P_3$ (μηδενική πτώση πίεσης)



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 1:

$$P_1 = 300 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_1 = 1.8 \text{ kg/s}$$



Κατάσταση? Από ΠΑ5 βρίσκουμε για $P=300\text{kPa}=0.30 \text{ MPa}$

ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΤΜΟΥ 2 - ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ H_2O (A-5)

P	T _{sat@P}	v _f	v _g	u _f	u _{fg}	u _g	h _f	h _{fg}	h _g
[MPa]	[°C]	[m ³ /kg]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
0,100	99,61	0,001043	1,69400	417,36	2088,74	2506,1	417,46	2258,04	2675,5
0,125	105,97	0,001048	1,37490	444,19	2069,31	2513,5	444,32	2241,08	2685,4
0,150	111,35	0,001053	1,15930	466,94	2052,76	2519,7	467,11	2226,49	2693,6
0,175	116,04	0,001057	1,00360	486,80	2038,10	2524,9	486,99	2213,61	2700,6
0,200	120,21	0,001061	0,88570	504,49	2025,01	2529,5	504,70	2202,00	2706,7
0,225	123,97	0,001064	0,79330	520,47	2013,13	2533,6	520,72	2191,38	2712,1
0,250	127,41	0,001067	0,71870	535,10	2002,10	2537,2	535,37	2181,53	2716,9
0,275	130,58	0,001070	0,65730	548,59	1991,91	2540,5	548,89	2172,41	2721,3
0,300	133,52	0,001073	0,60580	561,15	1982,45	2543,6	561,47	2163,83	2725,3
0,325	136,27	0,001076	0,56200	572,90	1973,50	2546,4	573,25	2155,75	2729,0
0,350	138,86	0,001079	0,52430	583,95	1964,95	2548,9	584,33	2148,07	2732,4
0,375	141,30	0,001081	0,49140	594,40	1956,90	2551,3	594,81	2140,79	2735,6
0,40	143,61	0,001084	0,46250	604,31	1949,29	2553,6	604,74	2133,86	2738,6
0,45	147,90	0,001088	0,41400	622,77	1934,83	2557,6	623,25	2120,65	2743,9
0,50	151,83	0,001093	0,37490	639,68	1921,52	2561,2	640,23	2108,47	2748,7
0,55	155,46	0,001097	0,34270	655,32	1909,18	2564,5	665,93	2087,07	2753,0
0,60	158,83	0,001101	0,31570	669,90	1897,50	2567,4	670,56	2086,24	2756,8



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 1:

$$P_1 = 300 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_1 = 1.8 \text{ kg/s}$$



Κατάσταση? Από ΠΑ5 βρίσκουμε για $P=300\text{kPa}=0.30 \text{ MPa}$

$$T_{\text{sat}@0.3\text{MPa}} = 133.52^\circ\text{C} > T_1 = 20^\circ\text{C}$$

Άρα έχουμε υπόψυκτο (ή συμπιεσμένο) υγρό

Για υπόψυκτο υγρό ισχύει: $h = h_{f@T} + v_{f@T}(P - P_{\text{sat}@T})$

Από ΠΑ4 βρίσκουμε για $T_1 = 20^\circ\text{C}$: $h_{f@20^\circ\text{C}}$, $v_{f@20^\circ\text{C}}$, $P_{\text{sat}@20^\circ\text{C}}$

ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ H_2O (Α-4)

Θερμοκρασία	Πίεση κορεσμού	Ειδικός όγκος		Ειδική εσωτερική ενέργεια			Ειδική ενθαλπία		
		Κορεσμένου υγρού	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ. Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ. Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου ατμού
T	P _{sat@T}	v _f	v _g	u _f	u _{fg}	u _g	h _f	h _{fg}	h _g
[°C]	[kPa]	[m ³ /kg]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
0,01	0,6113	0,001000	206,14	0,00	2375,3	2375,3	0,00	2501,4	2501,4
5	0,8721	0,001000	147,12	20,97	2361,3	2382,3	20,98	2489,6	2510,6
10	1,2276	0,001000	106,38	42,00	2347,2	2389,2	42,01	2477,8	2519,8
15	1,7051	0,001001	77,93	62,99	2333,1	2396,1	62,99	2465,9	2528,9
20	2,3390	0,001002	57,79	83,95	2319,0	2402,9	83,96	2454,1	2538,1
25	3,169	0,001003	43,36	104,88	2304,9	2409,8	104,89	2442,3	2547,2
30	4,246	0,001004	32,89	125,78	2290,8	2416,6	125,79	2430,5	2556,3
35	5,628	0,001006	25,22	146,67	2276,7	2423,4	146,68	2418,6	2565,3
40	7,384	0,001008	19,52	167,56	2262,5	2430,1	167,57	2406,7	2574,3
45	9,593	0,001010	15,26	188,44	2248,4	2436,8	188,45	2394,8	2583,2
50	12,349	0,001012	12,03	209,32	2234,2	2443,5	209,33	2382,8	2592,1



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 1:

$$P_1 = 300 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_1 = 1.8 \text{ kg/s}$$

Υπόψυκτο (ή συμπιεσμένο) υγρό

Από ΠΑ4 βρίσκουμε για $T_1 = 20^\circ\text{C}$:

$$h_{f@20^\circ\text{C}} = 83.96 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{f@20^\circ\text{C}} = 0.001002 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_{\text{sat}@20^\circ\text{C}} = 2.339 \text{ kPa}$$



$$h_1 = 83.96 + 0.001002(300 - 2.339) \Rightarrow$$

$$h_1 = 84.26 \text{ kJ/kg}$$



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 2:

$P_2 = P_1 = 300 \text{ kPa}$ Υπέρθερμος
 $T_2 = 300^\circ\text{C}$ ατμός (υδρατμός)

$$\dot{m}_2 = ?$$



Εφόσον έχουμε Υπέρθερμο ατμό (υδρατμός) χρειαζόμαστε τον Πίνακα A6.

ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

T	P = 0,20 MPa (120,23°C)				P = 0,30 MPa (133,55°C)			
	v	u	h	s	v	u	h	s
[°C]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]
Kop.	0,8857	2529,5	2706,7	7,1272	0,6058	2543,6	2725,3	6,9919
150	0,9596	2576,9	2768,8	7,2795	0,6339	2570,8	2761,0	7,0778
200	1,0803	2654,4	2870,5	7,5066	0,7163	2650,7	2865,6	7,3115
250	1,1988	2731,2	2971,0	7,7086	0,7964	2728,7	2967,6	7,5166
300	1,3162	2808,6	3071,8	7,8926	0,8753	2806,7	3069,3	7,7022
400	1,5493	2966,7	3276,6	8,2218	1,0315	2965,6	3275,0	8,0330
500	1,7814	3130,8	3487,1	8,5133	1,1867	3130,0	3486,0	8,3251
600	2,013	3301,4	3704,0	8,7770	1,3414	3300,8	3703,2	8,5892
700	2,244	3478,8	3927,6	9,0194	1,4957	3478,4	3927,1	8,8319
800	2,475	3663,1	4158,2	9,2449	1,6499	3662,9	4157,8	9,0576
900	2,705	3854,5	4395,8	9,4566	1,8041	3854,2	4395,4	9,2692



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 2:

$P_2 = P_1 = 300 \text{ kPa}$ Υπέρθερμος
 $T_2 = 300^\circ\text{C}$ ατμός (υδρατμός)

$$\dot{m}_2 = ?$$

Από τον Πίνακα Α6 για 300°C και 0.3 MPa

$$h_2 = 3069.3 \text{ kJ/kg}$$





ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 3:

$$P_3 = 300 \text{ kPa}$$

$$T_3 = 60^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$



Κατάσταση? Από ΠΑ5 βρίσκουμε για $P = 300 \text{ kPa} = 0.30 \text{ MPa}$

$$T_{\text{sat}@0.3\text{MPa}} = 133.52^\circ\text{C} > T_3 = 60^\circ\text{C}$$

Άρα έχουμε υπόψυκτο (ή συμπιεσμένο) υγρό

Για υπόψυκτο υγρό ισχύει: $h = h_{f@T} + v_{f@T}(P - P_{\text{sat}@T})$

Από ΠΑ4 βρίσκουμε για $T_3 = 60^\circ\text{C}$: $h_{f@60^\circ\text{C}}$, $v_{f@60^\circ\text{C}}$, $P_{\text{sat}@60^\circ\text{C}}$

ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ H₂O (A-4)

Θερμοκρασία	Πίεση κορεσμού	Ειδικός όγκος		Ειδική εσωτερική ενέργεια			Ειδική ενθαλπία		
		Κορεσμένου υγρού	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού
T	P _{sat@T}	v _f	v _g	u _f	u _{fg}	u _g	h _f	h _{fg}	h _g
[°C]	[kPa]	[m ³ /kg]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
25	3,169	0,001003	43,36	104,88	2304,9	2409,8	104,89	2442,3	2547,2
30	4,246	0,001004	32,89	125,78	2290,8	2416,6	125,79	2430,5	2556,3
35	5,628	0,001006	25,22	146,67	2276,7	2423,4	146,68	2418,6	2565,3
40	7,384	0,001008	19,52	167,56	2262,5	2430,1	167,57	2406,7	2574,3
45	9,593	0,001010	15,26	188,44	2248,4	2436,8	188,45	2394,8	2583,2
50	12,349	0,001012	12,03	209,32	2234,2	2443,5	209,33	2382,8	2592,1
55	15,758	0,001015	9,568	230,21	2219,9	2450,1	230,23	2370,7	2600,9
60	19,940	0,001017	7,671	251,11	2205,5	2456,6	251,13	2358,5	2609,6
65	25,03	0,001020	6,197	272,02	2191,1	2463,1	272,06	2346,2	2618,3
70	31,19	0,001023	5,042	292,95	2176,7	2469,6	292,98	2333,8	2626,8
75	38,58	0,001026	4,131	313,90	2162,0	2475,9	313,93	2329,8	2643,7
80	47,39	0,001029	3,407	334,86	2147,3	2482,2	334,91	2300,4	2635,3



ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

- Ρεύμα 3:

$$P_3 = 300 \text{ kPa}$$

$$T_3 = 60^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$

Υπόψυκτο (ή συμπιεσμένο) υγρό

Από ΠΑ4 βρίσκουμε για $T_3 = 60^\circ\text{C}$:

$$h_{f@60^\circ\text{C}} = 251.13 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{f@60^\circ\text{C}} = 0.001017 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_{\text{sat}@60^\circ\text{C}} = 19.940 \text{ kPa}$$

$$h_3 = 251.13 + 0.001017(300 - 19.94) \Rightarrow$$

$$h_3 = 251.41 \text{ kJ/kg}$$





ΑΣΚΗΣΗ 6.2:

$$\begin{aligned}\dot{m}_1 &= 1.8 \text{ kg/s} & h_1 &= 84.26 \text{ kJ/kg} \\ \dot{m}_2 & & h_2 &= 3069.3 \text{ kJ/kg} \\ \dot{m}_1 + \dot{m}_2 &= \dot{m}_3 & h_3 &= 251.41 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$



Ισοζύγιο Ενέργειας:

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{Q}_{out}$$

$$1.8 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 84.26 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \dot{m}_2 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 3069.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = (1.8 + \dot{m}_2) \frac{\text{kg}}{\text{s}} 251.41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 50 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$\dot{m}_2 = 0.125 \text{ kg/s}$$



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

Σε μια βαλβίδα στραγγαλισμού, ψυκτικό R134a εισέρχεται ως κορεσμένο υγρό σε πίεση 0.8 MPa και με ογκομετρική παροχή 700 cm³/s, και εξέρχεται με πίεση 120 kPa. Να υπολογιστούν: (α) η μεταβολή της θερμοκρασίας του ψυκτικού και (β) η ογκομετρική παροχή του ψυκτικού στην έξοδο της βαλβίδας στραγγαλισμού.



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

▣ Δεδομένα:

Ψυκτικό R134a:

Πίνακες A11-A13

- Είσοδος:

$$P_1 = 0.8 \text{ MPa}$$

$$\dot{V}_1 = 700 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Κορεσμένο υγρό

- Έξοδος:

$$P_2 = 120 \text{ kPa}$$



- Παραδοχές:

$$Q = 0$$

$$\Delta E_k = \Delta E_\delta = 0$$

$$\text{‘Αρα } H_1 = H_2 \Rightarrow m h_1 = m h_2 \Rightarrow \mathbf{h_1 = h_2}$$



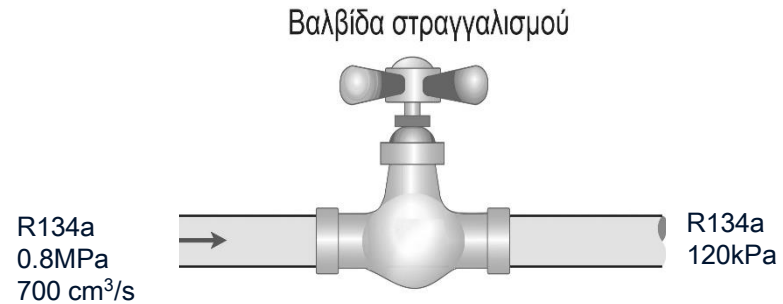
ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

- Είσοδος:

$$P_1 = 0.8 \text{ MPa}$$

$$\dot{V}_1 = 700 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Κορεσμένο υγρό



Από Π Α12 βρίσκουμε για $P_1 = 0.80 \text{ MPa}$



ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΤΜΟΥ 6 - ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΨΥΚΤΙΚΟ R-134a (A12)

ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

Πίεση	Θερμοκρασία κορεσμού	Ειδικός όγκος		Ειδική εσωτερική ενέργεια			Ειδική ενθαλπία		
		Κορεσμένου υγρού	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού
P	T _{sat@P}	v _f	v _g	u _f	u _{fg}	u _g	h _f	h _{fg}	h _g
[MPa]	[°C]	[m ³ /kg]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
0,06	-37,07	0,0007097	0,3100	3,41	202,71	206,12	3,46	221,26	224,72
0,08	-31,21	0,0007184	0,2366	10,41	199,05	209,46	10,47	217,92	228,39
0,10	-26,43	0,0007258	0,1917	16,22	195,96	212,18	16,29	215,06	231,35
0,12	-22,36	0,0007323	0,1614	21,23	193,27	214,50	21,32	212,54	233,86
0,14	-18,80	0,0007381	0,1395	25,66	190,86	216,52	25,77	210,27	236,04
0,15	-17,21	0,0007408	0,1312	27,66	189,76	217,42	27,78	209,23	237,01
0,16	-15,62	0,0007435	0,1229	29,66	188,66	218,32	29,78	208,19	237,97
0,18	-12,73	0,0007485	0,1098	33,31	186,63	219,94	33,45	206,26	239,71
0,20	-10,09	0,0007532	0,0993	36,69	184,74	221,43	36,84	204,46	241,30
0,24	-5,37	0,0007618	0,0834	42,77	181,30	224,07	42,95	201,14	244,09
0,28	-1,23	0,0007697	0,0719	48,18	178,20	226,38	48,39	198,13	246,52
0,32	2,48	0,0007770	0,0632	53,06	175,37	228,43	53,31	195,35	248,66
0,36	5,84	0,0007839	0,0564	57,54	172,74	230,28	57,82	192,76	250,58
0,40	8,93	0,0007904	0,0509	61,69	170,28	231,97	62,00	190,32	252,32
0,50	15,74	0,0008056	0,0409	70,93	164,71	235,64	71,33	184,74	256,07
0,60	21,58	0,0008196	0,0341	78,99	159,75	238,74	79,48	179,71	259,19
0,70	26,72	0,0008328	0,0292	86,19	155,23	241,42	86,78	175,07	261,85
0,80	31,33	0,0008454	0,0255	92,75	151,03	243,78	93,42	170,73	264,15
0,90	35,53	0,0008576	0,0226	98,79	147,09	245,88	99,56	166,62	266,18
1,00	39,39	0,0008695	0,0202	104,42	143,35	247,77	105,29	162,68	267,97
1,20	46,32	0,0008928	0,0166	114,69	136,34	251,03	115,76	155,23	270,99



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

- Είσοδος:

$$P_1 = 0.8 \text{ MPa}$$

$$\dot{V}_1 = 700 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Κορεσμένο υγρό



Από Π Α12 βρίσκουμε για $P_1 = 0.80 \text{ MPa}$

$$T_{\text{sat}@0.8\text{MPa}} = 31.33^\circ\text{C} = T_1$$

$$v_{f@0.8\text{MPa}} = 0.0008454 \text{ m}^3/\text{kg} = v_1$$

$$h_{f@0.8\text{MPa}} = 93.42 \text{ kJ/kg} = h_1$$

$$\dot{m} = \dot{V}_1 / v_1 = 0.820 \text{ kg/s}$$



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

- Έξοδος:

$$P_2 = 120 \text{ kPa} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$\dot{V}_2 = ?$$

Κατάσταση?

$$h_2 = h_1 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

Από Π Α12 βρίσκουμε για $P_2 = 0.120 \text{ MPa}$





ΜΠ 329: Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΤΜΟΥ 6 - ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΨΥΚΤΙΚΟ R-134a (A12)

ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

Πίεση	Θερμοκρασία κορεσμού	Ειδικός όγκος		Ειδική εσωτερική ενέργεια			Ειδική ενθαλπία		
		Κορεσμένου υγρού	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού	Κορεσμένου υγρού	Εξατμ.	Κορεσμένου ατμού
P	T _{sat@P}	v _f	v _g	u _f	u _{fg}	u _g	h _f	h _{fg}	h _g
[MPa]	[°C]	[m ³ /kg]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
0,06	-37,07	0,0007097	0,3100	3,41	202,71	206,12	3,46	221,26	224,72
0,08	-31,21	0,0007184	0,2366	10,41	199,05	209,46	10,47	217,92	228,39
0,10	-26,43	0,0007258	0,1917	16,22	195,96	212,18	16,29	215,06	231,35
0,12	-22,36	0,0007323	0,1614	21,23	193,27	214,50	21,32	212,54	233,86
0,14	-18,80	0,0007381	0,1395	25,66	190,86	216,52	25,77	210,27	236,04
0,15	-17,21	0,0007408	0,1312	27,66	189,76	217,42	27,78	209,23	237,01
0,16	-15,62	0,0007435	0,1229	29,66	188,66	218,32	29,78	208,19	237,97
0,18	-12,73	0,0007485	0,1098	33,31	186,63	219,94	33,45	206,26	239,71
0,20	-10,09	0,0007532	0,0993	36,69	184,74	221,43	36,84	204,46	241,30
0,24	-5,37	0,0007618	0,0834	42,77	181,30	224,07	42,95	201,14	244,09
0,28	-1,23	0,0007697	0,0719	48,18	178,20	226,38	48,39	198,13	246,52
0,32	2,48	0,0007770	0,0632	53,06	175,37	228,43	53,31	195,35	248,66
0,36	5,84	0,0007839	0,0564	57,54	172,74	230,28	57,82	192,76	250,58
0,40	8,93	0,0007904	0,0509	61,69	170,28	231,97	62,00	190,32	252,32
0,50	15,74	0,0008056	0,0409	70,93	164,71	235,64	71,33	184,74	256,07
0,60	21,58	0,0008196	0,0341	78,99	159,75	238,74	79,48	179,71	259,19
0,70	26,72	0,0008328	0,0292	86,19	155,23	241,42	86,78	175,07	261,85
0,80	31,33	0,0008454	0,0255	92,75	151,03	243,78	93,42	170,73	264,15
0,90	35,53	0,0008576	0,0226	98,79	147,09	245,88	99,56	166,62	266,18
1,00	39,39	0,0008695	0,0202	104,42	143,35	247,77	105,29	162,68	267,97
1,20	46,32	0,0008928	0,0166	114,69	136,34	251,03	115,76	155,23	270,99



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

- Έξοδος:

$$P_2 = 120 \text{ kPa} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$\dot{V}_2 = ?$$

Κατάσταση?

$$h_2 = h_1 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

Από Π Α12 βρίσκουμε για $P_2 = 0.12 \text{ MPa}$

$$T_{\text{sat}@0.12 \text{ MPa}} = -22.36^\circ \text{C}$$

$$h_{f@0.12 \text{ MPa}} = 21.32 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{g@0.12 \text{ MPa}} = 233.86 \text{ kJ/kg}$$

R134a
0.8 MPa
700 cm³/s



$$h_{f@0.12 \text{ MPa}} < h_2 < h_{g@0.12 \text{ MPa}}$$

Μίγμα Κορ. Υγρού & ατμού



ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

Μίγμα Κορ. Υγρού & ατμού

$$T_{\text{sat}@0.12\text{MPa}} = -22.36^\circ\text{C} = T_2$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = -22.36 - 31.31 \Rightarrow$$

$$\Delta T = -53.67^\circ\text{C}$$



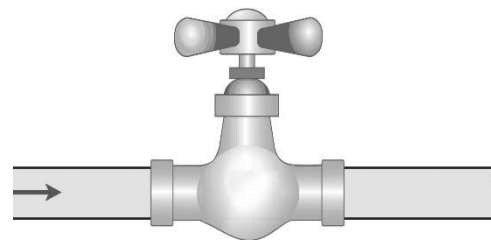


ΑΣΚΗΣΗ 6.3:

Μίγμα Κορ. Υγρού & ατμού

Βαλβίδα στραγγαλισμού

R134a
0.8MPa
700 cm³/s



R134a
120kPa

$$h_{f@0.12\text{MPa}} = 21.32 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{g@0.12\text{MPa}} = 233.86 \text{ kJ/kg}$$

$$x = \frac{h_2 - h_f}{h_g - h_f} = \frac{93.42 - 21.32}{233.86 - 21.32} = 0.34$$

Από Π Α12 βρίσκουμε για $P_2 = 0.12\text{MPa}$

$$v_{f@0.12\text{MPa}} = 0.0007324 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{g@0.12\text{MPa}} = 0.1614 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = v_{f@0.12\text{MPa}} + x (v_{g@0.12\text{MPa}} - v_{f@0.12\text{MPa}}) = 0.055 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{V}_2 = \dot{m} v_2 = 0.820 \text{ kg/s} \cdot 0.055 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{V}_2 = 0.0451 \text{ m}^3/\text{s}$$