

INGENIERITZA TERMIKOA

1. Problema

2019ko urtarrilaren 18a

(40 puntu)

Denbora: 75 minutu

Depositu zurrun bat bi konpartimentutan bereizita dago, pareta baten bidez. Pareta adiabatikoa dela eta igurtzirik gabe desplazatzen dela suposa daiteke.

Hasieran sistema orekan dago. Konpartimentu batean 0,5 kg ur daude, 20 bar eta 0,05-eko tituludun lurrin heze egoeran. Beste konpartimentuak 2,5 kg CO₂ ditu bere barruan, uraren presio eta tenperatura berean. CO₂-a gas ideal gisa hartu daiteke, 44,01 kg/kmol pisu molekularrarekin.

Ondoren, sistemaren egoera aldatzen da. Urari beroa ematen zaio, 430 °C-an dagoen foko termiko batetik, bere bolumena 10 aldiz hasierakoa izan arte. Ez dago beste bero-galerarik prozesu honetan. Aldi berean, CO₂-ak beroa isurtzen du ingurunerantz, presio konstantean gertatzen den prozesu batean. Ingurunea 15 °C-an dago. Prozesu honen amaieran sistema berriro orekan dago.

Hurrengo kalkulatzea eskatzen da:

1. Uraren hasierako propietateak (atxikitutako taula ikusi) **(5 puntu)**
2. CO₂-aren hasierako propietateak (atxikitutako taula ikusi) **(3 puntu)**
3. Uraren amaierako propietateak (atxikitutako taula ikusi) **(5 puntu)**
4. CO₂-aren amaierako propietateak (atxikitutako taula ikusi) **(5 puntu)**
5. Urak, prozesuan zehar, trukaturako beroa (kJ) **(5 puntu)**
6. Uretan sortutako entropia, prozesuan zehar (mugaren tenperatura = 430 °C) ((kJ/K) **(6 puntu)**
7. CO₂-ak, prozesuan zehar, trukaturako beroa (kJ) **(6 puntu)**
8. Sistema osoan sortutako entropia, prozesuan zehar (kJ/K) **(5 puntu)**

EMAITZAK AURKEZTEKO MODUA:

1., 2., 3., eta 4. galderetan atxikitutako taulak osatu behar dira. Horrez gain, kalkulu eta azalpenak garatu behar dira azterketako orrietan. **BETETAKO TAULEN ORRIAK AZTERKETAKO ORRIEKIN BATERA ENTREGATU BEHAR DIRA.**

INGENIERITZA TERMIKOA	2019ko urtarrilaren 18a
------------------------------	--------------------------------

1. PROBLEMA – EMAITZAK (orri hau entregatu behar da, zuzenduko da eta)

Abizenak		Taldea	
Izena		NAN	
Titulazioa:			

URAREN HASIERAKO eta AMAIERAKO PROPIETATEAK		
EGOERA	1	2
FASE-a (*)		
<i>P (bar)</i>		
<i>T (°C)</i>		
<i>v (m³/kg)</i>		
<i>u (kJ/kg)</i>		
<i>s (kJ/kg K)</i>		
(*) Lurrun hezea baldin bada, titulua eman behar da		

CO₂ –aren HASIERAKO eta AMAIERAKO PROPIETATEAK		
EGOERA	1	2
<i>P (bar)</i>		
<i>T (K)</i>		
<i>v (m³/kg)</i>		
<i>u (kJ/kg)</i>		
<i>s (kJ/kg K)</i>		

PROPERTIES TABLE

TABLE A-3 Properties of Saturated Water (Liquid–Vapor): Pressure Table

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.

Data from Table A.23. Ideal gas properties for selected gases

Carbon dioxide, CO ₂							
T (K)	\bar{h} ($\frac{kJ}{kmol}$)	\bar{u} ($\frac{kJ}{kmol}$)	\bar{s}° ($\frac{kJ}{kmol \cdot K}$)	T (K)	\bar{h} ($\frac{kJ}{kmol}$)	\bar{u} ($\frac{kJ}{kmol}$)	\bar{s}° ($\frac{kJ}{kmol \cdot K}$)
0	0.0	0.0	0.000	600	22280.0	17291.0	243.199
220	6601.0	4772.0	202.966	610	22754.0	17683.0	243.983
230	6938.0	5026.0	204.464	620	23231.0	18076.0	244.758
240	7280.0	5285.0	205.920	630	23709.0	18471.0	245.524
250	7627.0	5548.0	207.337	640	24190.0	18869.0	246.282
260	7979.0	5817.0	208.717	650	24674.0	19270.0	247.032
270	8335.0	6091.0	210.062	660	25160.0	19672.0	247.773
280	8697.0	6369.0	211.376	670	25648.0	20078.0	248.507
290	9063.0	6651.0	212.660	680	26138.0	20484.0	249.233
298	9364.0	6885.0	213.685	690	26631.0	20894.0	249.952
300	9431.0	6939.0	213.915	700	27125.0	21305.0	250.663
310	9807.0	7230.0	215.146	710	27622.0	21719.0	251.368
320	10186.0	7526.0	216.351	720	28121.0	22134.0	252.065
330	10570.0	7826.0	217.534	730	28622.0	22552.0	252.755
340	10959.0	8131.0	218.694	740	29124.0	22972.0	253.439
350	11351.0	8439.0	219.831	750	29629.0	23393.0	254.117
360	11748.0	8752.0	220.948	760	30135.0	23817.0	254.787
370	12148.0	9068.0	222.044	770	30644.0	24242.0	255.452
380	12552.0	9392.0	223.122	780	31154.0	24669.0	256.110
390	12960.0	9718.0	224.182	790	31665.0	25097.0	256.762
400	13372.0	10046.0	225.225	800	32179.0	25527.0	257.408
410	13787.0	10378.0	226.250	810	32694.0	25959.0	258.048
420	14206.0	10714.0	227.258	820	33212.0	26394.0	258.682
430	14628.0	11053.0	228.252	830	33730.0	26829.0	259.311
440	15054.0	11393.0	229.230	840	34251.0	27267.0	259.934
450	15483.0	11742.0	230.194	850	34773.0	27706.0	260.551
460	15916.0	12091.0	231.144	860	35296.0	28125.0	261.164
470	16351.0	12444.0	232.080	870	35821.0	28588.0	261.770
480	16791.0	12800.0	233.004	880	36347.0	29031.0	262.371
490	17232.0	13158.0	233.916	890	36876.0	29476.0	262.968
500	17678.0	13521.0	234.814	900	37405.0	29922.0	263.559
510	18126.0	13885.0	235.700	910	37935.0	30369.0	264.146
520	18576.0	14253.0	236.575	920	38467.0	30818.0	264.728
530	19029.0	14622.0	237.439	930	39000.0	31268.0	265.304
540	19485.0	14996.0	238.292	940	39535.0	31719.0	265.877
550	19945.0	15372.0	239.135	950	40070.0	32171.0	266.444
560	20407.0	15751.0	239.962	960	40607.0	32625.0	267.007
570	20870.0	16131.0	240.789	970	41145.0	33081.0	267.566
580	21337.0	16515.0	241.602	980	41685.0	33537.0	268.119
590	21807.0	16902.0	242.405	990	42226.0	33995.0	268.670