

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΜΠ 329: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ # 5

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



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

Θεωρούμε ως σύστημα ένα αέριο που περιέχεται σε μια διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου. Το αέριο συμπιέζεται έτσι ώστε κάθε στιγμή να ισχύει η σχέση

$$P=a + bV$$

όπου a και b είναι σταθερές, και P σε kPa, V σε m^3 . Το αέριο είχε αρχικά πίεση 500 kPa και όγκο $0.6 m^3$. Οι αντίστοιχες τιμές στην τελική κατάσταση είναι 600 kPa και $0.2 m^3$. Να υπολογιστεί το έργο που απαιτείται για τη συμπίεση του αερίου.



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

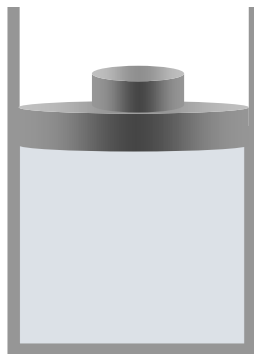


Δεδομένα:

Αρχική Κατάσταση

$$P_1 = 500 \text{ kPa}$$

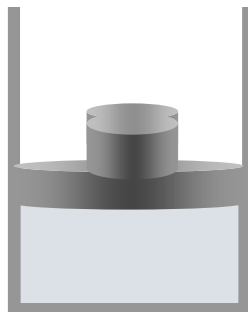
$$V_1 = 0.6 \text{ m}^3$$



Τελική Κατάσταση

$$P_2 = 600 \text{ kPa}$$

$$V_2 = 0.2 \text{ m}^3$$



$$P = a + b \cdot V$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

Ζητείται το έργο συμπίεσης του αερίου

$$W_b = \int_1^2 P dV$$

$$P = a + b \cdot V$$

$$W_b = \int_1^2 P dV = \int_1^2 (a + b \cdot V) dV$$

Ολοκληρώνοντας προκύπτει:

$$W_b = \left[aV + b \frac{V^2}{2} \right]_1^2$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

Διαστατική ομοιογένεια

$$P = a + b \cdot V$$

Diagram illustrating dimensional homogeneity for the equation $P = a + b \cdot V$. Arrows point from the units to the corresponding terms in the equation:

- kPa points to a
- kPa points to b
- m^3 points to V
- kPa/m^3 points to the product $b \cdot V$

Εφόσον το έμβολο σε κάθε στιγμή ισορροπεί, μπορούμε να γράψουμε για την κάθε κατάσταση:

Αρχική Κατάσταση: $P_1 = a + b \cdot V_1 \Rightarrow 500 \text{ kPa} = a + b \cdot 0.6 \text{ m}^3$ (1)

Τελική Κατάσταση: $P_2 = a + b \cdot V_2 \Rightarrow 600 \text{ kPa} = a + b \cdot 0.2 \text{ m}^3$ (2)

Επιλύουμε το σύστημα των δύο εξισώσεων (1) και (2) για να βρούμε τους δύο αγνώστους a και b



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

$$(1) \quad 500 \text{ kPa} = a + b \cdot 0.6 \text{ m}^3$$

$$(1) - (2) : \quad -100 \text{ kPa} = b \cdot 0.4 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$(2) \quad 600 \text{ kPa} = a + b \cdot 0.2 \text{ m}^3$$

$$b = -100 / 0.4 \text{ kPa} / \text{m}^3 \Rightarrow$$

$$b = -250 \text{ kPa} / \text{m}^3 \quad (3)$$

$$(1) \text{ \& } (3) : \quad a = 500 \text{ kPa} - b \cdot 0.6 \text{ m}^3 = 500 \text{ kPa} - 250 \text{ kPa} / \text{m}^3 \cdot 0.6 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$a = +650 \text{ kPa} \quad (4)$$

$$P = 650 - 250 \cdot V$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.1:

Οπότε

$$W_b = \left[aV + b \frac{V^2}{2} \right]_1^2 \Rightarrow W_b = 650 \cdot (V_2 - V_1) - (250/2)(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Rightarrow W_b = 650 \cdot (0.2 - 0.6) - (250/2) \cdot (0.2^2 - 0.6^2)$$

$$\Rightarrow W_b = -220 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3$$

$$\Rightarrow W_b = -220 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

1 kmol μονοατομικού ιδανικού αερίου περιέχεται σε μια διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου και υφίσταται την ακόλουθη σειρά αντιστρεπτών διεργασιών: ισόθερμη συμπίεση στους 500K από 100 kPa στα 800 kPa, ισοβαρή ψύξη από 500 K σε 300K, αδιαβατική εκτόνωση από 800 kPa σε 100 kPa και τέλος ισοβαρή θέρμανση μέχρι την αρχική κατάσταση. Να υπολογιστούν οι τιμές των μεγεθών Q , W , ΔU και ΔH για τις επιμέρους διεργασίες και για τη συνολική διεργασία που υφίσταται το αέριο.



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Δεδομένα:

Ιδανικό αέριο: $P \cdot V = n \cdot R_u \cdot T$ $R_u = c_p - c_v$

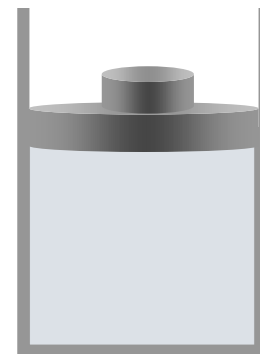
Μονοατομικό ιδανικό αέριο:

$$k = c_p / c_v = 1.667 \Rightarrow c_p = 1.667 c_v$$

$$R_u = c_p - c_v \Rightarrow 1.667 c_v - c_v = R_u$$

$$\Rightarrow c_v = R_u / 0.667$$

$$\Rightarrow c_p = 1.667 R_u / 0.667$$



Θερμοδυναμικές σχέσεις:

$$\Delta U = Q - W_b \quad W_b = \int_1^2 P dV \quad \Delta U = n c_v dT \quad \Delta H = n c_p dT$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
1→2	$T=ct$	500 K	100 kPa	500 K	800 kPa
2→3	$P=ct$	500 K	800 kPa	300 K	800 kPa
3→4	$Q=0$	300 K	800 kPa	T_4	100 kPa
4→1	$P=ct$	T_4	100 kPa	500 K	100 kPa

Όλες οι διεργασίες είναι αντιστρεπτές



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
1→2	T=ct	500 K	100 kPa	500 K	800 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και ισοθερμοκρασιακή διεργασία ($T=ct$):

$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = n c_v dT = 0 \quad \Delta H_{1 \rightarrow 2} = n c_p dT = 0$$

$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = Q_{1 \rightarrow 2} - W_{b,1 \rightarrow 2} = 0 \Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = W_{b,1 \rightarrow 2}$$

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = \int_1^2 P dV = n R_u T_1 \int_1^2 \frac{dV}{V} = n R_u T_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = n R_u T_1 \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = W_{b,1 \rightarrow 2} = 1 \text{ kmol} \cdot 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 500 \text{ K} \cdot \ln \left(\frac{100 \text{ kPa}}{800 \text{ kPa}} \right) = -8644 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
1→2	T=ct	500 K	100 kPa	500 K	800 kPa

A/A	Είδος	Q	W	ΔU	ΔH
1→2	T=ct	- 8644 kJ	- 8644 kJ	0	0



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
2→3	P=ct	500 K	800 kPa	300 K	800 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και ισοβαρή διεργασία ($P=ct$):

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = n c_v dT = n \frac{R_u}{0.667} \int_2^3 dT = n \frac{R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (300 - 500) \text{ K} = -2493 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{2 \rightarrow 3} = n c_p dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \int_2^3 dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta H_{2 \rightarrow 3} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{1.667 \cdot 8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (300 - 500) \text{ K} = -4156 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
2→3	P=ct	500 K	800 kPa	300 K	800 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και ισοβαρή διεργασία ($P=ct$):

$$W_{b,2\rightarrow3} = \int_2^3 P dV = P_2 \int_2^3 dV = P_2(V_3 - V_2) = nR_u(T_3 - T_2) \Rightarrow$$

$$W_{b,2\rightarrow3} = 1 \text{ kmol} \cdot 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (300 - 500) \text{ K} = -1663 \text{ kJ}$$

$$Q_{2\rightarrow3} = \Delta H_{2\rightarrow3} = -4156 \text{ kJ}$$

$$\text{ή } \Delta U_{2\rightarrow3} = Q_{2\rightarrow3} - W_{2\rightarrow3} \Rightarrow Q_{2\rightarrow3} = \Delta U_{2\rightarrow3} + W_{2\rightarrow3} = -2493 \text{ kJ} - 1663 \text{ kJ} \Rightarrow$$

$$Q_{2\rightarrow3} = -4156 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
2→3	P=ct	500 K	800 kPa	300 K	800 kPa

A/A	Είδος	Q	W	ΔU	ΔH
2→3	P=ct	- 4156 kJ	- 1663 kJ	- 2493 kJ	- 4156 kJ



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
3→4	Q=0	300 K	800 kPa	T₄?	100 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και αδιαβατική διεργασία ($PV^k=ct$,):

$$P_3 V_3^k = P_4 V_4^k \quad P_3 \left(\frac{nR_u T_3}{P_3} \right)^k = P_4 \left(\frac{nR_u T_4}{P_4} \right)^k \Rightarrow P_3^{1-k} T_3^k = P_4^{1-k} T_4^k$$

$$V_3 = nRT_3/P_3$$

$$V_4 = nRT_4/P_4 \quad \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{1-k} = \left(\frac{T_4}{T_3} \right)^k \Rightarrow \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{(1-k)/k} = \frac{T_4}{T_3} \Rightarrow T_4 = T_3 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{(1-k)/k}$$

$$\Rightarrow T_4 = 300K \left(\frac{800kPa}{100kPa} \right)^{(1-1.667)/1.667} \Rightarrow T_4 = 130.55K$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
3→4	Q=0	300 K	800 kPa	130.55K	100 kPa

$$\Delta U_{3 \rightarrow 4} = n c_v dT = n \frac{R_u}{0.667} \int_3^4 dT = n \frac{R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta U_{3 \rightarrow 4} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (130.55 - 300) \text{ K} = -2112 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{3 \rightarrow 4} = n c_p dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \int_3^4 dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta H_{3 \rightarrow 4} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{1.667 \cdot 8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (130.55 - 300) \text{ K} = -3521 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
3→4	Q=0	300 K	800 kPa	130.55K	100 kPa

$$Q_{3 \rightarrow 4} = 0$$

$$\Delta U_{3 \rightarrow 4} = Q_{3 \rightarrow 4} - W_{3 \rightarrow 4} \Rightarrow W_{3 \rightarrow 4} = - \Delta U_{3 \rightarrow 4} = + 2112 \text{ kJ}$$

A/A	Είδος	Q	W	ΔU	ΔH
3→4	Q=0	0 kJ	2112 kJ	- 2112 kJ	- 3521 kJ



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
4→1	P=ct	130.55 K	100 kPa	500 K	100 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και ισοβαρή διεργασία ($P=ct$):

$$\Delta U_{4 \rightarrow 1} = n c_v dT = n \frac{R_u}{0.667} \int_4^1 dT = n \frac{R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta U_{4 \rightarrow 1} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (500 - 130.55) \text{ K} = + 4605 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{4 \rightarrow 1} = n c_p dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \int_4^1 dT = n \frac{1.667 R_u}{0.667} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta H_{4 \rightarrow 1} = 1 \text{ kmol} \cdot \frac{1.667 \cdot 8.314}{0.667} \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (500 - 130.55) \text{ K} = + 7677 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
4→1	P=ct	130.55 K	100 kPa	500 K	100 kPa

Εφόσον έχουμε ιδανικό αέριο και ισοβαρή διεργασία ($P=ct$):

$$W_{b,4\rightarrow 1} = \int_4^1 P dV = P_4 \int_4^1 dV = P_4(V_1 - V_4) = nR_u(T_1 - T_4) \Rightarrow$$

$$W_{b,4\rightarrow 1} = 1 \text{ kmol} \cdot 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} (500 - 130.55) \text{ K} = +3072 \text{ kJ}$$

$$Q_{4\rightarrow 1} = \Delta H_{4\rightarrow 1} = +7677 \text{ kJ}$$

$$\text{ή } \Delta U_{4\rightarrow 1} = Q_{4\rightarrow 1} - W_{4\rightarrow 1} \Rightarrow Q_{4\rightarrow 1} = \Delta U_{4\rightarrow 1} + W_{4\rightarrow 1} = 4605 \text{ kJ} + 3072 \text{ kJ} \Rightarrow$$

$$Q_{4\rightarrow 1} = +7677 \text{ kJ}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Διεργασία		Αρχική κατάσταση		Τελική κατάσταση	
A/A	Είδος	T	P	T	P
4→1	P=ct	130.55 K	100 kPa	500 K	100 kPa

A/A	Είδος	Q	W	ΔU	ΔH
4→1	P=ct	7677 kJ	3072 kJ	4605 kJ	7677 kJ



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

A/A	Είδος	Q	W	ΔU	ΔH
1→2	T=ct	- 8644 kJ	- 8644 kJ	0	0
2→3	P=ct	- 4156 kJ	- 1663 kJ	- 2493 kJ	- 4156 kJ
3→4	Q=0	0 kJ	2112 kJ	- 2112 kJ	- 3521 kJ
4→1	P=ct	7677 kJ	3072 kJ	4605 kJ	7677 kJ

Κυκλική διεργασία:	- 5123 kJ	-5123 kJ	0	0
---------------------------	------------------	-----------------	----------	----------



ΑΣΚΗΣΗ 5.3:

Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου χωρίς τριβές περιέχει αρχικά 200 L κορεσμένου υγρού ψυκτικού R134a. Το έμβολο είναι ελεύθερο να κινηθεί και η μάζα του τέτοια ώστε να συντηρεί μια πίεση 800 kPa. Το ψυκτικό θερμαίνεται στους 50 °C. Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται.



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

Δεδομένα:

Ψυκτικό R134a: Πίνακες A11-A13

- Αρχική Κατάσταση:

$$V_1 = 200\text{L} \Rightarrow V_1 = 0.2 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 800 \text{ kPa}$$

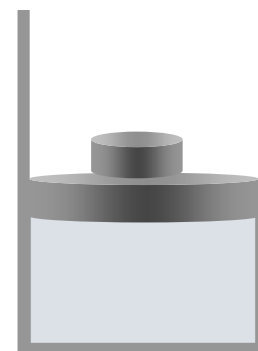
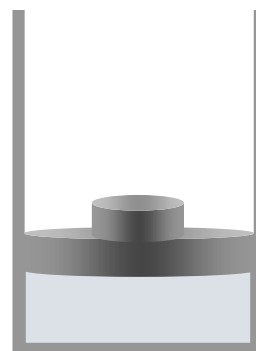
Κορεσμένο υγρό

- Τελική Κατάσταση:

$$V_2 = ? \quad T_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$P_2 = P_1 = 800 \text{ kPa}$$

Κατάσταση??



Ζητείται το W_b



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = \int_1^2 P \, dV = P_1 \int_1^2 dV = P_1(V_2 - V_1)$$

Για τον υπολογισμό χρειαζόμαστε τον τελικό όγκο, V_2

- Αρχική Κατάσταση:

$$P_1 = 800 \text{ kPa} = 0.8 \text{ MPa}$$

Κορεσμένο υγρό

Πίν. A12 $\Rightarrow$



ΜΠ 329: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ

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

ΑΣΚΗΣΗ 5.1

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



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = \int_1^2 P dV = P_1 \int_1^2 dV = P_1(V_2 - V_1)$$

Για τον υπολογισμό χρειαζόμαστε τον τελικό όγκο, V_2

- Αρχική Κατάσταση:

$$P_1 = 800 \text{ kPa} = 0.8 \text{ MPa}$$

Κορεσμένο υγρό

Πίν. A12 $\Rightarrow$

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

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

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.2 \text{ m}^3}{0.0008454 \text{ m}^3/\text{kg}} = 236.7 \text{ kg}$$



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

- Τελική Κατάσταση:

$$P_2 = P_1 = 800 \text{ kPa} = 0.8 \text{ MPa}$$

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

$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$m = 236.7 \text{ kg}$$

Εφόσον $T_2 > T_1 = T_{\text{sat}@0.8 \text{ MPa}}$ έχουμε: Υπέρθερμο ατμό

$$P_2 = 0.8 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

Πίν. A13 $\Rightarrow$



ΠΙΝΑΚΑΣ 7 - ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΣ ΑΤΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ R-134a (συνέχεια) (A13)

T	P = 0,50 MPa (15,74°C)				P = 0,60 MPa (21,58°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)]
Κορ.	0,04086	235,64	256,07	0,9117	0,03408	238,74	259,19	0,9097
20	0,04188	239,40	260,34	0,9264				
30	0,04416	248,20	270,28	0,9597	0,03581	246,41	267,89	0,9388
40	0,04633	256,99	280,16	0,9918	0,03774	255,45	278,09	0,9719
50	0,04842	265,83	290,04	1,0229	0,03958	264,48	288,23	1,0037
60	0,05043	274,73	299,95	1,0531	0,04134	273,54	298,35	1,0346
130	0,06347	339,98	371,72	1,2484	0,05251	339,38	370,88	1,2320
140	0,06524	349,79	382,42	1,2746	0,05402	349,23	381,64	1,2584
150					0,05550	359,21	392,52	1,2844
160					0,05698	369,32	403,51	1,3100
T	P = 0,80 MPa (31,33°C)				P = 0,90 MPa (35,53°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)]
Κορ.	0,02547	243,78	264,15	0,9066	0,02255	245,88	266,18	0,9054
40	0,02691	252,13	273,66	0,9374	0,02325	250,32	271,25	0,9217
50	0,02846	261,62	284,39	0,9711	0,02472	260,09	282,34	0,9566
60	0,02992	271,04	294,98	1,0034	0,02609	269,72	293,21	0,9897
70	0,03131	280,45	305,50	1,0345	0,02738	279,30	303,94	1,0214
80	0,03264	289,89	316,00	1,0647	0,02861	288,87	314,62	1,0521
90	0,03393	299,37	326,52	1,0940	0,02980	298,46	325,28	1,0819
100	0,03519	308,93	337,08	1,1227	0,03095	308,11	335,96	1,1109
110	0,03642	318,57	347,71	1,1508	0,03207	317,82	346,68	1,1392
120	0,03762	328,31	358,40	1,1784	0,03316	327,62	357,47	1,1670
130	0,03881	338,14	369,19	1,2055	0,03423	337,52	368,33	1,1943

ΑΣΚΙ

ΜΓ



ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

- Τελική Κατάσταση:

$$P_2 = P_1 = 800 \text{ kPa} = 0.8 \text{ MPa}$$

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

$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$m = 236.7 \text{ kg}$$

Εφόσον $T_2 > T_1 = T_{\text{sat}@0.8 \text{ MPa}}$ έχουμε: Υπέρθερμο ατμό

$$P_2 = 0.8 \text{ MPa}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

Πίν. A13 $\Rightarrow$

$$v_2 = 0.02846 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_2 = m \cdot v_2 = 236.7 \cdot 0.02846 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow V_2 = 6.736 \text{ m}^3$$

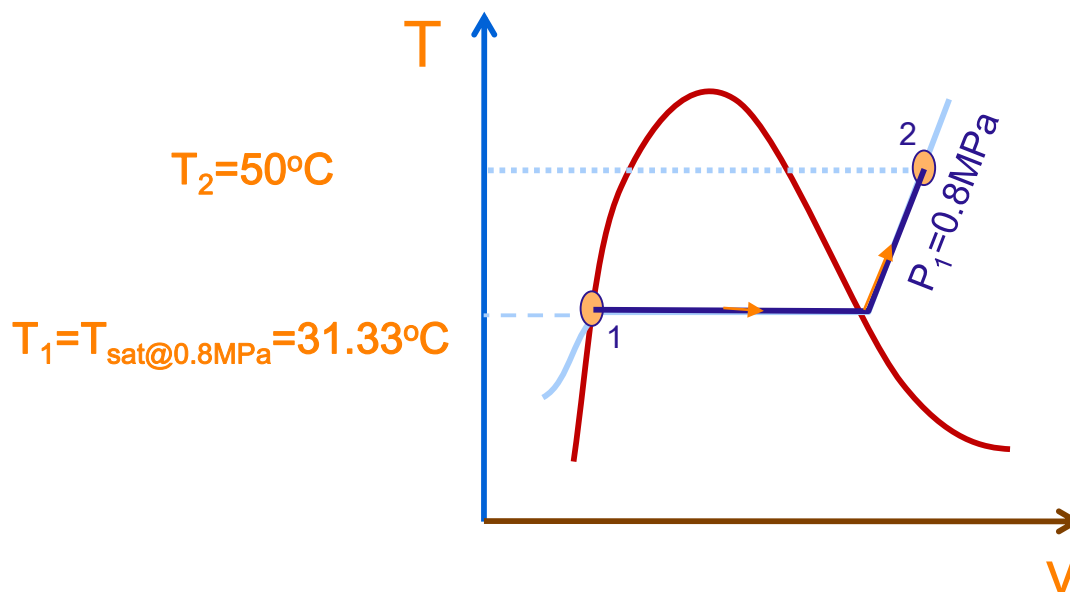


ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = \int_1^2 P dV = P_1 \int_1^2 dV = P_1(V_2 - V_1)$$

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = 800 \text{ kPa} \cdot (6.734 - 0.2) \text{ m}^3 = 5229 \text{ kPa m}^3$$

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = 5229 \text{ kJ}$$





ΑΣΚΗΣΗ 5.2:

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = \int_1^2 P dV = P_1 \int_1^2 dV = P_1(V_2 - V_1)$$

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = 800 \text{ kPa} \cdot (6.734 - 0.2) \text{ m}^3 = 5229 \text{ kPa m}^3$$

$$W_{b,1 \rightarrow 2} = 5229 \text{ kJ}$$

