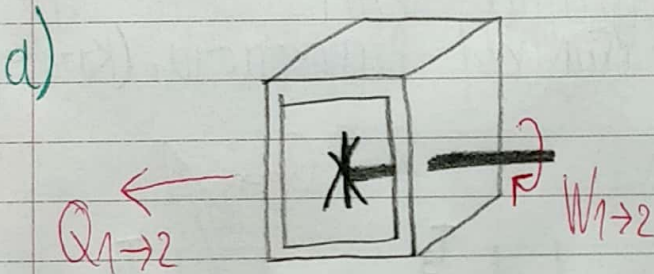


Ασκ 1 Ρευστό ενός δεξαμενής μέσω μιας πτερνιτής.

Προσδιδόμενο έργο : $W_{1 \rightarrow 2} = 5.090 \text{ kJ}$
Ποσό θερμότητας : $Q_{1 \rightarrow 2} = 1.500 \text{ kJ}$

α) Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας, $\Delta U_{1 \rightarrow 2} = ?$



- 1^ο Θερμοδ. Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{1 \rightarrow 2} - W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E = \Delta U_{1 \rightarrow 2} + \Delta KE_{1 \rightarrow 2} + \Delta PE_{1 \rightarrow 2}$$

- Αμελητέα μεταβολή κινητικής και δυναμικής:

$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = Q_{1 \rightarrow 2} - W_{1 \rightarrow 2} = -1500 \text{ kJ} - (-5.090 \text{ kJ}) \Rightarrow$$

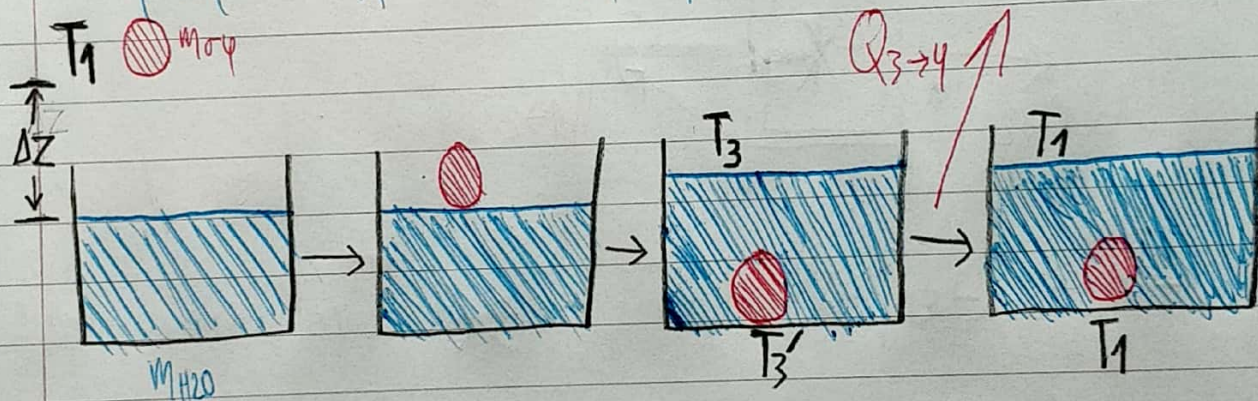
$$\Rightarrow \Delta U_{1 \rightarrow 2} = 3.590 \text{ kJ}$$

Ασκ 2

Σφαίρα μάζας: $m = 10 \text{ kg}$
 Δοχείο, περιέχει νερό: $m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \text{ kg}$
 Αρχικό ύψος από νερό: $\Delta z = 10,2 \text{ m}$ (Κατάσταση 1)
 Επιτάχυνση βαρύτητας: $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$

Να υπολογίσω $\Delta U, \Delta E_k, \Delta E_\Delta, Q, W$

- Μόλις εισέρχεται στο νερό. (Κατάσταση 2)
- Η σφαίρα βρίσκεται σε ηρεμία εντός δοχείου. (Κατάσταση 3)
- Έγινε μεταφορά θερμότητας έτσι ώστε νερό και σφαίρα έχουν αρχική θερμοκρασία. (Κατάσταση 4)



Κατάσταση 1 Κατάσταση 2 Κατάσταση 3 Κατάσταση 4

1^η Θερμ. Νόμος: $Q = \Delta U + \Delta E_k + \Delta E_\Delta + W$

2/17

α) 1 → 2

Υποθέτω δεν γίνεται μεταφορά θερμότητας:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_{1 \rightarrow 2} = 0 \text{ kJ} \\ Q_{1 \rightarrow 2} = 0 \text{ kJ} \\ W_{1 \rightarrow 2} = 0 \text{ kJ} \end{array} \right\} \Rightarrow \cancel{Q_{1 \rightarrow 2}} = \cancel{\Delta U_{1 \rightarrow 2}} + \Delta E_{K1 \rightarrow 2} + \Delta E_{\Delta 1 \rightarrow 2} + \cancel{W_{1 \rightarrow 2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{K1 \rightarrow 2} + \Delta E_{\Delta 1 \rightarrow 2} = 0 \Rightarrow \Delta E_{K1 \rightarrow 2} = -\Delta E_{\Delta 1 \rightarrow 2} = -m_0 \cdot g \cdot \Delta Z \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{K1 \rightarrow 2} = 1 \text{ kJ}$$

$$\Delta E_{\Delta 1 \rightarrow 2} = -1 \text{ kJ}$$

β) 2 → 3

$$\left. \begin{array}{l} \Delta E_{\Delta 2 \rightarrow 3} = 0 \text{ kJ} \\ Q_{2 \rightarrow 3} = 0 \text{ kJ} \\ W_{2 \rightarrow 3} = 0 \text{ kJ} \end{array} \right\} \Rightarrow \cancel{Q_{2 \rightarrow 3}} = \Delta U_{2 \rightarrow 3} + \Delta E_{K2 \rightarrow 3} + \cancel{\Delta E_{\Delta 2 \rightarrow 3}} + \cancel{W_{2 \rightarrow 3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{2 \rightarrow 3} + \Delta E_{K2 \rightarrow 3} = 0 \Rightarrow \Delta U_{2 \rightarrow 3} = 1 \text{ kJ} \quad \Delta E_{K2 \rightarrow 3} = -1 \text{ kJ}$$

δ) $3 \rightarrow 4$

Δεν έχουμε μεταβολή στην κινητική ούτε δυναμική.
Η μεταβολή εσωτερικής ίδια με κατάσταση 1.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = -1 \text{ kJ} \\ \Delta E_{K3 \rightarrow 4} = 0 \text{ kJ} \\ \Delta E_{\Delta 3 \rightarrow 4} = 0 \text{ kJ} \\ W_{3 \rightarrow 4} = 0 \text{ kJ} \end{array} \right\}$$

$$Q_{3 \rightarrow 4} = \Delta U_{3 \rightarrow 4} + \cancel{\Delta E_{K3 \rightarrow 4}} + \cancel{\Delta E_{\Delta 3 \rightarrow 4}} + \cancel{W_{3 \rightarrow 4}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{3 \rightarrow 4} = \Delta U_{3 \rightarrow 4} \Rightarrow$$

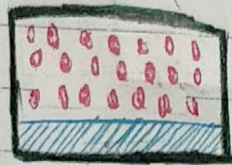
$$Q_{3 \rightarrow 4} = -1 \text{ kJ}$$

3/17

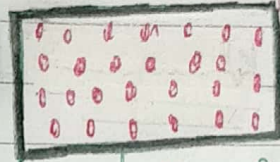
Ασκ 3

Όγκος δοχείου: $V_{\text{δοχ.}} = 5 \text{ m}^3$
 Όγκος κορεσμένου νερού: $V_{\text{υγρ.}} = 0,05 \text{ m}^3$
 Όγκος κορεσμένου αέρα: $V_{\text{αέρ.}} = 4,95 \text{ m}^3$
 Πίεση: $P = 0,1 \text{ MPa}$

Δίνω θερμότητα μέχρι όλο να γίνει ατμός:



Κατάσταση 1
(μίγμα)



Κατάσταση 2
(κορ. ατμός)

- Πόση θερμότητα, $Q_{1 \rightarrow 2} = ?$

1^{ος} Θερμ. νόμος: $Q_{1 \rightarrow 2} = \Delta U + \Delta E_{K,1 \rightarrow 2} + \Delta E_{P,1 \rightarrow 2} + W_{1 \rightarrow 2}$

Ακίνητο $\Rightarrow \Delta E_K = 0$

Δεν χρειάζεται να καλύπτουμε κατί $\Rightarrow W = 0$

Αμελητέα μεταβολή κέντρου μάζας $\Rightarrow \Delta E_{P,1 \rightarrow 2} = 0$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = \Delta U_{1 \rightarrow 2}$$

• Κατάσταση 1#

①

$$m_{1-\text{υγρ.}} = \frac{V_{\text{υγρ.}}}{v_f} = \frac{0,05}{0,001043} \Rightarrow m_{1-\text{υγρ.}} = 47,94 \text{ kg}$$

$$m_{1-\text{αέρ.}} = \frac{V_{\text{αέρ.}}}{v_g} = \frac{4,95}{1,6940} \Rightarrow m_{1-\text{αέρ.}} = 2,92 \text{ kg}$$

$$U_1 = m_{1-\text{υγρ.}} \cdot u_{1-f} + m_{1-\text{αέρ.}} \cdot u_{1-g} = 47,94 \cdot 417,36 + 2,92 \cdot 2.506,1 \Rightarrow U_1 = 27.326 \text{ kJ}$$

πιν 1
πίεσεων $\rightarrow v_f, v_g, u_f, u_g$

Κατάσταση 2.4

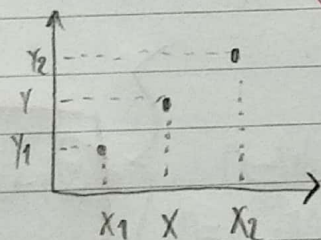
$$\alpha_{\text{αέρ}} \rightarrow x=1$$

$$m_{\text{ολ}} = m_{1-\text{υγρ}} + m_{1-\text{αέρ}} \Rightarrow m_{\text{ολ}} = 50,86 \text{ kg}$$

$$v_2 = \frac{V}{m_{\text{ολ}}} = \frac{5}{50,86} \Rightarrow v_2 = 0,09831 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

πιν 1 πίεσεων

T (°C)	P (MPa)	v ($\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$)	u ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)	h ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)	s ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)	Quality
212,4	2	0,09963	2.600	2.800	6,341	1
218,5	2,25	0,08875	2.602	2.802	6,297	1



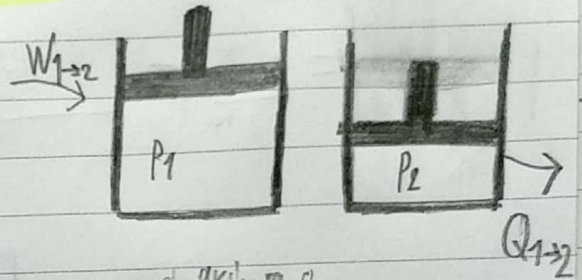
$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{x - x_1} \Rightarrow y = \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} + y_1 \quad (2)$$

$$(2) \Rightarrow u_2 = \frac{(v_2 - v_{2-2\text{MPa}}) \cdot (u_{2-2,25\text{MPa}} - u_{2-2\text{MPa}}) + u_{2-2\text{MPa}}}{v_{2-2,25\text{MPa}} - v_{2-2\text{MPa}}} \Rightarrow u_2 = 2.601,75 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$U_2 = u_2 \cdot m \Rightarrow U_2 = 132.261 \text{ kJ}$$

$$(1) \Rightarrow Q_{1-2} = U_2 - U_1 \Rightarrow Q_{1-2} = 104.935 \text{ kJ}$$

4/17

Ασκ 4 Κύλινδρος - Έμβολο με αέριο αζώτο.Κατάσταση 1 (αέριο): $V_1 = 0,1 \text{ m}^3$, $P_1 = 150 \text{ kPa}$, $T_1 = 25^\circ\text{C}$ Κατάσταση 2 (αέριο): $P_2 = 1 \text{ MPa}$, $T_2 = 150^\circ\text{C}$ Έργο ονοστήματος: $W_{1 \rightarrow 2} = 20 \text{ kJ}$ Προσ θερμότητας, $Q_{1 \rightarrow 2} = ?$ 1^{ος} Θερμοδ. Νόμος: $Q_{1 \rightarrow 2} = \Delta U_{1 \rightarrow 2} + \Delta E_K + \Delta E_D + W_{1 \rightarrow 2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = \Delta U_{1 \rightarrow 2} + W_{1 \rightarrow 2} \Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = m \cdot c_{v0} \cdot (T_2 - T_1) + W_{1 \rightarrow 2}$$

$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = m \cdot c_{v0} \cdot \Delta T_{1 \rightarrow 2}$

Πιν. Στοιχείων

	R	c_{v0}
N_2	0,2968	0,745

$$m = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} = \frac{150 \text{ kPa} \cdot 0,1 \text{ m}^3}{0,2968 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}} \Rightarrow m = 0,1695 \text{ kg}$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow Q_{1 \rightarrow 2} = -4,2 \text{ kJ}$$

Ασκ 5

Διάμετρος : $D = 0,2 \text{ m}$
Ομοιόμορφη ταχύτητα : $v = 0,1 \text{ m/s}$
Θερμοκρασία : $T = 25^\circ\text{C}$
Πίεση : $P = 150 \text{ kPa}$

Προσδιορίστε παροχή μάζας, $\dot{m} = ?$

$$v = \frac{R \cdot T}{P} = \frac{0,287 \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \cdot 298,2 \text{ K}}{150 \text{ kPa}} \Rightarrow v = 0,5705 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow A = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = \frac{v \cdot A}{v} \Rightarrow \dot{m} = 0,0055 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

5/17

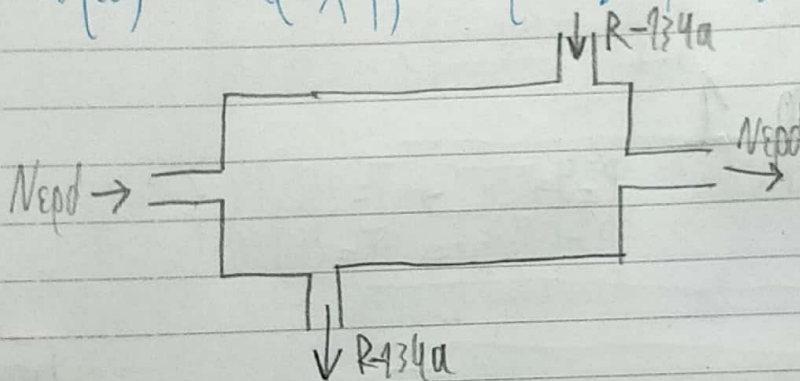
Ασκ 6 Εισέρχεται R-134a: $P_{i-R} = 1 \text{ MPa}$, $T_{i-R} = 60^\circ\text{C}$, $\dot{m}_R = 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Εξέρχεται R-134a: $P_{o-R} = 0,95 \text{ MPa}$, $T_{o-R} = 35^\circ\text{C}$

Εισέρχεται νερό: $T_{i-w} = 10^\circ\text{C}$, (καρ. υγρό) $\rightarrow x_{i-w} = 0$

Εξέρχεται νερό: $T_{o-w} = 20^\circ\text{C}$, (καρ. υγρό) $\rightarrow x_{o-w} = 0$

Ρυθμός παροχής νερού, $\dot{m}_w = ?$



1^{ος} Θερμοδ. Νόμος για ανοικτά' συστήματα:

$$\sum (\dot{m}_i \cdot h_i) = \sum (\dot{m}_o \cdot h_o) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{m}_R \cdot h_{i-R} + \dot{m}_w \cdot h_{i-w} = \dot{m}_R \cdot h_{o-R} + \dot{m}_w \cdot h_{o-w} \Rightarrow \quad \textcircled{1}$$

πν 2 Θερμοκρασιών νερού $\Rightarrow h_{i-w}$, h_{o-w}

πν 3 R-134a $\Rightarrow h_{i-R}$, h_{o-R}

$$\textcircled{1} \Rightarrow \dot{m}_R = 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

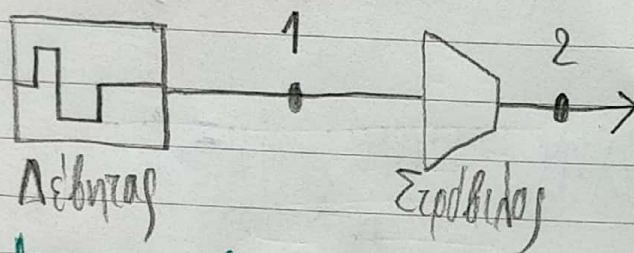
$$\dot{m}_w = 0,919 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

ΣΟΣ από εδώ και κάτω

Ασκ 7

Κατάσταση 1: $P_1 = 4,5 \text{ MPa}$, $T_1 = 375^\circ\text{C}$
 Ισοεντροπικά: $s_1 = s_2$
 Κατάσταση 2: $P_2 = 0,3 \text{ MPa}$

α) $h_1, s_1, h_2, s_2 = ?$
 β) Εξωτερικό έργο ατμοστρόβιλου, $w_T = ?$



α) Κατάσταση 1
 ΠΙΝ/ ΠΙΕΣΕΩΝ

$$\left. \begin{array}{l} P'_1 = 4 \text{ MPa} \Rightarrow T'_1 = 250,4^\circ\text{C} \\ P''_1 = 5 \text{ MPa} \Rightarrow T''_1 = 264^\circ\text{C} \end{array} \right\} P = 4,5 \Rightarrow T = \frac{T'_1 + T''_1}{2} \Rightarrow T = 257,2^\circ\text{C} < 375^\circ\text{C}$$

ΠΙΝ 3 υπερθ. & υποψ. κατ.

$\Rightarrow$ υπερθ. ατμός $\Rightarrow$ μισ

$T(^{\circ}\text{C})$	$P (\text{MPa})$		$h (\text{kJ/kg})$	$s (\text{kJ/kg/K})$
350	4,5		3,081	6,513
400	4,5		3,205	6,703

$$h_1 = \frac{h'_1 + h''_1}{2} = \frac{3,081 + 3,205}{2} \Rightarrow h_1 = 3,143 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = \frac{s'_1 + s''_1}{2} = \frac{6,513 + 6,703}{2} \Rightarrow s_1 = 6,609 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

6/17

Κατάσταση 2

$$s_2 = s_1 \Rightarrow s_2 = 6,609 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

πίνα 1 πίεσεων

T(°C)	P(MPa)	III	h(kJ/kg)	s(kJ/kg/K)	Quality
133,5	0,3		561,4	1,672	0
133,5	0,3		2.725	6,992	1

$$s_F < s_2 < s_G \Rightarrow \text{μίγμα}$$

$$s_2 = s_F + x_2 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_2 = \frac{s_2 - s_F}{s_G - s_F} = \frac{6,609 - 1,672}{6,992 - 1,672} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_2 = 0,928$$

$$h_2 = h_F + x_2 \cdot (h_G - h_F) = 561,4 + 0,928 \cdot (2.725 - 561,4) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = 2.569,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$8) w_T = h_1 - h_2 = 3.143 - 2.569,22 \Rightarrow w_T = 573,78 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Ασκ 8

Κατάσταση 1 : $P_1 = 0,5 \text{ MPa}$, (κορ. ατμός) $\rightarrow x_1 = 1$
 Κατάσταση 2 : $T_2 = 100^\circ\text{C}$
 Ισοεντροπικά : $s_1 = s_2$

α) $h_1, s_1, h_2, s_2 = ?$
 Ειδικό έργο ατμοστροβίλου, $w_T = ?$

α) Κατάσταση 1

κορ. ατμός $\Rightarrow$ πιν 1 Πιέσεων

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	...	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg}\cdot\text{K})$	Quality
151,9	0,5	...	2.749	6,821	1

$$h_1 = 2.749 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = 6,821 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

Κατάσταση 2

$$s_2 = s_1 \Rightarrow s_2 = 6,821 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

πιν 2 Θερμοκρασιών

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	...	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg}\cdot\text{K})$	Quality
100	0,1013	...	419	1,307	0
100	0,1013	...	2.676	7,355	1

7/17

$$s_F < s_2 < s_G \Rightarrow \text{migma}$$

$$s_2 = s_F + x_2 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_2 = \frac{s_2 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow x_2 = 0,915$$

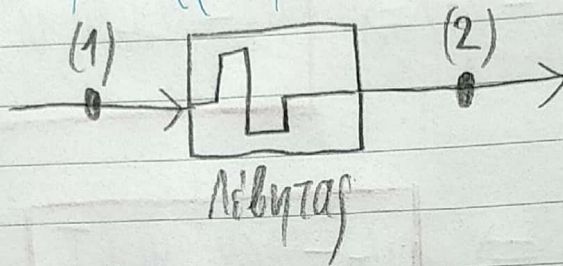
$$h_2 = h_F + x_2 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow h_2 = 2.484,16 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

b) $w_T = h_1 - h_2 \Rightarrow w_T = 264,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Ασκ 9

Κατάσταση 1: $P_1 = 5 \text{ MPa}$, (καρ. υγρ.) $\rightarrow x_f = 0$
 Κατάσταση 2: $T_2 = 350^\circ\text{C}$
 Ισοθλιπτα: $P_1 = P_2$

α) $p_1, s_1, h_1, p_2, s_2, h_2 = ?$
 β) Ειδική θερμότητα που προσδίδεται στο εργαζόμενο υδρα. $q = ?$



α) Κατάσταση 1

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$h(\text{kJ}/\text{kg})$	$s(\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K})$	Quality
264	5	0,001286	1,154	2,92	0

$$v_1 = 0,001286 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \xrightarrow{p=1/v} \rho_1 = 777,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$s_1 = 2,92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$h_1 = 1,154 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Κατάσταση 2

$264^\circ\text{C} < T_2 = 350^\circ\text{C} \Rightarrow \text{υπερ. ατμός} \Rightarrow \text{πιν 3 Υπερ. & Υποψ. Κατάσταση}$

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$h(\text{kJ}/\text{kg})$	$s(\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K})$
350	5	0,05194	3,068	6,449

$$v_2 = 0,05194 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \xrightarrow{p=w} \rho_2 = 19,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$s_2 = 6,449 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

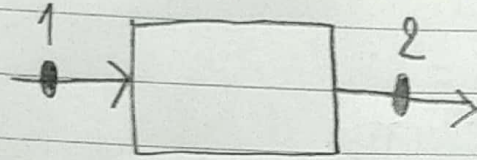
$$h_2 = 3,068 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

β) $q = h_2 - h_1 \Rightarrow q = 1,914 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

8/17

Ασκ 10

Κατάσταση 1: $P_1 = 0,15 \text{ MPa}$, $x_1 = 0,8$
 Κατάσταση 2: (κεκ. υγρό) $\rightarrow x_2 = 0$
 Ισοβαρική: $P_1 = P_2$



α) $P_1, s_1, h_1, P_2, s_2, h_2 = ?$
 β) Εξ. θερμότητας, $q = ?$

α) Κατάσταση 1

Πίνακας Πιέσεων

T (°C)	P (MPa)	v (m³/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg/K)	Quality
111,4	0,15	0,001053	467,1	1,434	0
111,4	0,15	1,159	2.694	7,223	1

$$h_1 = h_F + x_1 \cdot (h_g - h_F) \Rightarrow h_1 = 2.248,62 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_F + x_1 \cdot (s_g - s_F) \Rightarrow s_1 = 6,0652 \text{ kJ/kg/K}$$

$$v_1 = v_F + x_1 \cdot (v_g - v_F) \Rightarrow v_1 = 0,92741 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow \rho_1 = 1,07827 \text{ kg/m}^3$$

Κατάσταση 2

$$\text{πίνακας Πιέσεων } x_2 = 0 \rightarrow h_2 = 467,1 \text{ kJ/kg} \quad s_2 = 1,434 \text{ kJ/kg/K} \quad \rho_2 = \frac{1}{v_2} \Rightarrow v_2 = 940,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\beta) q = h_2 - h_1 \Rightarrow q = -1.781,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Ασκ 11

Κατάσταση 1: $V_1 = 0,2 \text{ m}^3$, $m = 1 \text{ kg}$, $P_1 = 0,5 \text{ MPa}$
 Κατάσταση 2: $T_2 = 250^\circ\text{C}$
 Ισοθέρια: $P_1 = P_2$

- α) ποιότητα, $x = ?$
 β) $T-V$, $P-V$ ισοθέριας
 γ) Έργο, $W_{12} = ?$, θερμότητα $Q_{12} = ?$, μεταβολή εσωτ. ενέργειας $\Delta U_{12} = ?$
 δ) ότι στο 1 με $T_1 = 350^\circ\text{C}$

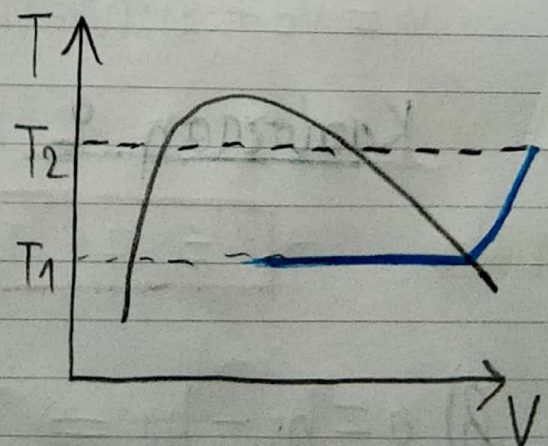
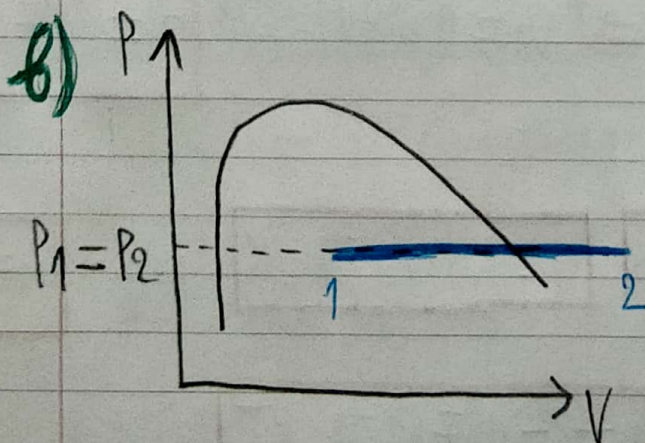
α) Κατάσταση 1

$$v_1 = \frac{V_1}{m} = \frac{0,2}{1} \Rightarrow v_1 = 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Πιν 1 πιέσεων

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$u(\text{kJ/kg})$	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$	Quality
151,9	0,5	0,001093	639,7	640,2	1,861	0
151,9	0,5	0,3749	2.561	2.749	6,821	1

$$V_1 = V_F + x_1 \cdot (V_G - V_F) \Rightarrow x_1 = \frac{V_1 - V_F}{V_G - V_F} \Rightarrow x_1 = 0,5321$$



9/17

Κατάσταση 1 πιν1 πίεσεων
$$\delta)$$

$u_{F-1} = 693,7 \text{ kJ/kg}$
$u_{G-1} = 2,561 \text{ kJ/kg}$
$h_{F-1} = 640,2 \text{ kJ/kg}$
$h_{G-1} = 2,749 \text{ kJ/kg}$

$$u_1 = u_{F-1} + x_1(u_{G-1} - u_{F-1}) \Rightarrow u_1 = 1,662,02 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = h_{F-1} + x_1(h_{G-1} - h_{F-1}) \Rightarrow h_1 = 1,762,29 \text{ kJ/kg}$$

Κατάσταση 2

πιν2 πίεσεων

 $151,9 < T_2 = 250^\circ\text{C} \Rightarrow \text{υπερθ. ατμός} \Rightarrow \text{πιν3 Υπερθ. \& Υποκ. Κατ.}$

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$u(\text{kJ/kg})$	$h(\text{kJ/kg})$
250	0,5	0,4744	2,724	2,961

$$v_2 = 0,4744 \text{ m}^3/\text{kg} \quad u_2 = 2,724 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 2,961 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{12} = m \cdot P \cdot (v_2 - v_1) = 1 \cdot 0,5 \cdot (0,4744 - 0,2) \Rightarrow W_{12} = 137,2 \text{ kJ}$$

$$w_{12} = \frac{W_{12}}{m} \Rightarrow w_{12} = 137,2 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta U_{12} = m \cdot (u_2 - u_1) \Rightarrow \Delta U_{12} = 1,061,98 \text{ kJ}$$

$$\Delta u_{12} = \frac{\Delta U_{12}}{m} \Rightarrow \Delta u_{12} = 1,061,98 \text{ kJ/kg}$$

$$\bullet \text{ ακίνητος} \Rightarrow Q_{12} = \cancel{\Delta E_{D12}} + \cancel{\Delta E_{K12}} + \Delta U_{12} + W_{12} \Rightarrow Q_{12} = 1,199,18 \text{ kJ}$$

$$q_{12} = \frac{Q_{12}}{m} \Rightarrow q_{12} = 1,199,18 \text{ kJ/kg}$$

δ) and $\checkmark$
 $v_1 = 0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$, $u_1 = 1.662,02 \text{ kJ/kg}$, $h_1 = 1.762,22 \text{ kJ/kg}$

Κατάσταση 2

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$u(\text{kJ/kg})$	$h(\text{kJ/kg})$
350 $^{\circ}\text{C}$	0,5	0,5701	2.883	3.168

$v_2 = 0,5701 \text{ m}^3/\text{kg}$ $u_2 = 2.883 \text{ kJ/kg}$ $h_2 = 3.168 \text{ kJ/kg}$

$W'_{12} = m \cdot P \cdot (v_2 - v_1) \Rightarrow W'_{12} = 185,05 \text{ kJ}$

$w'_{12} = \frac{W'_{12}}{m} \Rightarrow w'_{12} = 185,05 \text{ kJ/kg}$

$\Delta U'_{12} = m \cdot (u_2 - u_1) \Rightarrow \Delta U'_{12} = 1.406,03 \text{ kJ}$

$\Delta \dot{u}_{12} = \frac{\Delta U_{12}}{m} \Rightarrow \Delta \dot{u}_{12} = 1.406,03 \text{ kJ/kg}$

ακριβώς $\Rightarrow Q'_{12} = \cancel{\Delta E_{D12}^{10}} + \cancel{\Delta E_{K12}^{10}} + \Delta U'_{12} + W'_{12} \Rightarrow Q'_{12} = 1.220,98 \text{ kJ}$

$q'_{12} = \frac{Q'_{12}}{m} \Rightarrow q'_{12} = 1.220,98 \text{ kJ/kg}$

10/17

Ασκ 12

Αντιστρεπτή, αδιαβατική και άεργη ροή ατμών.
 Κατάσταση 1: $P_1 = 1,4 \text{ MPa}$, $T_1 = 300^\circ\text{C}$, $c_1 = 25 \text{ m/s}$
 Κατάσταση 2: $P_2 = 0,5 \text{ MPa}$

- α) 1^ο Θερμ. Νόμος για ανοικτά ονοστήματα, μόνιμη κατάσταση, δείκτης και μόνιμη ροή.
 β) 2^ο Θερμ. Νόμος για αντιστρεπτή διεργασία και αδιαβατική
 γ) $c_2 = ?$, μόνιμη κατάσταση δείκτης και μόνιμη ροή

α) 1^ο Θερμ. Νόμος: $\frac{dE_{cv}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum (h_{t,in} \cdot \dot{m}_{in}) - \sum (h_{t,out} \cdot \dot{m}_{out})$

μόνιμη κατάσταση & μόνιμη ροή $\Rightarrow 0 = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_{in}(h_{t,in} - h_{t,out})$
 Διαιρώ με $\dot{m}$ $0 = q - w + (h_{t,in} - h_{t,out})$

β) 2^ο Θερμ. Νόμος

$$\frac{dS_{OE}}{dt} = \sum (\dot{m}_{in} \cdot s_{in}) - \sum (\dot{m}_{out} \cdot s_{out}) + \sum \left(\frac{\dot{Q}_{OE}}{T} \right) + \dot{S}_{ΠΑΡ}$$

Αντιστρεπτή διεργασία $\Rightarrow \dot{S}_{ΠΑΡ} = 0$
 Αδιαβατική ροή $\Rightarrow \sum \left(\frac{\dot{Q}_{OE}}{T} \right) = 0$

Μόνιμη κατάσταση δείκτης & μόνιμη ροή $\Rightarrow \frac{dS_{OE}}{dt} = 0$

$\Rightarrow 0 = \dot{m}_{in} \cdot (s_{in} - s_{out}) + 0 + 0 \Rightarrow \boxed{s_{in} = s_{out}}$

8) Κατάσταση 1

πιν 1 πιέσεων για $P = 1,4 \text{ MPa} \Rightarrow 195,1 < T_1 = 300^\circ\text{C}$

$\Rightarrow$ πιν 3 υπολογισμοί

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	...	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$
300	1,4	...	3.040	6,953

$$h_1 = 3.040 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 6,953 \text{ kJ/kg/K}$$

Αμελητέες μεταβολές της δυναμικής ενέργειας:
(όχι υψομετρικές μεταβολές)

$$h_{t,1} = h_1 + \frac{c_1^2}{2} = 3.040,000 + \frac{25^2}{2} \Rightarrow h_{t,1} = 3.040,3 \text{ kJ/kg}$$

Κατάσταση 2

από ερώτημα Α: $0 = q - w + (h_{t,in} - h_{t,out})$ $\xrightarrow[\text{αέρην}]{\text{αδιαβατική}}$

$$\Rightarrow h_{t,1} = h_{t,2} \Rightarrow h_{t,2} = 3.040,3 \text{ kJ/kg}$$

από ερώτημα Β': $s_1 = s_2 \Rightarrow s_2 = 6,953 \text{ kJ/kg/K}$

πιν 1 πιέσεων $P_1 = 0,5 \Rightarrow s_6 = 6,821 < s_2 = 6,953 \Rightarrow$ υπερ. ατμός

πιν 3

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	...	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$
151,86	0,5	...	2.749	6,821
200	0,5	...	2.855	7,059

Γραμμ. Παρεμβ. : $s_2 - s_{151,86^\circ\text{C}} = \frac{h_2 - h_{151,86^\circ\text{C}}}{s_{200^\circ\text{C}} - s_{151,86^\circ\text{C}}} \Rightarrow \frac{6,953 - 6,821}{7,059 - 6,821} = \frac{h_2 - 2.749}{2.855 - 2.749}$

$$\Rightarrow h_2 = 2.807,79 \text{ kJ/kg} \quad h_{t,2} = h_2 + \frac{c_2^2}{2} \Rightarrow c_2 = 681,92 \text{ m/s}$$

11/17

Ασκ 13

Ιδανικό Κύκλο Rankine

Ατμός εξέρχεται από λέβητα σε στρωβ.: $P_3 = 4 \text{ MPa}$, $T_3 = 400^\circ\text{C}$
 Ατμός εκτονώνεται και εξέρχεται από στρωβ.: $P_4 = 0,01 \text{ MPa}$

α) Διαγράμμα εκκατάστασης

β) Διαγράμμα T-s

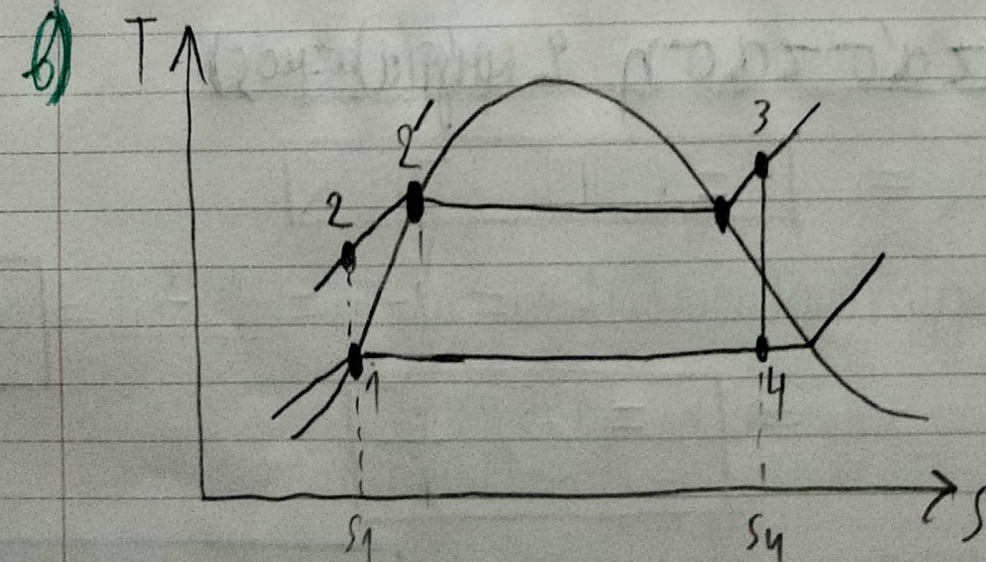
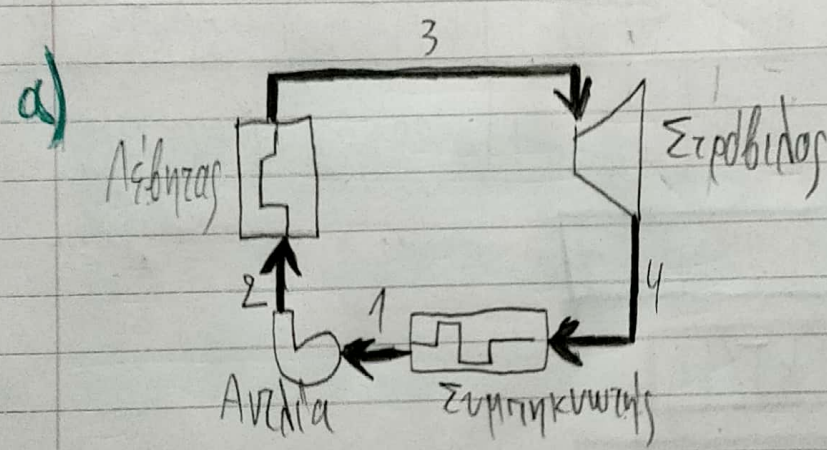
γ) $h_i, s_i = ?$

δ) Ειδικό έργο στρωβ., $W_T = ?$

Καθαρό ειδικό έργο κύκλου, $W_{\text{net}} = ?$

Πρωτεύουσα ειδική θερμότητα, $q_H = ?$

Θερμικό βαθμό απόδοσης, $\eta_{\text{th}} = ?$



8) από β'

1 → 2	ισεντροπική	:	$s_1 = s_2$
2 → 3	ισοθλιπτική	:	$p_2 = p_3$
3 → 4	ισεντροπική	:	$s_3 = s_4$
4 → 1	ισοθλιπτική	:	$p_4 = p_1$

Κατάσταση 1 (Κορ. νερό)

Πιν 1 πρέσεων $p_1 = 0,01 \text{ MPa}$

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$h(\text{kJ}/\text{kg})$	$s(\text{kJ}/\text{kg}/\text{K})$	Quality
45,81	0,01	0,00101	191,8	0,6492	0

$$v_1 = 0,00101 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = 191,8 \text{ kJ}/\text{kg}$$

$$s_1 = 0,6492 \text{ kJ}/\text{kg}/\text{K}$$

Κατάσταση 2 (υγρός ατμός)

$$s_1 = s_2 \Rightarrow s_2 = 0,6492 \text{ kJ}/\text{kg}/\text{K}$$

$$1^{\circ} \text{ Θερμ. Νόμο (αδιαβ.)} : w_p = h_2 - h_1 = v \cdot (p_2 - p_1) \Rightarrow w_p = 4,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = w_p + h_1 \Rightarrow h_2 = 195,83 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{νερό είναι ασυμπλίεστο} : v_2 = v_1 \Rightarrow v_2 = 0,00101 \text{ m}^3/\text{kg}$$

12/17

Κατάσταση 3 (υπερθ. ατμός)ΠΛV 1 πιέσεων $P_3 = 4 \text{ MPa} \rightarrow 250,4^\circ\text{C} < T_3 = 400^\circ\text{C}$

ΠΛV 3 Υπερθ & Υποψ Κατ.

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$
400	4	0,07341	3.214	6,769

$s_3 = 6,769 \text{ kJ/kg/K}$

$h_3 = 3.214 \text{ kJ/kg}$

$v_3 = 0,07341 \text{ m}^3/\text{kg}$

Κατάσταση 4 (υγρός ατμός)

$s_4 = s_3 \Rightarrow s_4 = 6,769 \text{ kJ/kg/K}$

ΠΛV 1 πιέσεων

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$	Quality
45,81	0,01	191,8	0,6492	0
45,81	0,01	2.585	8,15	1

$h_F = 191,8 \text{ kJ/kg}$

$h_G = 2.585 \text{ kJ/kg}$

$s_F = 0,6492 \text{ kJ/kg/K}$

$s_G = 8,15 \text{ kJ/kg/K}$

$s_4 = s_F + x_4 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_4 = \frac{s_4 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow x_4 = 0,8159$

$h_4 = h_F + x_4 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow h_4 = 2.144,41 \text{ kJ/kg}$

$$\delta) \quad w_T = h_3 - h_4 \Rightarrow w_T = 1.069,59 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{and } \gamma' \Rightarrow w_p = 4,03 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = w_T - w_p \Rightarrow w_{\text{net}} = 1.065,56 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Στον λέβητα είναι αέρια που} \Rightarrow q_H = h_3 - h_2 \Rightarrow q_H = 3.018,17 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{\text{net}}}{q_H} \Rightarrow \eta_{th} = 0,353 \Rightarrow \eta_{th} = 35,3\%$$

13/17

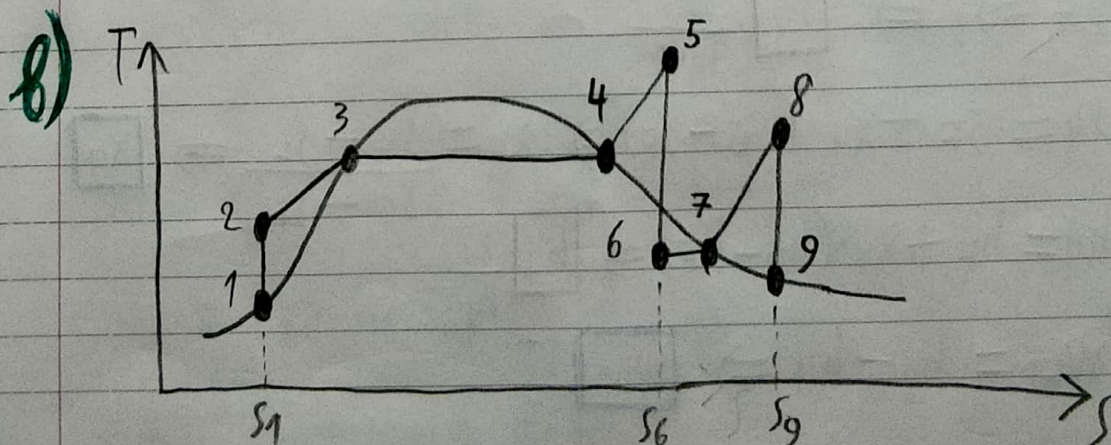
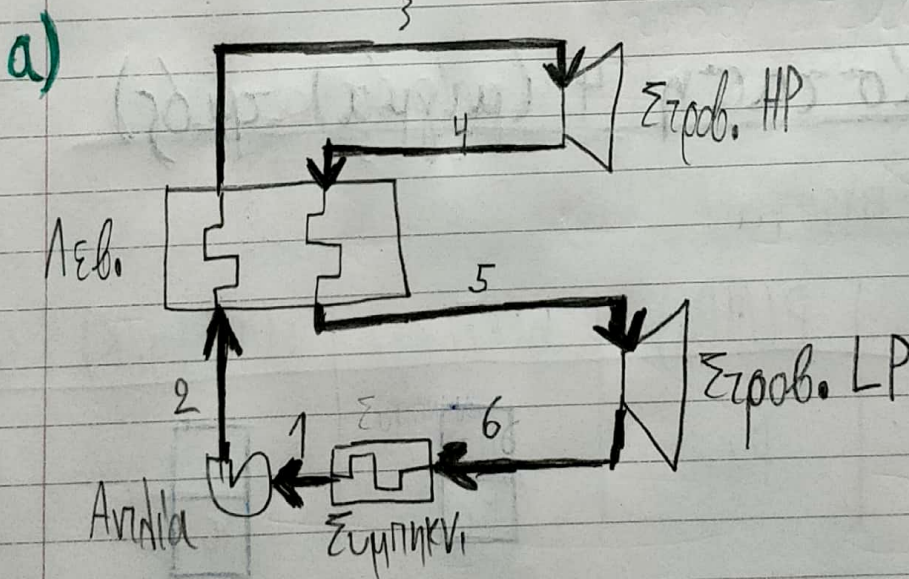
Ασκ 14

Rankine Αναθερμανση

Ατμός εξέρχεται ΔΕΘ. και εισέρχ. σε στρόβ. HP: P_3
 μετά ~~εξέρχ.~~ στον ~~ατμοσφαιρικό~~ στρόβ. LP: P_4
 και ~~εξέρχ.~~ στον στρόβ. LP: P_6

α) Διαγράμμα εγκατάστασης

Διαγράμμα T-s

 $h_i = h_e = j$ Ειδικό έργο στρόβ. $w_T = j$ Καθαρό ειδ. έργο κύκλου $w_{net} = j$ Προσδιωμένη ειδική θερμότητα $q_H = j$ Θερμικό βαθμό απόδοσης $\eta_{th} = j$ 

$$3 \rightarrow 4 \text{ ισεντροπ. : } s_3 = s_4$$

$$2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \text{ ισόθελση:}$$

$$5 \rightarrow 6 \text{ ισεντροπ. : } s_5 = s_6$$

δ) Κατάσταση 3 (υπερθ. ατμός)

πιν 1 πιέσεων $P_3 \rightarrow \dots ^\circ C < T_3$

πιν 3 Υπερθ. & Υποψ. Κατ.

$T(^{\circ}C)$	$P(MPa)$	$h(kJ/kg)$	$s(kJ/kg/K)$
T_3	P_3	h_3	s_3

$$\frac{kJ}{kg} \boxed{h_3} \quad \boxed{s_3} \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

Κατάσταση 4 (υγρός ατμός)

πιν 1 πιέσεων

$T(^{\circ}C)$	$P(MPa)$	$h(kJ/kg)$	$s(kJ/kg/K)$	Quality
	P_4	$\boxed{h_F}$ $\boxed{h_G}$	$\boxed{s_F}$ $\boxed{s_G}$	0 1

$$s_4 = s_3 \Rightarrow \boxed{s_4} \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$s_4 = s_F + x_4 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_4 = \frac{s_4 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow \boxed{x_4}$$

$$h_4 = h_F + x_4 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow \boxed{h_4} \frac{kJ}{kg}$$

$$w_{HP} = h_3 - h_4 \Rightarrow \boxed{w_{HP}} \frac{kJ}{kg}$$

14/17

Κατάσταση 5 (υπερθ. ατμός)πιν 1 πιέσεων $P_5 \rightarrow 111^\circ\text{C} < T_5$

πιν 3 Υπερθ. & Υποψ. Κατ.

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$
T_5	P_5	h_5	s_5

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \boxed{h_5} \quad \boxed{s_5} \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Κατάσταση 6 (υγρός ατμός)

πιν 1 πιέσεων

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$h(\text{kJ/kg})$	$s(\text{kJ/kg/K})$	Quality
	P_6	h_F h_G	s_F s_G	0 1

$$s_6 = s_5 \Rightarrow \boxed{s_6} \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$s_6 = s_F + X_6 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow X_6 = \frac{s_6 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow \boxed{X_6}$$

$$h_6 = h_F + X_6 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow \boxed{h_6} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_{LP} = h_5 - h_6 \Rightarrow \boxed{W_{LP}} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_t = W_{LP} + W_{HP} \Rightarrow \boxed{W_t} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Κατάσταση 1 (κορ. νερό)

πίν 1 πίεσεων

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{MPa})$	$v(\text{m}^3/\text{kg})$	$h(\text{kJ}/\text{kg})$	Quality
	P_1	v_1	h_1	0

$$w_p = h_2 - h_1 = v_1 \cdot (P_2 - P_1) \Rightarrow w_p$$

$$h_2 = w_p + h_1 \Rightarrow h_2$$

δ) από γ' w_p w_T $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$q_H = h_3 - h_2 + h_5 - h_4 \Rightarrow q_H \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{\text{net}} = w_T - w_p \Rightarrow w_{\text{net}} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_H} \Rightarrow \eta_{\text{th}} < 1\%$$

15/17

15

Rankine Απόμασ-τευσή

- Ατμός εξέρχ. από λέβητα και εισέρχ. στρόβ.: $P_5 = 4,5 \text{ MPa}$, $T_5 = 350^\circ\text{C}$
- Μετά εκτόνωση στρόβ. $P_6 = 0,375 \text{ MPa}$ απασβεστώνεται για να προθερμανθεί το νερό σε προθερμαντήρα ανοιχτού τύπου.
- Η πίεση εντός προθερμαντήρα είναι $P_3 = 0,375 \text{ MPa}$ και εξέρχεται από προθερμαντήρα σε χαμηλή κορ. νερά.
- Ο υψώσιμος ατμός εκτονώνεται εντός των ατμοστροβίλων μέχρι $P_1 = 0,01 \text{ MPa}$.

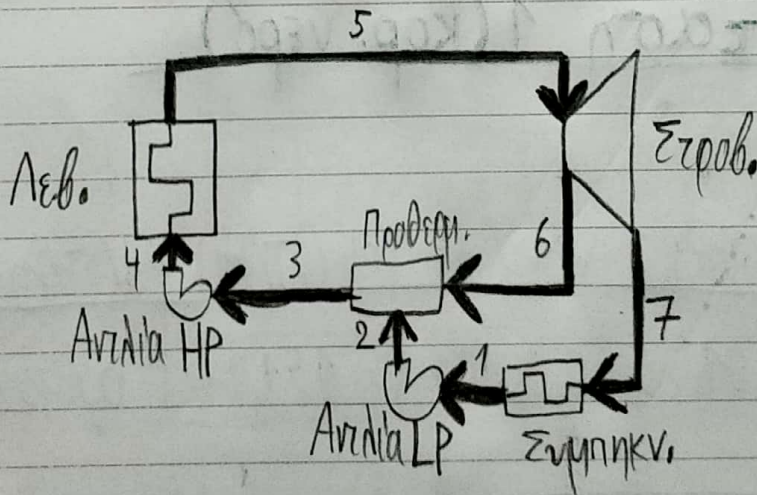
α) Διαγράμμα εγκατάστασης.

β) Διαγράμμα T-s

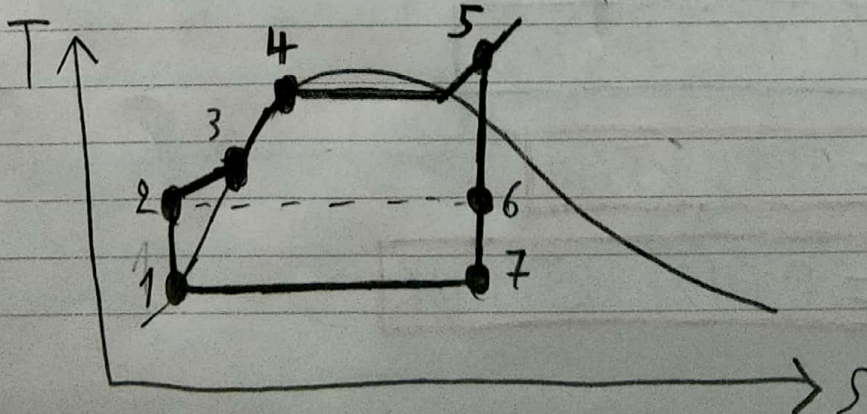
δ) ποσοστά μάζας ατμού

ε) $h_i, s_i = j$ Ειδικό έργο στρόβ., $w_T = j$ Καθαρό ειδ. έργο κύκλου, $w_{\text{net}} = j$ Προσδιδομένη ειδική θερμότητα, $q_H = j$ Θερμικό βαθμό απόδοσης, $\eta_{\text{th}} = j$

α)



β)



82

1 → 2 : ισεντροπη. $s_1 = s_2$

5 → 6 → 7 : ισεντροπη. $s_5 = s_6 = s_7$

3 → 4 : ισεντροπη. $s_3 = s_4$

Κατάσταση 5 (υπερ. ατμός)

Πιν 1 πιέσεων $P_5 = 4,5 \text{ MPa} \rightarrow \begin{matrix} 250,4^\circ\text{C} \\ 264^\circ\text{C} \end{matrix} < T_5 = 350^\circ\text{C} \Rightarrow \text{υπερ. ατμός}$

Πιν 3 Υπερ. & Υποψ. Κατάσταση

T (°C)	P (MPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg/K)
350	4,5	3.081	6,513

$$h_5 = 3.081 \text{ kJ/kg}$$

$$s_5 = 6,513 \text{ kJ/kg/K}$$

Κατάσταση 1 (κορ. νερό)

Πιν 1 πιέσεων

T (°C)	P (MPa)	v (m³/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg/K)	Quality
45,81	0,01	0,00101	191,8	0,6492	0

$$v_1 = 0,00101 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = 191,8 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 0,6492 \text{ kJ/kg/K}$$

Κατάσταση 2 (υπόψυκτο νερό)

16/17

$$s_1 = s_2 \Rightarrow s_2 = 0,6492 \text{ kJ/kg/K}$$

$$w_{p1} = h_2 - h_1 = \int_1^2 v dp = v_1 \cdot (p_2 - p_1) = 0,00101 \cdot (375 - 10) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow w_{p1} = 0,37 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = w_p + h_1 \Rightarrow h_2 = 192,17 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Κατάσταση 3 (κορ. νερό)

πίν 4 πιέσεων

T(°C)	P(MPa)	v(m³/kg)	h(kJ/kg)	s(kJ/kg/K)	Quality
141,3	0,375	0,001081	594,8	1,753	0

$$s_3 = 1,753 \text{ kJ/kg/K}$$

$$h_3 = 594,8 \text{ kJ/kg}$$

$$v_3 = 0,001081 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Κατάσταση 6 (υγρός ατμός)

$$s_5 = s_6 \Rightarrow s_6 = 6,513 \text{ kJ/kg/K}$$

ΠΛ 1 πιέσεων

T(°C)	P(MPa)	h(kJ/kg)	s(kJ/kg/K)	Quality
141,3	0,375	594,4	1,753	9
141,3	0,375	2.551	6,917	

$$s_F = 1,753 \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_G = 6,917 \text{ kJ/kg/K}$$

$$h_F = 594,4 \text{ (kJ/kg)}$$

$$h_G = 2.551 \text{ (kJ/kg)}$$

$$s_6 = s_F + x_6 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_6 = \frac{s_6 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow x_6 = 0,922$$

$$h_6 = h_F + x_6 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow h_6 = 2.568,99 \text{ kJ/kg}$$

Κατάσταση 4 (υπόψυκτο υγρό)

$$s_3 = s_4 \Rightarrow s_4 = 1,753 \text{ kJ/kg/K}$$

$$w_{p2} = h_4 - h_3 = \int v dp = v_3 \cdot (P_4 - P_3) = 0,001081 \cdot (4500 - 375) \Rightarrow w_{p2} = 4,46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_4 = w_{p2} + h_3 \Rightarrow h_4 = 599,26 \text{ kJ/kg}$$

κατάσταση 7 (υγρός ατμός)

17/17

$$s_5 = s_6 = s_7 \Rightarrow s_7 = 6,513 \text{ kJ/kg/K}$$

πιν 1 πιέσεων

T (°C)	P (MPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg/K)	Quality
45,81	0,01	191,8	0,6492	0
45,81	0,01	2.585	8,15	1

$$s_F = 0,6492 \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_G = 8,15 \text{ kJ/kg/K}$$

$$h_F = 191,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_G = 2.585 \text{ kJ/kg}$$

$$s_7 = s_F + x_7 \cdot (s_G - s_F) \Rightarrow x_7 = \frac{s_7 - s_F}{s_G - s_F} \Rightarrow x_7 = 0,782$$

$$h_7 = h_F + x_7 \cdot (h_G - h_F) \Rightarrow h_7 = 2.063,3 \text{ kJ/kg}$$

δ) 1^{ος} Θερμ. Νόμος για άεργη και αδιαβατική:

$$m_1 \cdot h_6 + (1 - m_1) \cdot h_2 = h_3 \Rightarrow m_1 \cdot h_6 + h_2 - m_1 \cdot h_2 = h_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{h_3 - h_2}{h_6 - h_2} \Rightarrow m_1 = 0,169 \Rightarrow m_1 = 16,9\%$$

100%

$$\epsilon) w_T = (h_5 - h_6) + (1 - m_1) \cdot (h_6 - h_7) \Rightarrow w_T = 932,24 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = w_T - (1 - m_1) \cdot w_{p1} - w_{p2} \Rightarrow w_{\text{net}} = 927,47 \text{ kJ/kg}$$

$$q_H = h_5 - h_4 \Rightarrow q_H = 2.481,74 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_H} \Rightarrow \eta_{\text{th}} = 0,3737 \Rightarrow \eta_{\text{th}} = 37,37\%$$

ΑΣΚΗΣΗ 1

- Δεδομένα:

$$W_{12} = \dots \text{ kJ}$$

$$Q_{12} = \dots \text{ kJ}$$

- Επίλυση:

1ο Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U_{12} + \Delta KE_{12} + \Delta PE_{12}$$

Αμελητέα μεταβολή κινητικής λόγω ακινησίας ρευστού.

Αμελητέα μεταβολή δυναμικής λόγω μη μεταβολής κέντρου μάζας.

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - W_{12} = - \dots - (-\dots) \rightarrow \Delta U_{12} = \dots \text{ kJ}$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

- Δεδομένα:

$$m(\text{σφαίρας}) = \dots \text{ kg}$$

$$m(\text{νερό}) = \dots \text{ kg}$$

$$\Delta z = \dots \text{ m}$$

$$g = \dots \text{ m/s}^2$$

- Επίλυση:

A) $1 \rightarrow 2$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U_{12} + \Delta KE_{12} + \Delta PE_{12}$$

Υποθέτω ότι δεν γίνεται μεταφορά θερμότητας:

$$Q_{12} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{12} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta KE_{12} + \Delta PE_{12} = 0 \rightarrow \Delta KE_{12} = -\Delta PE_{12} = m(\text{σφαίρας}) \cdot g \cdot \Delta z =$$

$$= \dots \cdot \dots \cdot \dots \rightarrow \Delta KE_{12} = - \dots \text{ kJ}$$

$$\Delta PE_{12} = \dots \text{ kJ}$$

$$Q_{12} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{12} = 0 \text{ kJ}$$

B) $2 \rightarrow 3$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{23} - W_{23} = \Delta U_{23} + \Delta KE_{23} + \Delta PE_{23}$$

Υποθέτω ότι δεν γίνεται μεταφορά θερμότητας:

$$Q_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta PE_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta KE_{23} + \Delta U_{23} = 0 \rightarrow \Delta KE_{23} = \dots \text{ kJ από A'}$$

$$\Delta U_{23} = -\Delta KE_{23} \rightarrow \Delta U_{23} = -\dots \text{ kJ}$$

$$\Delta PE_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$Q_{23} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{23} = 0 \text{ kJ}$$

Γ) $3 \rightarrow 4$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{34} - W_{34} = \Delta U_{34} + \Delta KE_{34} + \Delta PE_{34}$$

Υποθέτω ότι δεν γίνεται μεταφορά θερμότητας:

$$\Delta U_{34} = -\dots \text{ kJ από B'}$$

$$\Delta PE_{34} = 0 \text{ kJ}$$

$$\Delta KE_{34} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{34} = 0 \text{ kJ}$$

$$Q_{34} = \Delta U_{34} \rightarrow Q_{34} = -\dots \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{34} = -\dots \text{ kJ}$$

$$\Delta PE_{34} = 0 \text{ kJ}$$

$$Q_{34} = 0 \text{ kJ}$$

$$W_{34} = 0 \text{ kJ}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3

- Δεδομένα:

$$V(\text{δοχείο}) = \dots \text{ m}^3$$

$$V(\text{υγρό}) = \dots \text{ m}^3$$

$$V(\text{αέριο}) = \dots \text{ m}^3$$

$$P = \dots \text{ MPa}$$

- Επίλυση:

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U_{12} + \Delta KE_{12} + \Delta PE_{12}$$

Ακίνητο ρευστό: $\Delta KE_{12} = 0 \text{ kJ}$

Δεν χρειάζεται να προσδώσουμε ενέργεια: $W_{12} = 0 \text{ kJ}$

Αμελητέα μεταβολή κέντρου μάζας: $\Delta PE_{12} = 0 \text{ kJ}$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = U_2 - U_1 \quad (\text{Σχέση 1})$$

Κατάσταση 1:

Πίνακας πιέσεων για $P_1 = \dots \text{ MPa}$:

$$v_f = \dots \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_g = \dots \text{ m}^3/\text{s}$$

$$u_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$u_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$m(1_{\text{υγρό}}) = V(\text{υγρό}) / v_f \rightarrow m(1_{\text{υγρό}}) = \dots \text{ kg}$$

$$m(1_{\text{αέριο}}) = V(\text{αέριο}) / v_g \rightarrow m(1_{\text{αέριο}}) = \dots \text{ kg}$$

$$U_1 = m(1_{\text{υγρό}}) \cdot u_f + m(1_{\text{αέριο}}) \cdot u_g = \dots \cdot \dots + \dots \cdot \dots \rightarrow U_1 = \dots \text{ kJ}$$

Κατάσταση 2:

$$m = m(1_{\text{υγρό}}) + m(1_{\text{αέριο}}) \rightarrow m = \dots \text{ kg}$$

$$v_2 = V(\text{δοχείο}) / m \rightarrow v_2 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

Πίνακας πιέσεων για $P_2 = \dots$ πχ 2.25 MPa και κορ.ατμός δηλαδή $x = 1$:

$$v_{2_minMPa} = \dots \text{ m}^3/\text{kg} \quad \min = 2 \text{ MPa}$$

$$v_{2_maxMPa} = \dots \text{ m}^3/\text{kg} \quad \max = 2.5 \text{ MPa}$$

$$u_{2_minMPa} = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$u_{2_maxMPa} = \dots \text{ kJ/kg}$$

Γραμμική Παρεμβολή:

$$u_2 = (v_2 - v_{2_minMPa}) \cdot (u_{2_maxMPa} - u_{2_minMPa}) / (v_{2_maxMPa} - v_{2_minMPa}) + u_{2_minMPa} \rightarrow u_2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$U_2 = u_2 \cdot m \rightarrow U_2 = \dots \text{ kJ}$$

$$\text{Σχέση 1: } Q_{12} = U_2 - U_1 = \dots - \dots \rightarrow Q_{12} = \dots \text{ kJ}$$

ΑΣΚΗΣΗ 4

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$V1 = \dots \text{ m}^3$$

$$P1 = \dots \text{ kPa}$$

$$T1 = \dots \text{ C}$$

Κατάσταση 2:

$$V2 = \dots \text{ m}^3$$

$$P2 = \dots \text{ MPa}$$

Έργο συστήματος: $W12 = \dots \text{ kJ}$

- Επίλυση:

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q12 - W12 = \Delta U12 + \Delta KE12 + \Delta PE12$$

Ακίνητο ρευστό: $\Delta KE12 = 0 \text{ kJ}$

Αμελητέα μεταβολή κέντρου μάζας: $\Delta PE12 = 0 \text{ kJ}$

$$Q12 = \Delta U12 + W12 = m \cdot cV0 \cdot (T2 - T1) \quad (\text{Σχέση 1})$$

Πίνακας Στοιχείων:

$$R = \dots$$

$$cV0 = \dots$$

$$m = (P1 \cdot V1) / (R \cdot T1) \rightarrow m = \dots \text{ kg}$$

Σχέση 1:

$$Q12 = \dots \cdot \dots \cdot (\dots - \dots) \rightarrow Q12 = \dots \text{ kJ}$$

ΑΣΚΗΣΗ 5

- Δεδομένα:

$$D = \dots \text{ m}$$

$$v = \dots \text{ m/s}$$

$$T = \dots \text{ C}$$

$$P = \dots \text{ kPa}$$

$$R = 0.287 \text{ kJ}\cdot\text{K/kg}$$

- Επίλυση:

$$v = R \cdot T / P = \dots * \dots / \dots \rightarrow v = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$A = \pi * D^2 / 4 = 3.14 * \dots^2 / 4 \rightarrow A = \dots \text{ m}^2$$

$$\dot{m}'(\text{παροχή μάζας}) = v * A / v = \dots * \dots \dots \rightarrow \dot{m}'(\text{παροχή μάζας}) = \dots \text{ kg/s}$$

ΑΣΚΗΣΗ 6

- Δεδομένα:

Εισέρχεται R-134a:

$$P(i-R) = \dots \text{ MPa}$$

$$T(i-R) = \dots \text{ C}$$

$m' =$ παροχή μάζας

$$m'(r) = \dots \text{ kg/s}$$

υπέρθερμος ατμός

Εξέρχεται R-134a:

$$P(o-R) = \dots \text{ MPa}$$

$$T(o-R) = \dots \text{ C}$$

υπέρθερμος ατμός

Εισέρχεται νερό:

$$T(i-w) = \dots \text{ C}$$

$$\text{κορ. υγρό : } x(i-w) = 0$$

Εξέρχεται νερό:

$$T(o-w) = \dots \text{ C}$$

$$\text{κορ. υγρό : } x(o-w) = 0$$

- Επίλυση:

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για ανοιχτά συστήματα:

$$\Sigma (m'(i) * h(i)) = \Sigma (m'(o) * h(o)) \rightarrow$$

$$\rightarrow m'(r) * h(i-r) + m'(w) * h(i-w) = m'(r) * h(o-r) + m'(w) * h(o-w) \quad (\text{Σχέση 1})$$

Πίνακας Θερμοκρασιών για $T(i-w) = \dots \text{ C}$:

$$h(i-w) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Πίνακας Θερμοκρασιών για $T(o-w) = \dots \text{ C}$:

$$h(o-w) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Πίνακας υπέρθερμης και υπόψυκτης κατάστασης

για $P(i-R) = \dots \text{ MPa}$ και $T(i-R) = \dots \text{ C}$:

$$h(i-r) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P(i-R) = \dots \text{ MPa}$ και $T(i-R) = \dots \text{ C}$:

$$h(i-r) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Σχέση 1:

$$m'(r) * h(i-r) + m'(w) * h(i-w) = m'(r) * h(o-r) + m'(w) * h(o-w) \rightarrow$$

$$m'(w) = m'(r) * (h(i-r) - h(o-r)) / (h(o-w) - h(i-w)) = \dots * (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow$$

$$\rightarrow m'(w) = \dots \text{ kg/s}$$

ΑΣΚΗΣΗ 7

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

$$T1 = \dots \text{ C}$$

Κατάσταση 2:

$$P2 = \dots \text{ MPa}$$

$$1 \rightarrow 2: \text{Ισεντροπικά} \rightarrow s1 = s2$$

- Επίλυση:

A)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμού}) = \dots \text{ C} < T1 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P1 = \dots \text{ MPa}$ και $T1 = \dots \text{ C}$:

$$h1 = \dots \text{ kJ/kg} = (h1' + h1'') * 0.5$$

$$s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Κατάσταση 2:

$$s2 = s1 \rightarrow s2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P2 = \dots \text{ MPa}$:

$$hf = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$hg = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$sf = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$sg = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s2 = sf + x2 * (sg - sf) \rightarrow x2 = (s2 - sf) / (sg - sf) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x2 = \dots$$

$$h2 = hf + x2 * (hg - hf) = \dots + \dots * (\dots - \dots) \rightarrow h2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

B)

$$w(T) = h1 - h2 = \dots - \dots \rightarrow w(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

ΑΣΚΗΣΗ 8

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

$$\text{κορ. ατμός } x1 = 1$$

Κατάσταση 2:

$$T2 = \dots \text{ C}$$

$$1 \rightarrow 2: \text{Ισεντροπικά} \rightarrow s1 = s2$$

- Επίλυση:

A)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$ για $x1 = 1$:

$$h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Κατάσταση 2:

$$s2 = s1 \rightarrow s2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P2 = \dots \text{ MPa}$:

$$hf = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$hg = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$sf = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$sg = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s2 = sf + x2 * (sg - sf) \rightarrow x2 = (s2 - sf) / (sg - sf) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x2 = \dots$$

$$h2 = hf + x2 * (hg - hf) = \dots + \dots * (\dots - \dots) \rightarrow h2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

B)

$$w(T) = h1 - h2 = \dots - \dots \rightarrow w(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

ΑΣΚΗΣΗ 9

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

$$\text{κορ. υγρό } x1 = 0$$

Κατάσταση 2:

$$T2 = \dots \text{ C}$$

$$1 \rightarrow 2: \text{ Ισόθλιπτη} \rightarrow P1 = P2$$

- Επίλυση:

A)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$ για $x1 = 0$:

$$h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v1 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho1 = 1/v1 = 1/\dots \rightarrow \rho1 = \dots \text{ kg/m}^3$$

Κατάσταση 2:

$$P1 = P2 \rightarrow P2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P2 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμού}) = \dots \text{ C} < T2 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P2 = \dots \text{ MPa}$ και $T2 = \dots \text{ C}$:

$$h2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v2 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho2 = 1/v2 = 1/\dots \rightarrow \rho2 = \dots \text{ kg/m}^3$$

B)

$$q(T) = h2 - h1 = \dots - \dots \rightarrow q(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

ΑΣΚΗΣΗ 10

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

$$x1 = \dots$$

Κατάσταση 2:

$$\text{κορ. υγρό } x2 = 0$$

$$1 \rightarrow 2: \text{ Ισόθλιπτη } \rightarrow P1 = P2$$

- Επίλυση:

A)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$:

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v_f = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h1 = h_f + x1 * (h_g - h_f) \rightarrow h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s1 = s_f + x1 * (s_g - s_f) \rightarrow s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v1 = v_f + x1 * (v_g - v_f) \rightarrow v1 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho1 = 1/v1 = 1/\dots \rightarrow \rho1 = \dots \text{ kg/m}^3$$

Κατάσταση 2:

$$P1 = P2 \rightarrow P2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P2 = \dots \text{ MPa}$ για $x2 = 0$:

$$h2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v2 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho2 = 1/v2 = 1/\dots \rightarrow \rho2 = \dots \text{ kg/m}^3$$

B)

$$q(T) = h2 - h1 = \dots - \dots \rightarrow q(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

ΑΣΚΗΣΗ 11

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$V1 = \dots \text{ m}^3$$

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

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

Κατάσταση 2:

$$T2 = \dots \text{ C}$$

$$1 \rightarrow 2: \text{Ισόθλιπτη} \rightarrow P1 = P2$$

- Επίλυση:

A)

Κατάσταση 1:

$$v1 = V1 / m = \dots / \dots \rightarrow v1 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$:

$$vf = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$vg = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v1 = vf + x1 * (vg - vf) \rightarrow x1 = (v1 - vf) / (vg - vf) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x1 = \dots$$

B)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$:

$$uf = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$ug = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$hf = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$hg = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$u1 = uf + x1 * (ug - uf) = \dots + \dots * (\dots - \dots) \rightarrow u1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h1 = hf + x1 * (hg - hf) = \dots + \dots * (\dots - \dots) \rightarrow h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

Κατάσταση 2:

$$\text{Πίνακας Πιέσεων για } P2 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμού}) = \dots \text{ C} < T2 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης:

$$v2 = \dots \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$u2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

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

$$W_{12} = m * P * (v_2 - v_1) = \dots * \dots * (\dots - \dots) \rightarrow W_{12} = \dots \text{ kJ}$$

$$w_{12} = W_{12} / m = \dots / \dots \rightarrow w_{12} = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta U_{12} = m * (u_2 - u_1) = \dots * (\dots - \dots) \rightarrow \Delta U_{12} = \dots \text{ kJ}$$

$$\Delta u_{12} = \Delta U_{12} / m = \dots / \dots \rightarrow \Delta u_{12} = \dots \text{ kJ/kg}$$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για κλειστά συστήματα:

$$Q_{12} - W_{12} = \Delta U_{12} + \Delta KE_{12} + \Delta PE_{12}$$

Ακίνητο ρευστό: $\Delta KE_{12} = 0 \text{ kJ}$

Αμελητέα μεταβολή κέντρου μάζας: $\Delta PE_{12} = 0 \text{ kJ}$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + W_{12} = \dots + \dots \rightarrow Q_{12} = \dots \text{ kJ}$$

$$q_{12} = Q_{12} / m = \dots / \dots \rightarrow q_{12} = \dots \text{ kJ/kg}$$

ΑΣΚΗΣΗ 12

- Δεδομένα:

Κατάσταση 1:

$$T1 = \dots \text{ C}$$

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

$$c1 = \dots \text{ m/s}$$

Κατάσταση 2:

$$P2 = \dots \text{ MPa}$$

- Επίλυση:

A)

m' = παροχή μάζας

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος :

$$dE/dt = Q' - W' + \Sigma (h(t,in) * m'(in)) - \Sigma (h(t,out) * m'(out))$$

$$\text{Μόνιμη Κατάσταση \& Μόνιμη Ροή: } 0 = Q' - W' + m' * (h(t,in) - h(t,out))$$

$$\text{Διαιρώ με } m' : 0 = q - w + (h(t,in) - h(t,out))$$

B)

2ος Θερμοδυναμικός Νόμος :

$$dS(OE) / dt = \Sigma (h(t,in) * m'(in)) - \Sigma (h(t,out) * m'(out)) + \Sigma (Q'(OE) / T) + S'(\text{παραγωγής})$$

$$\text{Αντιστρεπτή Διεργασία: } S'(\text{παραγωγής}) = 0$$

$$\text{Αδιαβατική Ροή: } \Sigma (Q'(OE) / T) = 0$$

$$\text{Μόνιμη Κατάσταση Λειτουργίας \& Μόνιμη Ροή: } dS(OE) / dt = 0$$

$$0 = m' * (s(in) - s(out)) + 0 + 0 \rightarrow s(in) = s(out)$$

Γ)

Κατάσταση 1:

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμού}) = \dots \text{ C} < T1 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P1 = \dots \text{ MPa}$ και $T1 = \dots \text{ C}$:

$$s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

Αμελητέες μεταβολές της δυναμικής ενέργειας λόγω έλλειψης υψομετρικών μεταβολών:

$$h(t,1) = h1 + 0.5 * c1^2 = \dots + 0.5 * \dots^2 * 0.001 \rightarrow h(t,1) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Κατάσταση 2:

από ερώτημα Α' : $0 = q - w + (h(t,in) - h(t,out))$

αδιαβατική και αέργη ροή: $h(t,in) = h(t,out) \rightarrow h(t,1) = h(t,2) \rightarrow h(t,2) = \dots \text{ kJ/kg}$

από ερώτημα Β' : $s(in) = s(out) \rightarrow s_1 = s_2 \rightarrow s_2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$

Πίνακας Πιέσεων για $P_2 = \dots \text{ MPa} \rightarrow s_g = \dots \text{ kJ/kg/K} < s_2 = \dots \text{ kJ/kg/K} \rightarrow$ υπέρθερμος ατμός

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P_2 = \dots \text{ MPa}$ και $T_2 = \dots \text{ C}$:

$s(\min) = \dots \text{ kJ/kg/K}$

$s(\max) = \dots \text{ kJ/kg/K}$

$h(\min) = \dots \text{ kJ/kg}$

$h(\max) = \dots \text{ kJ/kg}$

$(s_2 - s(\min)) / (s(\max) - s(\min)) = (h_2 - h(\min)) / (h(\max) - h(\min)) \rightarrow$

$h_2 = (h(\max) - h(\min)) * (s_2 - s(\min)) / (s(\max) - s(\min)) + h(\min) \rightarrow$

$h_2 = (\dots - \dots) * (\dots - \dots) / (\dots - \dots) + \dots \rightarrow h_2 = \dots \text{ kJ/kg}$

$h(t,2) = h_2 + 0.5 * c_2^2 \rightarrow c_2 = [2 * (h(t,2) - h_2)]^{(1/2)} \rightarrow c_2 = [2 * (\dots - \dots)]^{(1/2)} \rightarrow$

$\rightarrow c_2 = \dots \text{ m/s}$

ΑΣΚΗΣΗ 13

-Δεδομένα:

Λέβητας → Στρόβιλος (Κατάσταση 3) :

$$P_3 = \dots \text{ MPa}$$

$$T_3 = \dots \text{ C}$$

Στρόβιλος → Συμπυκνωτής (Κατάσταση 4) :

$$T_4 = \dots \text{ C}$$

- Επίλυση:

A)

$$1 \rightarrow 2 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s_1 = s_2$$

$$2 \rightarrow 3 : \text{Ισόθλιπτη} \rightarrow P_2 = P_3$$

$$3 \rightarrow 4 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s_3 = s_4$$

$$4 \rightarrow 1 : \text{Ισόθλιπτη} \rightarrow P_4 = P_1$$

- Κατάσταση 1 (κορεσμένο νερό) :

Πίνακας Πιέσεων $P_1 = \dots \text{ MPa}$ και $x = 0$

$$v_1 = \dots \text{ m}^3 / \text{ kg}$$

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

$$s_1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

- Κατάσταση 2 (υγρός ατμός) :

$$s_1 = s_2 \rightarrow s_2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος (αδιαβατική) :

$$w(P) = v_1 * (P_2 - P_1) = \dots * (\dots - \dots) \rightarrow w(P) = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$w(P) = h_2 - h_1 \rightarrow h_2 = w(P) + h_1 = \dots + \dots \rightarrow h_2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 3 (υπέρθερμος ατμός) :

Πίνακας Πιέσεων $P_3 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμένο}) = \dots \text{ C} < T_3 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P_3 = \dots \text{ MPa}$ και $T_3 = \dots \text{ C}$:

$$v_3 = \dots \text{ m}^3 / \text{ kg}$$

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

$$s_3 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

- Κατάσταση 4 (υγρός ατμός) :

$$s_3 = s_4 \rightarrow s_4 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P_4 = \dots \text{ MPa}$

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_4 = s_f + x_4 * (s_g - s_f) \rightarrow x_4 = (s_4 - s_f) / (s_g - s_f) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x_4 = \dots$$

$$h_4 = h_f + x_4 * (h_g - h_f) \rightarrow h_4 = \dots \text{ kJ/kg}$$

B)

Έργο Αντλίας:

$$w(P) = \dots \text{ kJ/kg} \quad \text{από προηγούμενο ερώτημα}$$

Ειδικό Έργο Στροβίλου :

$$w(T) = h_3 - h_4 = \dots - \dots \rightarrow w(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Καθαρό Ειδικό Έργο Κύκλου:

$$w(\text{net}) = w(T) - w(P) = \dots - \dots \rightarrow w(\text{net}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Προσδιδόμενη Ειδική Θερμότητα:

$$q(H) = h_3 - h_2 = \dots - \dots \rightarrow q(H) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Θερμικό Βαθμό Απόδοσης:

$$\eta(\text{th}) = w(\text{net}) / q(H) = \dots / \dots \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots * 100\% \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots \%$$

ΑΣΚΗΣΗ 14

-Δεδομένα:

Συμπυκνωτής → Αντλία (Κατάσταση 1) :

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

Λέβητας → Στρόβιλος HP (Κατάσταση 3) :

$$P3 = \dots \text{ MPa}$$

$$T3 = \dots \text{ C}$$

Λέβητας → Στρόβιλος LP (Κατάσταση 5) :

$$P5 = \dots \text{ MPa}$$

$$T5 = \dots \text{ C}$$

Στρόβιλος LP → Συμπυκνωτής (Κατάσταση 6) :

$$P6 = \dots \text{ MPa}$$

- Επίλυση:

A)

$$2 \rightarrow 3 : \text{Ισόθλιπτη} \rightarrow P2 = P3$$

$$3 \rightarrow 4 : \text{Ισεντροπική και Ισόθλιπτη} \rightarrow s3 = s4 \text{ και } P3 = P4$$

$$4 \rightarrow 5 : \text{Ισόθλιπτη} \rightarrow P4 = P5$$

$$5 \rightarrow 6 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s5 = s6$$

- Κατάσταση 3 (υπέρθερμος ατμός) :

$$\text{Πίνακας Πιέσεων } P3 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμένο}) = \dots \text{ C} < T3 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P3 = \dots \text{ MPa}$ και $T3 = \dots \text{ C}$:

$$h3 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s3 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

- Κατάσταση 4 (υγρός ατμός) :

$$P3 = P4 \rightarrow P4 = \dots \text{ MPa}$$

$$s3 = s4 \rightarrow s4 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P4 = \dots \text{ MPa}$

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s4 = s_f + x4 * (s_g - s_f) \rightarrow x4 = (s4 - s_f) / (s_g - s_f) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x4 = \dots$$

$$h4 = h_f + x4 * (h_g - h_f) \rightarrow h4 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 5 (υπέρθερμος ατμός) :

$$P_3 = P_5 \rightarrow P_5 = \dots \text{ MPa}$$

Πίνακας Πιέσεων $P_5 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμένο}) = \dots \text{ C} < T_5 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P_5 = \dots \text{ MPa}$ και $T_5 = \dots \text{ C}$:

$$h_5 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_5 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

- Κατάσταση 6 (υγρός ατμός) :

$$s_5 = s_6 \rightarrow s_6 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P_4 = \dots \text{ MPa}$

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_6 = s_f + x_6 * (s_g - s_f) \rightarrow x_6 = (s_6 - s_f) / (s_g - s_f) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x_6 = \dots$$

$$h_6 = h_f + x_6 * (h_g - h_f) \rightarrow h_6 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 1 (κορεσμένο νερό) :

Πίνακας Πιέσεων για $P_1 = \dots \text{ MPa}$ και $x = 0$:

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

$$s_1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v_1 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

- Κατάσταση 2 (υπόψυκτο νερό) :

$$s_1 = s_2 \rightarrow s_2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος (αδιαβατική) :

$$w(P) = v_1 * (P_2 - P_1) = \dots * (\dots - \dots) \rightarrow w(P) = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$w(P) = h_2 - h_1 \rightarrow h_2 = w(P) + h_1 = \dots + \dots \rightarrow h_2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

B)

Έργο Στροβίλου HP:

$$w(\text{HP}) = h_3 - h_4 = \dots - \dots \rightarrow w(\text{HP}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Έργο Στροβίλου LP:

$$w(\text{LP}) = h_5 - h_6 = \dots - \dots \rightarrow w(\text{LP}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Ειδικό Έργο Στροβίλου :

$$w(\text{T}) = w(\text{HP}) - w(\text{LP}) = \dots - \dots \rightarrow w(\text{T}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Καθαρό Ειδικό Έργο Κύκλου:

$$w(\text{net}) = w(\text{T}) - w(\text{P}) = \dots - \dots \rightarrow w(\text{net}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Προσδιδόμενη Ειδική Θερμότητα:

$$q(\text{H}) = h_3 - h_2 + h_5 - h_4 = \dots - \dots + \dots - \dots \rightarrow q(\text{H}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Θερμικό Βαθμό Απόδοσης:

$$\eta(\text{th}) = w(\text{net}) / q(\text{H}) = \dots / \dots \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots * 100\% \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots \%$$

ΑΣΚΗΣΗ 15

-Δεδομένα:

Λέβητας → Στρόβιλος (Κατάσταση 5) :

$$P5 = \dots \text{ MPa}$$

$$T5 = \dots \text{ C}$$

Στρόβιλος → Προθερμαντήρας (Κατάσταση 6) :

$$P6 = \dots \text{ MPa}$$

Στρόβιλος → Συμπυκνωτής (Κατάσταση 7) :

$$P7 = \dots \text{ MPa}$$

Προθερμαντήρας → Αντλία HP (Κατάσταση 3) :

$$P3 = \dots \text{ MPa}$$

Συμπυκνωτής → Αντλία LP (Κατάσταση 1) :

$$P1 = \dots \text{ MPa}$$

- Επίλυση:

A)

$$1 \rightarrow 2 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s1 = s2$$

$$3 \rightarrow 4 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s3 = s4$$

$$5 \rightarrow 6 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s5 = s6$$

$$5 \rightarrow 7 : \text{Ισεντροπική} \rightarrow s5 = s7$$

- Κατάσταση 5 (υπέρθερμος ατμός) :

$$\text{Πίνακας Πιέσεων } P5 = \dots \text{ MPa} \rightarrow T(\text{κορεσμένο}) = \dots \text{ C} < T5 = \dots \text{ C} \rightarrow \text{υπέρθερμος ατμός}$$

Πίνακας Υπέρθερμης και Υπόψυκτης Κατάστασης για $P5 = \dots \text{ MPa}$ και $T5 = \dots \text{ C}$:

$$h5 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s5 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

- Κατάσταση 1 (κορεσμένο νερό) :

Πίνακας Πιέσεων για $P1 = \dots \text{ MPa}$ και $x = 0$:

$$h1 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s1 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v1 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

- Κατάσταση 2 (υπόψυκτο νερό) :

$$s_1 = s_2 \rightarrow s_2 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος (αδιαβατική) :

$$w(P_1) = v_1 * (P_2 - P_1) = \dots * (\dots - \dots) \rightarrow w(P_1) = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$w(P_1) = h_2 - h_1 \rightarrow h_2 = w(P) + h_1 = \dots + \dots \rightarrow h_2 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 3 (κορεσμένο νερό) :

Πίνακας Πιέσεων για $P_3 = \dots \text{ MPa}$ και $x = 0$:

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

$$s_3 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$v_3 = \dots \text{ m}^3/\text{kg}$$

- Κατάσταση 6 (υγρός ατμός) :

$$s_5 = s_6 \rightarrow s_6 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P_4 = \dots \text{ MPa}$

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_6 = s_f + x_6 * (s_g - s_f) \rightarrow x_6 = (s_6 - s_f) / (s_g - s_f) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x_6 = \dots$$

$$h_6 = h_f + x_6 * (h_g - h_f) \rightarrow h_6 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 4 (υπόψυκτο νερό) :

$$s_3 = s_4 \rightarrow s_4 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος (αδιαβατική) :

$$w(P_2) = v_1 * (P_4 - P_3) = \dots * (\dots - \dots) \rightarrow w(P_2) = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$w(P_2) = h_4 - h_3 \rightarrow h_4 = w(P) + h_3 = \dots + \dots \rightarrow h_4 = \dots \text{ kJ/kg}$$

- Κατάσταση 7 (υγρός ατμός) :

$$s_7 = s_6 \rightarrow s_7 = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$P_1 = P_7 \rightarrow P_7 = \dots \text{ MPa}$$

Πίνακας Πιέσεων για $P_7 = \dots \text{ MPa}$

$$h_f = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_g = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_g = \dots \text{ kJ/kg/K}$$

$$s_7 = s_f + x_7 * (s_g - s_f) \rightarrow x_7 = (s_7 - s_f) / (s_g - s_f) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow x_7 = \dots$$

$$h_7 = h_f + x_7 * (h_g - h_f) \rightarrow h_7 = \dots \text{ kJ/kg}$$

B)

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος για άεργη και διαβατική ροή το Ποσοστό Μάζας Ατμού ισούται με:
 $m_1 * h_6 + (1 - m_1) * h_2 = h_3 \rightarrow m_1 * h_6 + h_2 - m_1 * h_2 = h_3 \rightarrow$

$$\rightarrow m_1 = (h_3 - h_2) / (h_6 - h_2) = (\dots - \dots) / (\dots - \dots) \rightarrow m_1 = \dots$$

Γ)

Έργο Αντλίας LP:

$$w(P1) = \dots \text{ kJ/kg} \quad \text{από ερώτημα Α'}$$

Έργο Αντλίας HP:

$$w(P2) = \dots \text{ kJ/kg} \quad \text{από ερώτημα Α'}$$

Ειδικό Έργο Στροβίλου :

$$w(T) = h_5 - h_6 + (1 - m_1) * (h_6 - h_7) = \dots - \dots + (1 - \dots) * (\dots - \dots) \rightarrow w(T) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Καθαρό Ειδικό Έργο Κύκλου:

$$w(\text{net}) = w(T) - (1 - m_1) * w(P1) - w(P2) = \dots - (1 - \dots) * \dots - \dots \rightarrow w(\text{net}) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Προσδιδόμενη Ειδική Θερμότητα:

$$q(H) = h_5 - h_4 = \dots - \dots \rightarrow q(H) = \dots \text{ kJ/kg}$$

Θερμικό Βαθμό Απόδοσης:

$$\eta(\text{th}) = w(\text{net}) / q(H) = \dots / \dots \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots * 100\% \rightarrow \eta(\text{th}) = \dots \%$$