

ΘΕΜΑΤΑ

ΘΕΜΑ 1 (15%)

Ένα δοχείο χωρητικότητας 1 m^3 που περιέχει αέρα σε 25°C και 500 kPa , διασυνδέεται μέσω μιας βαλβίδας με ένα άλλο δοχείο που περιέχει 5 kg αέρα σε 35°C και 200 kPa . Η βαλβίδα ανοίγει και το σύστημα αφήνεται να έλθει σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του, στο οποίο επικρατεί θερμοκρασία 20°C . Να προσδιορίσετε τον όγκο του δεύτερου δοχείου και την τελική πίεση ισορροπίας του αέρα. Ο αέρας θεωρείται ιδανικό αέριο με σταθερά $R=0.287 \text{ kPa}\cdot\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{K}$.

ΘΕΜΑ 2 (20%) ✓

Αέρας θερμοκρασίας 17°C και πίεσης 100 kPa εισέρχεται στο διαχύτη ενός κινητήρα αεροπλάνου με ταχύτητα 200 m/s . Η διατομή του διαχύτη στην είσοδο είναι 0.5 m^2 . Να προσδιορίσετε α) την παροχή μάζας του αέρα σε kg/s , β) τον ειδικό όγκο του αέρα στην είσοδο και γ) την θερμοκρασία εξόδου, υπό τις παραδοχές ότι η ταχύτητα εξόδου είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με την ταχύτητα εισόδου καθώς και ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο. Δίνονται: η σταθερά του αέρα ($R=0.287 \text{ kPa}\cdot\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{K}$) καθώς και η ενθαλπία του αέρα στην είσοδο ($h=290 \text{ kJ/kg}$).

ΘΕΜΑ 3 (20%) ✓

Να υπολογιστεί το παραγόμενο έργο και η θερμική απόδοση κύκλου Otto με λόγο συμπίεσης 9.998 αν από την καύση του καυσίμου προσδίδονται στον κύκλο 998.83 kJ θερμότητας ανά kg ιδανικού αέρα και ο αέρας εισέρχεται στον κύκλο σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 90 kPa . Να σχεδιαστεί προσεγγιστικά η παραπάνω διεργασία σε διαγράμματα P-v και T-s.

ΘΕΜΑ 4 (20%) ✓

Ατμός εισέρχεται σε στρόβιλο σε πίεση 10 MPa και θερμοκρασία 600°C . Στην έξοδο του στρόβιλου η πίεση είναι 0.01 MPa . Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση του στρόβιλου εάν η ισεντροπική του απόδοση είναι 80% και ο ρυθμός παροχής μάζας είναι 110 kg/min . $\eta = \frac{W}{Q_{in}}$

ΘΕΜΑ 5 (25%)

Στη διάταξη κυλίνδρου-εμβόλου που εικονίζεται στο σχήμα περιέχονται 1.4 kg ψυκτικού R-134a σε κατάσταση μίγματος κορεσμένου υγρού και ατμού, θερμοκρασίας 10°C και ποιότητας 72% . Το έμβολο έχει εγκάρσια διατομή 0.1 m^2 και αρχικά ακουμπά στα στηρίγματα. Η πίεση που απαιτείται για την απομάκρυνση του εμβόλου από τα στηρίγματα είναι 500 kPa . Το ψυκτικό θερμαίνεται έως ότου μετατραπεί σε κορεσμένο ατμό. Εάν κατά τη διεργασία αυτή το έμβολο μετακινηθεί, πόσο θα είναι το κλάσμα μάζας του υγρού ψυκτικού τη στιγμή που το έμβολο αφήνει τα στηρίγματα και κατά πόσο θα μετακινηθεί τελικά το έμβολο;



Τα δεδομένα που απαιτούνται δίνονται στην πίσω σελίδα.

Καλή επιτυχία

ΘΕΜΑ 1
Αρχικοί

$$\begin{array}{l} V_1 = 1 \text{ m}^3 \\ T_1 = 25^\circ\text{C} \\ P_1 = 500 \text{ kPa} \end{array}$$

—

$$\begin{array}{l} m_2 = 5 \text{ kg} \\ T_2 = 35^\circ\text{C} \\ P_2 = 200 \text{ kPa} \end{array}$$

$$R = 0.2870 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kgK}}$$

$$T_{\text{τελ}} = 20^\circ\text{C}$$

Στο Σχέδιο 1 αρχικοί έχω :

$$m_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{500 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{0.2870 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kgK}} \cdot (25 + 273) \text{ K}} \Rightarrow$$

$$m_1 = 5.8462 \text{ kg}$$

Στο Σχέδιο 2 αρχικοί έχω:

$$V_2 = \frac{m_2 R T_2}{P_2} = \frac{5 \text{ kg} \cdot 0.2870 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kgK}} \cdot (35 + 273) \text{ K}}{200 \text{ kPa}} \Rightarrow$$

$$V_2 = 2.2099 \text{ m}^3$$

Τελικά έχω ένα σύστημα σε ισορροπία

με όγκο $V_{\text{τελ}} = V_1 + V_2$ και μάζα $m_{\text{τελ}} = m_1 + m_2$.

Επομένως:

$$P_{\text{τελ}} = \frac{m_{\text{τελ}} R T_{\text{τελ}}}{V_{\text{τελ}}} \Rightarrow P_{\text{τελ}} = 284.1421 \text{ kPa}$$

ΘΕΜΑ 2

$T_1 = 17^\circ\text{C}$
 $P_1 = 200 \text{ kPa}$
 $V_1 = 200 \text{ m/s}$
 $A_1 = 0.5 \text{ m}^2$

$T_2 = ?$
 $V_2 = ?$

$$R = 0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / (\text{kgK})$$

$$h_f = 290 \text{ kJ/kg}$$

$$T_1 = 17^\circ\text{C} = 17 + 273 = 290 \text{ K}$$

α) Για τον υπολογισμό της παροχής μάζας, πρέπει πρώτα να υπολογιστεί ο ειδικός όγκος του αέρα με τη βοήθεια της εξίσωσης των ιδεατών αερίων στις συνθήκες εισόδου:

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kgK}} \cdot 290 \text{ K}}{200 \text{ kPa}} \Rightarrow v_1 = 0.8323 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \rho V_{\text{αν}} A \text{ επομένως } \dot{m} = \frac{1}{v_1} V_1 A_1 \Rightarrow$$

$$\dot{m} = \frac{1}{0.8323 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \left(200 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) (0.5 \text{ m}^2) \Rightarrow \dot{m} = 120.15 \text{ kg/s}$$

$$\beta) v_1 = 0.8323 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

γ) Το ισόθερμο ενέργειας για το σύστημα γράφεται:

$$\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{out}} = 0 \Rightarrow \dot{E}_{\text{in}} = \dot{E}_{\text{out}}$$

$$\dot{m} \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right) \quad \left(\text{επειδή } \dot{Q} \approx 0, \dot{W} = 0 \text{ και } \Delta p_e = 0 \right)$$

$$h_2 = h_1 + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2}$$

$$h_2 = 290 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \frac{(200 \text{ m/s})^2 - 0}{2} \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) \Rightarrow$$

$$h_2 = 310 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \xrightarrow{A-17} T_2 = 310 \text{ K}$$

ή από παρεμβολή $T_2 = 309.95 \text{ K}$

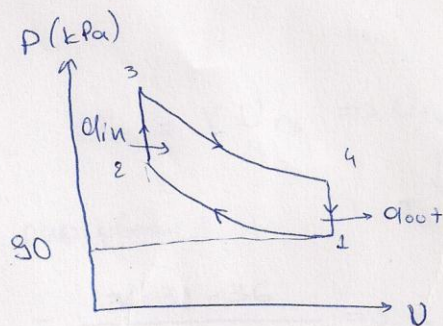
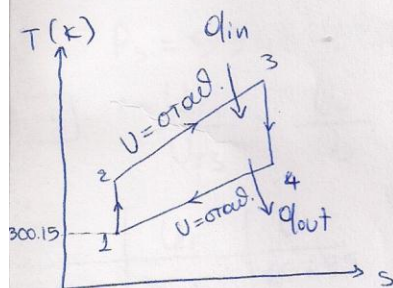
ΘΕΜΑ 3

$$r = 9.998$$

$$q_{in} = 998.83 \text{ kJ/kg}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = (273.15 + 27) \text{ K} = 300.15 \text{ K} \approx 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 90 \text{ kPa}$$



- 1-2 Ισεντροπική συμπίεση
- 2-3 Ισόθερμη ($v = \text{σταθ}$) προσθήκη θερμότητας
- 3-4 Ισεντροπική εκτόνωση
- 4-1 Ισόθερμη ($v = \text{σταθ}$) απόρριψη θερμότητας

1-2

$$T_1 = 300 \text{ K} \xrightarrow{\text{A-17}} u_1 = 214.07 \text{ kJ/kg}$$

$$v_{r1} = 621.2$$

$$\frac{v_{r2}}{v_{r1}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{r} \Rightarrow v_{r2} = \frac{v_{r1}}{r} = \frac{621.2}{9.998} \Rightarrow v_{r2} = 62.13$$

$$\downarrow \text{A-17}$$

$$T_2 = 730 \text{ K}$$

$$u_2 = 536.07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\frac{P_2 v_2}{T_2} = \frac{P_1 v_1}{T_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \left(\frac{v_1}{v_2} \right) \Rightarrow P_2 = 90 \text{ kPa} \left(\frac{730}{300} \right) 9.998$$

$$P_2 = 2189.562 \text{ kPa}$$

2-3 $q_{in} = u_3 - u_2 \Rightarrow u_3 = q_{in} + u_2 \Rightarrow u_3 = 1534.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\downarrow \text{A-17}$$

$$T_3 = 1850 \text{ K}$$

$$v_{r3} = 3.601$$

$$\frac{P_3 U_3}{T_3} = \frac{P_2 U_2}{T_2} \Rightarrow P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2} \right) \left(\frac{U_2}{U_3} \right) \Rightarrow$$

$$P_3 = 2189.562 \text{ kPa} \cdot \left(\frac{1850}{730} \right) \cdot 1 \Rightarrow$$

$$P_3 = 5548.89 \text{ kPa}$$

$$P_3 = 5548.89 \text{ kPa}$$

$$\boxed{3-4} \quad \frac{U_{r4}}{U_{r3}} = \frac{U_4}{U_3} = r \Rightarrow U_{r4} = r U_{r3} \Rightarrow U_{r4} = 36.00$$

$$\downarrow A-17$$

$$T_4 = 885.3 \text{ K}$$

Графикли παρεмбоду:

T	U _r	U
880	36.61	657.95
x	36	y
900	34.31	674.58

$$\frac{900-x}{900-880} = \frac{34.31-36}{34.31-36.61} \Rightarrow x = 885.3 \text{ K}$$

$$\frac{674.58-y}{674.58-657.95} = \frac{34.31-36}{34.31-36.61} \Rightarrow y = 662.36 \text{ kJ/kg}$$

$$U_4 = 662.36 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{\text{out}} = U_4 - U_1 \Rightarrow q_{\text{out}} = 448.29 \text{ kJ/kg}$$

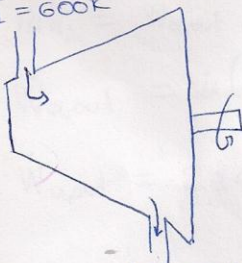
$$W_{\text{net}} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}} \Rightarrow W_{\text{net}} = 550.54 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{q_{\text{in}}} \Rightarrow \eta_{\text{th}} = 0.5512 \quad \text{и} \quad 55.12\%$$

ΘΕΜΑ 4

$$P_1 = 10 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

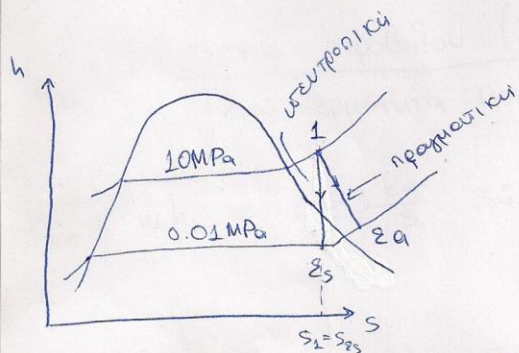


$$P_2 = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\eta_T = 0.8$$

$$\dot{m} = 110 \text{ kg/min} = \frac{110}{60} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1.83 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\eta_T = \frac{W_a}{W_s} \approx \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$



Κατάσταση 1 :

$$P_1 = 10 \text{ MPa} \xrightarrow{A-6}$$

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

$$h_1 = 3625.3 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = 6.9029 \text{ kJ/(kgK)}$$

Κατάσταση 2a :

$$P_{2a} = 0.01 \text{ MPa}$$

Κατάσταση 2s :

$$P_{2s} = 0.01 \text{ MPa} \xrightarrow{A-5}$$

$$(s_{2s} = s_1)$$

$$s_{2s} = s_f + X_{2s} s_{fg}$$

$$s_f = 0.6493 \text{ kJ/(kgK)}$$

$$s_g = 8.1502 \text{ kJ/(kgK)}$$

$$s_{fg} = 7.5009 \text{ kJ/(kgK)}$$

$$s_f < s_{2s} < s_g$$

$$X_{2s} = \frac{s_{2s} - s_f}{s_{fg}} \Rightarrow X_{2s} = 0.8337$$

$$h_{2s} = h_f + X_{2s} h_{fg} \xrightarrow{A-5} (191.83 + 0.8337 \cdot (2392.8)) \text{ kJ/kg} \Rightarrow$$

$$h_{2s} = 2186.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \Rightarrow \eta_T (h_1 - h_{2s}) = h_1 - h_{2a} \Rightarrow h_{2a} = h_1 - \eta_T (h_1 - h_{2s})$$

$$h_{2a} = (3625.3 - 0.8 (3625.3 - 2186.7)) \text{ kJ/kg} \Rightarrow$$

$$h_{2a} = 2474.42 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

$$\dot{m}h_1 = \dot{W}_{a,out} + \dot{m}h_{2a}$$

$$\dot{W}_{a,out} = \dot{m}(h_1 - h_{2a})$$

$$\dot{W}_{a,out} = 2106.1104 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{W}_{a,out} = 2106.1104 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\dot{W}_{a,out} = 2106.1104 \text{ kW} \quad \text{ωχύς στρόβιλου}$$

$$\eta_{th} = \frac{\text{ωχύς στρόβιλου } (\dot{W}_{a,out})}{\text{ολική θερμότητα που παρέχεται } (\dot{q}_{in})}$$

$$\dot{q}_{in} = \dot{m}h_1 = 1.83 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 3625.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{q}_{in} = 6634.299 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\eta_{th} = 0.317 \quad \text{ή} \quad 31.7\%$$