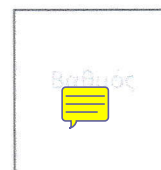




ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ: Παρασκευή Παναγιωτοπούλου

3^η ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Προθεσμία υποβολής : 14:00, Τρίτη 12 Μαΐου, 2020

Ονοματεπώνυμο:	Πανίος Αγγελος
Αριθμός μητρώου:	2018050055

Απαντήστε τις ερωτήσεις χειρόγραφα στο χώρο που σας δίδεται ή στην πίσω πλευρά της κάθε σελίδας. Ψάξτε στο βιβλίο και στο eClass[MHPER257] για δεδομένα που πιθανόν να λείπουν από τις ερωτήσεις. Προσοχή στις (σωστές) μονάδες. Όλες οι ερωτήσεις είναι ισοδύναμες, με 10 μονάδες για τη σωστή απάντηση, ενώ μη πλήρεις απαντήσεις θα παίρνουν ανάλογα λιγότερες μονάδες. Παρακαλώ «ανεβάσετε» σκαναρισμένες τις απαντήσεις σας σε ένα μόνο pdf στο Eclass μέχρι την ώρα που λήγει η προθεσμία υποβολής. Εκπρόθεσμες υποβολές δεν μπορούν να γίνουν δεκτές. Η βαθμολογία των ασκήσεων θα συνεισφέρει στον τελικό βαθμό του μαθήματος μόνο θετικά με 10%. Η παράμετρος «A1» στις ασκήσεις αντιστοιχεί στο **άθροισμα που δίνουν τα δύο τελευταία ψηφία του αριθμού μητρώου σας**, όπως καταγράφεται στην πρώτη σελίδα, και πρέπει να αντικατασταθεί από αυτόν. Π.χ. αν AM=2013050009 τότε A1=9, αν AM=20130500155 τότε A1=10 και αν AM=20130500098 τότε A1=17.

A1=	10
-----	----

Μην ξεχάσετε να γράψετε το όνομα, το επώνυμο, τον αριθμό μητρώου σας. Αναφέρετε σαφώς όλες τις παραδοχές σας. Προσοχή στις σωστές μονάδες!

Θεωρούμε έναν κύκλο θερμικής μηχανής Carnot, ο οποίος εκτελείται σε κλειστό σύστημα, χρησιμοποιώντας $[1 + A1/10]$ kg ψυκτικό R 134-a. Ο κύκλος έχει θερμική απόδοση $[28+0.5 \cdot A1]\%$ και κατά τη διάρκεια της διεργασίας προσθήκης θερμότητας, το ψυκτικό μεταβάλλεται από κορεσμένο υγρό σε κορεσμένο ατμό στους 50°C . Να προσδιοριστεί (α) το συνολικό ανά κύκλο έργο της μηχανής (β) η θερμοκρασία του ψυχοδοχείου και (γ) η θερμότητα που απορρίπτεται ανά κύκλο.

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

■ Μάζα ψυκτικού R134a	$[1+A1/10]$ kg = 2 kg
■ Θερμική απόδοση κύκλου	$[28+0.5 \cdot A1] \% = 33 \%$

a) $\text{κατ. 1} \xrightarrow{\text{AII}} h_1 = h_f @ 50^\circ\text{C} \rightarrow \frac{50-48}{52-48} = \frac{h_1 - 118,35}{124,58 - 118,35} \Rightarrow h_1 = 121,465 \text{ kJ/kg}$
 κορ. υγρό
 $T = 50^\circ\text{C}$

$\text{κατ. 2} \xrightarrow{\text{AII}} h_2 = h_g @ 50^\circ\text{C} \rightarrow \frac{50-48}{52-48} = \frac{h_2 - 271,68}{273,24 - 271,68} \Rightarrow h_2 = 272,46 \text{ kJ/kg}$
 κορ. ατμός
 $T = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$

$Q_H = m(h_2 - h_1) = 2 \text{ kg} (272,46 - 121,465) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 302 \text{ kJ}$

$\eta_{th} = \frac{W_{net, out}}{Q_H} \Rightarrow W_{net, out} = 0,33 \cdot 302 \text{ kJ} = 99,66 \text{ kJ ανά κύκλο}$

b) Μηχανή Carnot $\rightarrow$ αντιστρεψίμη διεργασία $\rightarrow \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H}$ (1)
 ή $\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{323 \text{ K}} = 0,33 \Rightarrow T_L = 216,41 \text{ K}$

γ) $Q_L = Q_H - W_{net} = 302 - 99,66 = 202,34 \text{ kJ}$

είσχαται το συν (2) $\rightarrow \frac{202,34}{302} = \frac{T_L}{323} \Rightarrow T_L = 216,41 \text{ K}$

Ένα σύστημα κατάψυξης χρησιμοποιείται για να ψύξει καρβέλια ψωμιού με μέση μάζα $[425+5 \cdot A1]$ g από τους $[25+0.5 \cdot A1]$ °C στους -10 °C, με ρυθμό 1100 καρβέλια την ώρα, με κρύο αέρα θερμοκρασίας -30 °C. Η μέση ειδική θερμότητα του ψωμιού είναι $2.93 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$ (για να ψυχθεί στους -10 °C) και η λανθάνουσα θερμότητα 109.3 kJ/kg (για να παγώσει στους -10 °C). Να υπολογιστούν (α) ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας από τα ψωμιά σε kJ/h (β) η απαιτούμενη παροχή αέρα, σε m^3/h , εάν η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 8 °C και (γ) το μέγεθος του συμπιεστή ψύξης σε kW , αν το σύστημα κατάψυξης λειτουργεί με $\text{COP} [1.10+0.01 \cdot A1]$. Δίνεται ότι για τον αέρα μέση ειδική θερμότητα $c_p=1.00 \text{ kJ/(kg K)}$ και πίεση 101 kPa .

Να συμπληρωθούν για το $A1=100$ σας:

▪ Η μέση μάζα του ψωμιού	$[425+5 \cdot A1] \text{ kg} = 475 \text{ kg} = 0,475 \text{ kg}$
▪ Αρχική θερμοκρασία ψωμιού	$[25+0.5 \cdot A1] ^\circ\text{C} = 30 ^\circ\text{C}$
▪ COP	$[1.10+0.01 \cdot A1] = 1,2$

$$\dot{m}_d = 1100 \cdot 0,475 = 522,5 \text{ kg/h} = 0,145 \text{ kg/s}$$

$$\Delta T_{\text{ψωμίων}} = 30 - (-10) = 40 ^\circ\text{C/K}$$

$$h_{fg} = 109,3 \text{ kJ/kg}$$

$$a) \dot{Q}_L = h_{fg} \cdot \dot{m} = 109,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 522,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 57109,25 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$b) \Delta T_{\text{air}} = 8 - (-30) = 38 ^\circ\text{C/K}$$

$$\Delta h_{\text{air}} = c_p \Delta T = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 38 \text{ K} = 38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} \Delta h_{\text{air}} = \dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_1 h_1 = 281,13 - 243,03 = 38,1 \text{ kJ/kg}$$

Από παραβολή στον A17 για $T_1 = 243 \text{ K}, T_2 = 281 \text{ K}$

A17

$$\frac{243-240}{250-240} = \frac{h_1-240,02}{250,05-240,02} = \frac{h_1-171,13}{178,28-171,13} \Rightarrow h_1 = 243,03 \text{ kJ/kg} \quad \left. \begin{array}{l} h_1 = h_1 + p v_1 \\ h_1 = 173,28 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} v_1 = \frac{h_1 - h_1}{p}$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{243,03 - 173,28}{101} = 0,697 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \dot{m} p v = \dot{m} R T \Rightarrow \dot{m} = \frac{101}{697} \dot{V} \Rightarrow \dot{V} = \frac{69,7}{101} = 0,697 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Γορίων: } \dot{W}_{\text{net, in}} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L = 61237 - 57109,25 = 4127,75 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 1,15 \text{ kW}$$

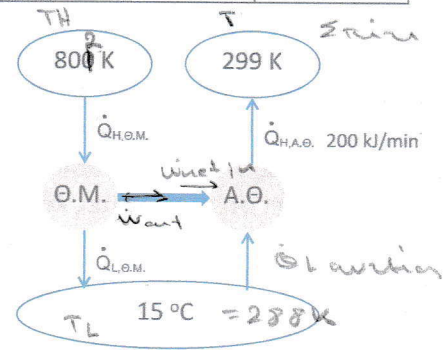
$$\dot{Q}_H = \dot{m} c_p \Delta T = 522,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 40 ^\circ\text{C} \cdot 2,93 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} = 61237 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Στον συμπιεστή: } \dot{W}_{\text{net, in}} = \dot{m} \Delta h_{\text{air}} \Rightarrow \dot{m} = \frac{1,15 \text{ kJ/h}}{38,1 \text{ kJ/kg}} = 0,03 \text{ kg/s}$$

$$\dot{V} = \dot{m} v = 0,697 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \approx 20 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$g) \text{COP} = 1,2 = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net, in}}} \Rightarrow \dot{W}_{\text{net, in}} = \frac{57109,25}{1,2} = 47591,01 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \approx 13,22 \text{ kW}$$

Μία θερμική μηχανή Carnot λαμβάνει θερμότητα στους $[800.0+0.2 \cdot A1]$ K και απορρίπτει την άχρηστη θερμότητα στο περιβάλλον, το οποίο έχει θερμοκρασία 15°C . Το συνολικό έργο εξόδου αυτής της μηχανής χρησιμοποιείται για τη λειτουργία μιας αντιστρεπτής αντλίας θερμότητας, η οποία απάγει θερμότητα από το ίδιο περιβάλλον και παρέχει θερμότητα με ρυθμό $[200+A1]$ kJ/min σε ένα σπίτι, η θερμοκρασία του οποίου πρέπει να διατηρείται στους 299 K. Να υπολογίσετε:



(α) το ρυθμό με τον οποίο προσφέρεται θερμότητα στην θερμική μηχανή

(β) το ρυθμό απόρριψης θερμότητας της θερμικής μηχανής προς το περιβάλλον

(γ) το ρυθμό απαγωγής θερμότητας της αντλίας θερμότητας από το περιβάλλον

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

▪ Η θερμοκρασία του θερμοδοχείου της θερμικής μηχανής Carnot	$[800.0+0.2 \cdot A1]$ K = 802 K
▪ Ο ρυθμός με τον οποίο η αντλία θερμότητας προσφέρει θερμότητα στο σπίτι	$[200+A1]$ kJ/min = 210 kJ/min

α) Για την Α.Θ. $COP_{HP} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}} = \frac{1}{1 - \frac{288\text{K}}{802\text{K}}} = 27,18$

$COP_{HP} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}_{net,in}} \Rightarrow \dot{W}_{net,in(HP)} = \frac{\dot{Q}_H}{COP_{HP}} = \frac{210 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}}{27,18} = 0,145 \text{ kW}$

$\dot{W}_{net,in(HP)} = \dot{W}_{net,out(\Theta.M.)} = 0,145 \text{ kW}$

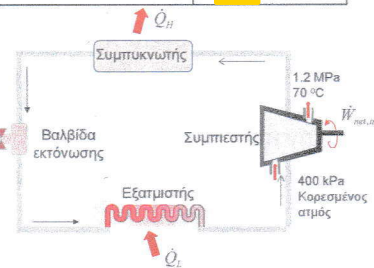
Για την Θ.Μ. $\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{288\text{K}}{802\text{K}} = 0,64$ ή 64%.

$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net,out}}{\dot{Q}_H} \Rightarrow \dot{Q}_H = \frac{\dot{W}_{net,out}}{\eta_{th}} = \frac{0,145 \text{ kW}}{0,64} = 0,23 \text{ kW}$

β) Θ.Μ. $\rightarrow \dot{W}_{net,out} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L \Rightarrow \dot{Q}_L = 0,23 - 0,145 = 0,085 \text{ kW}$

γ) Για την αντλία: $\dot{W}_{net,in} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L \Rightarrow \dot{Q}_L = \frac{210 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} - 0,145 \text{ kW} = 3,35 \text{ kW}$

Ένα κλιματιστικό με εργαζόμενο μέσο ψυκτικό R-134a χρησιμοποιείται για τη διατήρηση ενός δωματίου στους 23 °C, απορρίπτοντας θερμότητα στον εξωτερικό αέρα στους 34 °C. Το δωμάτιο προσλαμβάνει θερμότητα διαμέσου των τοίχων και των παραθύρων του με ρυθμό [250+A1] kJ/min, ενώ η θερμότητα που εκλύεται από έναν υπολογιστή, μία τηλεόραση και τα φώτα του δωματίου ανέρχεται στα 900 W. Το ψυκτικό εισέρχεται στον συμπιεστή στα 400 kPa ως κορεσμένος ατμός με ρυθμό [80 +A1] L/min και εξέρχεται στα 1.2 MPa και στους 70 °C. Να υπολογίσετε:



- (α) Τον συντελεστή λειτουργίας του κλιματιστικού
 (β) Την μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο συντελεστής λειτουργίας του κλιματιστικού
 (γ) Την ελάχιστη παροχή όγκου του ψυκτικού στην είσοδο του συμπιεστή, για τις ίδιες συνθήκες εισόδου και εξόδου.

Να συμπληρωθούν για το A1=... σας:

Ο ρυθμός πρόσληψης θερμότητας του δωματίου	[250+A1] kJ/min = 260 kJ/min
Ο ρυθμός παροχής όγκου του ψυκτικού στον συμπιεστή	[80 +A1] L/min = 90 L/min

$$T_L = 23^\circ\text{C} = 296\text{K}$$

$$T_H = 34^\circ\text{C} = 307\text{K}$$

$$\dot{Q} = 260 \text{ kJ/min} = 4.33 \text{ kJ/s} \quad \left. \begin{array}{l} \dot{Q}_{\text{other}} = 0.9 \text{ kJ/s} \\ \dot{Q}_{\text{other}} = 0.9 \text{ kJ/s} \end{array} \right\} \dot{Q}_{\text{in}} = 5.23 \text{ kJ/s}$$

α) Για να διατηρηθεί η θερμοκρασία: $\dot{Q}_{\text{in}} = \dot{Q}_L = 5.23 \text{ kJ/s}$

Κατ. 1

$$P_1 = 0.4 \text{ MPa} \xrightarrow{\text{A11}} T = T_{\text{sat}} @ 0.4 \text{ MPa} = 8.93^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{ισοβαρική}} \frac{8.93 - 8}{12 - 8} = \frac{v_1 - 0.0525}{0.046 - 0.0525} \Rightarrow v_1 = 0.051 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{και } \frac{8.93 - 8}{12 - 8} = \frac{h_1 - 251.8}{254.03 - 251.8} \Rightarrow h_1 = 252.32 \text{ kJ/kg}$$

Κατ. 2

$$P_2 = 1.2 \text{ MPa} \left. \begin{array}{l} \text{A12} \\ T_2 = 70^\circ\text{C} \end{array} \right\} T_{\text{sat}} @ 1.2 \text{ MPa} = 46.32^\circ\text{C} < T_2 \Rightarrow \text{Υπερθερμός ατμός ψυκτικού R134a}$$

$$\dot{W}_{\text{net},\text{in}} = \dot{m}(h_2 - h_1) = \frac{\dot{V}_{\text{in}}}{v_1} (h_2 - h_1) = \frac{90 \text{ L/min}}{0.051 \text{ m}^3/\text{kg}} (298.96 - 252.32) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{W}_{\text{net},\text{in}} = 0.03 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (298.96 - 252.32) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1.4 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{90 \cdot 0.001 \text{ m}^3}{60 \text{ s}} \frac{1}{0.051 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0.03 \text{ kg/s}$$

β) Μέγιστη τιμή COP_R → αντιστροφή ψυχής

$$\text{COP}_{R,\text{rev}} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{1}{\frac{307\text{K}}{296\text{K}} - 1} = 26.9$$

$$\text{COP}_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net},\text{in}}} = \frac{5.23 \text{ kJ/s}}{1.4 \text{ kJ/s}} = 3.74 \quad (\text{COP}_{R,\text{rev}})$$

$$\gamma) \text{ COP}_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net},\text{in}}} \rightarrow \text{COP}_{\text{max}} \text{ για } \dot{W}_{\text{net},\text{in}} \text{ min}$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{\text{net},\text{min}} = \frac{\dot{Q}_L}{\text{COP}_{R,\text{rev}}} = \frac{5.23}{26.9} = 0.2 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow 0.2 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m}_{\text{min}} \frac{\text{kJ}}{\text{s}} (298.96 - 252.32) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{m}_{\text{min}} = 4.3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\dot{V}_{\text{min},1} = \dot{m}_{\text{min},1} \cdot v_1 = 4.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0.051 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{min},1} = 2.19 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 13.14 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Ένα άκαμπτο δοχείο περιέχει $[5.0+0.1 \cdot A1]$ kg κορεσμένου ατμού H_2O θερμοκρασίας $[100.0+0.5 \cdot A1]$ °C. Ο υδρατμός ψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C. Να υπολογίσετε:
 (α) τη μεταβολή της εντροπίας κατά τη διάρκεια της διεργασίας
 (β) την παραγόμενη εντροπία
 (γ) να σχεδιάσετε την διεργασία σε διάγραμμα T-s ως προς τις γραμμές κορεσμού.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

■ Η μάζα του ατμού	$[5.0+0.1 \cdot A1]$ kg = 6 kg
■ Η αρχική θερμοκρασία του ατμού	$[100.0+0.5 \cdot A1]$ °C = 105 °C

α) κατ. 1

$$\left. \begin{array}{l} \text{κορεσμένος ατμός} \\ T_1 = 105^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑ4}} \left. \begin{array}{l} S_1 = S_g @ 105^\circ\text{C} = 7.2958 \text{ kJ/kgK} \\ V_1 = V_g @ 105^\circ\text{C} = 1.4194 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\}$$

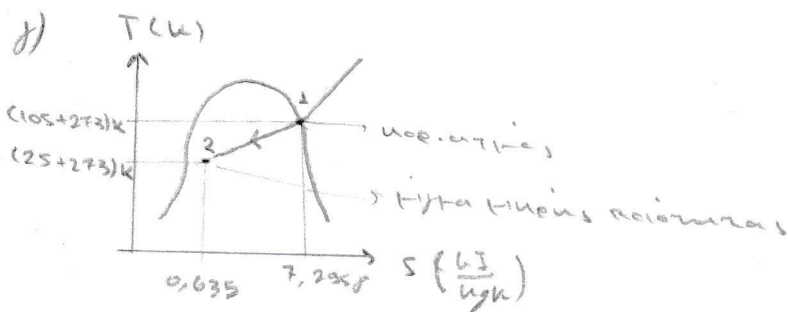
κατ. 2

$$\left. \begin{array}{l} V_2 = V_1 = 1.4194 \text{ m}^3/\text{kg} \\ T_2 = 25^\circ\text{C} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑ4}} V_f = 0.001003 < V_2 < V_g = 43.36 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow \text{κορεσμένο υγρό ατμό} \\ X = \frac{1.4194 - 0.001003}{43.36 - 0.001003} = 0.0327 \text{ ή } 3.3\%$$

$$S_2 = S_f + X S_{fg} @ 25^\circ\text{C} = 0.3674 + 0.0327 \cdot 8.1906 = 0.635 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Delta S = m \Delta s = 6 \text{ kg} (0.635 - 7.2958) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = -39.96 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

β) Κρισιό σιαντα και η αντιστετική διεργασία
 Πείραμα $\Delta S_{\text{syst}} > S_{\text{gen}}^{(1)}$
 $S_{\text{gen}} > 0$ } Η διεργασία θα είναι εφικτή
 και $\Delta S_{\text{syst}} < 0 \Rightarrow S_{\text{gen}} < 0 \rightarrow \text{Αδύνατο}$



Ένα κομμάτι χαλκού (Copper) μάζας $[70+A1]$ kg, αρχικά σε υψηλή θερμοκρασία T , βυθίζεται σε μονωμένο δοχείο που περιέχει 170 L νερού στους $[10+A1]^{\circ}\text{C}$. Αν η τελική θερμοκρασία ισορροπίας είναι $[25+A1]^{\circ}\text{C}$, να προσδιορισθεί (α) η αρχική θερμοκρασία του χαλκού και (β) η ολική μεταβολή της εντροπίας για τη διεργασία αυτή.

Να θεωρηθεί ότι πυκνότητες και ειδικές θερμότητες είναι σταθερές.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$, σας:

▪ Μάζα χαλκού	$[70+A1]\text{kg} = 80\text{kg}$
▪ Αρχική Θερμοκρασία Νερού	$[10+A1]^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$
▪ Θερμοκρασία ισορροπίας συστήματος	$[25+A1]^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$

α) ΠΑ3 $\rightarrow c_{\text{copper}} = 0,386 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$

Μονωμένο σύστημα $\Rightarrow \Delta U_{\text{ολικό}} = 0 \Leftrightarrow \Delta U_{\text{copper}} + \Delta U_{\text{water}} = 0$ (1)

ΠΑ3 για το νερό: $\left. \begin{array}{l} T \\ 0 \\ 25 \end{array} \right\} \begin{array}{l} c_p \\ 4,23 \\ 4,18 \end{array} \rightarrow \text{θεωρούμε } c_{pw} = 4,20 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \text{ για } T_w = 20^{\circ}\text{C}$

(1) $\Rightarrow m_{\text{copper}} c_{\text{copper}} (T - T_{\text{cop.}}) + m_w c_{pw} (T - T_w) = 0$

$\rho_w = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{m}{V} \Rightarrow m_w = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 170 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 169,5 \text{ kg}$

(1) $\Rightarrow 80 \text{ kg} \cdot 0,386 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} (35 - T_{\text{cop.}})^{\circ}\text{C} + 169,5 \text{ kg} \cdot 4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} (35 - 20)^{\circ}\text{C} = 0$

$\Rightarrow 1080,8 - 398,8 T_{\text{copper}} + 24916,5 - 14238 = 0 \Rightarrow T_{\text{copper}} = 380,8^{\circ}\text{C}$

β) Για ασυμπίεστη ουσία, $dV=0$ (βλ. σταθερά και γράφω):

$ds = \frac{du}{T} + \frac{p dv}{T} \Rightarrow \Delta s = \int_1^2 \frac{c_p}{T} dT = c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$

Για τον χαλμό: $\Delta s = c_{\text{copper}} \ln \left(\frac{T_F}{T_{\text{cop}}} \right) = 0,386 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot \ln \left(\frac{35+273}{380,8+273} \right) = -0,291 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$

Για το νερό: $\Delta s = c_w \ln \left(\frac{T_F}{T_w} \right) = 4,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot \ln \left(\frac{35+273}{20+273} \right) = 0,21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$

$\Delta S_{\text{ολικό}} = m_{\text{copper}} \Delta s_{\text{copper}} + m_{\text{water}} \Delta s_{\text{water}}$

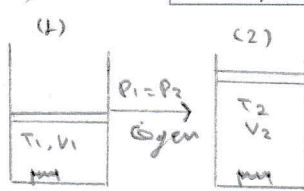
$\Rightarrow \Delta S_{\text{ολικό}} = 80 \text{ kg} (-0,291) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} + 169,5 \text{ kg} \cdot 0,21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} = 12,32 \frac{\text{kJ}}{\text{C}}$

Μια μονωμένη διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου περιέχει αρχικά $[300+5 \cdot A1]$ L αέρα σε 110 kPa και 17°C . Ο αέρας θερμαίνεται επί $[15+A1]$ min από θερμαντήρα ηλεκτρικής αντίστασης ισχύος 200 W τοποθετημένης στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Κατά τη διάρκεια της διεργασίας η πίεση του αέρα διατηρείται σταθερή. Να υπολογιστεί η μεταβολή της εντροπίας του αέρα υποθέτοντας (α) σταθερές ειδικές θερμότητες και (β) μεταβλητές ειδικές θερμότητες.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

■ Αρχικός όγκος αέρα	$[300+5 \cdot A1] \text{ L} = 350 \text{ L}$
■ Διάρκεια θέρμανσης	$[15+A1] \text{ min} = 25 \text{ min}$

a)



$$m = \frac{P_1 V_1}{R_{air} T_1} = \frac{110 \text{ kPa} \cdot 350 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,2870 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 290 \text{ K}} = 0,462 \text{ kg}$$

$$\dot{Q}_{gen} = 200 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 25 \cdot 60 \text{ s} = 300 \text{ kJ}$$

$$q_{gen} = \frac{\dot{Q}_{gen}}{m} = \Delta u = u_2 - u_1$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{300 \text{ kJ}}{0,462 \text{ kg}} + 290,16 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 939,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{ΠΑΙΖ} \rightarrow \frac{T_2 - 900}{920 - 900} = \frac{939,5 - 932,93}{935,38 - 932,93} \Rightarrow T_2 = 905,85 \text{ K} = 632,85^\circ\text{C}$$

$$\text{ισοβαρής εκτόνωση} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = 350 \text{ L} \cdot \frac{905,85 \text{ K}}{290 \text{ K}} = 1093 \text{ L} = 1,093 \text{ m}^3$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{1,093 \text{ m}^3}{0,462 \text{ kg}} = 2,3658 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$T_1 = 290 \text{ K} \rightarrow c_{v,1} \approx c_{v@300\text{K}} = 0,718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$T_2 = 905,85 \text{ K} \rightarrow \frac{905,85 - 900}{1000 - 900} = \frac{c_{v,2} - 0,834}{0,855 - 0,834} \Rightarrow c_{v,2} = 0,835 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$s_2 - s_1 = c_{v,avg} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta s = 0,776 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot \ln\left(\frac{905,85}{290}\right) + 0,2870 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \ln\left(\frac{2,3658}{0,7575}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta s = 1,211 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$c_{v,avg} = \frac{0,718 + 0,835}{2}$$

$$\Rightarrow c_{v,avg} = 0,776 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

το ίδιο σφάλμα γιατί έχω το ίδιο διάστημα θερμοκρασίας.
 $\Delta T = 300 \text{ K} \ll 616 \text{ K}$

b) Μεταβλητές ειδικές θερμότητες $\rightarrow s_2 - s_1 = s_2^o - s_1^o - R \ln \frac{P_2}{P_1} \rightarrow \Delta s = 0$

$$\text{ΠΑΙΖ} \rightarrow 2,85577 - 1,66802 = 1,1877$$

$$T_1 = 290 \text{ K}$$

$$T_2 = 905,85 \text{ K} \rightarrow \frac{905,85 - 900}{920 - 900} = \frac{s_2^o - 2,84856}{2,87324 - 2,84856} \Rightarrow s_2^o = 2,85577$$

Αέριο Αργό (Ar) υπό πίεση $[90+A1]$ kPa και θερμοκρασία 30°C συμπιέζεται αντιστρεπτά και αδιαβατικά μέχρι τελικής πίεσης $[450+A1]$ kPa. Να υπολογίσετε την τελική θερμοκρασία, τον ειδικό όγκο στην αρχική και τελική κατάσταση, και το έργο (σε kJ/kg) που μεταφέρεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας συμπίεσης όταν αυτή εκτελείται:

(α) σε διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου

(β) σε συμπίεστή σταθεροποιημένης ροής

Να θεωρήσετε ότι το Ar συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο με σταθερές ειδικές θερμότητες.

Να συμπληρωθεί για το $A1=10$ σας:

$$T_1 = 30^\circ\text{C} = 303\text{K}$$

▪ Η αρχική πίεση	$[90+A1]$ kPa = 100 kPa
▪ Η τελική πίεση	$[450+A1]$ kPa = 460 kPa

Αντιστρεπτά και αδιαβατικά $\rightarrow$ ισοθερμική διεργασία

α) 2η ισοθερμική σχέση: $\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_2}{T_1}$ $\xrightarrow{k=1,667}$ $\left(\frac{460}{100}\right)^{\frac{0,667}{1,667}} = \frac{T_2}{303\text{K}} \Rightarrow T_2 = 558\text{K}$

$\downarrow$
Κενωστική αβεβαιότητα

$\Delta T = 255\text{K}$

3η ισοθερμική σχέση: $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k \Rightarrow 4,6 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1,667} \Rightarrow \ln 4,6 = 1,667 \ln \frac{V_1}{V_2}$

ή $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2 T_1}{T_2 P_1} = \frac{460\text{kPa} \cdot 303\text{K}}{558\text{K} \cdot 100\text{kPa}} = 2,49 \text{ (1)}$

$\Rightarrow \ln \frac{V_1}{V_2} = 0,92$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = e^{0,92} = 2,51 \text{ (2)}$

Τελική κατάσταση: $P_2 V_2 = R T_2$

$R = 0,2081 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

$V_2 = \frac{0,2081 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 558\text{K}}{460\text{kPa}} = 0,2505 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

(1) $\Rightarrow V_1 = 0,6290 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

ΠΑ2α $\rightarrow c_p = 0,5203 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, c_v = 0,3122 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

$\Delta u = c_p \Delta T = 0,5203 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 255\text{K} = 132,67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \Delta u = c_v \Delta T = 0,3122 \cdot 255\text{K} = 79,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Αδιαβατική $\rightarrow \Delta G = 0 \Rightarrow \frac{W_b}{m} = \Delta u = c_v \Delta T = 79,61 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

β) Ο υπολογισμός των T_2, V_1, V_2 και τα αποτελέσματα δεν αλλάζουν με τον συμπίεστη

Έργο: $\frac{W_{in}}{m} = -\Delta u = -132,67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Ρεύμα ψυκτικού μέσου R134-a εισέρχεται σε αδιαβατικό συμπιεστή ως κορεσμένος ατμός με πίεση 100 kPa και παροχή όγκου $[0.70+0.01 \cdot A1] \text{ m}^3/\text{min}$ και εξέρχεται με πίεση 1 MPa. Εάν η ισεντροπική απόδοση του συμπιεστή είναι $[80.0+0.1 \cdot A1] \%$ να υπολογίσετε (α) τη θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του συμπιεστή και (β) την ισχύ εισόδου (σε kW).

Να συμπληρωθεί για το $A1=...$ σας:

▪ Η παροχή όγκου του ψυκτικού	$[0.70+0.01 \cdot A1] \text{ m}^3/\text{min} = 0,8 \text{ m}^3/\text{min}$
▪ Η ισεντροπική απόδοση του συμπιεστή	$[80.0+0.1 \cdot A1] \% = 81 \%$

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1} \quad (1)$$

Κατ. 1

$$P_1 = 100 \text{ kPa} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Κορ. ατμός} \end{array} \right\} \text{ΠΑΙ2} \quad \begin{array}{l} T_1 = T_{\text{sat}} @ 0,1 \text{ MPa} = -26,43^\circ\text{C} = 246,57 \text{ K} \\ v_1 = v_g @ 0,1 \text{ MPa} = 0,1517 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_1 = h_g @ 0,1 \text{ MPa} = 231,35 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_g @ 0,1 \text{ MPa} = 0,9395 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1} = \frac{0,0133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,1517 \text{ m}^3/\text{kg}} \Rightarrow \dot{m} = 0,0654 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Κατ. 2 'εξόδου

$$P_2 = 1 \text{ MPa} \quad \left. \begin{array}{l} s_2 = s_1 = 0,9395 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} \text{ΠΑΙ2} \rightarrow s_2 > s_g @ 1 \text{ MPa} = 0,9043 > s_f ; \text{ Άρα εξέρχεται υπερθερμός ατμός ψυκτικού R134a}$$

$$\text{ΠΑΙ3} \quad \frac{s_2 = s_1}{P_2 = 1 \text{ MPa}} \rightarrow \frac{T_2 - 40}{50 - 40} = \frac{0,9395 - 0,9066}{0,9428 - 0,9066} \Rightarrow T_2 = 49,1^\circ\text{C} = 322,1 \text{ K}$$

αν η διαφορά ήταν ισεντροπική

$$\text{b) } \dot{W}_{in,s} = \dot{m} (h_{2s} - h_1)$$

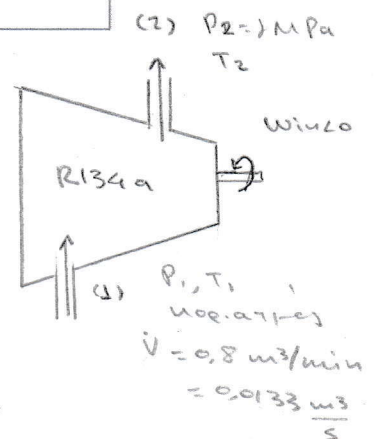
$$\text{ΠΑΙ3} \quad \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{49,1 - 40}{50 - 40} = \frac{h_{2s} - 268,68}{280,19 - 268,68} \Rightarrow h_{2s} = 279,15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{d) } \Rightarrow 0,81 = \frac{279,15 - 231,35}{h_{2a} - 231,35} \Rightarrow h_{2a} = 290,31 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \text{από τα εξόδα παρατηρούμε διαφορά}$$

$$\dot{W}_{in,a} = \dot{m} (h_{2a} - h_1) = 0,0654 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (290,31 - 231,35) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 4,09 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\dot{W}_{in,s} = 0,065 (279,15 - 231,35) = 3,298 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\eta_c = \frac{\dot{W}_s}{\dot{W}_a} = \frac{3,298}{4,09} = 0,806$$



Υδρατμός εκτονώνεται εντός στροβίλου με σταθερό ρυθμό $[9.0+0.5 \cdot A1]$ kg/s εισερχόμενος με πίεση 8 MPa και θερμοκρασία $[500+2 \cdot A1]$ °C και εξερχόμενος σε 40 kPa ως κορεσμένος ατμός. Εάν η ισχύς που παράγεται είναι 5 MW, να προσδιοριστούν (α) η θερμότητα που χάνεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας και (β) ο ρυθμός παραγωγής εντροπίας για αυτήν τη διεργασία. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $[20+A1]$ °C.

Να συμπληρωθούν για το $A1=19$ σας:

Ρυθμός ροής μάζας	$[9.0+0.5 \cdot A1]$ kg/s = 14 kg/s
Θερμοκρασία εισόδου	$[500+2 \cdot A1]$ °C = 520 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	$[20+A1]$ °C = 30 °C

$$\dot{W}_{out} = 5 \text{ MW}$$

$$a) \dot{Q}_{out} - \dot{W}_{out} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (*)$$

κατ. 1

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 8 \text{ MPa} \\ T_1 = 520^\circ \text{C} \end{array} \right\} \text{ΠΑΣ } T_{sat@8 \text{ MPa}} = 295.01^\circ \text{C} < T_1 \Rightarrow \text{υπερθερμός υδρατμός}$$

$$\text{ΠΑΘ} \rightarrow \frac{520 - 500}{550 - 500} = \frac{h_1 - 3398.3}{3521.0 - 3398.3} = \frac{s_1 - 6.7240}{6.8778 - 6.7240}$$

$$\Rightarrow h_1 = 3447.38 \text{ kJ/kg}, s_1 = 6.7855 \text{ kJ/kgK}$$

$$* \Rightarrow \dot{Q}_{out} = 5 \cdot 10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (2636.8 - 3447.38) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 4.99 \text{ MW}$$

$$q_{out} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} = \frac{4.99 \cdot 10^6 \text{ kJ/s}}{14 \text{ kg/s}} = 356 \text{ kJ/kg}$$

*

κατ. 2

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 40 \text{ kPa} \\ \text{κορεσμένος} \end{array} \right\} \text{ΠΑΣ } \begin{array}{l} T_2 = T_{sat@40 \text{ kPa}} = 75.86^\circ \text{C} \\ h_2 = h_{g@40 \text{ kPa}} = 2636.8 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = s_{g@40 \text{ kPa}} = 7.6700 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$b) \text{ Σταθεροποιημένη ροή} \Rightarrow \dot{S}_{in} + \dot{S}_{gen} - \dot{S}_{out} = \frac{\dot{Q}_{out}}{T_{surr}} = \Delta \dot{S}_{system}$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{gen} = \dot{S}_{out} - \dot{S}_{in} + \frac{\dot{Q}_{out}}{T_{surr}} = \dot{m}(s_{out} - s_{in}) + \frac{\dot{m} q_{out}}{T_{surr}}$$

$$= 14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (7.67 - 6.7855) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} + 14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{356 \text{ kJ}}{303 \text{ K}}$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{gen} = 28.23 \frac{\text{kJ}}{\text{Ks}}$$

