



ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική



ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ: Παρασκευή Παναγιωτοπούλου

2^η ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Προθεσμία υποβολής : 14:00, Τρίτη 14 Απριλίου, 2020

Ονοματεπώνυμο:	Παυλίνα Αγγελού
Αριθμός μητρώου:	2018050055

Απαντήστε τις ερωτήσεις χειρόγραφα στο χώρο που σας δίδεται ή στην πίσω πλευρά της κάθε σελίδας. Ψάξτε 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
-----	----

ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΤΕ τους ΠΙΝΑΚΕΣ στο ECLASS και όχι αυτούς του βιβλίου.

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

Άσκηση 1

/10

Ένα άκαμπτο δοχείο χωρητικότητας $[0.5+0.1 \cdot A1] \text{ m}^3$ περιέχει ποσότητα ψυκτικού R-134a υπό πίεση 160 kPa και ποιότητα $[30+0.1 \cdot A1] \%$. Στο ψυκτικό μέσο προσδίδεται θερμότητα, μέχρι η πίεση του να φτάσει την τιμή των 700 kPa. Να υπολογίσετε (α) την ποσότητα του ψυκτικού μέσου στο δοχείο και (β) τη μεταφερθείσα ενέργεια. (γ) Να σχεδιάσετε τη διεργασία σε διάγραμμα P-v, στο οποίο να έχουν χαραχθεί οι καμπύλες κορεσμού.

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

Η χωρητικότητα του δοχείου	$[0.5+0.1 \cdot A1] \text{ m}^3 = 1,5 \text{ m}^3$
Η ποιότητα στην αρχική κατάσταση	$[30+0.1 \cdot A1] \% = 31 \%$

Αρχικά

Τελικά

$$V_1 = 1,5 \text{ m}^3 = V$$

$$P_2 = 700 \text{ kPa}$$

$$P_1 = 160 \text{ kPa}$$

$$T_2 = ?$$

$$T_1 = ?$$

$$x = 31\% \rightarrow \text{υοε. τιμή}$$

α) Κατ. 1

$$\left. \begin{array}{l} \text{R134a} \\ P = 160 \text{ kPa} \\ = 0,16 \text{ MPa} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑ12}} \begin{array}{l} v_f = 0,0007435 \text{ m}^3/\text{kg} \\ v_g = 0,1225 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \xrightarrow[\text{τιμή}]{\text{υοε.}} v_{\text{avg}} = 0,0007435 + 0,31(0,1225 - 0,0007435) = 0,0386 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_1 = \frac{V}{m} \Rightarrow m_{\text{R134a}} = \frac{V}{v} = \frac{1,5 \text{ m}^3}{0,0386 \text{ m}^3/\text{kg}} = 38,86 \text{ kg}$$

β) $\Delta U = Q_{\text{net}} = m(u_2 - u_1)$ (1), $\text{γιατί } dV=0 \Rightarrow W_b=0 \Rightarrow \Delta E_{\text{system}} = Q_{\text{net}}$

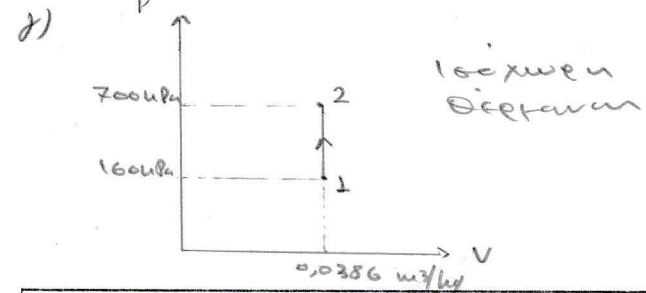
$$u_1 = u_f + x(u_g - u_f) \xrightarrow{\text{ΠΑ12}} 29,66 + 0,31 \cdot 188,66 = 88,14 \text{ kJ/kg}, T_1 = T_{\text{sat}} @ 0,16 \text{ MPa} = -15,62^\circ\text{C} = 257,33 \text{ K}$$

Κατ. 2: $\left. \begin{array}{l} P_2 = 700 \text{ kPa} = 0,7 \text{ MPa} \\ v = 0,0386 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑ12}} \left. \begin{array}{l} v_f = 0,0008328 \text{ m}^3/\text{kg} \\ v_g = 0,0282 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} \text{, άρα έχω υαίρεση από ψυκτικό}$

ΠΑ13, Παρεμβλ. σε $T = 80 - 90^\circ\text{C}$: $\frac{T_2 - 80}{90 - 80} = \frac{0,0386 - 0,03781}{0,03924 - 0,03781} \Rightarrow T_2 = 85,52^\circ\text{C} = 358,5 \text{ K}$

Παρεμβλ. για u_2 : $\frac{85,52 - 80}{90 - 80} = \frac{u_2 - 290,88}{300,27 - 290,88} \Rightarrow u_2 = 296,06 \text{ kJ/kg}$

(1) $\Rightarrow \Delta E = \Delta U = 38,86(296,06 - 88,14) = 8080 \text{ kJ}$



apantits

Άσκηση 2

/10

Θεωρούμε ως σύστημα ένα ιδανικό αέριο (με $k=1.4$) που περιέχεται σε μια διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου. Το αέριο εκτονώνεται έτσι ώστε κάθε στιγμή να ισχύει η σχέση

$$P = a + b \cdot V \quad (1)$$

όπου $a=125 \text{ kPa}$ και b είναι σταθερές. Το αέριο είχε αρχικά πίεση $[35+0.1 \cdot A1] \text{ kPa}$ και όγκο $[0.12+0.01 \cdot A1] \text{ m}^3$. Ο τελικός όγκος του αερίου είναι μισός του αρχικού. Να υπολογιστεί (α) η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας του αερίου (β) το έργο που εκτελείται από το αέριο κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης του και (γ) η θερμότητα που μεταφέρεται.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

▪ Η αρχική πίεση του αερίου	$P_1 = [35 + 0.1 \cdot A1] \text{ kPa} = 36 \text{ kPa}$
▪ Ο αρχικός όγκος του αερίου	$V_1 = [0.12 + 0.01 \cdot A1] \text{ m}^3 = 0.22 \text{ m}^3$

α) κατ. 1

$$P_1 = 36 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 0.22 \text{ m}^3$$

κατ. 2

$$P_2 = ?$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2} = 0.11 \text{ m}^3$$

$$\text{Ιδανικό αέριο} \Rightarrow k = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_p = 1.4 C_v$$

$$R_u = C_p - C_v \Rightarrow C_v = \frac{R_u}{0.4}$$

$$C_p = \frac{1.4 R_u}{0.4}$$

$$(1) \text{ κατ. 1 } 36 \text{ kPa} = 125 \text{ kPa} + b \cdot 0.22 \text{ m}^3 \Rightarrow b = -404.5 \text{ kPa/m}^3$$

$$(2) \text{ κατ. 2 } P_2 = 125 \text{ kPa} + (-404.5) \cdot 0.11 = 80.5 \text{ kPa}$$

$$\text{Ιδανικό αέριο} \Rightarrow \begin{cases} P_1 V_1 = n R_u T_1 \\ P_2 V_2 = n R_u T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{36 \cdot 0.22}{80.5 \cdot 0.11} \Rightarrow T_1 = 0.89 T_2 \quad (2)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (1 - 0.89) T_2 = 0.11 T_2 = \frac{0.11 P_2 V_2}{n R_u}$$

$$\Delta u = n C_v \Delta T = n \cdot \frac{R_u}{0.4} \cdot \frac{0.11 \cdot P_2 V_2}{n R_u} = \frac{0.11 \cdot 80.5 \text{ kPa} \cdot 0.11 \text{ m}^3}{4} = 0.244 \text{ kJ}$$

β)

$$(1) \Rightarrow P = 125 - 404.5 V \rightarrow W_b = \left[a V + b \frac{V^2}{2} \right]_1^2 = 125 V_2 - 404.5 \frac{V_2^2}{2} - 125 V_1 + 404.5 \frac{V_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow 125(V_2 - V_1) - \frac{404.5}{2} (V_2^2 - V_1^2) = W_b = 125 \text{ kPa} \cdot \frac{0.22 \text{ m}^3}{2} - \frac{404.5}{2} \frac{\text{kPa}}{\text{m}^3} \cdot 3 \cdot \frac{0.22^2}{4} \text{ m}^6$$

$$\Rightarrow W_b = 6.40 \text{ kJ} \quad (\text{kPa} \cdot \text{m}^3)$$

$$\gamma) \Delta E = \Delta u = Q_{\text{net}} - W_{\text{net}} \Rightarrow Q_{\text{net}} = \Delta u + W_b \Rightarrow Q_{\text{net}} = 0.244 + 6.40 = 6.64 \text{ kJ}$$

Μία διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου περιέχει $[0.15+0.1 \cdot A1]$ kg αέρα αρχικά σε πίεση $[2+0.1 \cdot A1]$ MPa και θερμοκρασία 350°C . Ο αέρας αρχικά εκτονώνεται ισόθερμα σε πίεση 500 kPa, στη συνέχεια συμπιέζεται πολυτροπικά με ένα πολυτροπικό εκθέτη ίσο με 1.2 έως την αρχική του πίεση και τέλος συμπιέζεται υπό σταθερή πίεση έως την αρχική του κατάσταση. Να υπολογίσετε: (α) Το έργο ογκομεταβολής για κάθε διεργασία και (β) το συνολικό έργο του κύκλου. (γ) Να σχεδιάσετε τη κυκλική διεργασία σε διάγραμμα P-v. Να θεωρήσετε ότι ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο.

Να συμπληρωθούν για το $A1=100$ σας:

▪ Η μάζα του αέρα	$[0.15+0.1 \cdot A1]$ kg = 1,15 kg
▪ Η αρχική πίεση του αέρα	$[2+0.1 \cdot A1]$ MPa = 3 MPa

α) Κατ. 1 $T=C$ Κατ. 2 $T_2=350^\circ\text{C}$ αδνε. Κατ. 3 $n=1,2$ ισοβαρής Κατ. 1

$P_1=3\text{MPa}$ $T_1=350^\circ\text{C}$ V_1 $T_2=350^\circ\text{C}$ V_2 $P_2=500\text{kPa}$ $P_3=3\text{MPa}$ T_3 V_3 P_1 V_1 T_1

$P_1 V_1 = m R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m R T_1}{P_1} = \frac{1,15 \cdot 0,2870 \cdot (350 + 273)}{3 \cdot 10^3} = 0,088 \text{ m}^3$

$W_{1 \rightarrow 2} = P_1 V_1 \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 3 \cdot 10^3 \cdot 0,088 \cdot \ln\left(\frac{3}{0,5}\right) \Rightarrow W_{1 \rightarrow 2} = 473 \text{ kJ}$

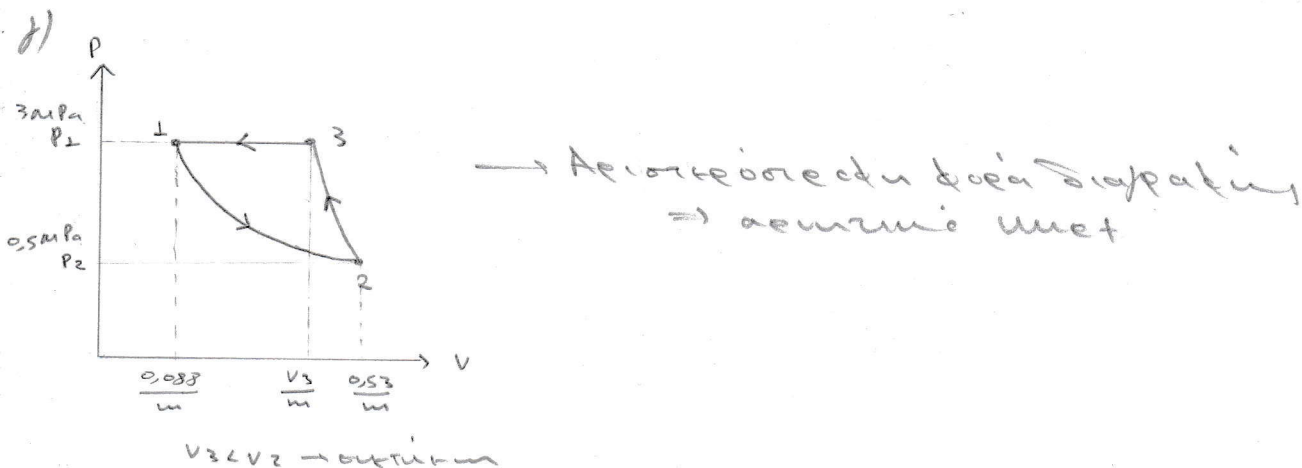
$W_{2 \rightarrow 3} = m R \frac{(T_2 - T_1)}{1 - n} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} = \frac{0,5 \cdot 0,53 - 3 \cdot 0,088}{1 - 1,2} \Rightarrow W_{2 \rightarrow 3} = -5000 \text{ kJ}$

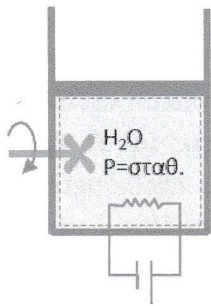
* $(T=C)$ $P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{3 \cdot 0,088}{0,5} = 0,53 \text{ m}^3$

$W_{3 \rightarrow 1} = P(V_2 - V_1) = 3 \cdot 10^3 \cdot (0,53 - 0,088) \text{ m}^3 \Rightarrow W_{3 \rightarrow 1} = 1326 \text{ kJ}$

β) $W_{\text{net}} = W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3} + W_{3 \rightarrow 1} = 473 - 5000 + 1326 = -3201 \text{ kJ}$

↳ καθαρό έργο





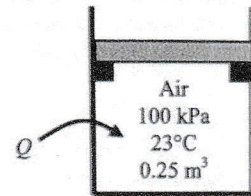
Μια μονωμένη διάταξη εμβόλου κυλίνδρου $[5.0+0.5 \cdot A1]$ L περιέχει μίγμα κορεσμένου υγρού και ατμού H_2O ποιότητας $[10+A1]\%$ σε πίεση 200 kPa. Το νερό αναδεύεται μέσω ενός αναδευτήρα ο οποίος έχει ισχύ $[200+2 \cdot A1]$ W, ενώ ρεύμα έντασης 8 A από πηγή 120 V διαρρέει μια εμβαπτισμένη στο νερό αντίσταση, η οποία θερμαίνει το νερό. Το έμβολο μετακινείται ελεύθερα υπό σταθερή πίεση. Να προσδιοριστεί ο χρόνος που απαιτείται για να εξατμιστεί το νερό και να γίνει κορεσμένος ατμός.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

▪ Αρχικός όγκος	$[5.0+0.5 \cdot A1]$ L = 10 L
▪ Αρχική ποιότητα μίγματος	$[10+A1]\%$ = 20 %
▪ Ισχύς αναδευτήρα	$[200+2 \cdot A1]$ W = 220 W

Κατ. 1 $\rightarrow$ υποε. τιμή $\frac{P_{H_2O}}{P} = 0.2$ $\rightarrow V_F = 0.001061 \text{ m}^3/\text{kg}$ $\rightarrow V_1 = V_F + x(V_g - V_F) = 0.1780 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $P = 0.2 \text{ MPa}$ $V_g = 0.88570 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $m_{\text{tot}} = m_F + m_g = \frac{V_1}{V_1} = 0.01 \text{ m}^3 \Rightarrow m_{\text{tot}} = 0.056 \text{ kg}$
 $0.178 \text{ m}^3/\text{kg}$
 Κατ. 2 $\rightarrow$ η συνολική κατάσταση ατμού που υπάρχει $m_{\text{tot}} = 0.056 \text{ kg}$
 $m_g = m = 0.056 \text{ kg}$ $\left\{ \begin{array}{l} V_2 = m_g \cdot V_g = 0.056 \text{ kg} \cdot 0.88570 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0.0496 \text{ m}^3 (49.6 \text{ L}) \\ V = V_g = 0.88570 \end{array} \right.$
 Μόλις εξατμιστεί όλο το νερό, ισχύει οριακά $T_1 = T_2 = T_{\text{sat}@0.2 \text{ MPa}} = 120.21^\circ\text{C} = 393.21 \text{ K}$
 $P_2 V_2 = m R T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{m R T_2}{P_2} = \frac{0.056 \text{ kg} \cdot 0.4615 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 393.2 \text{ K}}{200 \text{ kPa}} = 0.0508 \text{ m}^3 \approx 51 \text{ L}$
 Σταθερή πίεση $\rightarrow$ ισοθερμική συμπίεση $\Rightarrow W_b = P(V_2 - V_1)$
 $W_b = 200 \text{ kPa} (0.0508 - 0.0100) \text{ m}^3 = 8.16 \text{ kJ}$
 $W_b = W_{\text{ηθ.}} + W_{\text{αναδ.}} \Rightarrow \frac{W_b}{\Delta t} = \dot{W}_{\text{ηθ.}} + \dot{W}_{\text{αναδ.}} = V \cdot I + \dot{W}_{\text{αναδ.}} = 8 \cdot 120 + 220 = 1180 \text{ W}$
 Άρα $\frac{P(V_2 - V_1)}{\Delta t} = 1180 \text{ W} \Rightarrow \Delta t = \frac{8.16 \text{ kJ}}{1180 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 6.9 \text{ sec.}$

Αέρας περιέχεται εντός μιας διάταξης εμβόλου-κυλίνδρου. Το έμβολο αρχικά είναι ακίνητο, σε επαφή με ένα ζεύγος ανασχετήρων και απαιτείται μια πίεση 200 kPa για να μετακινήσει το έμβολο. Αρχικά, ο αέρας βρίσκεται σε πίεση $[100+A1]$ kPa και 23°C και καταλαμβάνει έναν όγκο $[0.25+0.05 \cdot A1]$ m^3 . Να προσδιορίσετε (α) τη μάζα του αέρα και (β) το ποσό της θερμότητας που πρέπει να μεταφερθεί στον αέρα, σε kJ, ώστε η θερμοκρασία του να αυξηθεί στους 700°C . (γ) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα P-v της διεργασίας. Να θεωρήσετε ότι ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο με σταθερές ειδικές θερμότητες.



Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

▪ Η αρχική πίεση του αέρα	$[100+A1]$ kPa = 110 kPa
▪ Ο αρχικός όγκος του αέρα	$[0.25+0.05 \cdot A1]$ m^3 = 0.75 m^3

Πατ. 1

$$P_1 = 110 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$$

$$V_1 = 0.75 \text{ m}^3$$

Πατ. 2

$$P_2 = 200 \text{ kPa}$$

$$V_2 = 0.75 \text{ m}^3$$

Πατ. 3

$$P_3 = 200 \text{ kPa}$$

$$T_3 = 700^\circ\text{C} = 973 \text{ K}$$

$$V_3 = \frac{mRT_3}{P_3} = \frac{0.883 \cdot 0.2870 \cdot 973}{200} = 1.23 \text{ m}^3$$

α) Ιδανικό αέριο $\rightarrow m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{110 \text{ kPa} \cdot 0.75 \text{ m}^3}{0.2870 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 296 \text{ K}} = 0.883 \text{ kg}$

β) Έργο ομογενούς, $P_{\text{σταθ}} = 200 \text{ kPa}$

$$W_{b1 \rightarrow 3} = 200 \text{ kPa} (1.23 - 0.75) \text{ m}^3 = 96 \text{ kJ}$$

Ενέργεια 1ου τύπου $1 \rightarrow 3$

$$\Delta E_{\text{system}} = Q_{\text{net}} - W_{\text{net}} \Rightarrow \Delta U = Q_{\text{in}} - W_{b1} \quad (1)$$

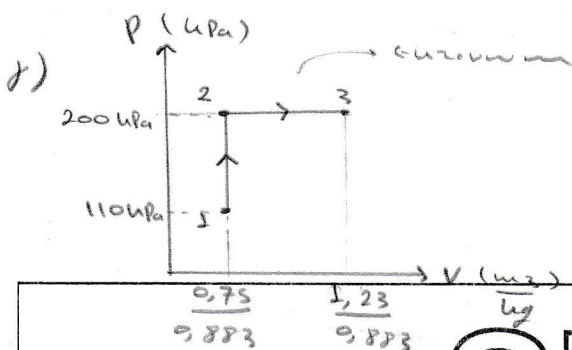
$$u_1 \xrightarrow{P_{\text{σταθ}} \text{ @ } 296 \text{ K}} \xrightarrow{P_{\text{σταθ}} \text{ @ } 200 \text{ kPa}} \frac{296 - 295}{300 - 295} = \frac{u_1 - 210.49}{214.07 - 210.49} \Rightarrow u_1 = 211.12 \text{ kJ/kg}$$

$$u_3 \xrightarrow{P_{\text{σταθ}} \text{ @ } 973 \text{ K}} \xrightarrow{P_{\text{σταθ}} \text{ @ } 200 \text{ kPa}} \frac{973 - 960}{980 - 960} = \frac{u_3 - 725.02}{741.98 - 725.02} \Rightarrow u_3 = 736.044 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta U = m(u_3 - u_1) = 0.883 (736.044 - 211.12) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 463.5 \text{ kJ}$$

$$(1) \Rightarrow Q_{\text{in}} = 463.5 - 96 = 367.5 \text{ kJ} > 0$$

Θερμότητα που μεταφέρεται στον αέρα

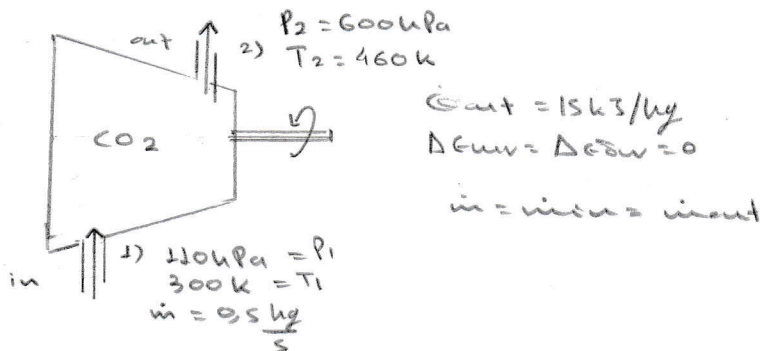


Διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται σε έναν αδιαβατικό συμπιεστή στα $[100+A1]$ kPa και τους 300 K με ρυθμό 0.5 kg/s και εξέρχεται από αυτόν στα 600 kPa και τους $[450+A1]$ K. Κατά τη διάρκεια της διεργασίας συμπίεσης παρατηρείται απώλεια θερμότητας ίση με 15 kJ/kg . Αγνοώντας τις μεταβολές στην κινητική ενέργεια, να προσδιορίσετε (α) την παροχή όγκου του διοξειδίου του άνθρακα στην είσοδο του συμπιεστή και (β) την ισχύ εισόδου του συμπιεστή.

Να θεωρήσετε ότι το διοξείδιο του άνθρακα συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

▪ Η πίεση στην είσοδο του συμπιεστή	$[100+A1] \text{ kPa} = 110 \text{ kPa}$
▪ Η θερμοκρασία στην έξοδο του συμπιεστή	$[450+A1] \text{ K} = 460 \text{ K}$



a) $\dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1} \Rightarrow \dot{V}_1 = \dot{m} v_1$, CO_2 το θεωρούμε ιδανικό

$$P \dot{V} = \dot{m} R T \Rightarrow \frac{\dot{V}_1}{\dot{m}} = \frac{R T_1}{P_1} = \frac{0.1889 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 300 \text{ K}}{110 \text{ kPa}} = 0.515 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow \dot{V}_1 = 0.515 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.257 \approx 0.26 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

b) $\dot{Q}_{\text{net}} - \dot{W}_{\text{net}} = \dot{m}(h_2 - h_1) \Rightarrow \cancel{\dot{Q}_{\text{in}}} - \dot{Q}_{\text{out}} - \dot{W}_{\text{in}} + \cancel{\dot{W}_{\text{out}}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$
 $\Rightarrow \dot{W}_{\text{in}} + \dot{Q}_{\text{out}} = \dot{m}(h_1 - h_2) \quad (1)$

ΠΑ20

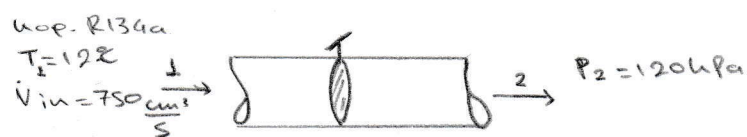
$$\left. \begin{aligned} h_1 &= h @ 300 \text{ K} = 9431 \text{ kJ/kmol} \\ h_2 &= h @ 460 \text{ K} = 15916 \text{ kJ/kmol} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{διαφορές} \\ &h_{\text{air}} = 44.01 \end{aligned} \rightarrow \begin{aligned} h_1 &= 214.3 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 361.6 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

(1) $\Rightarrow \dot{W}_{\text{in}} = 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (214.3 - 361.6) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -81.15 \text{ kW} < 0$
 παρανάληση ισχύος

Σε μια βαλβίδα στραγγαλισμού ψυκτικό R134a, εισέρχεται ως κορεσμένο υγρό θερμοκρασίας 12°C και με ογκομετρική παροχή $[700+5\cdot A1] \text{ cm}^3/\text{s}$, και εξέρχεται με πίεση 120 kPa . Κατά τη διάρκεια του στραγγαλισμού χάνεται θερμότητα $[10+A1] \text{ kJ/kg}$ ψυκτικού. Να υπολογιστούν: (α) η ποιότητα του ψυκτικού και (β) η ογκομετρική παροχή του ψυκτικού στην έξοδο της βαλβίδας στραγγαλισμού.

Να συμπληρωθούν για το $A1=10$ σας:

■ Η ογκομετρική παροχή στην είσοδο	$[700+5\cdot A1] \text{ cm}^3/\text{s} = 750 \text{ cm}^3/\text{s}$
■ Απώλεια θερμότητας στη βαλβίδα στραγγαλισμού	$[10+A1] \text{ kJ/kg H}_2\text{O} = 20 \text{ kJ/kg}$



α) ΠΑ11 $T=12^\circ\text{C}$ $P_1 = P_{\text{sat}@12^\circ\text{C}} = 0,41294 \text{ MPa}$
 $v_1 = 0,0007971 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $h_1 = 66,18 \text{ kJ/kg}$

$\dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1} = \frac{750 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0007971 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0,94 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

υατ. 2 → έξοδος

$Q_{\text{net}} = \dot{m}_2 \cdot h_2 = Q_{\text{out}} \Rightarrow h_2 = 66,18 - 20 = 46,18 \text{ kJ/kg}$

Από ΠΑ12 για $P = 0,12 \text{ MPa}$: $h_f < h_2 < h_g \Rightarrow$ υορ. R134a
 $21,32 \quad 233,86$

$x_2 = \frac{h_2 - h_f}{h_{fg}} = \frac{46,18 - 21,32}{212,54} = 0,117 \approx 11,7\%$

β) ΠΑ12 για $P_2 = 0,12 \text{ MPa}$

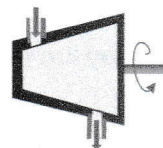
$v_2 = v_f@0,12 \text{ MPa} + x(v_g@0,12 \text{ MPa} - v_f@0,12 \text{ MPa}) = 0,0007323 + 0,117(0,1614 - 0,0007323) = 0,020 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

$\dot{V}_{\text{out}} = \dot{m} v_2 = 0,94 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0,0188 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Υδρατμός ρέει με σταθεροποιημένη ροή διαμέσου ενός αδιαβατικού στροβίλου. Στην είσοδο, οι συνθήκες του υδρατμού είναι $P_1=4 \text{ MPa}$, $T_1=500 \text{ }^\circ\text{C}$ και $u_1=[80+0.1 \cdot A_1] \text{ m/s}$, ενώ οι συνθήκες στην έξοδο είναι: $P_2=30 \text{ kPa}$, ποιότητα $[92-0.5 \cdot A_1] \%$ και $u_2=50 \text{ m/s}$. Η παροχή μάζας του ατμού είναι 12 kg/s . Να προσδιορίσετε:

- (α) τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας (σε kJ/kg)
- (β) την ισχύ που παράγεται
- (γ) τη διατομή εισόδου του στροβίλου.

$P_1=4 \text{ MPa}$
 $T_1=500 \text{ }^\circ\text{C}$
 $u_1=80 \text{ m/s}$



$P_2=30 \text{ kPa}$
 $x_2=0.92$
 $u_2=50 \text{ m/s}$

Να συμπληρωθούν για το $A_1=10...$ σας:

■ Η ταχύτητα του υδρατμού στην είσοδο του στροβίλου	$[80+0.1 \cdot A_1] \text{ m/s} = 81 \text{ m/s}$
■ Η ποιότητα στην έξοδο του στροβίλου	$[92-0.5 \cdot A_1] = 87 \%$

a) $\Delta e_{\text{κιν}} = \frac{(u_2^2 - u_1^2)}{2} = \frac{50^2 - 81^2}{2} = -203 \text{ kJ/kg}$

b) Ματ. 1
 $P=4 \text{ MPa} \xrightarrow{\text{ΠΑΣ}} T_{\text{sat @ 4 MPa}} = 250,35^\circ\text{C} < T_1=500^\circ\text{C} \Rightarrow \text{υπερθερμός ατμός}$

ΠΑΓ
 $T=500^\circ\text{C}$
 $P=4 \text{ MPa}$ } $h_1 = 3445,3 \text{ kJ/kg}$
 $v_1 = 0,08643 \text{ m}^3/\text{kg}$

Ματ. 2 $\rightarrow$ $\text{εξέρχεται} \rightarrow$ υπερθερμός

$P_2=30 \text{ kPa} \xrightarrow{\text{ΠΑΣ}} T = T_{\text{sat @ 30 kPa}} = 69,09^\circ\text{C}$
 $x=0,87$

ΠΑΛ $\rightarrow$ $\text{Παρεμβολή για } h_f, h_g \text{ σε } T: 65-70^\circ\text{C} : \frac{69,09-65}{70-65} = \frac{h_f - 272,06}{252,98 - 272,06} = \frac{h_g - 2618,3}{2626,8 - 2618,3}$
 $\Rightarrow h_f = 289,2 \text{ kJ/kg}$
 $h_g = 2625,2 \text{ kJ/kg}$ } $h_2 = h_f + x(h_g - h_f) = 289,2 + 0,87(2625,2 - 289,2)$
 $\Rightarrow h_2 = 2321,5 \text{ kJ/kg}$

$-\dot{W}_{\text{net}} = \dot{m} (h_2 - h_1 + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2}) = -\dot{W}_{\text{out}} = \frac{12 \text{ kg}}{\text{s}} (2321,5 - 3445,3 - 203) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -1125,83 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$
 $\Rightarrow \dot{W}_{\text{out}} = 1125,83 \text{ W} > 0 \text{ (παρεμφύλι θερμ)}$

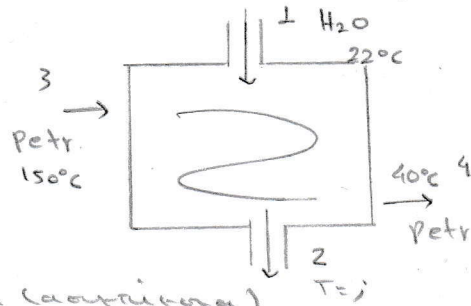
δ) $\dot{V}_1 = \dot{m} v_1 = u_1 A_1 \Rightarrow \frac{12 \text{ kg}}{\text{s}} \cdot 0,08643 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 81 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot A_1$

$\Rightarrow A_1 = \frac{12 \cdot 0,08643}{81} \frac{\text{m}^3}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 0,0128 \text{ m}^2 \approx 130 \text{ cm}^2$

Ένας εναλλάκτης θερμότητας χρησιμοποιείται για την ψύξη πετρελαίου ($c_p=2.20 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) από τους 150°C στους 40°C και ροή $[2.0+0.1 \cdot A1] \text{ kg/s}$. Για την ψύξη χρησιμοποιείται νερό ($c_p=4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) που εισέρχεται στον εναλλάκτη στους 22°C και με ρυθμό $[1.5+0.2 \cdot A1] \text{ kg/s}$. Να προσδιορισθεί (α) ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας στον εναλλάκτη και (β) η θερμοκρασία εξόδου του νερού.

Να συμπληρωθούν για το $A1=100$ σας:

▪ Παροχή μάζας πετρελαίου	$[2.0+0.1 \cdot A1] \text{ kg/s} = 3 \text{ kg/s}$
▪ Παροχή μάζας νερού	$[1.5+0.2 \cdot A1] \text{ kg/s} = 3.5 \text{ kg/s}$



$$\dot{Q}_{net} = \sum_j (\dot{m}h)_{j, out} - \sum_i (\dot{m}h)_{i, in}$$

$$= \dot{m}_H h_2 + \dot{m}_P h_4 - \dot{m}_H h_1 - \dot{m}_P h_3$$

$$\Rightarrow \dot{m}_H (h_2 - h_1) + \dot{m}_P (h_4 - h_3) = \dot{Q}_{net} \quad (1)$$

→ για νερά (αυθαιρέση)

Για το πετρέλαιο: $h_4 - h_3 = c_{pP} (T_3 - T_4) = 2.20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 110 \text{ K} = 242 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\Rightarrow \dot{m}_P (h_4 - h_3) = 3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 242 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 726 \text{ kW}$$

α) Αν πάρω ως ΟΕ τον όγκο του πετρελαίου: $\dot{Q}_{net} = -\dot{Q}_{out} = -\dot{m}_P (h_4 - h_3) = 726 \text{ kW}$

$\dot{m}_H (h_2 - h_1) = 0$

β) Αν πάρω ως ΟΕ ολόκληρο τον εναλλάκτη: $\dot{Q}_{net} = 0$

$$\dot{m}_H (h_2 - h_1) = 726 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \Rightarrow \dot{m}_H \cdot c_{pH} (T_2 - T_1) = 726 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow 3.5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} (T_2 - (273 + 22)) \text{ K} = 726 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow T_2 = 317.9 \text{ K} \approx 44.9^\circ\text{C} \approx 45^\circ\text{C}$$

Εξωτερική
υπόθεση
θεωρούμε

Ένα σύστημα κλιματισμού περιλαμβάνει την ανάμιξη ψυχρού αέρα, και θερμού αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, πριν το μίγμα οδηγηθεί στο κλιματιζόμενο δωμάτιο σε συνθήκες σταθεροποιημένης ροής. Ο ψυχρός αέρας εισέρχεται στο θάλαμο ανάμιξης στους $[7+0.5 \cdot A1]^{\circ}\text{C}$ και στα 101 kPa με ρυθμό $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$, ενώ ο θερμός αέρας εισέρχεται στους 34°C και στα 101 kPa. Ο λόγος των ογκομετρικών παροχών του θερμού προς τον ψυχρό αέρα ισούται με $[2.2+0.1 \cdot A1]$. Να προσδιορίσετε (α) τη θερμοκρασία του μίγματος που εισέρχεται στο δωμάτιο. Ο αέρας εξέρχεται από το δωμάτιο στους 24°C και στα 101 kPa. Να προσδιορίσετε (β) το ρυθμό πρόσληψης θερμότητας του δωματίου. Να θεωρήσετε ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο με σταθερές ειδικές θερμότητες $c_p=1.005 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $c_v=0.718 \text{ kJ}/(\text{kgK})$.

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

■ Θερμοκρασία ψυχρού αέρα	$[7+0.5 \cdot A1]^{\circ}\text{C} = 12^{\circ}\text{C}$
■ Λόγος ογκομετρικών παροχών θερμός/ψυχρός	$[2.2+0.1 \cdot A1] = 3.2$

$$R = c_p - c_v = 0.2870 \text{ kJ/kgK}$$

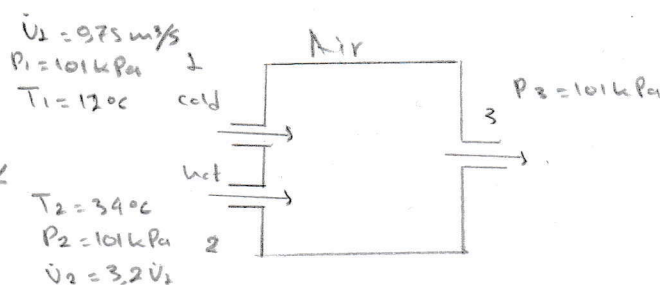
$$\dot{V}_2 = 3.2 \cdot 0.75 = 2.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

α) Ρεϊτα 1

$$T_1 = 12^{\circ}\text{C} = 285 \text{ K} \xrightarrow{\text{TABLE}} h_1 = 285.14 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{P_1 \dot{V}_1}{R T_1} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 0.75 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2870 \text{ kJ/kgK} \cdot 285 \text{ K}} \rightarrow \text{kJ/kg}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 = 0.93 \text{ kg/s}$$



Ρεϊτα 2

$$T_2 = 34^{\circ}\text{C} = 307 \text{ K} \xrightarrow{\text{TABLE}} \frac{307 - 305}{310 - 305} = \frac{h_2 - 305.22}{310.24 - 305.22} \Rightarrow h_2 = 307.23 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{V}_2 = 2.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_2 = 101 \text{ kPa}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{P_2 \dot{V}_2}{R T_2} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 2.4 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2870 \text{ kJ/kgK} \cdot 307 \text{ K}} = 2.75 \text{ kg/s}$$

Ρεϊτα 3

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 3.68 \text{ kg/s} \quad (\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out})$$

$$\dot{V}_3 = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = 0.75 + 2.4 = 3.15 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\dot{V}_{in} = \dot{V}_{out})$$

$$T_3 = \frac{P_3 \dot{V}_3}{\dot{m}_3 R} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 3.15 \text{ m}^3/\text{s}}{3.68 \text{ kg/s} \cdot 0.2870 \text{ kJ/kgK}} = 301.2 \text{ K} = 28.2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{b) } T_3 = 28.2^{\circ}\text{C} \xrightarrow{\text{TABLE}} \frac{301.2 - 300}{305 - 300} = \frac{h_3 - 300.19}{305.22 - 300.19} \Rightarrow h_3 = 301.4 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \Rightarrow \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{Q}_{out}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{out} = 0.93 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 285.14 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 2.75 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 307.23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3.68 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 301.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{Q}_{out} = 0.91 \text{ kW}$$