



ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Βαθμός

ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ: Παρασκευή
Παναγιωτοπούλου

4^η ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Προθεσμία υποβολής: 14:00, 2 Ιουνίου 2022

Ονοματεπώνυμο:	Δεστοράκης Γεώργιος
Αριθμός μητρώου:	2016050030

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=	3
-----	---

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

Ένας ιδανικός κύκλος Otto έχει λόγο συμπίεσης $[8.0+0.1 \cdot A1]$. Ο κύκλος προσλαμβάνει αέρα σε 100 kPa και 32°C και επαναλαμβάνεται 2000 το λεπτό. Εάν ο κύκλος πρόκειται να παράγει 100 kW ισχύος να προσδιοριστούν (α) η θερμική απόδοση του κύκλου (β) ο ρυθμός εισερχόμενης θερμότητας. Δίνεται $c_p/c_v=1.4$ (σταθερές ειδικές θερμότητες). Να παρασταθεί ο κύκλος σε διάγραμμα T-s και P-v.

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

■ Ο λόγος συμπίεσης

$[8.0+0.1 \cdot A1]= 8,3$

$$(a) \quad \cancel{\eta_{th,otto}} \quad \eta_{th,otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} =$$

$$= 1 - \frac{1}{8,3^{1,4}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{th,otto} = 0,57$$

$$P_{cr} = 3,77 \text{ MPa} > P = 100 \text{ kPa}$$

$$T_{cr} = 132,5 \text{ K} < T = 305 \text{ K}$$

↓
ιδανικό αέριο

$$(b) \quad \eta_{th,otto} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{in}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{in} = \frac{\dot{W}_{net}}{\eta_{th,otto}} = \frac{100 \text{ kW}}{0,57} = 175,44 \text{ kW}$$

Μια δίχρονη, μονοκύλινδρη ιδανική μηχανή Diesel όγκου 2.5 L έχει λόγο συμπίεσης $[15+0.2 \cdot A1]$ και λόγο αποκοπής $[2.01+0.01 \cdot A1]$. Η πίεση και θερμοκρασία του αερίου πριν τη διεργασία ισηντροπικής συμπίεσης είναι 100 kPa και 27°C. Να υπολογισθούν

- (α) Η μάζα του αερίου εντός του κυλίνδρου
 (β) Ο ελάχιστος όγκος του αερίου εντός του κυλίνδρου
 (γ) Οι θερμοκρασίες στο τέλος (i) της ισηντροπικής συμπίεσης, (ii) της ισοβαρούς προσθήκης θερμότητας και (iii) της ισηντροπικής εκτόνωσης.
 (δ) Να παρασταθεί ο κύκλος σε διάγραμμα T-s και P-v.
 Δίνονται για το αέριο $k=1,4$, $c_p=1,0 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, $c_v=0,7 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, $R=0,3 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$.

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

▪ Λόγος συμπίεσης	$[15+0.2 \cdot A1]= 15,6$
▪ Λόγος αποκοπής	$[2.01+0.01 \cdot A1]= 2,04$

$$\begin{aligned} r &= 15,6 \\ r_c &= 2,04 \\ P_1 &= P_4 \\ P_1 &= 100 \text{ kPa} \\ T_1 &= 300 \text{ K} \\ V &= 2,5 \text{ L} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

(α) Το αέριο συμπεριφέρεται ως ιδανικό:

$$P_1 \cdot V = m \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{P_1 \cdot V}{R \cdot T_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{100 \text{ kPa} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$(β) r_c = \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} \Rightarrow V_{\text{min}} = \frac{V_{\text{max}}}{r_c} \quad (1)$$

Ο μόνος όγκος είναι ο όγκος που σχηματίζεται στο τέλος της διεργασίας ισηντροπικής εκτόνωσης και είναι 2,5 L.

$$\textcircled{1} \Rightarrow V_{\min} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{2,04} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$(8) \quad (i) \quad \eta_{\text{th, Diesel}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right]$$

$$\eta_{\text{th, Diesel}} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right] =$$

$$= 1 - \frac{1}{15,6^{0,4}} \left(\frac{2,04^{1,4} - 1}{1,4(2,04 - 1)} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{th, Diesel}} = 0,61$$

$$r = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{r} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{15,6} = 0,1603 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Algori smo izvedemo kot za Diesel pa za izpostavljeni 1-2

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} \Rightarrow \cancel{T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1}}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1}} = \frac{300 \text{ K}}{\left(\frac{0,1603 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,4}} = 900,169 \text{ K}$$

Aufg. 2 weiter

$$(8) (ii) P_3 \cdot V_3 = n \cdot R \cdot T_3 \Rightarrow \boxed{T_3 = \frac{P_3 \cdot V_2 \cdot r_c}{n \cdot R}} \quad (1)$$

$$\star V_c = \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow V_3 = r_c \cdot V_2$$

$$P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{n \cdot R \cdot T_2}{0,1603 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 900,169 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}}{0,1603 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$\Rightarrow P_2 = 4683,35 \text{ kPa} = P_3$$

$$(1) \Rightarrow T_3 = \frac{4683,35 \cdot 0,1603 \cdot 10^{-3} \cdot 2,04 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3}{2,78 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 0,3 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{kg} \cdot \text{K}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_3 = 1836,34$$

$$(iii) \eta_{\text{th,Diesel}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} \Rightarrow -\frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = \eta_{\text{th,Diesel}} - 1$$

$$\Rightarrow T_4 = (1 - \eta_{\text{th,Diesel}}) [k(T_3 - T_2)] + T_1$$

$$\Rightarrow \cancel{T_4 = 814,05} \Rightarrow T_4 = (1 - 0,61) [1,4(1836,34 - 900,169)] + 300$$

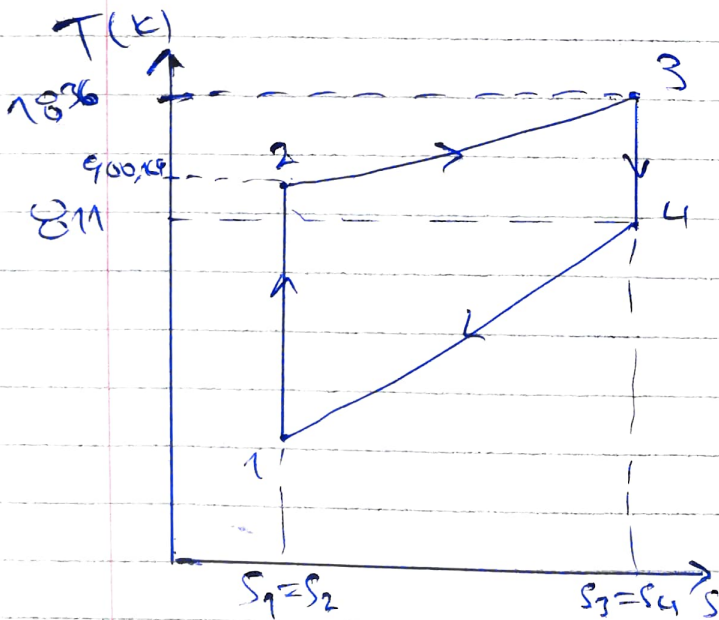
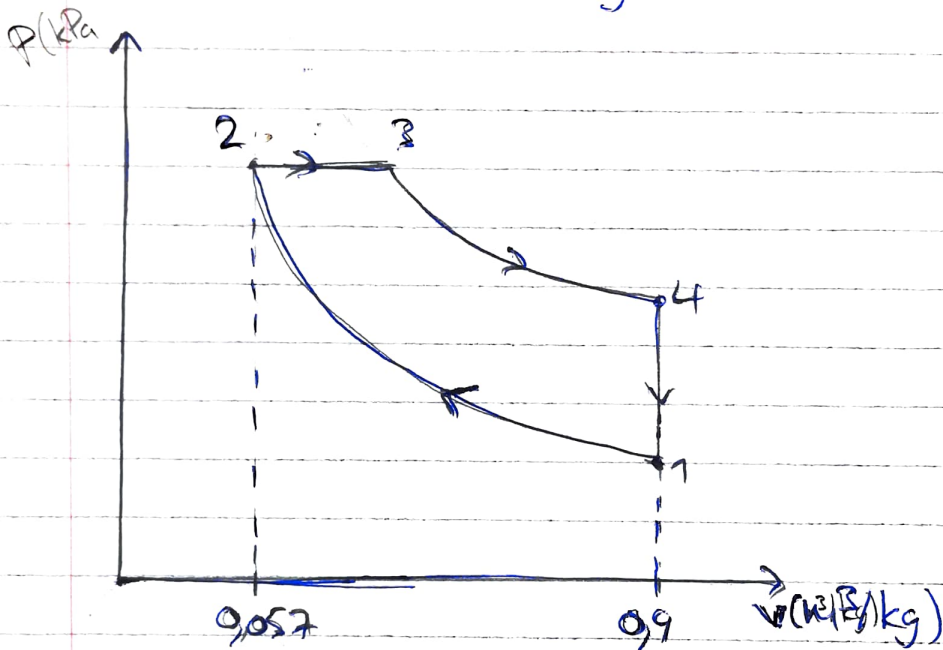
$$\Rightarrow T_4 = 811,15 \text{ K}$$

Ασκ 2 συνέχεια

~~(α) (β)~~

$$(δ) v_1 = \frac{V_1}{m} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{278 \cdot 10^{-3}} = 0,9 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m} = 0,057 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$



Άσκηση 3

/10

Απλός ιδανικός κύκλος Brayton λειτουργεί με αέρα και λόγο πιέσεων $[8+0.2 \cdot A1]$. Η θερμοκρασία εισόδου στον συμπιεστή είναι 15°C και στον στρόβιλο 927°C . Να υπολογιστούν (α) η παροχή μάζας που απαιτείται για μια ωφέλιμη (καθαρή) παραγωγή ισχύος 15 MW και (β) ο βαθμός θερμικής απόδοσης του κύκλου. Ο αέρας να θεωρηθεί ιδανικό αέριο με μεταβλητές ειδικές θερμότητες. Να παρασταθεί ο κύκλος σε διάγραμμα T-s και P-v.

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

■ Λόγος Πιέσεων

$[8+0.2 \cdot A1] = 8,6$

ΠΑ17 $T_1 = 288\text{ K}$

T(K)	T(K)	h($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)
	285	285,14
	288	?
	290	290,16

$$S_y = 290,16 \cdot 3 + 285,14 \cdot 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_1 = 288,152\text{ kJ/kg}$$

(a) $W_{\text{turb}} = \dot{m} (h_3 - h_4) \quad \text{①}$

ΠΑ17
 $T_3 = 1200\text{ K}$ $h_3 = 1277,79\text{ kJ/kg}$
 $P_{r3} = 238$

$$k_p = \frac{P_3}{P_1} = \frac{P_3}{P_4} \quad \text{②}$$

$$\frac{P_{r4}}{P_{r3}} = \frac{P_4}{P_3} = \frac{1}{k_p} \Rightarrow P_{r4} = \frac{P_{r3}}{k_p} = 27,67$$

P_{h_4}	$h \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$	} $h_{h_4} = 705,225 \text{ kJ/kg}$
27,29	702,52	
27,67	?	
28,80	713,27	

$$\textcircled{1} \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{h_3 - h_{h_4}} = \frac{15000 \text{ kJ/s}}{(1277,79 - 705,225) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{m} = 26,19 \text{ kg/s}$$

$$\textcircled{B} \quad \eta_{th, \text{Brayton}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad \textcircled{3}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} = r_p \Rightarrow P_2 = r_p \cdot P_1 = 1,20202 \cdot 8,6 = 10,337$$

Με γραμμική παρεμβολή βρίσκουμε ότι

$$T_2 = 529,51 \text{ K}$$

$$\textcircled{3} \Rightarrow \eta_{th, \text{Brayton}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{300}{529,51} = 1 - 0,5666 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{th, \text{Brayton}} = 0,43$$

Άσκηση 4

/10

Ένας απλός ιδανικός κύκλος Brayton λειτουργεί με αέρα ως εργαζόμενο μέσο ανάμεσα στα όρια θερμοκρασιών $[300+A1]$ K και $[1500+A1]$ K. Να υπολογίσετε το λόγο των πιέσεων για τον οποίο η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του στροβίλου είναι ίση με τη θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του συμπιεστή.

Να θεωρήσετε ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο με σταθερές ειδικές θερμότητες και λόγο ειδικών θερμότητων $k=1.4$.

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

▪ Η ελάχιστη θερμοκρασία του κύκλου	$[300+A1]= 303 \text{ K}$
▪ Η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου	$[1500+A1]= 1503 \text{ K}$

$$\gamma_p = 1 \text{ για } T_4 = T_2$$

$$c_p = 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$W_{\text{net}} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}} = c_p [T_3 - T_2 - (T_4 - T_1)] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_{\text{net}} = c_p (T_3 - T_2 - T_4 + T_1) \Rightarrow$$

$$T_4 = T_2$$

$$\Rightarrow W_{\text{net}} = c_p (T_3 - T_2 - T_2 + T_1)$$

Άσκηση 5

/10

Ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής ισχύος λειτουργεί με βάση τον απλό ιδανικό κύκλο Rankine ανάμεσα στα όρια πιέσεων $[75+25 \cdot A1]$ kPa και 5 MPa. Η θερμοκρασία του ατμού στην είσοδο του στροβίλου είναι 350°C , και ο ρυθμός ροής μάζας του ατμού διαμέσου του κύκλου είναι 40 kg/s . Να υπολογίσετε:

- (α) Τη θερμότητα που αποβάλλεται από τον κύκλο
(β) Τη θερμοκρασία στην οποία λειτουργεί ο συμπυκνωτής

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

- Η ελάχιστη πίεση του κύκλου

$[75+25 \cdot A1]$ kPa = 150

$$P_1 = 150 \text{ kPa} = P_4$$

$$P_3 = 5000 \text{ kPa} = P_2$$

$$T_3 = 350^\circ\text{C} = 623 \text{ K}$$

(α) κατ. 1

$$P_1 = 150 \text{ kPa} \left. \begin{array}{l} \text{ΠΑΣ} \\ \text{καρσαμ. υγρό} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$h_1 = h_{f@150 \text{ kPa}} = 467,11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = s_2 = s_{f@150 \text{ kPa}} = 1,4336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$v_1 = v_{f@150 \text{ kPa}} = 0,001053 \text{ m}^3/\text{kg}$$

κατ. 2

$$P_2 = 5 \text{ MPa}$$

Συμπ. υγρό

$$w_{\text{pump, in}} = h_2 - h_1 = v_1 (P_2 - P_1) \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow w_{\text{pump, in}} = 0,001053 \cdot (5000 - 150) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 5,107 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Επίπλευση: $w_{\text{pump, in}} = h_2 - h_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow h_2 = w_{\text{pump, in}} + h_1 = 5,107 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 467,11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 472,217 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Καταστάτ. 3

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 5 \text{ MPa} \\ T_3 = 623 \text{ K} \\ \text{Υπερθ. ατμός} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑΘ}} \begin{array}{l} h_3 = 3068,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ s_3 = s_4 = 6,4493 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{array}$$

Καταστάτ. 4

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P_4 = 150 \text{ kPa} \\ s_4 = 6,4493 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{ΠΑΘ}} \begin{array}{l} s_{fg@150 \text{ kPa}} = 5,7897 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ s_f = 1,4336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{array}$$

$$x = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,4493 - 1,4336}{5,7897} = 0,86$$

$$h_4 = h_{f@150 \text{ kPa}} + x \cdot h_{fg@150 \text{ kPa}} = (467,11 + 0,86 \cdot 2226,49) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_4 = 2381,89 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{out}} = h_4 - h_1 = 1914,78 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

(β) Επειδή έχω κορεσμένο υγρό ~~α~~ η θερμοκρασία $T_4 = T_{\text{sat}@150 \text{ kPa}} = 111,35^\circ \text{C}$

{Συνέχεια της άσκησης 5}

Ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής ισχύος λειτουργεί με βάση τον απλό ιδανικό κύκλο Rankine ανάμεσα στα όρια πιέσεων $[75+25 \cdot A1]$ kPa και 5 MPa. Η θερμοκρασία του ατμού στην είσοδο του στροβίλου είναι 350°C , και ο ρυθμός ροής μάζας του ατμού διαμέσου του κύκλου είναι 40 kg/s . Να υπολογίσετε:

(α) Τη θερμική απόδοση του κύκλου

(β) Την καθαρή ισχύ που παράγει ο ατμοηλεκτρικός σταθμός (σε MW)

Να συμπληρωθούν για το $A1=...$ σας:

▪ Η ελάχιστη πίεση του κύκλου

$[75+25 \cdot A1]$ kPa = 150

$$(α) \eta_{th, Rankine} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} \quad (1)$$

$$q_{in} = h_3 - h_2 = (3068,4 - 472,17) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_{in} = 2596,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$(1) \Rightarrow \eta_{th, Rankine} = 1 - \frac{1917,78}{2596,183} = 0,262 \quad (26,2\%)$$

$$(β) W_{net} = W_{turb, out} - W_{pump, in} \Rightarrow W_{turb, out} = W_{net} + W_{pump, in} \quad (2)$$

$$\eta_{th, Rankine} = \frac{W_{net}}{q_{in}} \Rightarrow W_{net} = \eta_{th, Rankine} \cdot q_{in} = 0,262 \cdot 2596,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_{net} = 680,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow w_{\text{turb,out}} = 680,2 + 5,107 = 685,307 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{w}_{\text{turb,out}} = w_{\text{turb,out}} \cdot \dot{m} = 685,307 \cdot 40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{w}_{\text{turb,out}} = 27,412 \text{ MW}$$

Άσκηση 7

/10

Να υπολογίσετε την ενθαλπία εξάτμισης του ατμού στους $[150+5 \cdot A1]$ °C χρησιμοποιώντας:

(α) Την εξίσωση Clapeyron

(β) Την εξίσωση Clausius-Clapeyron

(γ) Να υπολογίσετε το σφάλμα που υπεισέρχεται στις δύο παραπάνω περιπτώσεις σε σχέση με τη τιμή της ενθαλπίας εξάτμισης του Πίνακα ατμών του νερού.

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

▪ Η θερμοκρασία

$[150+5 \cdot A1]$ °C = 165

(α) ΤΙΑ4

$$T = 165^\circ\text{C} \rightarrow V_{g@165^\circ\text{C}} = 0,2727 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_{f@165^\circ\text{C}} = 0,001108 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_{fg} = V_g - V_f = (0,2727 - 0,001108) \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0,271592 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Γίνεται η παραδοχή ότι η διαφορά μεταξύ των πιέσεων και θερμοκρασιών αντίστοιχα είναι τέτοια ώστε η εξίσωση Clapeyron να προσεγγίζεται ως εξής:

$$\left(\frac{dP}{dT}\right)_{\text{sat}} \cong \frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{P_{\text{sat}170^\circ\text{C}} - P_{\text{sat}160^\circ\text{C}}}{170^\circ\text{C} - 160^\circ\text{C}} \Rightarrow$$

$$\overset{\text{TIA4}}{\Rightarrow} \left(\frac{\Delta P}{\Delta T} \right)_{\text{sat}} = \frac{0,7005 - 0,6178}{10} \frac{\text{MPa}}{\text{K}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\Delta P}{\Delta T} \right)_{\text{sat}} = 0,00827 \frac{\text{MPa}}{\text{K}} = 8,27 \frac{\text{kPa}}{\text{K}}$$

$$\left(\frac{dP}{dT} \right)_{\text{sat}} = \frac{h_{fg}}{T \cdot v_{fg}} \Rightarrow h_{fg} = \left(\frac{dP}{dT} \right)_{\text{sat}} \cdot T \cdot v_{fg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_{fg} = 8,27 \frac{\text{kPa}}{\text{K}} \cdot (165 + 273) \text{K} \cdot 0,271592 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_{fg} = 983,77 \text{ kJ/kg}$$

$$(6) \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{\text{sat}} = \frac{h_{fg}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)_{\text{sat}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_{fg} = \frac{R \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{\text{sat}}}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)_{\text{sat}}} \Rightarrow \textcircled{4} \quad R = 0,4615 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Arro TIA1}$$

$$\Rightarrow h_{fg} = \frac{0,4615 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \ln(1,1339)}{\left(\frac{1}{433 \text{K}} - \frac{1}{443} \right)} = 1112,129 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$(7) \text{TIA4} \rightarrow h_{fg} = 2066,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ T = 165^\circ\text{C}$$

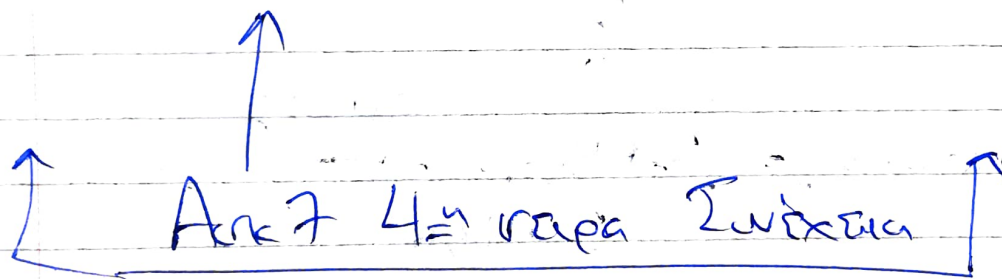
Συνολικά

$$(j) \sigma_{\text{ραβδισμός}} = \frac{|2066,2 - 983,77|}{2066,2}$$

$$= \frac{1082,43}{2066,2} = 0,52 \text{ (52\%)}$$

$$\sigma_{\text{ραβδισμός}_{(6)}} = \frac{|2066,2 - 1112,129|}{2066,2}$$

$$= \frac{954,071}{2066,2} = 0,46 \text{ (46\%)}$$


 Αρκ 7 4^η παρα Σύνταγμα

Οξυγόνο (O_2) συμπιέζεται από πίεση $[10+0.01 \cdot A1]$ MPa και θερμοκρασία $[220+0.01 \cdot A1]$ K σε πίεση 21 MPa και θερμοκρασία 230 K. Να υπολογιστεί η μεταβολή της ειδικής εντροπίας του O_2 χρησιμοποιώντας (α) την παραδοχή του ιδανικού αερίου και (β) το γενικευμένο διάγραμμα απόκλισης της εντροπίας.

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

▪ Την αρχική πίεση του O_2	$[10+0.01 \cdot A1]$ MPa = 10,03
▪ Την αρχική θερμοκρασία του O_2	$[220+0.01 \cdot A1]$ K = 220,03

(α) Από τον πίνακα ΠΑ19 για το O_2 προκύπτουν οι παρακάτω ειδικές εντροπίες:

Για την S_1^o εφαρμόζεται γραμμική παρεμβολή

T (K)	S^o ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$)
220	196,174
220,03	?
230	197,461

$$\bar{S}_1^o = 196,174 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$S_1^o = \frac{\bar{S}_1^o}{M_{r_{O_2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S_1^o = \frac{196,174 \frac{kJ}{kg \cdot K}}{32 \frac{kg}{kgmol}} = 6,130 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$S_2^o = \frac{\bar{S}_2^o}{M_{r_{O_2}}} = \frac{197,461}{32} = 6,170 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$ds = s_2 - s_1 = s_2^o - s_1^o - R_{a2} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = R_{a2} = 0,2598 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Ans TA1}$$

$$= 6,170 - 6,130 - 0,2598 \cdot \ln\left(\frac{21}{10,03}\right) \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s_2 - s_1 = 0,04 - 0,19198 = -0,15198 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

(B) κατ. 1

$$T_{R1} = \frac{T_1}{T_{cr}} = \frac{220,03 \text{ K}}{154,8 \text{ K}} = 1,42$$

$$P_{R1} = \frac{P_1}{P_{cr}} = \frac{10,03 \text{ MPa}}{3,08 \text{ MPa}} = 1,97$$

Από γενικευμ. διαγρ. αερίων. υπερπυκνω

$$Z_{s1} = 0,63$$

κατ. 2

$$P_{R2} = \frac{P_2}{P_{cr}} = \frac{21}{3,08} = 4,13 \quad T_{R2} = \frac{T_2}{T_{cr}} = 1,48$$

$$Z_{s2} = 0,97 \quad ds = s_2 - s_1 = (s_2 - s_1)_{\text{ideal}} - R_{a2} (Z_{s2} - Z_{s1}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s_2 - s_1 = -0,15198 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} - 0,2598 \cdot (0,97 - 0,63) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s_2 - s_1 = -0,2403 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Να υπολογιστεί ο συντελεστής Joule Thomson για το ψυκτικό R134a στα 280 kPa και θερμοκρασία $[30+A1]$ °C. Μια διεργασία στραγγαλισμού του ψυκτικού που βρίσκεται στις συγκεκριμένες συνθήκες θα προκαλέσει άνοδο της θερμοκρασίας του, πτώση ή θα παραμείνει η θερμοκρασία σταθερή?

Να συμπληρωθούν για το $A1=3$ σας:

■ Θερμοκρασία

$[30+A1]$ °C= 33

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$$

$$\left. \begin{array}{l} P=280 \text{ kPa} \\ T=33^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ HATL} \rightarrow T_{sat@280 \text{ kPa}} = -1,23^\circ\text{C} < T=33^\circ\text{C}$$

↓
Υπερθερμοί ατμοί

Από ΠΑ13 και με γραμμ. παρεμβολή:

$T (^\circ\text{C})$	$h \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$
30	275,12
33	?
40	284,42

$$\frac{y - 275,12}{33 - 30} = \frac{284,42 - y}{40 - 33} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10y = 284,42 \cdot 3 + 275,12 \cdot 7$$

$$\Rightarrow h = 277,91 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\mu_{JT} \approx \left(\frac{\Delta T}{\Delta P} \right)_{h=277,91} \quad (1)$$

ΚΑΤ. 1

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 0,24 \text{ MPa} \\ h = 277,91 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{\text{ΠΑΙΣ}} \\ \text{ισοθερμ.} \\ \text{παραμ.} \end{array} \quad T_1 = 32,12^\circ\text{C}$$

ΚΑΤ. 2

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 0,32 \text{ MPa} \\ h = 277,91 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{\text{ΠΑΙΣ}} \\ \text{+ ισοθερμ.} \\ \text{παραμ.} \end{array} \quad T_2 = 33,87^\circ\text{C}$$

~~① $\mu_{JT} = \frac{T_{\text{sat}@0,32 \text{ MPa}} - T_{\text{sat}}}{0,32 - 0,24}$~~

$$\textcircled{1} \mu_{JT} = \frac{T_{@0,32 \text{ MPa}} - T_{@0,24 \text{ MPa}}}{0,32 - 0,24} = \frac{33,87 - 32,12}{0,08} =$$

$$= \frac{1,75}{0,08} \Rightarrow \mu_{JT} = 21,875 > 0$$

~~Άρα~~ Επειδή $\mu_{JT} > 0$ η διεργασία αεζογνατισμού θα αυξήσει τη θερμοκρασία του ψυκτικού.

Άσκηση 10**/10**

Έστω ένα αέριο το οποίο υπακούει στην καταστατική εξίσωση $P(v-a)=RT$, όπου a είναι μια θετική σταθερά. Να βρεθεί το διάστημα θερμοκρασιών για το οποίο το αέριο μπορεί να ψυχθεί μέσω διεργασίας στραγγαλισμού.