**Α.** Σύστημα με αέρα μάζας 0,2 (kg) βρίσκεται σε πίεση 350 (kPa) *[= 3,5 (bar)]* και θερμοκρασία 35 ( $^0$C) .
Ο αέρας θερμαίνεται υπό σταθερό όγκο μέχρι η πίεση να γίνει 700 (kPa) *[= 7,0 (bar)]*.

**Να υπολογιστεί** η μεταβολή εντροπίας.

***ΛΥΣΗ***

Υπολογισμός καταστατικών μεγεθών σε κάθε κατάσταση

***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1***

Δεδομένα : $p_1 = 350\ (kPa)\quad T_1 = 35\ ({}^0C) = [35 + 273{,}15]\ (K) = 308{,}15\ (K)$

$$V_1 = \frac{m \cdot R_1 \cdot T_1}{p_1} = \frac{0{,}2\ (kg)\ \cdot\ 287\ (\dfrac{N \cdot m}{kg \cdot K})\ \cdot\ 308{,}15\ (K)}{350 \cdot 10^5\ (\dfrac{N}{m^2})} = 0{,}05\ (m^3)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1*** | $p_1 = 350\ (kPa)$ | $T_1 = 308{,}15\ (K)$ | $V_1 = 0{,}05\ (m^3)$ |

***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2***

$p_2 = 700\ (kPa)\quad V_2 = V_1 = 0{,}05\ (m^3)$

***Μεταβολή ισόχωρη*** : $\dfrac{p_1}{p_2} = \dfrac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \dfrac{p_2}{p_1} = 308{,}15\ (K) \cdot \dfrac{700}{350} = 616{,}30\ (K)$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2*** | $p_2 = 700\ (kPa)$ | $T_2 = 616{,}30\ (K)$ | $V_2 = V_1 = 0{,}05\ (m^3)$ |

**Υπολογισμός μεταβολής εντροπίας**

$$(\Delta S)_{1,2} = m \cdot \left(c_V\right)_m \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

**Υπολογισμός** $\left(c_V\right)_m$

Η τιμή του $\left(c_V\right)_m$ υπολογίζεται από τον ΠΙΝΑΚΑ 1 – ΜΕΡΟΣ 8$^o$ Α. Μπορεί να υπολογιστεί η τιμή της ειδικής θερμοχωρητικότητας για κάθε θερμοκρασία και μετά να γίνει ο μέσος όρος των δύο τιμών της ειδικής θερμοχωρητικότητας, ή να υπολογιστεί η μέση θερμοκρασία και η αντίστοιχη τιμή της ειδικής θερμοχωρητικότητας.

$T_m = \frac{1}{2} \cdot \left(T_1 + T_2\right) = 462,225\ (K)$ : και με γραμμική παρεμβολή είναι :

$$\left(c_P\right)_m = 7,04 + \frac{7,15 - 7,04}{500 - 400} \cdot \left(462,225 - 400\right) = 7,108\ \left(\frac{kcal}{kmole \cdot K}\right) \rightarrow$$

$$\left(c_P\right)_m = \frac{7,108\ \left(\frac{kcal}{kmole \cdot K}\right)}{28,96\left(\frac{kp}{kmole}\right)} = 0,245\left(\frac{kcal}{kp \cdot K}\right) \rightarrow$$

$$\left(c_P\right)_m = 0,245\left(\frac{kcal}{kp \cdot K}\right) \cdot 4,1868\ [\frac{\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)}{\left(\frac{kcal}{kp \cdot K}\right)}] = 1,027\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)$$

<u>**Από τη σχέση του Mayer :**</u>

$$c_P - c_V = R_1 \ \rightarrow\ \left(c_V\right)_m = \left(c_P\right)_m - R_1\ =\ 1,027\ \left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right) - 0,287\ \left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right) = 0,74\ \left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)$$

$$\left(\Delta S\right)_{1,2} = m \cdot \left(c_V\right)_m \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = 0,2(kg) \cdot 0,74\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right) \cdot \ln\left(\frac{750}{350}\right) = 0,103\ \left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)$$

<u>*Η μεταβολής εντροπίας για ισόχωρη μεταβολή μπορεί να υπολογιστεί και από τη δεύτερη σχέση υπολογισμού:*</u>

$$\left(\Delta S\right)_{1,2} = m \cdot \left(c_V\right)_m \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 0,2(kg) \cdot 0,74\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right) \cdot \ln\left(\frac{616,30}{308,15}\right) = 0,103\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)$$

**<u>Β.</u>** 2 (kg) ιδανικού αερίου $CO2$ καταλαμβάνουν αρχικά όγκο 0,4 ($m^3$) σε πίεση 3 x $10^5$ (Pa). Το αέριο εκτονώνεται υπό σταθερή πίεση και ο όγκος του γίνεται 0,6 ($m^3$).

**<u>Να υπολογιστούν :</u>**
- Το έργο
- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας

***<u>ΛΥΣΗ</u>***

Υπολογισμός καταστατικών μεγεθών σε κάθε κατάσταση

***<u>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1</u>***

Δεδομένα : $p_1 = 3 \cdot 10^5 \ (Pa) \quad \mathrm{V}_1 = 0,40 (m^3)$

$$T_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{m \cdot R_1} = \frac{3 \cdot 10^5 \ (\frac{N}{m^2}) \ \cdot \ 0,40 \ (m^3)}{2 \ (kg) \cdot \ 189 \ (\frac{N \cdot m}{kg \cdot K})} = 317,46 \ (K)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1*** | $p_1 = 3 \cdot 10^5 \ (Pa)$ | $T_1 = 317,46 \ (K)$ | $V_1 = 0,40 \ (m^3)$ |

***<u>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2</u>***

$p_2 = p_1 = 3 \cdot 10^5 (Pa) \quad \mathrm{V}_1 = 0,60 \ (\mathrm{m}^3)$

***<u>Μεταβολή ισοβαρής</u>*** : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \ T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} \ = \ 317,46 \ (K) \ \cdot \ \frac{0,60}{0,40} \ = \ 476,19 \ (K)$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2*** | $p_2 = p_1 = 3 \cdot 10^5 \ (Pa)$ | $T_2 = 476,19 \ (K)$ | $V_2 = 0,60 \ (\mathrm{m}^3)$ |

**<u>Α) ΕΡΓΟ</u>**

**<u>Από ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΡΟΣ 8º Γ</u>**, για ισοβαρή μεταβολή είναι :

$$L_{1,2} = p \cdot \left(V_2 - V_1\right) \ = \ 3 \cdot 10^5 (\frac{N}{m^2}) \ \cdot \ \left(0,60 - 0,40\right) \ (m^3) =$$
$$= 0,60 \cdot 10^5 \ (N \cdot m) \ = \ 60.000 \ (J) = 60 \ (kJ)$$

**<u>Α) Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας</u>**

$$\left(\Delta U\right)_{1,2} = m \cdot \left(U_2 - U_1\right) \ \left(kJ\right))$$

Η εσωτερική ενέργεια για κάθε θερμοκρασία , υπολογίζεται από τον ΠΙΝΑΚΑ 3$^{\alpha}$ – ΜΕΡΟΣ 8$^{o}$ Α με γραμμική παρεμβολή , δεδομένου ότι οι θερμοκρασίες δεν υπάρχουν ακριβώς στον πίνακα :

$$T_1 = 317,46(K) : U_1 = 0,0 + \frac{16,82-0}{300-0} \cdot \left(317,46-300\right) = 0,978\left(\frac{kcal}{kp}\right) \rightarrow$$

$$\rightarrow U_1 = 0,978 \left(\frac{kcal}{kp}\right) \cdot 4,1868 \left[\frac{\left(\frac{kJ}{kg}\right)}{\left(\frac{kcal}{kp}\right)}\right] \cong 4,1 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$

$$T_2 = 476,19(K) : U_2 = 16,82 + \frac{56,36-16,82}{600-400} \cdot \left(476,19-400\right) = 31,88\left(\frac{kcal}{kp}\right) \rightarrow$$

$$\rightarrow U_2 = 31,88\left(\frac{kcal}{kp}\right) \cdot 4,1868 \left[\frac{\left(\frac{kJ}{kg}\right)}{\left(\frac{kcal}{kp}\right)}\right] = 133,486 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$

**<u>Είναι :</u>**

$$\left(\Delta U\right)_{1,2} = 2(kg) \cdot \left(133,486-4,1\right) \left(kJ\right)) = 258,774 \left(kJ\right))$$