

1^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Να υπολογισθούν, ο ειδικός όγκος, η ενθαλπία, η εντροπία, η εσωτερική ενέργεια μίγματος ατμού νερού, στις παρακάτω καταστάσεις :

$$a. \quad t_a = 125^{\circ}C \quad x_a = 0,82$$

$$b. \quad p_b = 145ata \quad x_b = 0,15$$

Λύση

Τα ζητούμενα μεγέθη, δίδονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\text{Ειδικός όγκος} \quad : \quad v_{\mu\gamma\mu.} = \sigma \cdot (1-x) + s \cdot x$$

$$\text{Ενθαλπία} \quad : \quad I_{\mu\gamma\mu.} = I_{\sigma} + r \cdot x$$

$$\text{Εντροπία} \quad : \quad S_{\mu\gamma\mu.} = S_{\sigma} + \left(\frac{r}{T}\right) \cdot x$$

$$\text{Εσωτερική ενέργεια} \quad : \quad U_{\mu\gamma\mu.} = I_{\mu\gamma\mu.} - p_{\mu\gamma\mu.} \cdot v_{\mu\gamma\mu.}$$

Άρα για την κάθε ζητούμενη περίπτωση, είναι :

a. Με δεδομένη την τιμή της θερμοκρασίας, από τον πίνακα 7 (είναι πίνακας με μονάδες Τεχνικού Συστήματος, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει και από τον πίνακα 4 με μονάδες Διεθνούς Συστήματος δεδομένου ότι οι μονάδες της θερμοκρασίας είναι ίδιες), είναι :

$$\text{Ειδικός όγκος κεκορεσμένου υγρού} \quad : \quad \sigma = 0,0010650 \left(\frac{m^3}{kp}\right)$$

$$\text{Ειδικός όγκος κεκορεσμένου (ή ξηρού) ατμού} \quad : \quad s = 0,7703 \left(\frac{m^3}{kp}\right)$$

$$\text{Ενθαλπία κεκορεσμένου υγρού} \quad : \quad I_{\sigma} = 125,32 \left(\frac{kcal}{kp}\right)$$

$$\text{Εντροπία κεκορεσμένου υγρού} \quad : \quad S_{\sigma} = 0,3775 \left(\frac{kcal}{kp \cdot ^{\circ}K}\right)$$

$$\text{Πίεση κορεσμού} \quad : \quad p = 2,3666 \left(\frac{kp}{cm^2}\right)$$

$$\text{Θερμότητα (ενθαλπία) ατμοποίησης} \quad : \quad r = 522,6 \left(\frac{kcal}{kp}\right)$$

Οπότε εφαρμόζοντας τις παραπάνω σχέσεις, προκύπτουν :

$$v_{\mu\gamma\mu.} = 0,0010650 \left(\frac{m^3}{kp}\right) \cdot (1-0,82) + 0,7703 \left(\frac{m^3}{kp}\right) \cdot 0,82 \cong 0,632 \left(\frac{m^3}{kp}\right)$$

$$I_{\mu\gamma\mu.} = 125,32 \left(\frac{kcal}{kp}\right) + 522,6 \left(\frac{kcal}{kp}\right) \cdot 0,82 = 553,852 \left(\frac{kcal}{kp}\right)$$

$$S_{\mu\gamma\mu.} = 0,3775 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot {}^\circ\text{K}} \right) + \frac{522,6 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)}{(125 + 273)({}^\circ\text{K})} \cdot 0,82 = 1,690 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot {}^\circ\text{K}} \right)$$

$$U_{\mu\gamma\mu.} = 553,852 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right) - 2,3666 \left(\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right) \cdot 10^4 \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2} \right) \cdot 0,632 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right) \cdot \frac{1}{427} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot \text{m}} \right) =$$

$$= 518,824 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$$

β. Με δεδομένη την τιμή της πίεσης $p_\beta = 145 \text{ ata}$ από τον πίνακα 7 (στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται αυτός ο πίνακας, δεδομένου ότι η πίεση είναι σε μονάδες Τεχνικού Συστήματος) προκύπτουν οι ζητούμενες τιμές σαν μέσες τιμές του κάθε μεγέθους μεταξύ 140 ata και 150 ata :

Θερμοκρασία κορεσμού (αντίστοιχη στην δεδομένη πίεση κορεσμού) : $t = 337,85 \text{ }^\circ\text{C}$

Ειδικός όγκος κεκορεσμένου υγρού : $\sigma = 0,001625 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right)$

Ειδικός όγκος κεκορεσμένου (ή ξηρού) ατμού : $s = 0,012 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right)$

Ενθαλπία κεκορεσμένου υγρού : $I_\sigma = 377,20 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$

Εντροπία κεκορεσμένου υγρού : $S_\sigma = 0,868 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot {}^\circ\text{K}} \right)$

Θερμότητα (ενθαλπία) ατμοποίησης : $r = 250,80 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$

Οπότε εφαρμόζοντας τις παραπάνω σχέσεις, προκύπτουν :

$$v_{\mu\gamma\mu.} = 0,001625 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right) \cdot (1 - 0,15) + 0,0112 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right) \cdot 0,15 \cong 0,003061 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right)$$

$$I_{\mu\gamma\mu.} = 377,20 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right) + 250,80 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right) \cdot 0,15 = 414,82 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$$

$$S_{\mu\gamma\mu.} = 0,868 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot {}^\circ\text{K}} \right) + \frac{250,80 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)}{(337,85 + 273)({}^\circ\text{K})} \cdot 0,15 = 1,278 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot {}^\circ\text{K}} \right)$$

$$U_{\mu\gamma\mu.} = 414,82 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right) - 145 \left(\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right) \cdot 10^4 \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2} \right) \cdot 0,003061 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kp}} \right) \cdot \frac{1}{427} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp} \cdot \text{m}} \right) =$$

$$= 404,425 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- 1.** Σχέση της εσωτερικής ενέργειας $U = I - p \cdot v$ η ενθαλπία είναι σε $\left(\frac{kcal}{kp}\right)$ όπως και η εσωτερική ενέργεια. Ο όρος $(p \cdot v)$ όμως έχει μονάδες $\left(\frac{kp \cdot m}{kp}\right)$, οπότε για να υπάρχει ισότητα στις μονάδες, πρέπει αυτός ο όρος να πολλαπλασιαστεί με το θερμικό ισοδύναμο $A = \frac{1}{427} \left(\frac{kcal}{kp \cdot m}\right)$. Αυτό συμβαίνει στο Τεχνικό Σύστημα μονάδων.

Εάν το ίδιο παράδειγμα γίνει με μονάδες Διεθνούς Συστήματος, δηλαδή :

$p_\beta = 145 \text{ bar} = 145 \cdot 10^5 \text{ (Pa)} = 145 \cdot 10^5 \left(\frac{Nt}{m^2}\right)$ και $x = 0,15$, τότε από τον πίνακα -5- (με ενδιάμεσες πάλι τιμές μεταξύ 144 bar και 146 bar, προκύπτουν :

Θερμοκρασία κορεσμού (αντίστοιχη στην δεδομένη πίεση κορεσμού) :
 $t = 339,41 \text{ }^\circ\text{C}$

Ειδικός όγκος κεκορεσμένου υγρού : $\sigma = 0,0016335 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$

Ειδικός όγκος κεκορεσμένου (ή ξηρού) ατμού : $s = 0,010895 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$

Ενθαλπία κεκορεσμένου υγρού : $I_\sigma = 1590,55 \left(\frac{kJoule}{kg}\right)$

Εντροπία κεκορεσμένου υγρού : $S_\sigma = 3,654 \left(\frac{kJoule}{kg} \cdot ^\circ\text{K}\right)$

Θερμότητα (ενθαλπία) ατμοποίησης : $r = 1034,15 \left(\frac{kJoule}{kg}\right)$

Οπότε εφαρμόζοντας τις παραπάνω σχέσεις, προκύπτουν για $x = 0,15$:

$$v_{\mu\gamma\mu.} = 0,0016335 \left(\frac{m^3}{kg}\right) \cdot (1 - 0,15) + 0,010895 \left(\frac{m^3}{kg}\right) \cdot 0,15 \cong 0,003023 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

$$I_{\mu\gamma\mu.} = 1590,55 \left(\frac{kJoule}{kg}\right) + 1034,15 \left(\frac{kJoule}{kg}\right) \cdot 0,15 = 1745,673 \left(\frac{kJoule}{kg}\right)$$

$$S_{\mu\gamma\mu.} = 3,654 \left(\frac{kJoule}{kg} \cdot ^\circ\text{K}\right) + \frac{1034,15 \left(\frac{kJoule}{kg} \cdot ^\circ\text{K}\right)}{(339,41 + 273) \left(^{\circ}\text{K}\right)} \cdot 0,15 = 3,907 \left(\frac{kJoule}{kg} \cdot ^\circ\text{K}\right)$$

$$\begin{aligned}
 U_{\mu\gamma\mu} &= 1714,648 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right) - 145 \left(\frac{\text{Nt}}{\text{m}^2} \right) \cdot 10^5 \cdot 0,002745 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{Joule}} \right) = \\
 &= 1674,846 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right)
 \end{aligned}$$

Στη σχέση της εσωτερικής ενέργειας, ο όρος $(p \cdot v)$ πολλαπλασιάζεται με (10^{-3}) ώστε οι μονάδες να γίνουν $\left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right)$.

2. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του παραδείγματος 1β με τα αποτελέσματα του παραδείγματος στην παρατήρηση **-1-**, παρατηρείται μια διαφορά στις τιμές όταν αυτές του παραδείγματος 1β μετατραπούν από $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right)$ σε $\left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right)$ πολλαπλασιάζοντας με $4,1868 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right)$.

Αυτό συμβαίνει διότι το παράδειγμα στην παρατήρηση -1- έγινε με τιμή της πίεσης $p_\beta = 145 \text{ bar}$ και όχι με τιμή πίεσης στο Διεθνές Σύστημα αντίστοιχη των $p_\beta = 145 \text{ ata}$.

Εάν γινόταν πρώτα η μετατροπή από ata σε bar τότε θα έπρεπε η πίεση να είναι :

$$\begin{aligned}
 145 \text{ ata} \cdot 0,981 \left(\frac{\text{bar}}{\text{ata}} \right) &= 142,245 \text{ bar}, \text{ δεδομένου ότι :} \\
 1 \text{ bar} &= 1,02 \text{ ata} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ ata} = 0,981 \text{ bar}.
 \end{aligned}$$

Εάν για $p = 142,245 \text{ bar}$ απ' τον πίνακα -5- υπολογισθεί για παράδειγμα η ενθαλπία κεκορεσμένου υγρού, είναι (με γραμμική παρεμβολή μεταξύ 142 bar και 144 bar) :

$$I = 1578,7 + \frac{1586,6 - 1578,7}{144 - 142} \cdot (142,245 - 142) = 1579,667 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right), \text{ που κατ' ουσίαν}$$

είναι :

$$(I_\sigma)_{p=145 \text{ ata}} \cdot 4,1868 = 377,2 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kp}} \right) \cdot 4,1868 = 1579,261 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right), \text{ αμελητέα δηλαδή}$$

διαφορά με την τιμή της ενθαλπίας $I = 1579,667 \left(\frac{\text{kJoule}}{\text{kg}} \right)$ που υπολογίσθηκε παραπάνω.