

Τεχνική Θερμοδυναμική

Λύσεις 1ου σετ ασκήσεων, 2020

Αλέξανδρος Δ. Γκότσης

Πολυτεχνείο Κρήτης

γραφείο: 143B83

τηλ. 7259· email: gotsis@science.tuc.gr

29 Μαρτίου, 2020

1. Πότε η ενέργεια που διαπερνά τις οριακές επιφάνειες ενός συστήματος θεωρείται θερμότητα και πότε έργο; Αναφέρετε μερικές μορφές θερμότητας και μερικά είδη έργου.

•

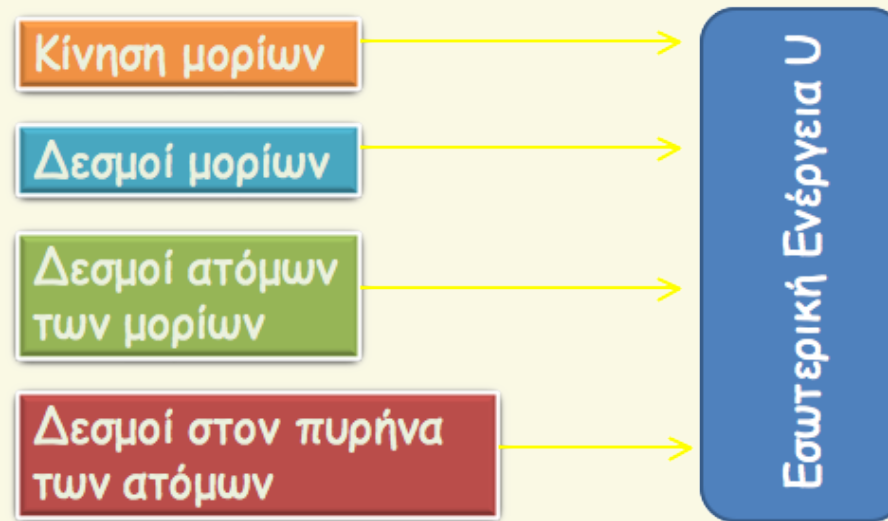
1. Πότε η ενέργεια που διαπερνά τις οριακές επιφάνειες ενός συστήματος θεωρείται θερμότητα και πότε έργο; Αναφέρετε μερικές μορφές θερμότητας και μερικά είδη έργου.

-
- **ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ Q** : Η μορφή ενέργειας που ανταλλάσσει το σύστημα με το περιβάλλον του λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.

1. Πότε η ενέργεια που διαπερνά τις οριακές επιφάνειες ενός συστήματος θεωρείται θερμότητα και πότε έργο; Αναφέρετε μερικές μορφές θερμότητας και μερικά είδη έργου.

-
- **ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ Q** : Η μορφή ενέργειας που ανταλλάσσει το σύστημα με το περιβάλλον του λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- **ΕΡΓΟ W** : Η μορφή ενέργειας που ανταλλάσσει το σύστημα με το περιβάλλον κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας και δεν είναι θερμότητα. Σχετίζεται με κάποια δύναμη.

2. Αναφέρατε τις μορφές ενέργειας που αποτελούν την εσωτερική ενέργεια



Απουσία χημικών και πυρηνικών αντιδράσεων

$$U = (E_{\text{κινητική}} + E_{\text{δυναμική}})_{\text{μορίων}} = f(T, P)$$

3. Για τα ιδανικά αέρια να αποδειχθεί η σχέση $\bar{c}_P - \bar{c}_V = R_u$

-

3. Για τα ιδανικά αέρια να αποδειχθεί η σχέση $\bar{c}_P - \bar{c}_V = R_u$

-

- $\bar{h} = \bar{u} + P\bar{v} = \bar{u} + R_u T$

3. Για τα ιδανικά αέρια να αποδειχθεί η σχέση $\bar{c}_P - \bar{c}_V = R_u$

-

- $\bar{h} = \bar{u} + P\bar{v} = \bar{u} + R_u T$

- $\Rightarrow d\bar{h} = d\bar{u} + R_u dT$

3. Για τα ιδανικά αέρια να αποδειχθεί η σχέση $\bar{c}_P - \bar{c}_V = R_u$

-
- $\bar{h} = \bar{u} + P\bar{v} = \bar{u} + R_u T$
- $\Rightarrow d\bar{h} = d\bar{u} + R_u dT$
- $\Rightarrow \bar{c}_p = \frac{d\bar{h}}{dT} = \frac{d\bar{u}}{dT} + R_u$

3. Για τα ιδανικά αέρια να αποδειχθεί η σχέση $\bar{c}_P - \bar{c}_V = R_u$

-
- $\bar{h} = \bar{u} + P\bar{v} = \bar{u} + R_u T$
- $\Rightarrow d\bar{h} = d\bar{u} + R_u dT$
- $\Rightarrow \bar{c}_p = \frac{d\bar{h}}{dT} = \frac{d\bar{u}}{dT} + R_u$
-

$$\Rightarrow \bar{c}_p = \bar{c}_v + R_u$$

4(α) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας τον πίνακα του αζώτου (A-18)

•

4(α) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας τον πίνακα του αζώτου (A-18)

-

- Στους 600 K: $\bar{h} = 17.56 \text{ kJ/kmol}$

Στους $900 + 10A1$ (π.χ. 950) K $\bar{h} = 28.50 \text{ kJ/kmol}$

4(α) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας τον πίνακα του αζώτου (A-18)

-
- Στους 600 K: $\bar{h} = 17.56 \text{ kJ/kmol}$
Στους 900+10A1 (π.χ. 950) K $\bar{h} = 28.50 \text{ kJ/kmol}$
- $\Rightarrow \Delta \bar{h} = 10.94 \text{ kJ/kmol} \Rightarrow \Delta h = \Delta \bar{h} / M_w \text{ kJ/kg}$

(b) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας την σχέση της ειδικής θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας (πίνακας A-2(γ))

•

(b) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας την σχέση της ειδικής θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας (πίνακας A-2(γ))

•

•

$$\Delta \bar{h} = \int_{600}^{950} c_p dT = \int_{600}^{950} (28.9 - 0.1571 \cdot 10^{-2} T + 0.8081 \cdot 10^{-5} T^2 - 2.873 \cdot 10^{-9} T^3) dT = .$$

[kJ/kmol]

$$\Rightarrow \Delta h = \Delta \bar{h} / M_w \quad [\text{kJ/kg}]$$

(c) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας την τιμή της c_p στην θερμοκρασία δωματίου (Πίνακας A-2(a))

•

(c) Να υπολογισθεί η μεταβολή της ενθαλπίας του αζώτου (kJ/kg) κατά τη θέρμανση του από τους 600 στους 950 K χρησιμοποιώντας την τιμή της c_p στην θερμοκρασία δωματίου (Πίνακας A-2(a))

-
-

$$\Delta h = C_p \Delta T = 1.039(950 - 600) \quad [\text{kJ/kg}]$$

5. Ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου $0,35 \text{ m}^3$ περιέχει 0.9 kg ενός ιδανικού αερίου σε πίεση 150 kPa και θερμοκρασία 280 K . Το αέριο θερμαίνεται έως ότου η θερμοκρασία του φτάσει στους 330 K . Η διεργασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ενθαλπίας του αερίου κατά 23.4 kJ . Να υπολογιστούν (α) οι ειδικές θερμότητες του αερίου, αν η μεταβολή τους στη δοθείσα θερμοκρασιακή περιοχή είναι αμελητέα· και (β) να βρεθεί το μοριακό βάρος του αερίου.

-

5. Ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου $0,35 \text{ m}^3$ περιέχει 0.9 kg ενός ιδανικού αερίου σε πίεση 150 kPa και θερμοκρασία 280 K . Το αέριο θερμαίνεται έως ότου η θερμοκρασία του φτάσει στους 330 K . Η διεργασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ενθαλπίας του αερίου κατά 23.4 kJ . Να υπολογιστούν (α) οι ειδικές θερμότητες του αερίου, αν η μεταβολή τους στη δοθείσα θερμοκρασιακή περιοχή είναι αμελητέα· και (β) να βρεθεί το μοριακό βάρος του αερίου.

-
- Επειδή το αέριο θεωρείται ιδανικό, η μεταβολή της ενθαλπίας του εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία και για σταθερή C_p δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta H = m\Delta h = mC_p\Delta$$

$$C_p = \frac{\Delta H}{M\Delta T} = 0.520 \quad [\text{kJ/kg/K}]$$

•

$$C_p - C_v = R$$

$$PV = mRT \quad \Rightarrow \quad R = \frac{PV}{mT} \quad \Rightarrow \quad C_v = C_p - R$$

•

$$C_p - C_v = R$$

$$PV = mRT \quad \Rightarrow \quad R = \frac{PV}{mT} \quad \Rightarrow \quad C_v = C_p - R$$

•

$$M_w = \frac{R_u}{R}$$

6. Δώστε τους ορισμούς του κρίσιμου και του τριπλού σημείου.

-

6. Δώστε τους ορισμούς του κρίσιμου και του τριπλού σημείου.

-
- Τριπλό σημείο (t) ορίζεται η κατάσταση μιας καθαρής ουσίας στην οποία συνυπάρχουν τρεις φάσεις (π.χ. στερεά, υγρή και αέρια) σε ισορροπία.

6. Δώστε τους ορισμούς του κρίσιμου και του τριπλού σημείου.

-
- Τριπλό σημείο (t) ορίζεται η κατάσταση μιας καθαρής ουσίας στην οποία συνυπάρχουν τρεις φάσεις (π.χ. στερεά, υγρή και αέρια) σε ισορροπία.
- Στο κρίσιμο σημείο $P = P_c$ και $T = T_c$ οι ιδιότητες του κορεσμένου υγρού και του κορεσμένου ατμού είναι ταυτόσημες, δηλ. $v_f = v_g = v_c$. Δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ υγρής και αέριας φάσης.

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T=T_c} \quad \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T=T_c}$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{P=P_c} \quad \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{P=P_c}$$

7. Απουσία πινάκων για το συμπιεσμένο υγρό, πώς υπολογίζεται ο ειδικός του όγκος σε δεδομένη θερμοκρασία και πίεση;

-

7. Απουσία πινάκων για το συμπιεσμένο υγρό, πώς υπολογίζεται ο ειδικός του όγκος σε δεδομένη θερμοκρασία και πίεση;

-
- Ιδιότητα κορεσμένου Υγρού στη συγκεκριμένη θερμοκρασία T , $y \approx y_{f@T}$

7. Απουσία πινάκων για το συμπιεσμένο υγρό, πώς υπολογίζεται ο ειδικός του όγκος σε δεδομένη θερμοκρασία και πίεση;

-
- Ιδιότητα κορεσμένου Υγρού στη συγκεκριμένη θερμοκρασία T , $y \approx y_{f@T}$
- Αλλά $h \approx h_{f@T} + v_{f@T} (P - P_{sat@T})$

8. Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας για το νερό:

Θερμοκρ. °C	πίεση kPa	ειδ. όγκος m ³ /kg	περιγραφή φάσης ¹
50		4.16	
	200		κορεσμένος ατμός
250	400		
110	600		

¹υποψ. υγρό, κορ. υγρό, κορ. ατμός, υπερθ. ατμός, μίγμα με ποιότητα $x = \dots$

8. Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας για το νερό:

Θερμοκρ. °C	πίεση kPa	ειδ. όγκος m ³ /kg	περιγραφή
50		4.16	

1. Θερμοκρασία $\Rightarrow$ Πιν. A-4 @ $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Rightarrow$
 $v_g = 12.026\text{ m}^3/\text{kg} > v = 4.16 > v_f = 0.001012 \Rightarrow$ κορεσμένη κατάσταση

2. $\Rightarrow P = 12.35\text{ kPa}$ $x = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = 0.34$

8. Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας για το νερό:

Θερμοκρ. °C	πίεση kPa	ειδ. όγκος m ³ /kg	περιγραφή
50	12.35	4.16	κορεσμένο, $x = 0.34$
	200		κορεσμένος ατμός

1. Κορεσμ. κατάσταση $\Rightarrow$ Πιν. A-5 @ $P = 200 \text{ kPa} \Rightarrow T = 120.21 \text{ }^{\circ}\text{C}$

2. Κορεσμ. ατμός $\Rightarrow P = 200 \text{ kPa} \Rightarrow v_g = 0.88578 \text{ m}^3$

8. Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας για το νερό:

Θερμοκρ. °C	πίεση kPa	ειδ. όγκος m ³ /kg	περιγραφή
50	12.35	4.16	κορεσμένο, $x = 0.34$
120.21	200	0.88578	κορεσμένος ατμός
250	400	0.59520	υπέρθερμος ατμός
110	600	0.00152	υπόψυκτο υγρό

3ο δείγμα: Από $T=250\text{ }^{\circ}\text{C}$, Πιν. A-4 $\Rightarrow P < P_{sat} \Rightarrow$ υπέρθερμος ατμός
Πιν. A-6 $\Rightarrow v(250\text{ }^{\circ}\text{C}, 0.4\text{ MPa}) = 0.59520\text{ m}^3/\text{kg}$

4ο δείγμα: Από $T=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, Πιν. A-4 $\Rightarrow P > P_{sat} \Rightarrow$ υπόψυκτο υγρό
Ο Πιν. A-7 δεν έχει τιμές για αυτή τη πίεση $\Rightarrow v = v_{f@T} = 0.001052$ (Πιν. A-4)

9. Σε ένα κλειστό δοχείο περιέχονται 1,37 kg ψυκτικού R-134a σε κατάσταση κορεσμένου ατμού. Η μανομετρική πίεση στο δοχείο είναι 600 kPa και η τοπική βαρομετρική πίεση είναι 100 kPa. α) Ποια είναι η θερμοκρασία του ψυκτικού; β) Ποιος είναι ο όγκος του δοχείου σε L;

-

9. Σε ένα κλειστό δοχείο περιέχονται 1,37 kg ψυκτικού R-134a σε κατάσταση κορεσμένου ατμού. Η μανομετρική πίεση στο δοχείο είναι 600 kPa και η τοπική βαρομετρική πίεση είναι 100 kPa. α) Ποια είναι η θερμοκρασία του ψυκτικού; β) Ποιος είναι ο όγκος του δοχείου σε L;

-

- Απόλυτη Πίεση = Μανομετρική + βαρομετρική = 700 kPa

9. Σε ένα κλειστό δοχείο περιέχονται 1,37 kg ψυκτικού R-134a σε κατάσταση κορεσμένου ατμού. Η μανομετρική πίεση στο δοχείο είναι 600 kPa και η τοπική βαρομετρική πίεση είναι 100 kPa. α) Ποια είναι η θερμοκρασία του ψυκτικού; β) Ποιος είναι ο όγκος του δοχείου σε L;

-

- Απόλυτη Πίεση = Μανομετρική + βαρομετρική = 700 kPa
- Κορεσμένη κατάσταση @ 700 kPa $\Rightarrow T = 26.69^\circ \text{C}$ (Πιν. Α-12)

9. Σε ένα κλειστό δοχείο περιέχονται 1,37 kg ψυκτικού R-134a σε κατάσταση κορεσμένου ατμού. Η μανομετρική πίεση στο δοχείο είναι 600 kPa και η τοπική βαρομετρική πίεση είναι 100 kPa. α) Ποια είναι η θερμοκρασία του ψυκτικού; β) Ποιος είναι ο όγκος του δοχείου σε L;

•

- Απόλυτη Πίεση = Μανομετρική + βαρομετρική = 700 kPa
- Κορεσμένη κατάσταση @ 700 kPa $\Rightarrow T = 26.69^\circ \text{C}$ (Πιν. A-12)
- όγκος δοχείου $V = v_g * m = 0.029361 * 1.37 = 0.04 \text{ m}^3 = 40 \text{ L}$

10. Ποια είναι η φυσική σημασία του συντελεστή συμπίεσ- τητας, Z ;

-

10. Ποια είναι η φυσική σημασία του συντελεστή συμπίεστος, Z;

-
- Ο παράγοντας z αποτελεί μέτρο της απόκλισης ενός πραγματικού αερίου από την ιδανική συμπεριφορά στις ίδιες συνθήκες P & T:

$$z = \frac{Pv}{RT} = \frac{P\bar{v}}{R_u T}$$

11. Σε ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα ψυκτικού R-134a σε κατάσταση μίγματος κορεσμένου υγρού και ατμού πίεσης $500+(10 \cdot A1)$ kPa. Το δοχείο θερμαίνεται έως ότου το ψυκτικό φτάσει την κρίσιμη κατάσταση. Να υπολογιστεί η κατ' όγκο σύσταση του αρχικού μίγματος σε υγρό και ατμό.

•

11. Σε ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα ψυκτικού R-134a σε κατάσταση μίγματος κορεσμένου υγρού και ατμού πίεσης $500+(10 \cdot A1)$ kPa. Το δοχείο θερμαίνεται έως ότου το ψυκτικό φτάσει την κρίσιμη κατάσταση. Να υπολογιστεί η κατ' όγκο σύσταση του αρχικού μίγματος σε υγρό και ατμό.

-
- Πίνακας A-1 Μορ. βάρος & Κρίσιμο σημείο του Τετραχλωροαιθανίου R-134a:
 $M_r = 102,03 \text{ kg/kmol}$, $T_c = 374,3 \text{ K}$, $P_c = 4,067 \text{ MPa}$ και $\bar{v}_c = 0,1847 \text{ m}^3/\text{kmol}$

11. Σε ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα ψυκτικού R-134a σε κατάσταση μίγματος κορεσμένου υγρού και ατμού πίεσης $500+(10 \cdot A1)$ kPa. Το δοχείο θερμαίνεται έως ότου το ψυκτικό φτάσει την κρίσιμη κατάσταση. Να υπολογιστεί η κατ' όγκο σύσταση του αρχικού μίγματος σε υγρό και ατμό.

-
- Πίνακας A-1 Μορ. βάρος & Κρίσιμο σημείο του Τετραχλωροαιθανίου R-134a:
 $M_r = 102,03 \text{ kg/kmol}$, $T_c = 374,3 \text{ K}$, $P_c = 4,067 \text{ MPa}$ και $\bar{v}_c = 0,1847 \text{ m}^3/\text{kmol}$
- Σταθερός όγκος $\Rightarrow v = v_c/M_r \text{ m}^3/\text{kg}$

11. Σε ένα κλειστό δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα ψυκτικού R-134a σε κατάσταση μίγματος κορεσμένου υγρού και ατμού πίεσης $500+(10 \cdot A1)$ kPa. Το δοχείο θερμαίνεται έως ότου το ψυκτικό φτάσει την κρίσιμη κατάσταση. Να υπολογιστεί η κατ' όγκο σύσταση του αρχικού μίγματος σε υγρό και ατμό.

-
- Πίνακας A-1 Μορ. βάρος & Κρίσιμο σημείο του Τετραχλωροαιθανίου R-134a:
 $M_r = 102,03 \text{ kg/kmol}$, $T_c = 374,3 \text{ K}$, $P_c = 4,067 \text{ MPa}$ και $\bar{v}_c = 0,1847 \text{ m}^3/\text{kmol}$
- Σταθερός όγκος $\Rightarrow v = v_c/M_r \text{ m}^3/\text{kg}$
- Κορεσμένη κατάσταση @ (800) kPa $\Rightarrow v_f = 0,0008454$ και $v_g = 0,0255 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\bullet \quad m = m_f + m_g, \quad V = V_f + V_g \quad \Rightarrow \quad mv = m_f v_f + m_g v_g$$

- $m = m_f + m_g, \quad V = V_f + V_g \quad \Rightarrow \quad mv = m_f v_f + m_g v_g$

-

$$\Rightarrow \quad \frac{m_f}{m} = \frac{v - v_g}{v_f - v_g} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_f}{V} = \frac{m_f v_f}{mv}$$

12. Στερεό δοχείο 500 L περιέχει μείγμα υγρού/ατμών κορεσμένου ψυκτικού R-134a σε πίεση 2.5 bar. Αν το συμπιεσμένο υγρό καταλαμβάνει το $(5 + A1/10)\%$ του όγκου, να υπολογισθούν η ποιότητα και η ολική μάζα του ψυκτικού στο δοχείο. (Πιν. A-12)

•

12. Στερεό δοχείο 500 L περιέχει μείγμα υγρού/ατμών κορεσμένου ψυκτικού R-134a σε πίεση 2.5 bar. Αν το συμπιεσμένο υγρό καταλαμβάνει το $(5 + A1/10)\%$ του όγκου, να υπολογισθούν η ποιότητα και η ολική μάζα του ψυκτικού στο δοχείο. (Πιν. A-12)

-

- $P = 2.5 \text{ bar} \Rightarrow v_f, v_g$

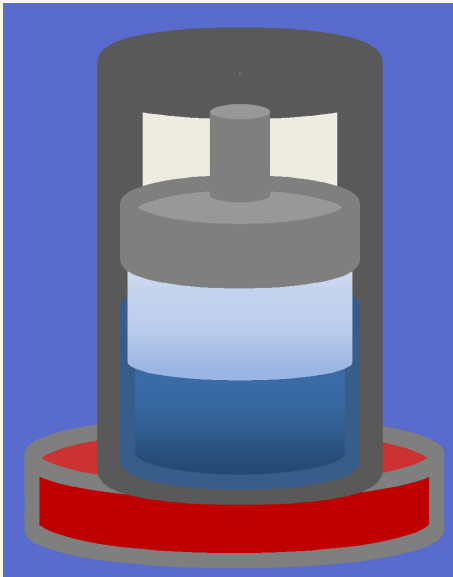
12. Στερεό δοχείο 500 L περιέχει μείγμα υγρού/ατμών κορεσμένου ψυκτικού R-134a σε πίεση 2.5 bar. Αν το συμπιεσμένο υγρό καταλαμβάνει το $(5 + A1/10)\%$ του όγκου, να υπολογισθούν η ποιότητα και η ολική μάζα του ψυκτικού στο δοχείο. (Πιν. A-12)

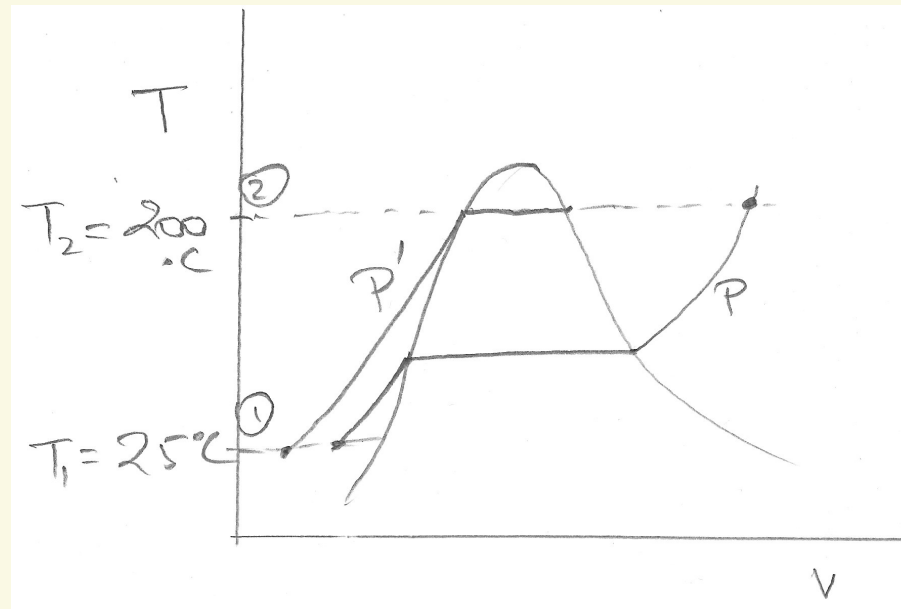
-
- $P = 2.5 \text{ bar} \Rightarrow v_f, v_g$
- (10%) $V_f = 0.1 * 500\text{L} \Rightarrow V_g = 0.45 \text{ m}^3$

12. Στερεό δοχείο 500 L περιέχει μείγμα υγρού/ατμών κορεσμένου ψυκτικού R-134a σε πίεση 2.5 bar. Αν το συμπιεσμένο υγρό καταλαμβάνει το $(5 + A1/10)\%$ του όγκου, να υπολογισθούν η ποιότητα και η ολική μάζα του ψυκτικού στο δοχείο. (Πιν. A-12)

-
- $P = 2.5 \text{ bar} \Rightarrow v_f, v_g$
- (10%) $V_f = 0.1 * 500 \text{ L} \Rightarrow V_g = 0.45 \text{ m}^3$
- $m_f = \frac{V_f}{V} \quad m_g = \frac{V_g}{V} \quad m = m_f + m_g$

13. Θέλουμε να ατμοποιήσουμε 1000 kg νερό αρχικής θερμοκρασίας 25°C . Η τελική θερμοκρασία του ατμού πρέπει να είναι 200°C και η διεργασία θα γίνει υπό σταθερή πίεση: το νερό ευρίσκεται μέσα σε ένα κατακόρυφο σύστημα εμβόλου-κυλίνδρου χωρίς τριβές, όπου το βάρος του κυλίνδρου καθορίζει τη σταθερή πίεση. Υπολογίστε την πίεση που θα χρησιμοποιηθεί για την (ενεργειακά) πιο οικονομική διεργασία.





Για κάθε πίεση:

$$\Delta H = mC_p (T_{sat@P} - T_1) + m(h_g - h_f)_{@P} + m(h_2 - h_g)_{@P}$$

Για το βέλτιστο δοκιμάζουμε για διαφορετικές πιέσεις από την ατμοσφαιρική μέχρι την πίεση κορεσμού στους 200 ° C.

14. Υπολογίστε το ποσοστιαίο σφάλμα στον υπολογισμό του ειδικού όγκου αν το διοξείδιο του άνθρακα θεωρηθεί ιδανικό αέριο σε θερμοκρασία 293 K και πίεση 3 MPa.

•

14. Υπολογίστε το ποσοστιαίο σφάλμα στον υπολογισμό του ειδικού όγκου αν το διοξείδιο του άνθρακα θεωρηθεί ιδανικό αέριο σε θερμοκρασία 293 K και πίεση 3 MPa.

-
-

$$Z = \frac{Pv}{RT}$$

14. Υπολογίστε το ποσοστιαίο σφάλμα στον υπολογισμό του ειδικού όγκου αν το διοξείδιο του άνθρακα θεωρηθεί ιδανικό αέριο σε θερμοκρασία 293 K και πίεση 3 MPa.

-
-

$$Z = \frac{Pv}{RT}$$

- Z από γενικευμένο διάγραμμα συμπιεστότητας, Σχημα A-15, T_c , P_c

$$P_R = \frac{P}{P_c} \quad T_R = \frac{T}{T_c}$$

14. Υπολογίστε το ποσοστιαίο σφάλμα στον υπολογισμό του ειδικού όγκου αν το διοξείδιο του άνθρακα θεωρηθεί ιδανικό αέριο σε θερμοκρασία 293 K και πίεση 3 MPa.

-
-

$$Z = \frac{Pv}{RT}$$

- Z από γενικευμένο διάγραμμα συμπιεστότητας, Σχημα A-15, T_c , P_c

$$P_R = \frac{P}{P_c} \quad T_R = \frac{T}{T_c}$$

- % σφάλμα = $(1-Z) \times 100$

15. Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία $(400 + 0.5 \cdot A1)$ °C, χρησιμοποιώντας (α) την εξίσωση των ιδανικών αερίων· (β) το γενικευμένο διάγραμμα συμπίεστικότητας· και (γ) τους πίνακες υδρατμού. Υπολογίστε το ποσοστό σφάλματος στις δύο πρώτες περιπτώσεις.

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (α) την εξίσωση των ιδανικών αερίων

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (α) την εξίσωση των ιδανικών αερίων

- $Pv = RT \Rightarrow v = \frac{RT}{P} \quad R_{\text{νερού}} = 0.4615 \text{ kJ/(kg.K)}$

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (β)) το γενικευμένο διάγραμμα συμπιεστότητας

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (β)) το γενικευμένο διάγραμμα συμπίεσότητας

$$Pv = ZRT \quad \Rightarrow \quad v = \frac{ZRT}{P}$$

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (β)) το γενικευμένο διάγραμμα συμπίεσότητας

-

$$Pv = ZRT \quad \Rightarrow \quad v = \frac{ZRT}{P}$$

- Απόλυτες ιδιότητες νερού (Πίν. A-1): 647.1 K, 22.06 MPa.

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (β) το γενικευμένο διάγραμμα συμπίεσότητας

-

$$Pv = ZRT \quad \Rightarrow \quad v = \frac{ZRT}{P}$$

- Απόλυτες ιδιότητες νερού (Πίν. A-1): 647.1 K, 22.06 MPa.
- Υπολογίζουμε τις ανοιγμένες ιδιότητες $T_R = T/T_c$ $P_R = P/P_c$ (T σε K, P σε MPa)

15.

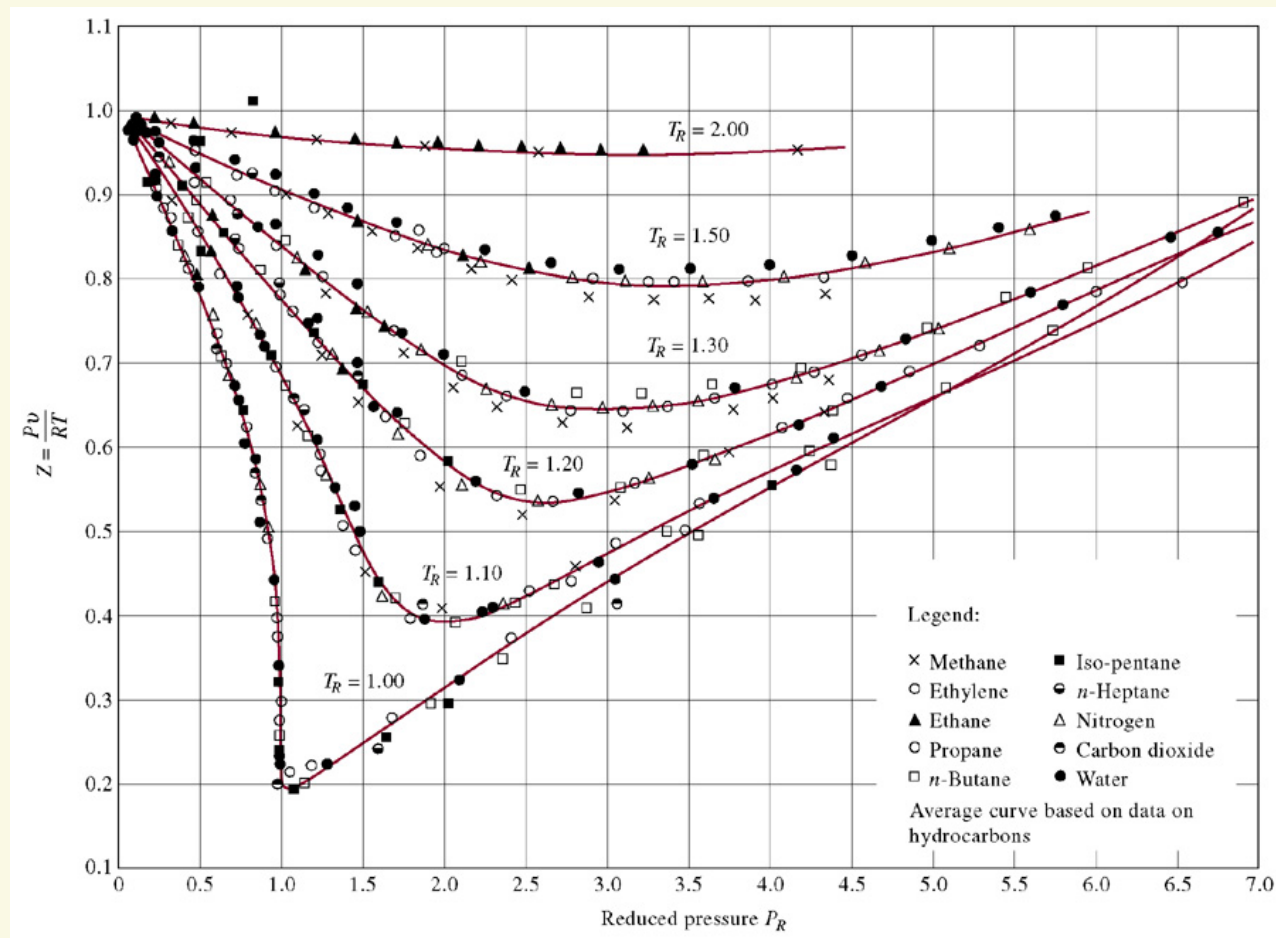
- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας (β)) το γενικευμένο διάγραμμα συμπίεσότητας

•

$$Pv = ZRT \quad \Rightarrow \quad v = \frac{ZRT}{P}$$

- Απόλυτες ιδιότητες νερού (Πίν. A-1): 647.1 K, 22.06 MPa.
- Υπολογίζουμε τις ανοιγμένες ιδιότητες $T_R = T/T_c$ $P_R = P/P_c$ (T σε K, P σε MPa)
- Βρίσκουμε το Z από (διάγραμμα A-15) τις τιμές των P_R (οριζόντιος άξονας) και T_R (παραμετρικές καμπύλες – κάνουμε παρεμβολή ανάμεσα στις καμπύλες)

Αρχή αντίστοιχων καταστάσεων



15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας τους πίνακες νερού

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας τους πίνακες νερού
- $425 > T_c \Rightarrow$ Πίνακες υπερθ. ατμού $\Rightarrow v = 0.028059 \text{ m}^3$ (παρεμβολή μεταξύ 400 και 500 °C)

15.

- Να υπολογισθεί ο ειδικός όγκος υπέρθερμων υδρατμών σε πίεση 10 MPa και σε θερμοκρασία (π.χ.) 425 °C, χρησιμοποιώντας τους πίνακες νερού
- $425 > T_c \Rightarrow$ Πίνακες υπερθ. ατμού $\Rightarrow v = 0.028059 \text{ m}^3$ (παρεμβολή μεταξύ 400 και 500 °C)
- Σφάλματα = $\frac{y_{err} - y_{true}}{y_{true}}$

16.

- Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου χωρίς τριβές περιέχει αρχικά 200 L κορεσμένου υγρού ψυκτικού 134a. Το έμβολο είναι ελεύθερο να κινηθεί έτσι ώστε η πίεση να είναι πάντα 800 kPa. Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται όταν το σύστημα θερμαίνεται στους $(50 + A1) ^\circ\text{C}$.

16.

- Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου χωρίς τριβές περιέχει αρχικά 200 L κορεσμένου υγρού ψυκτικού 134a. Το έμβολο είναι ελεύθερο να κινηθεί έτσι ώστε η πίεση να είναι πάντα 800 kPa. Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται όταν το σύστημα θερμαίνεται στους $(50 + A1) ^\circ\text{C}$.
- 1. Αρχική κατάσταση: (κορ. υγρό, $P=800 \text{ kPa}$) $\Rightarrow$ Πιν. A-12 $\Rightarrow T = 31.31 ^\circ\text{C}$, $v_f = 0.008458 \text{ m}^3/\text{kg}$.

16.

- Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου χωρίς τριβές περιέχει αρχικά 200 L κορεσμένου υγρού ψυκτικού 134a. Το έμβολο είναι ελεύθερο να κινηθεί έτσι ώστε η πίεση να είναι πάντα 800 kPa. Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται όταν το σύστημα θερμαίνεται στους $(50 + A1) ^\circ\text{C}$.
- 1. Αρχική κατάσταση: (κορ. υγρό, $P=800 \text{ kPa}$) $\Rightarrow$ Πιν. A-12 $\Rightarrow T = 31.31 ^\circ\text{C}$, $v_f = 0.008458 \text{ m}^3/\text{kg}$.
- 2. Τελική κατάσταση: ($P_2 = 800 \text{ kPa}$, $T = 50+A1 ^\circ\text{C}$) $\Rightarrow$ υπέρθερμος ατμός $\Rightarrow v_2$

16.

- Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου χωρίς τριβές περιέχει αρχικά 200 L κορεσμένου υγρού ψυκτικού 134a. Το έμβολο είναι ελεύθερο να κινηθεί έτσι ώστε η πίεση να είναι πάντα 800 kPa. Να υπολογιστεί το έργο που παράγεται όταν το σύστημα θερμαίνεται στους $(50 + A1) ^\circ\text{C}$.
- 1. Αρχική κατάσταση: (κορ. υγρό, $P=800 \text{ kPa}$) $\Rightarrow$ Πιν. A-12 $\Rightarrow T = 31.31 ^\circ\text{C}$, $v_f = 0.008458 \text{ m}^3/\text{kg}$.
- 2. Τελική κατάσταση: ($P_2 = 800 \text{ kPa}$, $T = 50+A1 ^\circ\text{C}$) $\Rightarrow$ υπέρθερμος ατμός $\Rightarrow v_2$
-

$$W = m \int_1^2 P dv = mP\Delta v, \quad m = V_0/v_f \quad \Delta v = v_2 - v_f$$

17. Η καταστατική εξίσωση ενός αερίου είναι $\bar{v} \left(P + \frac{k}{\bar{v}^2} \right) = R_u T$, όπου $\bar{v}$ σε m^3/kmol και P σε kPa .

- Ποιες είναι οι μονάδες του «k» σε αυτήν την εξίσωση;

17. Η καταστατική εξίσωση ενός αερίου είναι $\bar{v} \left(P + \frac{k}{\bar{v}^2} \right) = R_u T$, όπου $\bar{v}$ σε m^3/kmol και P σε kPa .

- Ποιες είναι οι μονάδες του «k» σε αυτήν την εξίσωση;

- $\frac{[k]}{[\bar{v}^2]} = \text{kPa} \quad [k] = \text{kPa} * [\bar{v}^2] = \text{kPa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{kmol}^{-2}$

17. Η καταστατική εξίσωση ενός αερίου είναι $\bar{v} \left(P + \frac{k}{\bar{v}^2} \right) = R_u T$, όπου $\bar{v}$ σε m^3/kmol και P σε kPa .

- Ποιες είναι οι μονάδες του «k» σε αυτήν την εξίσωση;
- $\frac{[k]}{[\bar{v}^2]} = \text{kPa} \quad [k] = \text{kPa} * [\bar{v}^2] = \text{kPa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{kmol}^{-2}$
- Μισό kmol του αερίου εκτονώνεται αντιστρεπτά από 2 σε 4 m^3 με σταθερή θερμοκρασία 27 °C. Αν $k = 10$ (μονάδες...), υπολογίστε το έργο που παράγεται.

17. Η καταστατική εξίσωση ενός αερίου είναι $\bar{v} \left(P + \frac{k}{\bar{v}^2} \right) = R_u T$, όπου $\bar{v}$ σε m^3/kmol και P σε kPa .

- Ποιες είναι οι μονάδες του «k» σε αυτήν την εξίσωση;
- $\frac{[k]}{[\bar{v}^2]} = \text{kPa} \quad [k] = \text{kPa} * [\bar{v}^2] = \text{kPa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{kmol}^{-2}$
- Μισό kmol του αερίου εκτονώνεται αντιστρεπτά από 2 σε 4 m^3 με σταθερή θερμοκρασία 27 °C. Αν $k = 10$ (μονάδες...), υπολογίστε το έργο που παράγεται.

•

$$P = \frac{R_u T}{\bar{v}} - \frac{k}{\bar{v}^2} = \frac{n R_u T}{V} - \frac{n^2}{V^2}$$

17. Η καταστατική εξίσωση ενός αερίου είναι $\bar{v} \left(P + \frac{k}{\bar{v}^2} \right) = R_u T$, όπου $\bar{v}$ σε m^3/kmol και P σε kPa .

- Ποιες είναι οι μονάδες του «k» σε αυτήν την εξίσωση;
- $\frac{[k]}{[\bar{v}^2]} = \text{kPa} \quad [k] = \text{kPa} * [\bar{v}^2] = \text{kPa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{kmol}^{-2}$
- Μισό kmol του αερίου εκτονώνεται αντιστρεπτά από 2 σε 4 m^3 με σταθερή θερμοκρασία 27 °C. Αν $k = 10$ (μονάδες...), υπολογίστε το έργο που παράγεται.

$$P = \frac{R_u T}{\bar{v}} - \frac{k}{\bar{v}^2} = \frac{n R_u T}{V} - \frac{n^2}{V^2}$$

$$W = \int_2^4 P dV = \int_2^4 \frac{n R_u T}{V} dV - k n^2 \int_2^4 \frac{dV}{V^2} = \dots$$

18.

- Μια πυρηνική ηλεκτροπαραγωγική μονάδα στην Ιαπωνία χρησιμοποιεί ουράνιο-235 και παράγει $1 + (A1/60)$ GW ισχύος με συντελεστή μετατροπής 50% (δηλαδή μόνο το 50% της ενέργειας που παράγεται από τη σχάση σε αυτή τη μονάδα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια). Πόσο πυρηνικό καύσιμο καταναλώνει η μονάδα αυτή σε ένα χρόνο; Η σχάση του ουρανίου-235 δίνει 6.73×10^{10} kJ/kg.

18.

- Μια πυρηνική ηλεκτροπαραγωγική μονάδα στην Ιαπωνία χρησιμοποιεί ουράνιο-235 και παράγει 1+(A1/60) GW ισχύος με συντελεστή μετατροπής 50% (δηλαδή μόνο το 50% της ενέργειας που παράγεται από τη σχάση σε αυτή τη μονάδα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια). Πόσο πυρηνικό καύσιμο καταναλώνει η μονάδα αυτή σε ένα χρόνο; Η σχάση του ουρανίου-235 δίνει 6.73×10^{10} kJ/kg.
- $m \times 6.73 \times 10^{13} \times 0.5 = 2 \times 10^9 \times 3600 \times 24 \times 365$

19.

- Υπολογίστε την ενέργεια που θα καταναλώσει ένας ποδηλάτης για να ανέβει μια ανηφόρα διαφοράς υψομέτρου 100 m. Ο ποδηλάτης ζυγίζει 80 kg και το ποδήλατό του 12 kg. Ξεκινάει στην αρχή της ανηφόρας με μηδενική ταχύτητα και σταθερή επιτάχυνση και όταν φθάνει στην κορυφή η ταχύτητά του έχει γίνει 10 km/h. Αγνοήστε τις τριβές και την αντίσταση του αέρα.

19.

- Υπολογίστε την ενέργεια που θα καταναλώσει ένας ποδηλάτης για να ανέβει μια ανηφόρα διαφοράς υψομέτρου 100 m. Ο ποδηλάτης ζυγίζει 80 kg και το ποδήλατό του 12 kg. Ξεκινάει στην αρχή της ανηφόρας με μηδενική ταχύτητα και σταθερή επιτάχυνση και όταν φθάνει στην κορυφή η ταχύτητά του έχει γίνει 10 km/h. Αγνοήστε τις τριβές και την αντίσταση του αέρα.
- $m = 80 + 12 \text{ kg}$

19.

- Υπολογίστε την ενέργεια που θα καταναλώσει ένας ποδηλάτης για να ανέβει μια ανηφόρα διαφοράς υψομέτρου 100 m. Ο ποδηλάτης ζυγίζει 80 kg και το ποδήλατό του 12 kg. Ξεκινάει στην αρχή της ανηφόρας με μηδενική ταχύτητα και σταθερή επιτάχυνση και όταν φθάνει στην κορυφή η ταχύτητά του έχει γίνει 10 km/h. Αγνοήστε τις τριβές και την αντίσταση του αέρα.
- $m = 80 + 12 \text{ kg}$
- $E = mg\Delta z + 0.5m\Delta(V^2) \text{ J/kg}$

20.

- Ένα μπουκάλι κρασί πέφτει από τον τελευταίο όροφο μιας πολυκατοικίας. Θα αυξάνεται η θερμοκρασία του κρασιού καθώς πέφτει ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας; Αγνοήστε την τριβή του αέρα στο μπουκάλι και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

20.

- Ένα μπουκάλι κρασί πέφτει από τον τελευταίο όροφο μιας πολυκατοικίας. Θα αυξάνεται η θερμοκρασία του κρασιού καθώς πέφτει ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας; Αγνοήστε την τριβή του αέρα στο μπουκάλι και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

•

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_d = Q - W$$

20.

- Ένα μπουκάλι κρασί πέφτει από τον τελευταίο όροφο μιας πολυκατοικίας. Θα αυξάνεται η θερμοκρασία του κρασιού καθώς πέφτει ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας; Αγνοήστε την τριβή του αέρα στο μπουκάλι και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

•

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_d = Q - W$$

- Ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας αυξάνεται η κινητική ενέργεια του μπουκαλιού.

20.

- Ένα μπουκάλι κρασί πέφτει από τον τελευταίο όροφο μιας πολυκατοικίας. Θα αυξάνεται η θερμοκρασία του κρασιού καθώς πέφτει ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας; Αγνοήστε την τριβή του αέρα στο μπουκάλι και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

•

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_d = Q - W$$

- Ως αποτέλεσμα της ελάττωσης της δυναμικής του ενέργειας αυξάνεται η κινητική ενέργεια του μπουκαλιού.

•

$$\Delta E_k = -\Delta E_d, \quad Q = W = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta U = 0 = C\Delta T$$

21.

- Ένα κλειστό σύστημα υφίσταται έναν κύκλο που αποτελείται από τρεις διεργασίες: (i) αδιαβατική μεταφορά έργου 50 kJ προς το σύστημα· (ii) μεταφορά προς το σύστημα 200 kJ θερμότητας χωρίς παραγωγή/κατανάλωση έργου· (iii) το σύστημα παράγει έργο $(10 + A1) \text{ kJ}$ και επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.
 - (α) Να υπολογιστεί η θερμότητα που ανταλλάσσεται στην τρίτη διεργασία.
 - (β) Να υπολογιστεί το καθαρό έργο που παράγεται κατά τη διάρκεια του κύκλου.

21.

- Βήμα 1: $W_1 = -50 \text{ kJ}$ $Q_1 = 0$

21.

- Βήμα 1: $W_1 = -50 \text{ kJ}$ $Q_1 = 0$
- Βήμα 2: $W_2 = 0$ $Q_2 = 200 \text{ kJ}$

21.

- Βήμα 1: $W_1 = -50 \text{ kJ}$ $Q_1 = 0$
- Βήμα 2: $W_2 = 0$ $Q_2 = 200 \text{ kJ}$
- Βήμα 3: $W_3 = 60 \text{ kJ}$

21.

- Βήμα 1: $W_1 = -50 \text{ kJ}$ $Q_1 = 0$

- Βήμα 2: $W_2 = 0$ $Q_2 = 200 \text{ kJ}$

- Βήμα 3: $W_3 = 60 \text{ kJ}$

-

$$\Delta U_1 + \Delta U_1 + \Delta U_1 = 0 \quad W_{net} = W_1 + W_2 + W_3 = 10 \quad Q_{net} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

21.

- Βήμα 1: $W_1 = -50 \text{ kJ}$ $Q_1 = 0$

- Βήμα 2: $W_2 = 0$ $Q_2 = 200 \text{ kJ}$

- Βήμα 3: $W_3 = 60 \text{ kJ}$

-

$$\Delta U_1 + \Delta U_1 + \Delta U_1 = 0 \quad W_{net} = W_1 + W_2 + W_3 = 10 \quad Q_{net} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

-

$$\Delta U = Q_{net} - W_{net} \Rightarrow Q_{net} = \Delta U - W_{net} = W_{net} \Rightarrow Q_3 = Q_{net} - Q_1 - Q_2$$

22.

- Μία μονωμένη συσκευή έμβολου-κυλίνδρου περιέχει 5 L κορεσμένο νερό σε πίεση 150 kPa. Το νερό αναδεύεται από φτερωτή, ενώ θερμαίνεται από μια ηλεκτρική αντίσταση για 45 min. Στην διάρκεια της διεργασίας εξατμίζεται το μισό υγρό. Η διεργασία να παρασταθεί σε διάγραμμα P-v ως προς τις γραμμές κορεσμού. Ποια είναι η θερμοκρασία του συστήματος;

22.

- Μία μονωμένη συσκευή έμβολου-κυλίνδρου περιέχει 5 L κορεσμένο νερό σε πίεση 150 kPa. Το νερό αναδεύεται από φτερωτή, ενώ θερμαίνεται από μια ηλεκτρική αντίσταση για 45 min. Στην διάρκεια της διεργασίας εξατμίζεται το μισό υγρό. Η διεργασία να παρασταθεί σε διάγραμμα P-v ως προς τις γραμμές κορεσμού. Ποια είναι η θερμοκρασία του συστήματος;
- Κατάσταση 1: κορεσμ. υγρό, $P = 150 \text{ kPa}$

22.

- Μία μονωμένη συσκευή έμβολου-κυλίνδρου περιέχει 5 L κορεσμένο νερό σε πίεση 150 kPa. Το νερό αναδεύεται από φτερωτή, ενώ θερμαίνεται από μια ηλεκτρική αντίσταση για 45 min. Στην διάρκεια της διεργασίας εξατμίζεται το μισό υγρό. Η διεργασία να παρασταθεί σε διάγραμμα P-v ως προς τις γραμμές κορεσμού. Ποια είναι η θερμοκρασία του συστήματος;
- Κατάσταση 1: κορεσμ. υγρό, $P = 150 \text{ kPa}$
- Κατάσταση 2: κορεσμ. μίγμα, $P = 150 \text{ kPa}$, $x = 0.5$

Εφόσον ξεκινάμε από κορεσμένη κατάσταση (κορ. νερό) και καταλήγουμε σε μίγμα με $x = 0.5$, η πίεση και η θερμοκρασία παραμένουν σταθερές.

$$P_{sat} = 150 \text{ kPa} \quad \Rightarrow \quad T_{sat} = 111.35^{\circ}$$

