

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:

**«Αέρια, ατμοί, υγρά και στερεά. Ιδανικά &
Πραγματικά αέρια, Μίγματα Αερίων»**

**Διδάσκοντες:
Γκαϊντατζής Γεώργιος
Δούναβης Αθανάσιος**

Ξάνθη, Εαρινό Εξάμηνο 2025

Παράδειγμα 7.1 Χρήση Πρότυπων Συνθηκών για τον Υπολογισμό του Όγκου από την Μάζα

Υπολογίστε τον όγκο σε κυβικά μέτρα, που καταλαμβάνουν 40 kg CO₂ σε κανονικές συνθήκες, θεωρώντας ότι το CO₂ δρα σαν ιδανικό αέριο.

Λύση

Βάση: 40 kg CO₂

$$\frac{40 \text{ kg CO}_2}{1} \left| \frac{1 \text{ kg mol CO}_2}{44 \text{ kg CO}_2} \right| \frac{22.42 \text{ m}^3 \text{ CO}_2}{1 \text{ kg mol CO}_2} = 20.4 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \text{ σε Κ.Σ.}$$

Παρατηρήστε πως στο πρόβλημα αυτό η πληροφορία 22.4 m³ αερίου σε ΚΣ = 1 kg mol αερίου, εφαρμόζεται στην μετατροπή ενός γνωστού αριθμού moles σε ισοδύναμο αριθμό κυβικών μέτρων. Ένας εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού του όγκου σε κανονικές συνθήκες είναι η χρήση της Εξίσωσης (7.1). Παρεμπιπτόντως, κάθε φορά που θα αναφέρετε μια ογκομετρική τιμή, **πρέπει να καθορίζονται οι συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης στις οποίες μετράται ο όγκος**, αφού οι όροι m³ και ft³ από μόνοι τους δεν αποτελούν κάποια συγκεκριμένη ποσότητα ύλης.

Σε πολλές διεργασίες, κατά την μετάβαση από την αρχική στην τελική κατάσταση, θα χρησιμοποιείτε αναλογίες των νόμων των ιδανικών αερίων στις αντίστοιχες καταστάσεις, και έτσι θα εξαλείφετε το R όπως φαίνεται παρακάτω (ο δείκτης 1 αντιστοιχεί στην αρχική κατάσταση, και ο δείκτης 2 στην τελική κατάσταση)

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2}$$

ή

$$\left(\frac{p_1}{p_2}\right) \left(\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \left(\frac{T_1}{T_2}\right) \quad (7.2)$$

Παρατηρήστε ότι η Εξίσωση (7.2) περιλαμβάνει αναλογίες της ίδιας μεταβλητής. Το αποτέλεσμα αυτό παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι οι πιέσεις μπορούν να εκφραστούν σε οποιοδήποτε σύστημα μονάδων επιλέξετε, όπως kPa, in. Hg, mm Hg, κ.τ.λ., αρκεί να χρησιμοποιούνται οι ίδιες μονάδες και για τις δύο καταστάσεις πίεσης (μην ξεχνάτε ότι η πίεση πρέπει να είναι *απόλυτη* πίεση και στις δύο περιπτώσεις). Παρόμοια, το κλάσμα των *απόλυτων* θερμοκρασιών και το κλάσμα των όγκων δίνουν κλάσματα που είναι αδιάστατα. Παρατηρήστε ότι η σταθερά των ιδανικών αερίων R εξαλείφεται από τα κλάσματα.

Ας δούμε πως μπορείτε να εφαρμόσετε τον νόμο των ιδανικών αερίων τόσο με την μορφή της Εξίσωσης (7.2) όσο και με αυτήν της Εξίσωσης (7.1), στα διάφορα προβλήματα.

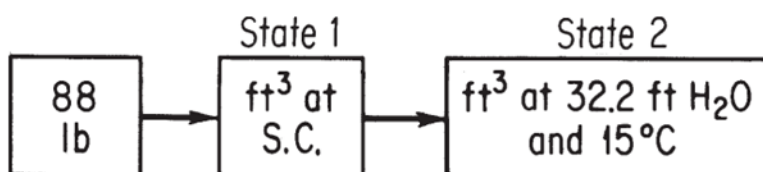
Παράδειγμα 7.2 Εφαρμογή του Νόμου των Ιδανικών Αερίων στον Υπολογισμό του Όγκου

Υπολογίστε τον όγκο που καταλαμβάνουν 88 lb CO₂ στους 15°C και σε πίεση 32.2 ft νερού.

Λύση

Εξετάστε το Σχήμα E7.2. Για να χρησιμοποιήσετε την Εξίσωση (7.2) ο αρχικός όγκος θα πρέπει να υπολογιστεί όπως φαίνεται στο Παράδειγμα 7.1.

Σχήμα E7.2



State: Κατάσταση

Στη συνέχεια ο τελικός όγκος μπορεί να υπολογιστεί από την Εξίσωση (7.2) στην οποία τόσο το R όσο και ο λόγος (n_1/n_2) απαλείφονται. Ο πίνακας 7.1 δεν περιλαμβάνει την πίεση του νερού σε ft σε Κ.Σ. Που μπορείτε να βρείτε την τιμή; Κοιτάξτε στο Κεφάλαιο 2 που αναφέρεται στην πίεση, ή υπολογίστε την ($\rho gh = p$).

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right) \left(\frac{T_1}{T_2} \right)$$

Υποθέστε ότι η πίεση που δίνεται είναι απόλυτη πίεση.

Σε Κ.Σ. (κατάσταση 1)

$p = 33.91 \text{ ft H}_2\text{O}$

$T = 273 \text{ K}$

Σε p και T (κατάσταση 2)

$p = 32.2 \text{ ft H}_2\text{O}$

$T = 273 + 15 = 288 \text{ K}$

Βάση: 88 lb CO₂

$$\frac{88 \text{ lb CO}_2}{\left| \frac{44 \text{ lb CO}_2}{1 \text{ lb mol CO}_2} \right|} \left| \frac{359 \text{ ft}^3}{1 \text{ lb mol}} \right| \left| \frac{288}{273} \right| \left| \frac{33.91}{32.2} \right| = 798 \text{ ft}^3 \text{ CO}_2 \text{ σε } 32.2 \text{ ft H}_2\text{O και } 15^\circ\text{C}$$

Μπορείτε νοερά να ελέγξετε τους υπολογισμούς σας λέγοντας στον εαυτό σας: Η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 0°C σε Κ. Σ. στους 15°C στην τελική κατάσταση, έτσι ο όγκος πρέπει να ανέβει σε σχέση με τις Κ.Σ. και επομένως το κλάσμα της θερμοκρασίας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την μονάδα. Παρόμοια, μπορείτε να πείτε: Η πίεση ελαττώνεται από τις Κ.Σ. στην τελική κατάσταση, έτσι ώστε ο όγκος να αυξάνεται σε σχέση με τις Κ. Σ. και επομένως το κλάσμα της πίεσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη μονάδα.

Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (7.1). Αρχικά, υπολογίστε την τιμή του R στις ίδιες μονάδες με αυτές των μεταβλητών p , $\hat{V}$, και T σε Κ.Σ.

$$R = \frac{p \hat{V}}{T}$$

$$\text{Σε Κ. Σ.:} \quad p = 33.91 \text{ ft H}_2\text{O} \quad \hat{V} = 359 \text{ ft}^3/\text{lb mol} \quad T = 273 \text{ K}$$

$$R = \frac{33.91}{273} \left| \frac{359}{273} \right| = 44.59 \frac{(\text{ft H}_2\text{O}) (\text{ft}^3)}{(\text{lb mol}) (\text{K})}$$

Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (7.1) βάλτε τις τιμές που δίνονται και κάντε τους κατάλληλους υπολογισμούς

$$\text{Βάση: } 88 \text{ lb CO}_2$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{88 \text{ lb CO}_2}{\left| \frac{44 \text{ lb CO}_2}{1 \text{ lb mol CO}_2} \right|} \left| \frac{44.59 (\text{ft H}_2\text{O}) (\text{ft}^3)}{(\text{lb mol}) (\text{K})} \right| \left| \frac{288 \text{ K}}{32.2 \text{ ft H}_2\text{O}} \right|$$

$$= 798 \text{ ft}^3 \text{ CO}_2 \text{ σε } 32.2 \text{ ft H}_2\text{O και } 15^\circ\text{C}$$

Αν παρατηρήσετε προσεχτικά και τις δύο λύσεις, θα δείτε ότι και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζονται τα ίδια νούμερα, και τα αποτελέσματα είναι ταυτόσημα.

Για να υπολογίσετε τον **ογκομετρικό ρυθμό ροής** ενός αερίου, $\hat{V}$, σε κυβικά μέτρα ή κυβικά πόδια το δευτερόλεπτο, μέσα σε ένα σωλήνα, διαιρείτε τον όγκο του αερίου που περνά από των σωλήνα σε ένα χρονικό διάστημα με την τιμή του χρονικού

διαστήματος. Για να υπολογίσετε την **ταχύτητα**, $\dot{v}$, της ροής, διαιρείτε τον ογκομετρικό ρυθμό ροής με την επιφάνεια A , του σωλήνα

$$\dot{V} = A \dot{v} \quad \text{άρα} \quad \dot{v} = \dot{V}/A$$

Η (μάζα) **πυκνότητα αερίου** ορίζεται ως η μάζα ανά μονάδα όγκου και μπορεί να εκφραστεί σε διάφορες μονάδες όπως kg/m^3 , lb/ft^3 , gr/l και άλλες. Επειδή η μάζα που περιέχεται στην μονάδα όγκου μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και την πίεση, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα πρέπει να είστε πάντα προσεχτικοί ώστε να καθορίζετε τις δύο αυτές συνθήκες κατά τον υπολογισμό της πυκνότητας. Οι πυκνότητες υποτίθεται ότι είναι σε Κ. Σ., εκτός και αν υπάρχουν άλλες οδηγίες. Παραδείγματος χάρη, ποια είναι η πυκνότητα του N_2 στους 27°C και σε 100 kPa σε μονάδες SI;

Βάση: $1 \text{ m}^3 \text{ N}_2$ στους 27°C και σε 100 kPa

$$\frac{1 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} \left| \frac{273 \text{ K}}{300 \text{ K}} \right| \left| \frac{100 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}} \right| \left| \frac{1 \text{ kg mol}}{22.4 \text{ m}^3} \right| \left| \frac{28 \text{ kg}}{1 \text{ kg mol}} \right| = 1.123 \text{ kg/m}^3$$

N_2 στους 27°C (300 K) και σε 100 kPa

Εκτός από την πυκνότητα μάζας, μερικές φορές η "πυκνότητα" ενός αερίου αναφέρεται στη μοριακή πυκνότητα, δηλαδή, mole ανά μονάδα όγκου. Πώς μπορείτε να καταλάβετε τη διαφορά, αν χρησιμοποιείται το ίδιο σύμβολο για την πυκνότητα;

Το **ειδικό βάρος** ενός αερίου ορίζεται συνήθως ως το κλάσμα της πυκνότητας του αερίου στην επιθυμητή θερμοκρασία και πίεση προς την πυκνότητα του αέρα (ή οποιουδήποτε καθορισμένου αερίου αναφοράς) σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση. Η χρήση του ειδικού βάρους μπορεί να προκαλέσει σύγχυση εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο δίνονται οι τιμές του ειδικού βάρους χωρίς να αναφέρονται T και p , όπως «Ποιο είναι το ειδικό βάρος του μεθανίου;». Η απάντηση στην ερώτηση δεν είναι ξεκάθαρη, ως εκ τούτου, υποθέτουμε Κ.Σ. τόσο για το αέριο όσο και το αέριο αναφοράς:

$$\text{ειδικό βάρος} = \frac{\text{πυκνότητα μεθανίου σε Κ.Σ.}}{\text{πυκνότητα αέρα σε Κ.Σ.}}$$

Παράδειγμα 7.3 Υπολογισμός των Μερικών Πίεσεων των Συστατικών ενός Αερίου, με Ανάλυση του Αερίου.

Λίγοι οργανισμοί είναι ικανοί να αναπτυχθούν σε διάλυμα που περιέχει οργανικές ενώσεις με ένα άτομο άνθρακα όπως το μεθάνιο ή η μεθανόλη. Ωστόσο, το βακτήριο *methylococcus capsulatus* μπορεί να αναπτυχθεί σε αερόβιες συνθήκες (παρουσία αέρα) με C-1 ανθρακούχες ενώσεις. Η βιομάζα που προκύπτει αποτελεί καλή πηγή πρωτεϊνών η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας σαν τροφή για κατοικίδια ζώα ή ψάρια.

Σε μία ανάλογη διεργασία τα αέρια που εκπέμπονται περιέχουν 14.0% CO₂, 6.0% O₂ και 80.0% N₂, σε θερμοκρασία 300°F και πίεση 765.0 mm Hg. Υπολογίστε τη μερική πίεση κάθε συστατικού.

Λύση

Χρησιμοποιήστε την Εξίσωση (7.5): $p_i = p_{ολική} y_i$

Βάση: 1.00 kg (ή lb) mol εκπεμπόμενων αερίων

Συστατικό	kg (ή lb) mol	p (mm Hg)
CO ₂	0.140	107.1
O ₂	0.060	45.9
N ₂	0.800	612.0
Σύνολο	1.000	765.0

Με βάση 1.00 mole εκπεμπόμενων αερίων, το γραμμομοριακό κλάσμα y_i κάθε συστατικού, όταν πολλαπλασιάζεται με την ολική πίεση, δίνει την μερική πίεση του συστατικού αυτού. Αν βρείτε ότι η μετρούμενη θερμοκρασία των εκπεμπόμενων αερίων ήταν στην πραγματικότητα 337°F ενώ η μέτρηση που δίνεται για την πίεση είναι σωστή, οι τιμές των μερικών πιέσεων θα άλλαζαν; Υπόδειξη: Η θερμοκρασία περιλαμβάνεται στην Εξίσωση 7.5;

Παράδειγμα 7.4 Ισοζύγια Μάζας για Διεργασία που Περιλαμβάνει Καύση

Για την αξιολόγηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών, πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα με φλούδα ρυζιού. Μετά την πυρόλυση η ανάλυση του παραγόμενου αερίου έδωσε 6.4% CO₂, 0.1% O₂, 39% CO, 51.8% H₂, 0.6% CH₄ και 2.1% N₂. Η θερμοκρασία εισόδου του αερίου στον θάλαμο καύσης ήταν 90°F και η πίεση 35.0 in. Hg, ενώ το αέριο κάηκε με 40% περίσσεια αέρα (ξηρός), στους 70°F και πίεση 29.4 in. Hg. 10% του CO παρέμεινε άκαυστο. Πόσα κυβικά μέτρα αέρα διατέθηκαν ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου αερίου; Πόσα κυβικά πόδια παραγόμενου αερίου παρήχθησαν ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου αερίου; Πόσα κυβικά πόδια παραγόμενου αερίου παρήχθησαν ανά κυβικό μέτρο εισερχόμενου αερίου αν η πίεση και η θερμοκρασία του εξερχόμενου αερίου ήταν 29.4 in. Hg και 400°F αντίστοιχα;

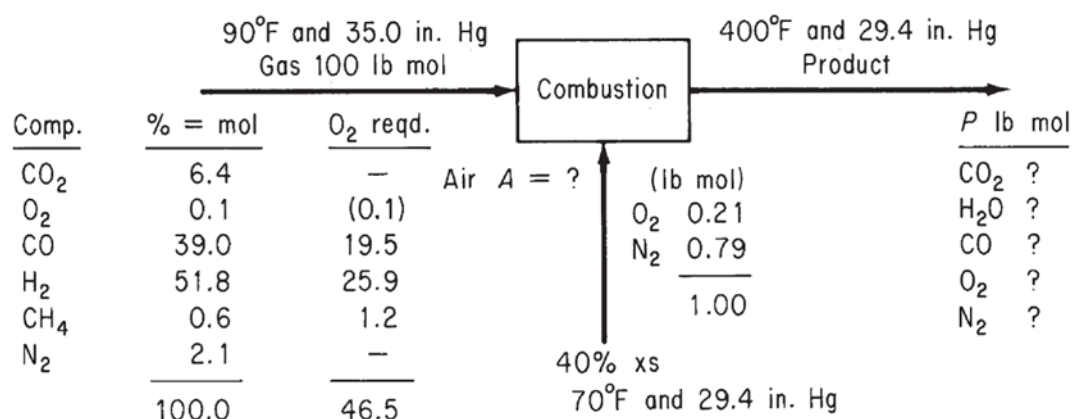
Λύση

Πρόκειται για ανοιχτό σύστημα μόνιμης κατάστασης που περιλαμβάνει αντίδραση. Το σύστημα είναι ο θάλαμος καύσης.

Βήμα 1 – 4

Στο Σχήμα E7.4 φαίνεται η διεργασία και τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα. Με 40% περίσσεια αέρα, είναι βέβαιο ότι όλη η ποσότητα CO, H₂ και CH₄ θα καίγεται προς CO₂ και H₂O. Για κάποιους άγνωστους λόγους, δεν καίγεται όλο το CO προς CO₂. Στο παραγόμενο αέριο δεν εμφανίζεται CH₄ ή H₂. Τα συστατικά του παραγόμενου αερίου φαίνονται στο σχήμα.

Σχήμα E74



90°F and 35.0 in. Hg: 90°F και 35.0 in. Hg

400°F and 29.4 in. Hg: 400°F και 29.4 in. Hg

Gas 100 lb mol: Αέριο 100 lb mol

Combustion: Καύση

Product: Προϊόν

Comp.: Σύστ.

O₂ reqd.: Απαιτούμενο O₂

40% xs: 40% περίσσεια

70°F and 29.4 in. Hg: 70°F και 29.4 in. Hg

Βήμα 5

Θα πρέπει να πάρετε σαν βάση 1 ft³ και 35.0 in. Hg, και να μετατρέψετε τον όγκο σε moles, αλλά είναι επίσης εύκολο να πάρετε 100 lb (ή kg) mole σαν βάση επειδή τότε % = lb (ή kg) mol. Επειδή ζητούνται αναλογίες όγκων και όχι απόλυτα ποσά, στο τέλος του προβλήματος μπορείτε να μετατρέψετε τα lb (ή kg) mol σε ft³.

Βάση: 100 lb mol αερίου πυρόλυσης

Βήμα 4 (συνέχεια)

Ο εισερχόμενος αέρας μπορεί να υπολογιστεί από την καθορισμένη 40% περίσσεια του αέρα. Οι αντιδράσεις για πλήρη καύση είναι



Τα moles του οξυγόνου που απαιτούνται αναφέρονται στο Σχήμα E7.4. (Θα παραλείψουμε τις μονάδες – lb mol – σε ό,τι ακολουθεί.) Η περίσσεια οξυγόνου είναι

$$\text{Περίσσεια O}_2: 0.4 (46.3) = 18.6$$

$$\text{Ολικό O}_2 = 46.5 + 18.6 = 65.1$$

$$\text{Το N}_2 \text{ που εισάγεται είναι } 65.1 (79/21) = 244.9$$

Τα ολικά moles αέρα που εισάγονται είναι $244.9 + 65.1 = 310.0$ lb mol.

Τέλος, χρησιμοποιήστε τις προδιαγραφές για το CO για να ορίσετε $n_{\text{co}} = 0.10(39.0) = 3.9$

Βήματα 6 και 7

Ανάλυση των βαθμών ελευθερίας.

Άγνωστοι (5): n_{CO_2} , n_{O_2} , n_{N_2} , $n_{\text{H}_2\text{O}}$, P

Εξισώσεις (5):

Στοιχειακά ισοζύγια (4): C, H, O, N

Πεπλεγμένες εξισώσεις (1): $P = \sum n_i$

Βήματα 8 και 9

Κάντε τα ισοζύγια μαζών σε moles ώστε να υπολογίσετε τις τιμές των άγνωστων ποσοτήτων, και να αντικαταστήσετε την τιμή 3.9 με τον αριθμό των moles CO που εξέρχονται.

	Είσοδος		Έξοδος
N	(2)(2.1) + (2)(244.9)	=	$2n_{N_2}$
C	6.4 + 39.0 + 0.6	=	$n_{CO_2} + 3.9$
H	(2)(51.8) + (0.6)(2)	=	$2n_{H_2O}$
O	(2)(6.4) + (2)(0.1) + 39 + (2)(65.1)	=	$2n_{O_2} + 2n_{CO_2} + n_{H_2O} + n_{CO}$

Η λύση των εξισώσεων αυτών είναι

$$n_{N_2} = 247 \quad n_{CO_2} = 42.1 \quad n_{H_2O} = 53.0 \quad n_{O_2} = 20.55$$

Τα ολικά moles που εξέρχονται υπολογίζονται από την πεπλεγμένη εξίσωση και έχουν άθροισμα 366.6 mol.

Τελικά, μπορείτε να μετατρέψετε τα lb mol του αέρα και των προϊόντων που υπολογίστηκαν με βάση τα 100 lb mol του αερίου πυρόλυσης, σε όγκους αερίων στις καταστάσεις που απαιτούνται χρησιμοποιώντας την εξίσωση των ιδανικών αερίων:

$$T_{\text{αερίου}} = 90 + 460 = 550 \text{ }^{\circ}\text{R} \rightarrow 306 \text{ K}$$

$$T_{\text{αέρα}} = 70 + 460 = 530 \text{ }^{\circ}\text{R} \rightarrow 294 \text{ K}$$

$$T_{\text{προϊόντος}} = 400 + 460 = 860 \text{ }^{\circ}\text{R} \rightarrow 478 \text{ K}$$

$$\text{ft}^3 \text{ αερίου: } \frac{100 \text{ lb mol εισερχόμενου αερίου}}{1 \text{ lb mol}} \left| \frac{359 \text{ ft}^3 \text{ σε ΚΣ}}{1 \text{ lb mol}} \right| \left| \frac{550^{\circ}\text{R}}{492^{\circ}\text{R}} \right| \left| \frac{29.92 \text{ in.Hg}}{35.0 \text{ in.Hg}} \right| = 343 \times 10^2$$

$$\text{ft}^3 \text{ αέρα: } \frac{310 \text{ lb mol αέρα}}{1 \text{ lb mol}} \left| \frac{359 \text{ ft}^3 \text{ σε ΚΣ}}{1 \text{ lb mol}} \right| \left| \frac{530^{\circ}\text{R}}{492^{\circ}\text{R}} \right| \left| \frac{29.92 \text{ in.Hg}}{29.4 \text{ in.Hg}} \right| = 1220 \times 10^2$$

$$\text{ft}^3 \text{ προϊόντος: } \frac{366.6 \text{ lb mol P}}{1 \text{ lb mol}} \left| \frac{359 \text{ ft}^3 \text{ σε ΚΣ}}{1 \text{ lb mol}} \right| \left| \frac{860^{\circ}\text{R}}{429^{\circ}\text{R}} \right| \left| \frac{29.92 \text{ in.Hg}}{35.0 \text{ in.Hg}} \right| = 2331 \times 10^2$$

Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις είναι

$$\frac{1220 \times 10^2}{343 \times 10^2} = 3.56 \frac{\text{ft}^3 \text{ αέρα στους } 530 \text{ }^{\circ}\text{R και } 29.4 \text{ in.Hg}}{\text{ft}^3 \text{ αερίου στους } 550 \text{ }^{\circ}\text{R και } 35.0 \text{ in.Hg}}$$

$$\frac{2255 \times 10^2}{343 \times 10^2} = 6.57 \frac{\text{ft}^3 \text{ προϊόντος στους } 860^\circ\text{R και } 29.4 \text{ in.Hg}}{\text{ft}^3 \text{ αερίου στους } 550^\circ\text{R και } 35.0 \text{ in.Hg}}$$

Παράδειγμα 7.5 Ισοζύγιο Μάζας Χωρίς Χημική Αντίδραση

Αέριο σε θερμοκρασία 15°C και πίεση 105 kPa, ρέει σε έναν ακανόνιστο αγωγό. Για τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής του αερίου, CO₂ από ένα δοχείο περνάει στο ρεύμα του αερίου. Η ανάλυση του αερίου πριν την ανάμιξη του με το CO₂ δίνει 1.2% CO₂ κατ' όγκο. Μετά την ανάμιξη η ανάλυση δίνει 3.4% CO₂ κατ' όγκο. Καθώς το CO₂ που έρεε απομακρυνόταν από το δοχείο, πέρασε από ένα ροόμετρο και βρέθηκε να ρέει με ρυθμό 0.0917 m³ /min στους 7°C και σε πίεση 131 kPa. Ποιος ήταν ο ρυθμός ροής του εισερχόμενου αερίου στον αγωγό σε κυβικά μέτρα ανά λεπτό;

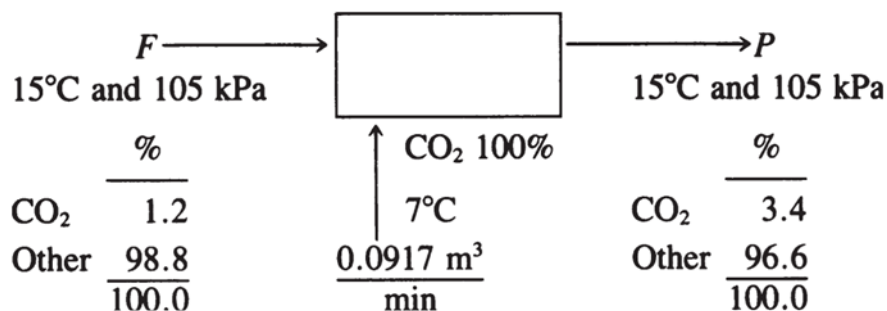
Λύση

Πρόκειται για ανοιχτή διεργασία μόνιμης κατάστασης χωρίς αντίδραση. Το σύστημα είναι ο αγωγός. Το Σχήμα E7.5 αποτελεί το διάγραμμα ροής της διεργασίας.

Βήματα 1 – 4

Τα δεδομένα παρουσιάζονται στο Σχήμα E7.5

Σχήμα E7.5



15 °C and 105 kPa: 15 °C και 105 kPa

Other: Άλλο

Τόσο το F όσο και το P είναι στην ίδια θερμοκρασία και πίεση.

Βήμα 5

Θα πρέπει να πάρετε σαν βάση 1 min → 0.0917 m³ CO₂ στους 7°C και 131 kPa; Η ανάλυση του αερίου είναι σε ποσοστό όγκου που είναι το ίδιο με το ποσοστό mole. Θα

μπορούσαμε να μετατρέψουμε όλους τους όγκους των αερίων σε moles και να λύσουμε το πρόβλημα ως προς τα moles, αλλά δεν υπάρχει τέτοια ανάγκη αφού απλά μετατρέπουμε τον γνωστό ρυθμό ροής της προσθήκης του CO₂ στους 15°C και 105 kPa, και λύνουμε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας m³ για κάθε ρεύμα αφού όλα τα ρεύματα βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες.

Βήματα 6 και 7

Οι άγνωστοι είναι τα F και P, και μπορείτε να καταστρώσετε δύο ανεξάρτητα ισοζύγια συστατικών, για το CO₂ και το «άλλο συστατικό», έτσι το πρόβλημα έχει μηδέν βαθμούς ελευθερίας.

Βήματα 7 – 9

Το ισοζύγιο του «άλλου συστατικού» (σε m³ στους 15°C και 105 kPa) είναι:

$$F(0.988) = P(0.966) \quad (\alpha)$$

Το ισοζύγιο για το CO₂ (σε m³ στους 15 °C και 105 kPa) είναι:

$$F(0.012) + 0.1177 = P(0.034) \quad (\beta)$$

Το συνολικό ισοζύγιο (σε m³ στους 15 °C και 105 kPa) είναι:

$$F + 0.1177 = P \quad (\gamma)$$

Παρατηρήστε ότι το «άλλο συστατικό» είναι ένα συνδετικό συστατικό. Επιλέξτε τις Εξισώσεις (α) και (γ) για επίλυση. Η λύση των Εξισώσεων (α) και (γ) δίνει

$$F = 5.17 \text{ m}^3/\text{min} \text{ στους } 15^\circ\text{C και } 105 \text{ kPa}$$

Βήμα 10 (Ελεγχος)

Χρησιμοποιήστε την πλεονάζουσα εξίσωση (β):

$$5.17(0.012) + 0.1177 = 0.180 \stackrel{?}{\Leftrightarrow} \left(5.17 \frac{0.988}{0.966}\right)(0.034) = 0.180$$

Η εξίσωση πληρεί τους όρους με ικανοποιητικό βαθμό ακρίβειας.

Παράδειγμα 7.6 Χρήση της Εξίσωσης RK για τον Υπολογισμό των p ή $\hat{V}$

Προσδιορίστε την πίεση (σε ατμόσφαιρες) 1 g mol του C_2H_4 σε 300 K με $V = 0.674$ L χρησιμοποιώντας την εξίσωση RK. Από το CD που συνοδεύει το βιβλίο, για το C_2H_4 : $T_c = 282.8$ K και $p_c = 50.44$ atm.

Λύση

Η εξίσωση RK είναι (από τον Πίνακα 7.2)

$$p = \frac{R T}{(\hat{V}-b)} - \frac{a}{T^{1/2} \hat{V} (\hat{V}+b)}$$

Τι θα κάνετε πρώτα; Επιλέξτε ως βάση μία από τις δεδομένες τιμές των V , n , και T . Κατόπιν υπολογίστε a , b , και $\hat{V}$:

$$\begin{aligned} a &= 0.42748 \frac{R^2 T_c^{2.5}}{p_c} = \frac{0.42748}{p_c} \left| \frac{(0.08206)^6 (L)^2 (atm)^2}{(g \text{ mol})^2 (K)^2} \right| \frac{(282)^{2.5} (K)^{2.5}}{50.44 \text{ atm}} \\ &= 76.75 \frac{(L)^2 (atm) (K)^{0.5}}{(g \text{ mol})^2} \end{aligned}$$

$$b = 0.08664 \frac{R T_c}{p_c} = \frac{0.08664}{p_c} \left| \frac{(0.08206) (L) (atm)}{(g \text{ mol}) (K)} \right| \frac{282.8 \text{ K}}{50.44 \text{ atm}} = 0.03986 \frac{L}{g \text{ mol}}$$

$$\hat{V} = \frac{0.674 \text{ L}}{1 \text{ g mol}} = 0.674 \text{ L/g mol}$$

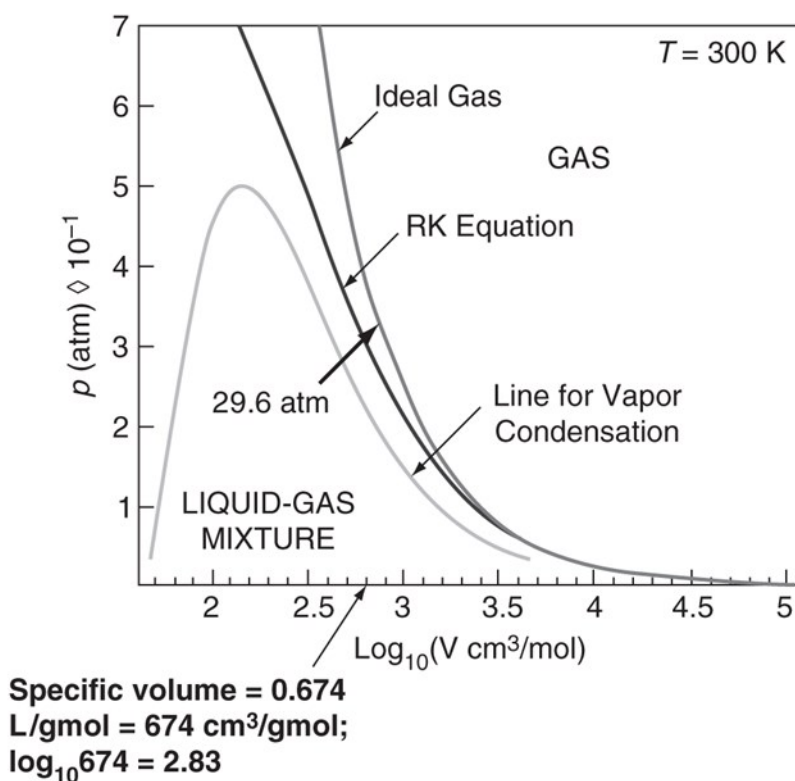
Στη συνέχεια, τοποθετήστε τις γνωστές τιμές των μεταβλητών και των συντελεστών:

$$p = \frac{(0.08206) (L)^2 (atm)}{1 (g \text{ mol}) (K)} \left| \frac{300 \text{ K}}{(0.674-0.03986) L} \right| \frac{1 \text{ g mol}}{(0.674+0.03986) L} -$$

$$\frac{76.75 (L)^2 (atm) (K)^{0.5}}{1 (g \text{ mol})^2} \left| \frac{1 \text{ g mol}}{(300 \text{ K})^2} \right| \frac{1 \text{ g mol}}{0.674 \text{ L}} \left| \frac{1 \text{ g mol}}{(0.674+0.03986) L} \right| = 29.6 \text{ atm}$$

Εάν γνωρίζετε τα p και V αντί των p και T , μπορείτε να επιλύσετε ως προς T με την αναδιάταξη της εξίσωσης ή χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα επίλυσης εξισώσεων. Το Σχήμα E7.6 συγκρίνει την πρόβλεψη του p από το νόμο των ιδανικών αερίων και την εξίσωση RK.

Σχήμα E7.6



Liquid-gas mixture: Μίγμα υγρού-αερίου

Ideal gas: Ιδανικό αέριο

Gas: Αέριο

RK equation: Εξίσωση RK

Line for vapor condensation: Γραμμή για τη συμπύκνωση των υδρατμών

Specific volume: Ειδικός όγκος

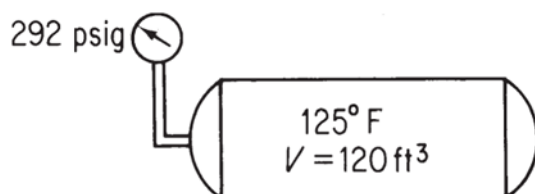
Στη συνέχεια, θα προσδιορίσουμε τον ειδικό όγκο του C₂H₄ σε 300 K και 30 atm χρησιμοποιώντας την εξίσωση RK. Επειδή με την εξίσωση RK δεν μπορείτε να επιλύσετε ως προς $\hat{V}$, τι πρέπει να κάνετε; Μπορείτε να λύσετε την εξίσωση RK στη συνήθη μορφή μετά την εισαγωγή των γνωστών τιμών και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσετε το Polymath για να υπολογίσετε $\hat{V} = 0,6748 \text{ L / g mol}$.

Παράδειγμα 7.7 Χρήση του Συντελεστή Συμπιεστότητας στον Υπολογισμό του Ειδικού Όγκου

Κατά την χρήση της υγρής αμμωνίας σαν λίπασμα, το φορτίο της NH_3 που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τον χρόνο που απαιτείται συν τις λίβρες της NH_3 που εισάγονται στο έδαφος. Μετά την εξαπλώση του υγρού, παραμένει κάποια ποσότητα αμμωνίας στη δεξαμενή αποθήκευσης (όγκος = 120 ft^3), αλλά με την μορφή αερίου. Έστω ότι ζυγίζετε ένα τέτοιο δοχείο, και γνωρίζοντας το απόβαρο, βρήκατε ότι το καθαρό βάρος είναι 125 lb NH_3 , που απομένουν στο δοχείο σε πίεση 292 psig . Επειδή το δοχείο βρίσκεται κάτω από τον ήλιο, η θερμοκρασία του δοχείου είναι 125°F .

Το αφεντικό σας παραπονιέται ότι σύμφωνα με τους δικούς του υπολογισμούς ο ειδικός όγκος της αέριας NH_3 είναι $1.20 \text{ ft}^3/\text{lb}$, και έτσι υπάρχουν μόνο 100 lb NH_3 στο δοχείο. Μπορεί αυτό να ισχύει; Εξετάστε το Σχήμα E7.7.

Σχήμα E7.7



Λύση

Ο πιο απλός υπολογισμός που μπορείτε να κάνετε είναι να πάρετε τον ειδικό όγκο της αμμωνίας στη δεξαμενή και να επιλέξετε μια lb ή lb mol ως βάση:

Βάση: 1 lb NH_3

Προφανώς, το αφεντικό σας χρησιμοποίησε τον νόμο των τέλειων αερίων ($z = 1$) και κατέληξε στην τιμή $1.20 \text{ ft}^3/\text{lb}$ αέριας NH_3 :

$$R = 10.73 \frac{(\text{psia}) (\text{ft}^3)}{(\text{lb mol}) (^{\circ}\text{R})} \quad p = 292 + 14.7 = 306.7 \text{ psia}$$

$$T = 125 ^{\circ}\text{F} + 460 = 585^{\circ}\text{R} \quad n = \frac{1 \text{ lb mol}}{17 \text{ lb/lb mol}}$$

$$\hat{V} = \frac{nRT}{p} = \frac{\frac{1}{17} (10.73) (585)}{306.7} = 1.20 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

Τι πρέπει να κάνετε; Η αμμωνία πιθανό να μην συμπεριφέρεται όπως ένα ιδανικό αέριο υπό τις παρατηρούμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη σχέση $pV = znRT$ για τον υπολογισμό του n και να προσδιορίσετε την πραγματική ποσότητα της NH_3 στο δοχείο, αν συμπεριλάβετε το σωστό

συντελεστής συμπιεστότητας στο νόμο των πραγματικών αερίων. Ας υπολογίσουμε z . Το z είναι συνάρτηση των T_r και p_r . Μπορείτε να βρείτε όλες τις τιμές των απαραίτητων παραμέτρων στο Παράρτημα Z ή στο CD.

$$T_c = 405.5 \text{ K} \rightarrow 729.9^\circ \text{R} \quad p_c = 111.3 \text{ atm} \rightarrow 1636 \text{ psia}$$

Στη συνέχεια

$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{585^\circ \text{R}}{729.9^\circ \text{R}} = 0.801 \quad p_r = \frac{p}{p_c} = \frac{306.7 \text{ psia}}{1636 \text{ psia}} = 0.187$$

Από το διάγραμμα των Nelson και Obert (N&O), Σχήμα 7.8α, βρίσκετε $z \approx 0.855$. Η τιμή μπορεί να περιέχει κάποιο σφάλμα επειδή η αμμωνία δεν βρισκόταν μεταξύ των αερίων που χρησιμοποιήθηκαν για την προετοιμασία του σχήματος.

Αντί του άμεσου υπολογισμού του ειδικού όγκου, ας το υπολογίσουμε από την αναλογία $pV_{\text{πραγματικός}} = Z_{\text{πραγματικό}} nRT$ προς το $pV_{\text{ιδανικός}} = Z_{\text{ιδανικό}} nRT$, το καθαρό αποτέλεσμα της οποίας είναι

$$\frac{\hat{V}_{\text{πραγματικός}}}{\hat{V}_{\text{ιδανικός}}} = \frac{Z_{\text{πραγματικό}}}{Z_{\text{ιδανικό}}}$$

Για την βάση 1 lb NH_3

$$\hat{V}_{\text{πραγματικός}} = \frac{1.20 \text{ ft}^3 \text{ ιδανικού}}{\text{lb}} \left| \frac{0.855}{1} \right| = 1.03 \text{ ft}^3/\text{lb } \text{NH}_3$$

Με βάση τα 120 ft^3 στο δοχείο

$$\frac{1 \text{ lb } \text{NH}_3}{1.03 \text{ ft}^3} \left| \frac{120 \text{ ft}^3}{1} \right| = 117 \text{ lb } \text{NH}_3$$

Οποσδήποτε η τιμή 117 lb είναι πιο ρεαλιστική από την τιμή 100 lb, και είναι πολύ πιθανό να περιέχει σφάλμα θεωρώντας ότι το βάρος της NH_3 που παραμένει στο δοχείο προσδιορίζεται σαν διαφορά βαρών.

Σαν εναλλακτική λύση για τους υπολογισμούς, θα μπορούσατε να αναζητήσετε στο βοήθημά σας, τον ειδικό όγκο της NH_3 στις συνθήκες του δοχείου. Θα βρίσκατε $\hat{V} = 0.973 \text{ ft}^3/\text{lb}$, ισοδύναμο με τις 123 lb NH_3 , τη σωστή τιμή. Θα λέγατε στο αφεντικό σας να χρησιμοποιήσει το σωστό συντελεστή συμπιεστότητας, ή θα δηλώνατε ότι χρησιμοποιήσατε για το $\hat{V}$ μία τιμή από ένα εγχειρίδιο;

Εάν υπολογίζατε το z από την Εξίσωση (7.3) θα προέκυπτε

$$z = z^0 + z^1\omega = 0.864 - 0.107(0.250) = 0.837$$

Πόση θα ήταν η ποσότητα της μάζας της αμμωνίας στη δεξαμενή εάν χρησιμοποιούσατε $z = 0.873$;

Παράδειγμα 7.8 Χρήση του Συντελεστή Συμπιεστότητας για τον Υπολογισμό της Πίεσης

Το υγρό οξυγόνο χρησιμοποιείται στην βιομηχανία χάλυβα, στην χημική βιομηχανία, σε νοσοκομεία, σαν οξειδωτικό καύσιμο πυραύλων, και για την επεξεργασία των απόνερων όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις. Μία δεξαμενή νοσοκομείου όγκου $0,0284 \text{ m}^3$, γεμίζεται με 3.500 kg υγρού O_2 που εξατμίζεται σε θερμοκρασία -25°C . Αφού εξατμιστεί μέσα στη δεξαμενή όλη η ποσότητα του οξυγόνου, θα υπερβεί η πίεση στο δοχείο το όριο ασφαλείας του δοχείου που είναι τα 10^4 kPa ;

Λύση

Βάση: 3.500 kg O_2

Στο Παράρτημα Z ή στο CD μπορείτε να δείτε ότι για το οξυγόνο ισχύει

$$T_c = 154.4 \text{ K} \quad p_c = 49.7 \text{ atm} \rightarrow 5,035 \text{ kPa}$$

Ωστόσο, δεν μπορείτε να προχωρήσετε στην επίλυση του προβλήματος αυτού όπως και στο προηγούμενο πρόβλημα, επειδή δεν γνωρίζετε την πίεση του O_2 στο δοχείο, για να ξεκινήσετε. Αλλά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ψευδοπαράμετρο, $\tilde{V}_{ri}$, την οποία μπορείτε να βρείτε στα διαγράμματα Nelson και Obert, ως δεύτερη παράμετρο για να εντοπίσετε ένα σημείο στα διαγράμματα συμπιεστότητας.

Αρχικά, υπολογίστε

$$\tilde{V}(\text{ειδικός γραμμομοριακός όγκος}) = \frac{0.0284 \text{ m}^3}{3.500 \text{ kg}} \left| \frac{32 \text{ kg}}{1 \text{ kg mol}} \right| = 0.260 \text{ m}^3/\text{kg mol}$$

Παρατηρήστε ότι ο ειδικός γραμμομοριακός όγκος πρέπει να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του $\tilde{V}_{ri}$ αφού το $\tilde{V}_{ci}$ είναι ο όγκος ανά mole.

$$\tilde{V}_{ci} = \frac{R T_c}{p_c} = \frac{8.313 (\text{m}^3)(\text{kPa})}{(\text{kg mol})(\text{K})} \left| \frac{154.4 \text{ K}}{5,035 \text{ kPa}} \right| = 0.255 \frac{\text{m}^3}{\text{kg mol}}$$

Τότε

$$\tilde{V}_{ri} = \frac{\hat{V}}{\tilde{V}_{ci}} = \frac{0.260}{0.255} = 1.02$$

Τώρα γνωρίζετε τις τιμές δύο παραμέτρων του $\tilde{V}_{ri}$ και

$$T_r = \frac{248 \text{ K}}{154.4 \text{ K}} = 1.61$$

Από τα διαγράμματα Obert και Nelson (Σχήμα 7.8β) μπορείτε να δείτε ότι

$$p_r = 1.43$$

Τότε

$$\begin{aligned} p &= p_r p_c \\ &= 1.43 (5035) = 7200 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Η πίεση 10^4 kPa δεν θα ξεπεραστεί. Ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου η πίεση θα είναι μικρότερη από 10^4 kPa.

Για να αποκτήσετε μία αίσθηση όσον αφορά τη διαφορά μεταξύ της εκτίμησης του z από τρεις από τις μεθόδους που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο, ο Πίνακας 7.4 συγκρίνει τις πειραματικές τιμές του z για το αιθυλένιο με τις προβλέψεις από τις τρεις μεθόδους: διαγράμματα N&O, σχέση Pitzer, καθώς και το νόμο των ιδανικών αερίων.

Πίνακας 7.4 Σύγκριση των Τιμών του Συντελεστή Εκκεντρότητας z του Αιθυλενίου* που Προκύπτουν από Τρεις Διαφορετικές Μεθόδους, με τις Πειραματικές Τιμές

	Στους 350 K και 500 kPa		Στους 350 K και 3000 kPa		Στους 274 K και 3600 kPa	
	z	απόκλιση %	z	απόκλιση %	z	απόκλιση %
Πειραματική τιμή	0.983	-	0.812	-	0.563	-
Διάγραμμα N&O	0.982	0.0	0.815	0.0	0.57	1
Νόμος Ιδανικών Αερίων	1	1.8	1	23.1	1	78
Εξίσωση (7.9)	0.983	0	0.812	0.0	0.537	-4.6

* $\omega = 0.089$, $T_c = 282.8 \text{ K}$, $p_c = 50.5 \text{ atm}$, τα z^0 και z^1 , έχουν ληφθεί από το Παράρτημα Γ.

Παράδειγμα 7.9 Υπολογισμός των Ιδιοτήτων p-V-T για ένα Μίγμα Πραγματικών Αερίων.

Ένα αέριο μίγμα έχει την ακόλουθη σύσταση (σε ποσοστά mole):

Μεθάνιο,	CH ₄	20
Αιθυλένιο,	C ₂ H ₄	30
Αζωτο,	N ₂	50

Σε πίεση 90 atm και στους 100 °C. Συγκρίνετε τον όγκο ανά mole όπως υπολογίζεται από: **(α)** τον νόμο των ιδανικών αερίων και **(β)** την ψευδοανηγμένη τεχνική (μέθοδος του Kay). Ποια άλλα είδη της μέσης τιμής θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε;

Λύση

Βάση: 1 g mol αέριου μίγματος

Άλλα δεδομένα που χρειάζονται:

Συστατικό	T _c (K)	p _c (atm)
CH ₄	191	45.8
C ₂ H ₄	283	50.5
N ₂	126	33.5

Οι μονάδες που χρησιμοποιήθηκαν πρέπει να ταιριάζουν με τις μονάδες για το R. Επομένως

$$R = 82.06 \frac{(\text{cm}^3)(\text{atm})}{(\text{g mol})(\text{K})}$$

α. Νόμος των ιδανικών αερίων:

$$\hat{V} = \frac{RT}{p} = \frac{(82.06)(373)}{90} = 340 \text{ cm}^3/\text{g mol} \text{ στις } 90 \text{ atm και } 373 \text{ K}$$

β. Σύμφωνα με την μέθοδο Kay, πρώτα υπολογίζετε τις ψευδοκρίσιμες τιμές για το μίγμα

$$p'_c = p_{c_A} y_A + p_{c_B} y_B + p_{c_C} y_C = (45.8)(0.2) + (50.5)(0.3) + (33.5)(0.5) = 41.1 \text{ atm}$$

$$T'_C = T_{c_A} y_A + T_{c_B} y_B + T_{c_C} y_C = (191)(0.2) + (283)(0.3) + (126)(0.5) = 186 \text{ K}$$

Στη συνέχεια υπολογίζετε τις ψευδοανηγμένες τιμές για το μίγμα

$$p'_r = \frac{p}{p_C} = \frac{90}{41.2} = 2.19$$

$$T'_r = \frac{T}{T_C} = \frac{373}{186} = 2.01$$

Με τη βοήθεια των δύο αυτών παραμέτρων μπορείτε να βρείτε από το Σχήμα 7.8β, ότι $z T'_r = 1.91$ και κατά συνέπεια $z = 0.95$. Επομένως

$$\bar{V} = \frac{zRT}{p} \approx \frac{0.95 (1) (82.06) (373)}{90} = 323 \text{ cm}^3/\text{g mol} \text{ στις } 90 \text{ atm και } 373 \text{ K}$$

Δύο από τους πολλούς πιθανούς τρόπους μέσου όρου είναι να χρησιμοποιήσετε μια καταστατική εξίσωση σε συνδυασμό με συντελεστές μέσου όρου mole, ή να χρησιμοποιήσετε τις προβλέψεις μέσου όρου mole του $\bar{V}$ που λαμβάνονται από το ατομική καταστατική εξίσωση. Αν αποφασίζετε να χρησιμοποιήσετε την Εξίσωση (7.9) για να υπολογίσετε το z του μίγματος, πώς θα βρίσκατε την μέση τιμή των σταθερών z^0 , z^1 και ω ;

Λεξιλόγιο Νέων Όρων

Benedict-Webb-Rubin equation of state Καταστατική εξίσωση οκτώ παραμέτρων που συσχετίζει τις φυσικές ιδιότητες p , V , T και n ενός αερίου.

Holborn Καταστατική εξίσωση πολλαπλών παραμέτρων που επεκτείνεται στο p .

Kammerlingh-Onnes Καταστατική εξίσωση πολλαπλών παραμέτρων που επεκτείνεται στο V^{-1} .

Peng-Robinson Καταστατική εξίσωση τριών παραμέτρων.

Soave-Redlich-Kwong Καταστατική εξίσωση τριών παραμέτρων.

UNIFAC Μέθοδος ομαδικής συνεισφοράς για τον υπολογισμό φυσικών ιδιοτήτων.

UNIQUAC Γενικότερη μορφή της μεθόδου UNIFAC για τον υπολογισμό φυσικών ιδιοτήτων.

Van der Waals Καταστατική εξίσωση δύο παραμέτρων.

Ανηγμένες μεταβλητές Διορθωμένες ή κανονικοποιημένες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης, και όγκου, που κανονικοποιούνται με τις αντίστοιχες κρίσιμες συνθήκες τους.

Αντίστοιχες καταστάσεις Κάθε αέριο πρέπει να έχει τον ίδιο ανηγμένο όγκο στην ίδια ανηγμένη θερμοκρασία και ανηγμένη πίεση.

Γενικευμένη καταστατική εξίσωση Ο νόμος των ιδανικών αερίων ο οποίος μετατρέπεται σε νόμο των πραγματικών αερίων μετά από την εισαγωγή του συντελεστή συμπιεστότητας.

Γενικευμένη συμπιεστότητα Βλέπε τα **Διαγράμματα συμπιεστότητας**.

Διαγράμματα συμπιεστότητας Διαγράμματα του συντελεστή συμπιεστότητας σαν συνάρτηση της ανηγμένης θερμοκρασίας, της ανηγμένης πίεσης και του ιδανικού ανηγμένου όγκου.

Διορθωμένος Κανονικοποιημένος.

Δραστική καταστατική εξίσωση Καταστατική εξίσωση που επεκτείνεται σε διαδοχικούς όρους μίας από τις φυσικές ιδιότητες.

Ειδικό βάρος Κλάσμα της πυκνότητας αερίου σε μία θερμοκρασία και πίεση προς την πυκνότητα του αερίου αναφοράς σε κάποια θερμοκρασία και πίεση.

Ιδανικός ανηγμένος όγκος $V_{ri} = \hat{V}/\hat{V}_{ci}$.

Ιδανικός κρίσιμος όγκος $\hat{V}_{ci} = RT_c/p_c$.

Κανονικές συνθήκες (Κ.Σ.) Αυθαίρετα ορισμένες πρότυπες καταστάσεις θερμοκρασίας και πίεσης που καθιερώθηκαν για τα αέρια από συνήθεια.

Κρίσιμη κατάσταση Το σύνολο των φυσικών ιδιοτήτων στο οποίο η πυκνότητα καθώς και άλλες ιδιότητες του υγρού και του ατμού ταυτίζονται.

Μέθοδος ομαδικής συνεισφοράς Τεχνική εκτίμησης των φυσικών ιδιοτήτων των ενώσεων με χρήση των ιδιοτήτων των μοριακών ομάδων των στοιχείων της ένωσης.

Μέθοδος του Kay Κανόνας υπολογισμού του συντελεστή συμπιεστότητας σε μίγμα αερίων.

- Μερική πίεση** Η πίεση που θα εξασκούσε ένα συστατικό ενός μίγματος αερίων αν καταλάμβανε μόνο του τον ίδιο όγκο με αυτόν του μίγματος και στην ίδια θερμοκρασία με αυτή του μίγματος.
- Νόμος του Dalton** Το άθροισμα όλων των μερικών πιέσεων των συστατικών ενός συστήματος ισούται με την ολική πίεση. Σύμφωνα με άλλο σχετικό νόμο (των μερικών πιέσεων) η ολική πίεση επί το γραμμομοριακό κλάσμα κάθε συστατικού σε ένα σύστημα μας δίνει την μερική πίεση του συστατικού.
- Νόμος των αντίστοιχων καταστάσεων** Βλέπε τις **Αντίστοιχες καταστάσεις**.
- Πραγματικά αέρια** Αέρια των οποίων η συμπεριφορά δεν ικανοποιεί τις προϋποθέσεις της ιδανικότητας.
- Πυκνότητα αερίου** Η μάζα ανά μονάδα όγκου που εκφράζεται σε kg/m^3 , lb/ft^3 , g/l ή σε ισοδύναμες μονάδες.
- Σταθερά των ιδανικών αερίων** Η σταθερά στον νόμο των τέλειων αερίων (και σε άλλες εξισώσεις) που συμβολίζεται με το γράμμα R.
- Συντελεστής εκκεντρότητας** Παράμετρος που δείχνει τον βαθμό μη-σφαιρικότητας ενός μορίου
- Συντελεστής εκκεντρότητας του Pitzer** Βλέπε τον **Συντελεστή εκκεντρότητας**.
- Συντελεστής συμπιεστότητας** Ο συντελεστής που εισάγεται στον νόμο των ιδανικών αερίων για να αντισταθμίσει την μη ιδανικότητα ενός αερίου.
- Υπερκρίσιμο υγρό** Υλικό του οποίου η κατάσταση βρίσκεται πάνω από αυτήν που αντιστοιχεί στο κρίσιμό του σημείο.
- Ψευδοκρίσιμα** Θερμοκρασίες, πιέσεις και /ή ειδικοί όγκοι που ρυθμίζονται έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαγράμματα ή εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή συμπιεστότητας.