

Κεφάλαιο 1:

Ιδανικά και Πραγματικά Αέρια

Ασκήσεις Φυσικοχημείας

Εαρινό εξάμηνο 2019-20

Γεωργία Μποτζολάκη

Χημικός, MSc

ΕΔΙΠ

Εργαστήριο Φυσικοχημείας και Χημικών Διεργασιών

e-mail: gmpotzolaki@isc.tuc.gr

τηλ.: 2821037720

Μικρή Θεωρητική Εισαγωγή για άσκηση 1

- $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ καταστατική εξίσωση - για ιδανικά αέρια
- $P \cdot V = Z \cdot n \cdot R \cdot T$ για αέρια που αποκλίνουν από την ιδανική συμπεριφορά

$$Z > 1$$

συμπεραίνω ότι επικρατούν απωστικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του αερίου (σελ. 18 σημειώσεων Φυσικοχημείας) και επομένως είναι δύσκολη η συμπίεση του αερίου

$$Z < 1$$

συμπεραίνω ότι επικρατούν ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του αερίου (σελ. 18 σημειώσεων Φυσικοχημείας) και επομένως διευκολύνεται η συμπίεση του αερίου

Άσκηση 1

Εκφώνηση:

Ένα αέριο στους 250 K και σε πίεση 15 atm έχει όγκο 27% μικρότερο από αυτόν που υπολογίζεται με βάση την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων. Να βρεθούν:

- α) ο παράγοντας συμπίεστικότητας Z
- β) ο γραμμομοριακός όγκος V_m του αερίου

Λύση:

$$P \cdot V_{\text{ιδ}} = n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot \frac{V_{\text{ιδ}}}{n} = R \cdot T \rightarrow P \cdot V_{m_{\text{ιδ}}} = R \cdot T \rightarrow V_{m_{\text{ιδ}}} = \frac{R \cdot T}{P}$$

$$V_{m_{\text{πρ}}} = (1 - 0,27) \cdot V_{m_{\text{ιδ}}} = 0,73 \cdot \frac{R \cdot T}{P}$$

$$\alpha) \quad Z = \frac{P \cdot V_{m_{\text{πρ}}}}{R \cdot T} = \frac{\cancel{P} \cdot 0,73 \cdot \cancel{\frac{R \cdot T}{P}}}{\cancel{R \cdot T}} = 0,73$$

Άσκηση 1 (συνέχεια)

$$\beta) P \cdot V_{\pi\rho} = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot \frac{V_{\pi\rho}}{n} = Z \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot Vm_{\pi\rho} = Z \cdot R \cdot T \rightarrow$$

$$Vm_{\pi\rho} = \frac{Z \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,73 \cdot 0,082 \frac{\text{lt} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 250 \text{ K}}{15 \text{ atm}} = 0,998 \frac{\text{lt}}{\text{mol}}$$

$$Z < 1$$

συμπεραίνω ότι επικρατούν ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του αερίου (σελ. 18 σημειώσεων Φυσικοχημείας) και επομένως διευκολύνεται η συμπίεση του αερίου

Μικρή Θεωρητική Εισαγωγή για άσκηση 2

- σελ. 20 σημειώσεων Φυσικοχημείας
κρίσιμες σταθερές P_c , V_m_c , T_c : χαρακτηριστικές για κάθε αέριο
Ένα αέριο με θερμοκρασία πάνω από την T_c είναι αδύνατο να υγροποιηθεί
- σελ. 29 σημειώσεων Φυσικοχημείας: **ανηγμένες μεταβλητές**
$$P_r = \frac{P}{P_c} \quad V_r = \frac{V}{V_c} \quad T_r = \frac{T}{T_c}$$

Αρχή των αντιστοίχων καταστάσεων: Τα πραγματικά αέρια στην ίδια κατάσταση V_r και T_r παρουσιάζουν ίδια P_r

Άσκηση 2

Εκφώνηση:

Να υπολογιστεί ο γραμμομοριακός όγκος (V_m) του n-βουτανίου σε θερμοκρασία 552,7 K και πίεση 168,75 atm

α) από την εξίσωση των ιδανικών αερίων και

β) μέσω του παράγοντα συμπιεστότητας

Λύση:

$$\alpha) P \cdot V_{\text{ιδ}} = n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot \frac{V_{\text{ιδ}}}{n} = R \cdot T \rightarrow P \cdot V_{m_{\text{ιδ}}} = R \cdot T \rightarrow$$

$$V_{m_{\text{ιδ}}} = \frac{R \cdot T}{P} \rightarrow V_{m_{\text{ιδ}}} = \frac{0,082 \frac{\text{lt} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 552,7 \text{ K}}{168,75 \text{ atm}} \rightarrow$$

$$V_{m_{\text{ιδ}}} = 0,269 \frac{\text{lt}}{\text{mol}}$$

Άσκηση 2 (συνέχεια)

$$\beta) P \cdot V_{\pi\rho} = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot \frac{V_{\pi\rho}}{n} = Z \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot Vm_{\pi\rho} = Z \cdot R \cdot T \rightarrow$$
$$Vm_{\pi\rho} = \frac{Z \cdot R \cdot T}{P}$$

Πώς όμως θα βρούμε το Z; Το βρίσκουμε ως εξής:

- παράρτημα 2 σελ. 179 σημειώσεων Φυσικοχημείας βρίσκουμε:

$$P_c = 37,6 \text{ atm}$$

- Υπολογίζουμε: $Pr = \frac{P}{P_c} = 4,5$

- διάγραμμα 2.11 σελ 30 σημειώσεων Φυσικοχημείας (Z – Pr)

βρίσκουμε: $Z = 0,7$

$$Vm = \frac{0,7 \cdot 0,082 \frac{\text{lt} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 552,7 \text{ K}}{168,75 \text{ atm}} = 0,188 \frac{\text{lt}}{\text{mol}}$$

Μικρή Θεωρητική Εισαγωγή για άσκηση 3

- σελ. 16 σημ. Φυσικοχημείας: καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων
σελ. 26-27 σημ. Φυσικοχημείας: εξίσωση van der Waals
σελ. 20 σημ. Φυσικοχημείας: κρίσιμο σημείο και εξίσωση Virial
σελ. 21 σημ. Φυσικοχημείας: θερμοκρασία Boyle
- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| Ιδανικά αέρια | | Πραγματικά αέρια |
| Καταστατική εξίσωση | $\xrightarrow[\text{Διόρθωση Πίεσης}]{\text{Διόρθωση Όγκου}}$ | Εξίσωση van der Waals |
| $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ | | $P = \frac{R \cdot T}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$ |
- $$P \cdot V_m = R \cdot T \left\{ 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \dots \right\} \quad \text{Εξίσωση Virial}$$
- Θερμοκρασία Boyle:** η θερμοκρασία στην οποία $B = 0$ και άρα το αέριο συμπεριφέρεται σχεδόν ιδανικά

Άσκηση 3

Εκφώνηση:

Ένας φοιτητής ισχυρίζεται ότι αν του δοθούν οι συντελεστές van der Waals ενός πραγματικού αερίου, μπορεί να εντοπίσει το κρίσιμο σημείο του αερίου αυτού αλλά δε μπορεί να εντοπίσει τη θερμοκρασία Boyle του αερίου. Είναι σωστοί οι παραπάνω ισχυρισμοί?

Λύση:

$$T_c = \frac{8 \cdot a}{27 \cdot R \cdot b} \quad T_B = \frac{27 \cdot T_c}{8}$$

Άρα μπορεί να υπολογίσει τόσο το κρίσιμο σημείο όσο και τη θερμοκρασία Boyle.

Άσκηση 4

Εκφώνηση:

Ο παράγοντας συμπιεστότητας ενός αερίου είναι 0,86 σε θερμοκρασία 300 K και πίεση 20 atm.

- α) Αποφανθείτε για το ποιες δυνάμεις επικρατούν μεταξύ του μορίου του αερίου και αιτιολογείστε
- β) Υπολογίστε τον όγκο που καταλαμβάνουν 8,2 mmol του αερίου στη δεδομένη κατάσταση
- γ) Υπολογίστε με καλή προσέγγιση το δεύτερο συντελεστή virial (B)

Λύση:

α) $Z < 1$

συμπεραίνω ότι επικρατούν ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων του αερίου (σελ. 18 σημειώσεων Φυσικοχημείας) και επομένως διευκολύνεται η συμπίεση του αερίου

Άσκηση 4 (συνέχεια)

$$\beta) P \cdot V = Z \cdot n \cdot R \cdot T \rightarrow V = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P} \rightarrow$$

$$V = \frac{0,86 \cdot 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{lt} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}}{20 \text{ atm}} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ lt}$$

γ) Καταστατική εξίσωση VIRIAL (ΣΕΛ. 20 σημ. Φυσικοχημείας):

$$P \cdot V_m = R \cdot T \cdot \left[1 + \frac{B}{V_m} + \cancel{\frac{C}{V_m^2}} + \dots \right]$$

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{0,0087 \text{ lt}}{8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 1,06 \frac{\text{lt}}{\text{mol}}$$

$$B = V_m \cdot \frac{(P \cdot V_m - R \cdot T)}{R \cdot T} = \frac{V_m^2 \cdot P}{R \cdot T} - V_m = \frac{1,06^2 \cdot 20}{0,082 \cdot 300} - 1,06 \rightarrow$$

$$B = -0,146 \frac{\text{lt}}{\text{mol}}$$