

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(27) Αέρια καθαρή ουσία έχει κριτική πίεση $P_k = 50 \text{ bar}$ και κριτική θερμοκρασία $T_k = 300 \text{ K}$ και υπακούει στην Κ.Ε. V.D.W
 Ζητούνται α) Οι σταθερές a και b για θερμοκρασία $T = 300 \text{ K}$ για γραμμικό ογκομετρικό όγκο $\bar{v} = 300 \text{ l/mol}$
 β) Οι αδυναμίες θερμοχωρητικότητας \bar{c}_v και \bar{c}_p αν $\bar{c}_v = 50 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
 γ) Ο μικροσκοπικός συντελεστής Joule-Thomson
 δ) Η μεταβολή της γραμμικής ατμολογίας και αδιαμίας του αερίου όταν αυτό υποστεί ισόχωρη επέκταση μέχρι θερμοκρασίας 200 K

(28) Κύβητος κύβος Stirling χρησιμοποιεί ως εργαζόμενο μέσο αήθια, που θεωρείται αέριο V.D.W με $a = 4115 \frac{\text{m}^6 \text{bar}}{\text{kmol}^2}$ και $b = 0,03707 \text{ m}^3/\text{kmol}$ και $\bar{c}_{v0} = 28 \text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$
 Ζητούνται α) Η χρήση του κύβου στη διαγράμματα $p-\bar{v}$ και $T-S$
 β) Τα συντελεστικά ποσά αποτείμετα
 γ) >> >> τεχνικά έργα
 δ) >> >> έργα υστεροεργονία
 ε) Ο συντελεστής υστεροεργονίας των κύβων
 Δίνονται $\bar{v}_1 = \bar{v}_2 = 5 \text{ m}^3/\text{kmol}$ $t_1 = t_4 = 0^\circ\text{C}$
 $\bar{v}_3 = \bar{v}_4 = 20$ $t_2 = t_3 = 100^\circ\text{C}$

(29) 200 λίτρα αζωθίου με $T = 22,5 \text{ atm}$ και θερμοκρασία 27°C ψύχονται υπό σταθερό όγκο μέχρι της κατάστασης κρυστάλλινου αζωθίου και στη συνέχεια συμπύκνωση υπό σταθερή πίεση μέχρι της κατάστασης κρυστάλλινου υγρού. Το C_2H_4 θεωρείται πραγματικό αέριο με $M = 28,052$ και κατάστασια μέγιστη των κριτικού ατμίου των, $P_k = 50,5 \text{ atm}$ και $T_k = 282,4 \text{ K}$

Ζητούνται α) Η τελική μέση του αζωθίου
 β) Η τελική θερμοκρασία >>
 γ) Ο τελικός όγκος του >>

(30) Να υπολογιστεί η σχέση που επιφέρει την ισεντροπική επέκταση αερίου V.D.W από κατάσταση 1 (T_1, \bar{v}_1) σε κατάσταση 2 (T_2, \bar{v}_2)

31) Αέριο V.D.W ($P_R = 40 \text{ bar}$, $T_R = 180 \text{ K}$, $\bar{c}_{v0} = 60 \text{ kJ/k.mol.K}$) υφίσταται τυχαία μεταβολή $1 \rightarrow 2$ όπου $\bar{v}_1 = 4 \text{ b}$, $\bar{v}_2 = 12 \text{ b}$, $T_1 = 250 \text{ K}$ και $T_2 = 350 \text{ K}$

- Ζητούνται
- Οι σταθερές a και b της ΚΕ V.D.W
 - Η μεταβολή της ειδικής γραμμοθερμικής ιπποπόσης (ΔS_{12})
 - Η μεταβολή της ειδικής γραμμοθερμικής εσωτερικής ενέργειας (ΔU_{12})
 - Αν κατά την μεταβολή $1 \rightarrow 2$ η θερμοκρασία μεταβάλλεται γραμμικά $T = \lambda_1(\bar{v} - b) + \lambda_2$ να προσδιορισθούν
 - οι σταθερές λ_1 και λ_2
 - το γραμμοθερμικό ειδικό έργο ομομεταβολής (\bar{w}_{12})

32) Να υπολογισθεί η πίεση εξαχνώσεως μικτού αέριου - υδατικού σε θερμοκρασία -63°C , αν στους -40°C η πίεση εξαχνώσεως είναι $0,000132 \text{ bar}$ και η θερμότητα εξαχνώσεως θεωρηθεί σταθερή και ίση προς $2837,6 \text{ kJ/kg}$

33) Η πίεση ατμοποίησης του O_2 δίνεται από τη σχέση: $\ln p = 9,609 - \frac{899,952}{(T + 3,583)}$ όπου $[p]$ σε bar και $[T]$ σε K, ενώ η κριτική θερμοκρασία του είναι $T_c = 154,6 \text{ K}$

- Ζητούνται
- Το κανονικό ειδικό έργο T_0
 - Η σχέση που συνδέει την θερμοκρασία ατμοποίησης και το έργο ομομεταβολής κατά την ατμοποίηση
 - Να υπολογισθεί η θερμοκρασία ατμοποίησης στο κανονικό ειδικό έργο υαδρότητας $U'' \gg U'$ και συμπιεστικά Τ.Α.
 - Η απαιτούμενη θερμοκρασία και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ώστε υγρο-ατμός O_2 με συμπίεση $\chi = 70\%$ από το κανονικό ειδικό έργο υαδρότητας να ατμοποιηθεί πλήρως ισοθέρμα
 - Να υπολογισθεί η θερμοκρασία ατμοποίησης για $U'' = 5 \text{ kJ}$ υαδρότητας $U'' \gg U'$ και συμπιεστικά αέριο V.D.W

34) α) Για τα πραγματικά αέρια ισχύει $c_p \geq c_v$

β) Πραγματικό αέριο υπακούει στην ΚΕ: $PV = RT + B \cdot P$ όπου R και B σταθερές. Να υπολογισθεί, κατά μήκος της ισοθερμοκρασιακής σταθερότητας, η συμβολή της ειδικής εσωτερικής ενέργειας συναρτήσει της πίεσης των αερίων

35) Πραγματικό αέριο περιγράφεται με την ΚΕ: $PV = RT + B \cdot P$ όπου $B = a \cdot T$ και R, a σταθερές

- Ζητούνται
- Ο διαφορικός συντελεστής Joule-Thomson
 - Η ειδική ενθαλπία του αερίου

Παρέχεται

$$c_{p0}(T) = b \cdot T \text{ όπου } b \text{ σταθερά}$$

$$h = 0 \text{ για } T = 0 \text{ K}$$

Άσκηση 29

$$R = \frac{\bar{E}}{M} = \frac{8,314 \text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}}{28,052 \text{ kg/kmol}} = 296 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

από το (1)

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1^0 = P_1 = \frac{P_1}{P_K} = \frac{22,5 \text{ atm}}{50,5 \text{ atm}} = 0,445 \\ T_2 = T_3 = \frac{T_1}{T_K} = \frac{300^\circ\text{K}}{282,4^\circ\text{K}} = 1,062 \end{array} \right. \Rightarrow \text{από το (1) ή διαγράφηκε } \nu_1 = 2(\pi)$$

$$\Rightarrow Z_1 = 0,863$$

από $P_1 V_1 = Z_1 R T_1 \Rightarrow \nu_1 = \frac{Z_1 R T_1}{P_1} = \frac{0,863 \cdot 296 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \cdot 300^\circ\text{K}}{22,5 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$

$$\Rightarrow \nu_1 \approx 0,0337 \text{ m}^3/\text{kg}$$

από $V_1 = 200 \text{ l} \Rightarrow m = \frac{V_1}{\nu_1} = \frac{200 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,0337 \text{ m}^3/\text{kg}} = 5,94 \text{ kg}$

Μεταβολή 1 → 2 ισόχωρη $\Rightarrow V_2 = V_1 \Rightarrow \nu_2 = \nu_1 = 0,0337 \text{ m}^3/\text{kg}$

από το (2) $P_2 \nu_2 = Z_2 R T_2 \Rightarrow \nu_2 = \frac{R T_2}{P_2} \cdot \frac{Z_2 \rho_2}{\rho_2}$

$$\frac{R T_2}{P_2} = \frac{296 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \cdot 282,4^\circ\text{K}}{50,5 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}} \approx 0,0164 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Rightarrow \left[\nu_2 \approx 0,0164 \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \frac{Z_2 \rho_2}{\rho_2} \right]$$

Γραμμάτι και το δεύτερο

Το ερώτημα (2) θα ληφθεί και πάνω από αυτόν μεροπρόσβου ζεπίου

Προσέχεται ότι το διφρακτικό ο παρακείμενο νίαντα

$$z_k = 0,27 = \frac{v_k v_k}{R T_k} = \frac{50,5 \cdot v_k \cdot 11013 \cdot 10}{296 \cdot 282,4}$$

$$0,27 = 6,199 \cdot v_k \Rightarrow v_k = \frac{2257}{0,1064412}$$

Prüfung X für ... $\sqrt{1 - \gamma \cdot \gamma} < 1$...

1 \rightarrow 2 ;

clara mv 1 \rightarrow 2 $v = \text{grad } \theta = 0,0337 \text{ m}^3/\text{kg} = v_1 = v_2$

von ... $\theta_1 = 0,445 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{v_1}{v_k} = 2,18$

$$v_k = \frac{0,0337}{2,18} = 0,0155 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$z_1 = 0,863$
 $\pi_1 = 0,445$
 $\theta_1 = 1,062$
 $\varphi_1 = 2,18$

$\theta_A = 0,90$
 $\pi_A = 0,279$
 $\pi_A = 0,35$

$\theta_B = 0,95$
 $\pi_B = 0,82$
 $\pi_B = 0,38$

$\theta_1 = 1,00$
 $\pi_1 = 0,84$
 $\pi_1 = 0,41$

$\theta_2 = 1,062$
 $\pi_2 = 0,852$
 $\pi_2 = 0,320$

1 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow 2
 $\varphi_1 = \varphi_A = 2,18 = \varphi_B = \varphi_1 = \varphi_2$

Da ... $\frac{z \cdot \theta}{\pi} = \frac{v = 0,0337}{0,0164} = 2,05$

θ	$\frac{z}{\pi}$	z	π
0,90	2,28	0,79	0,35
0,95	2,16	0,81	0,40
1,00	2,05	0,82	0,45
		0,76	0,34
		1,9	2,35
		0,83	0,38
		2,02	2,31
		0,84	0,41
		2,10	2,05

	$T_2 = \theta_2$	$P_2 = \pi_2$	Z_2	$v_2 = 0,0164 \frac{Z_2 \theta_2}{\pi_2}$
Δυνατότητα	0,80	0,192	0,838	
Δυνατότητα	0,845	0,3	0,782	0,0572
Δυνατότητα	0,85	0,315	0,778	0,0562
→	0,852	0,320	0,774	0,0344
Δυνατότητα	0,855	0,330	0,770	0,0337
				0,0326

⇐ 0,400 (2)

Μεταβολή 2 → 3 : ισοβαρική και διελαστική μεταβολή

⇐ 0,400 (3) ⇒ $\left\{ \begin{array}{l} P_3 = \pi_3 = \pi_2 = 0,320 \\ T_3 = \theta_3 = \theta_2 = 0,852 \\ Z_3 = 0,05 \end{array} \right.$

$P_3 = \pi_3 \cdot P_c = 0,320 \cdot 50,5 \text{ atm} \approx \underline{16,2 \text{ atm}}$
 $T_3 = \theta_3 \cdot T_c = 0,852 \cdot 282,4 \text{ K} \approx \underline{240 \text{ K}} \text{ (} -33 \text{ C)} \\
v_3 = \frac{Z_3 \cdot R T_3}{P_3} = \frac{0,05 \cdot 296 \cdot 240}{16,2 \cdot 1,013 \cdot 10^5} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \approx 0,0217 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \\
V_3 = m \cdot v_3 = 5,94 \text{ kg} \cdot 0,0217 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \approx \underline{\underline{129 \text{ l}}}$

Παρατήρηση Η ταχεία 1 → 2 → 3 καταβαρική και αδιαβατική μεταβολή (από την αρχική κατάσταση 1 και επιβραδύνει στην αρχή των διελαστικών μεταβολών)

21.06.64 5.5

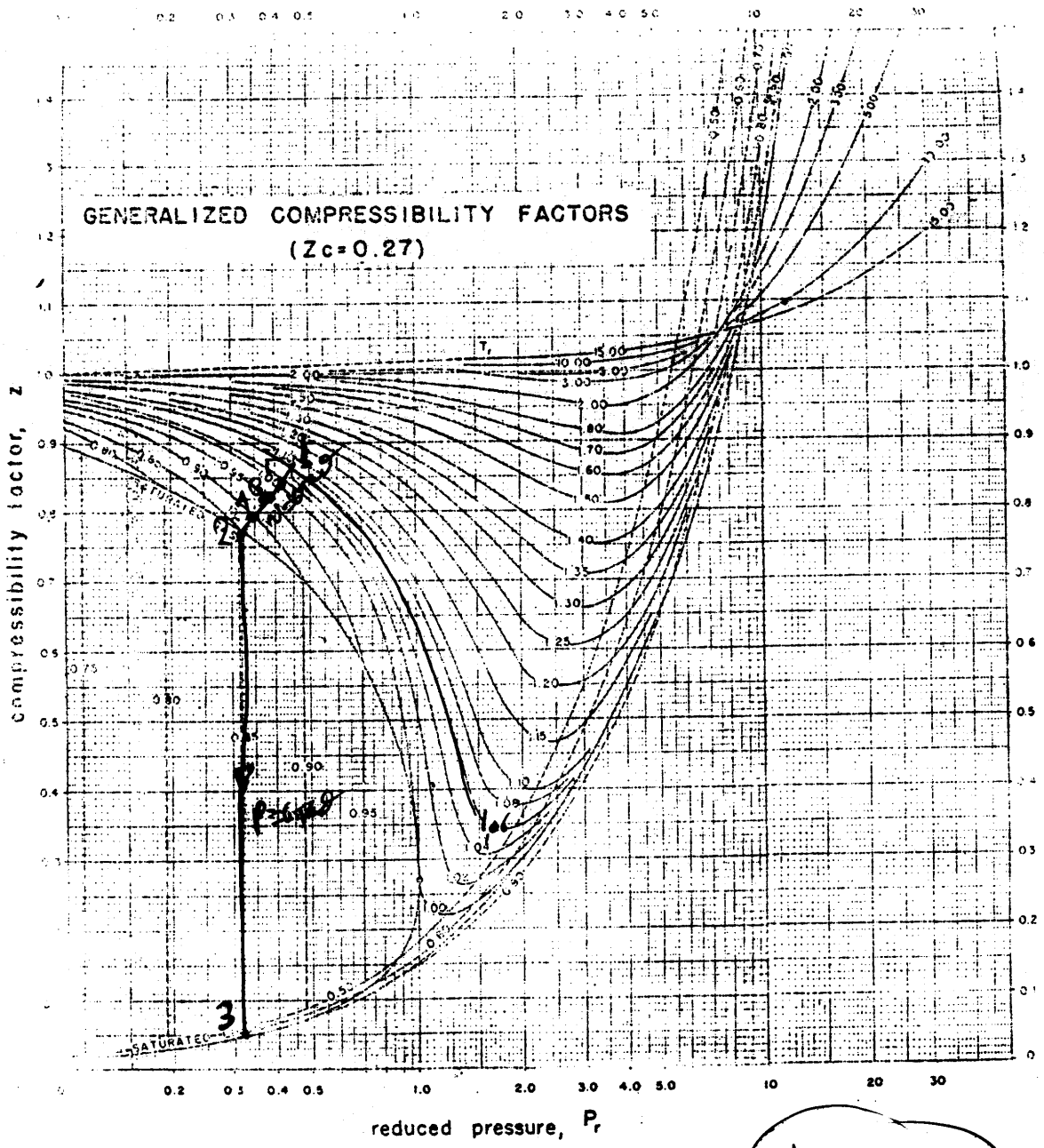


Fig. B.8 Generalized compressibility chart.

$\Delta k_{gr} < 1$

$(\frac{\partial P}{\partial T})_{V} = \frac{P}{T} (\frac{\partial z}{\partial T})_{V}$

80
70

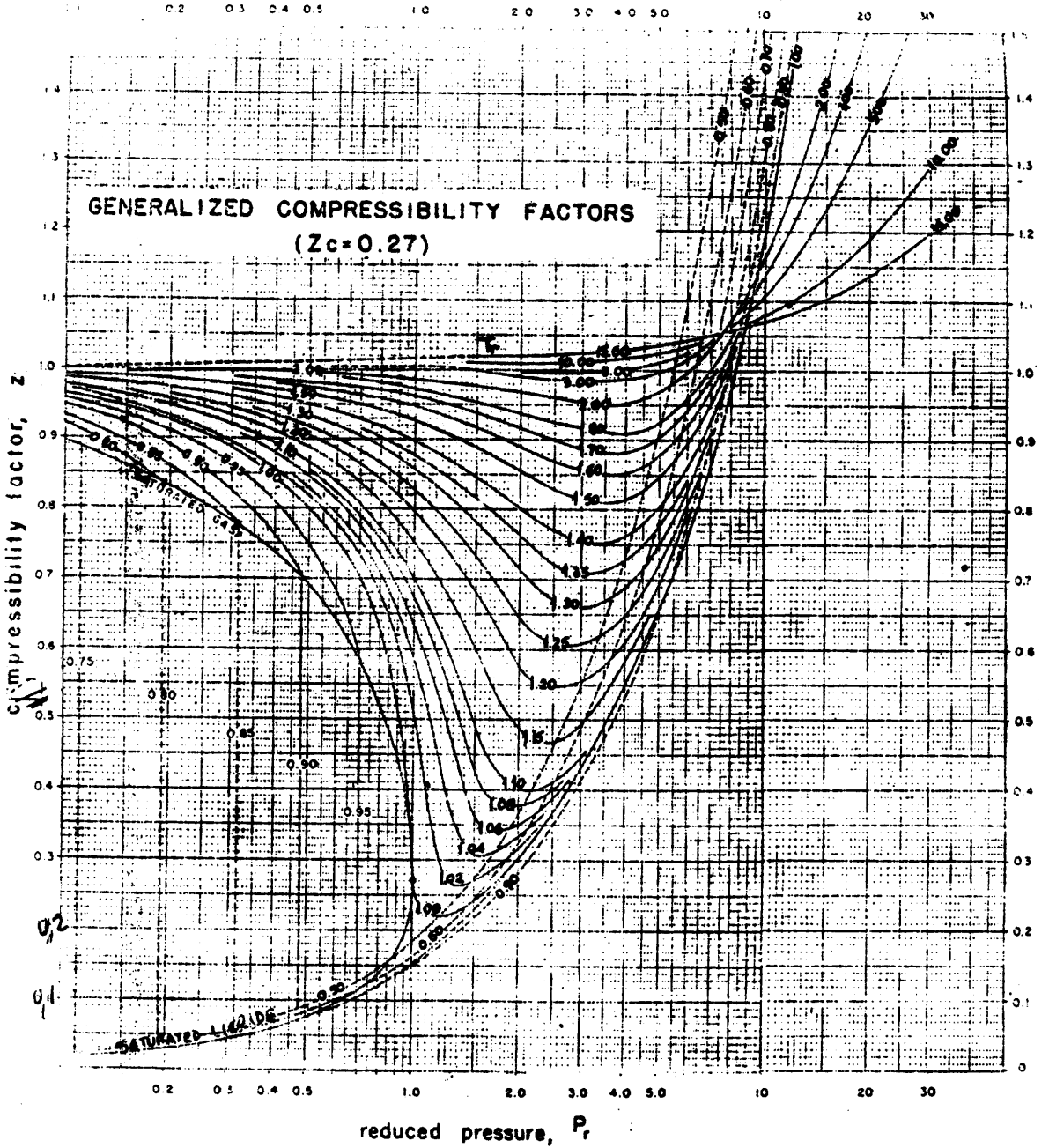
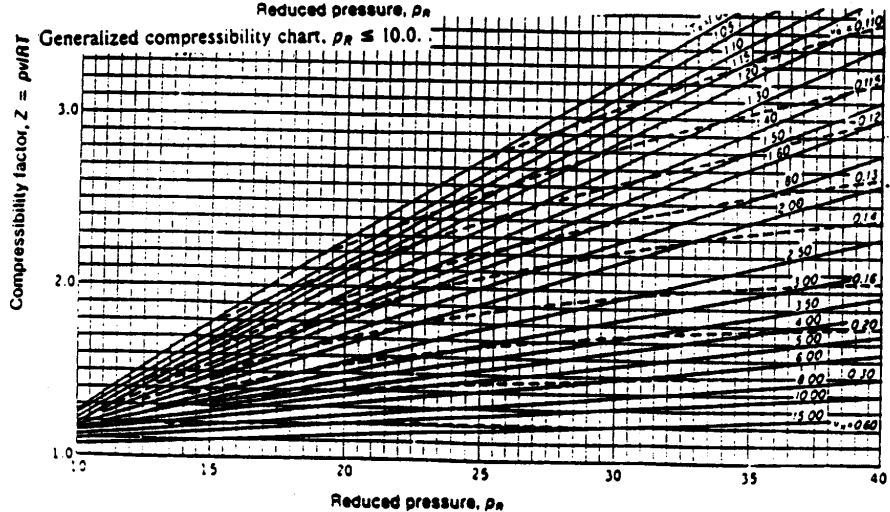
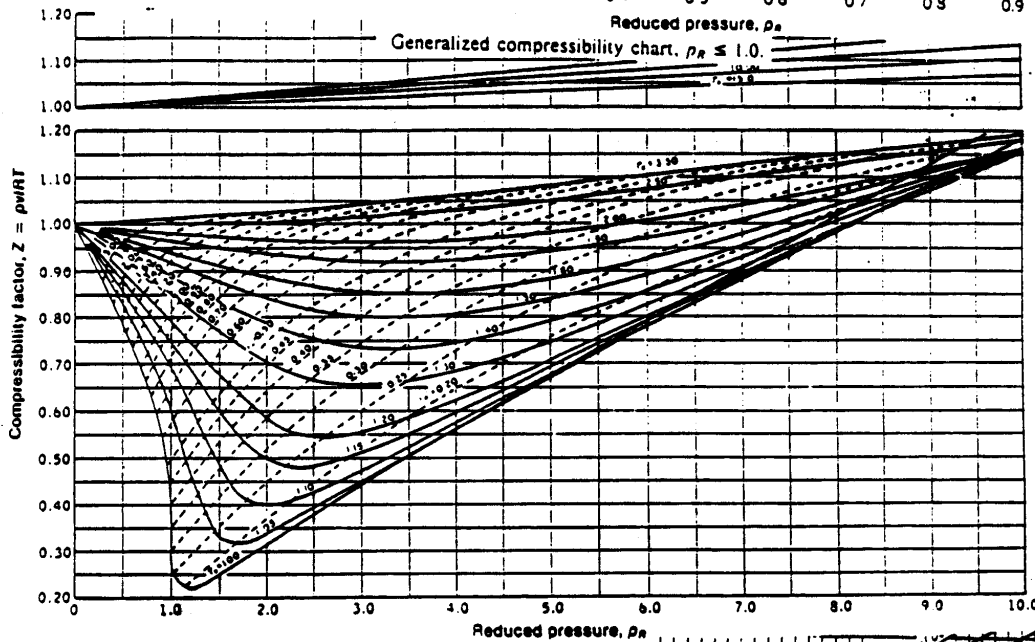
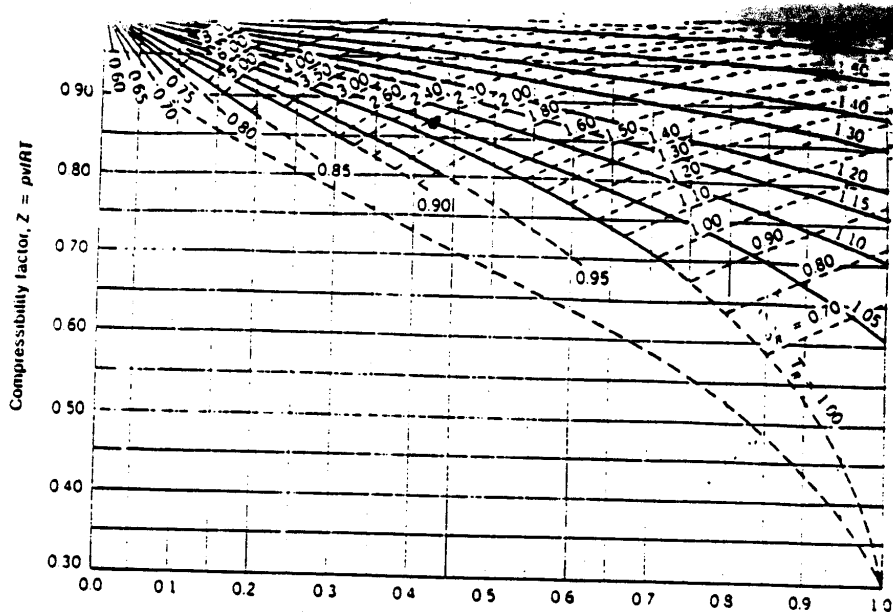


Fig. 8.8 Generalized compressibility chart.

25 30 35 40
Reduced pressure

$Z_{\text{gas}} = 2$



Generalized compressibility chart, $10 \leq p_r \leq 40$.