



PMI 1673 - MECÂNICA DE FLUIDOS APLICADA A RESERVATÓRIOS

FLUIDOS DE RESERVATÓRIO

EXERCÍCIO 1

Calcule a massa de gás metano contida em um cilindro de $3,2 \text{ ft}^3$, onde atuam uma pressão de 1000 psi e uma temperatura de 68°F . Considere o gás metano um gás ideal.

atuam uma pressão de 9300 psi e uma temperatura de 290°F considerando-o um gás real.

EXERCÍCIO 2

Calcule o volume de 3 lb de gás n-butano a uma pressão de 60 psi e uma temperatura de 120°F considerando-o um gás ideal.

EXERCÍCIO 3

Calcule a densidade e o peso específico do gás propano a uma pressão de 220 psi e uma temperatura de 245°F considerando-o um gás ideal.

EXERCÍCIO 4

A mistura de gases presente em um reservatório apresenta a uma pressão de 1500 psi e a uma temperatura de 300°F a seguinte composição:

| Componente | Fração Molar (y_i) |
|------------|---------------------------|
| Metano | 0,85 |
| Etano | 0,09 |
| Propano | 0,04 |
| n-Butano | 0,02 |
| Total | 1,00 |

Considerando comportamento de gás ideal calcule:

- A pressão parcial exercida pelo metano.
- O volume molar parcial ocupado pelo etano.
- A massa molecular aparente e o peso específico da mistura.

EXERCÍCIO 5

Calcule a massa do gás metano do exercício 1 considerando-o um gás real. Calcule o erro da aproximação por um gás ideal.

EXERCÍCIO 6

Calcule o volume específico de gás etano a uma pressão de 918 psi e uma temperatura de 117°F considerando-o um gás real.

EXERCÍCIO 7

Calcule a massa de gás do exercício 4 contida em um cilindro de $43,56 \text{ ft}^3$, onde



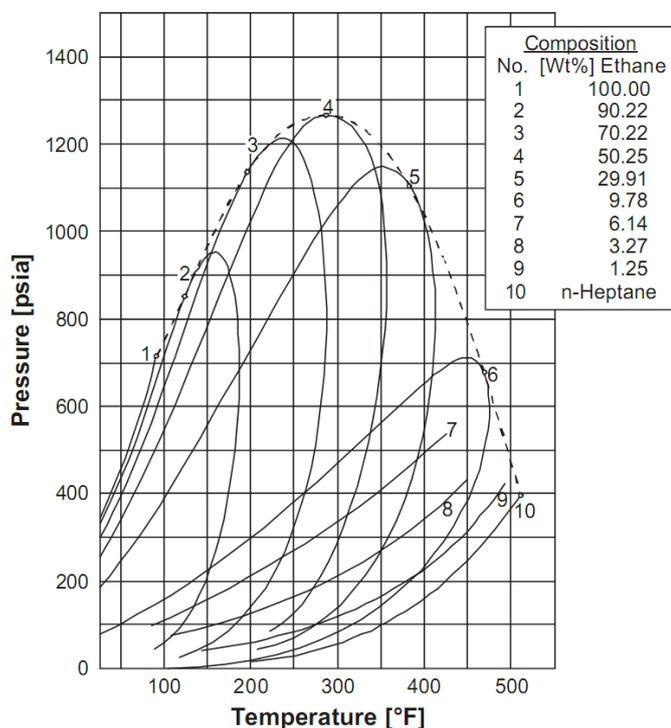
EXERCÍCIO 8

Classificar os reservatórios que contém misturas de etano e n-heptano nas seguintes condições:

- Inicial: 1300 psi e 300°F
- Final: 400 psi e 300°F
- Separador: 100 psi e 150°F

Para as composições:

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5
- e) 6



Respostas:

- 1) 9,06 lb (4,1 kg); 2) 5,35 ft³ (0,15 m³);
3) 1,523; 4) a) 1275 psi, b) 0,49 ft³/mol (13,87 cm³/mol), c) 0,665; 5) 10,18 lb (11%); 6) 0,094 ft³/lb; 7) 808,2 lb (366,1 kg); 8) a) gás seco, b) gás úmido, c) gás retrógrado, d) óleo volátil, e) óleo.



FÓRMULAS

Lei dos Gases $PV = nRT$ ou $PV = \frac{m}{M}RT$ ($R = 10,732 \frac{\text{psi ft}^3}{\text{lb mol } ^\circ\text{R}}$)

Densidade de um Gás Ideal $\rho_g = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$

Peso Específico de um Gás $\gamma_g = \frac{\rho_g}{\rho_{ar}} = \frac{\frac{PM_g}{RT}}{\frac{PM_{ar}}{RT}} = \frac{M_g}{M_{ar}} = \frac{M_g}{28,96}$

Massa Molecular Aparente $M_a = \sum_i y_i M_{gi}$

Peso Específico de um Gás Composto .. $\gamma_g = \frac{M_a}{28,96}$

Correção para Gás Real $PV = ZnRT$

Volume Específico de um Gás Real $v = \frac{V}{m} = \frac{zRT}{PM}$

Temperatura e Pressão Reduzidas $T_r = \frac{T}{T_c}$ e $P_r = \frac{P}{P_c}$

Temperatura e Pressão Pseudo-Críticas $T_{pc} = \sum_i y_i T_{ci}$ e $P_{pc} = \sum_i y_i P_{ci}$

Temperatura e Pressão Pseudo-Reduzidas $T_{pr} = \frac{T}{T_{pc}}$ e $P_{pr} = \frac{P}{P_{pc}}$

CONVERSÕES DE UNIDADES

$^{\circ}\text{F} + 460 \rightarrow ^{\circ}\text{R}$

$1,8^{\circ}\text{C} + 32 \rightarrow ^{\circ}\text{F}$

$\text{K} - 273,15 \rightarrow ^{\circ}\text{C}$

$0,3048 \text{ ft} \rightarrow \text{m}$

$0,4536 \text{ lb} \rightarrow \text{kg}$

$0,06805 \text{ psi} \rightarrow \text{atm}$

$0,9678 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{atm}$

$9,8692 \text{ MPa} \rightarrow \text{atm}$

$0,02832 \text{ ft}^3 \rightarrow \text{m}^3$

$16,0185 \text{ lb/ft}^3 \rightarrow \text{kg/m}^3$



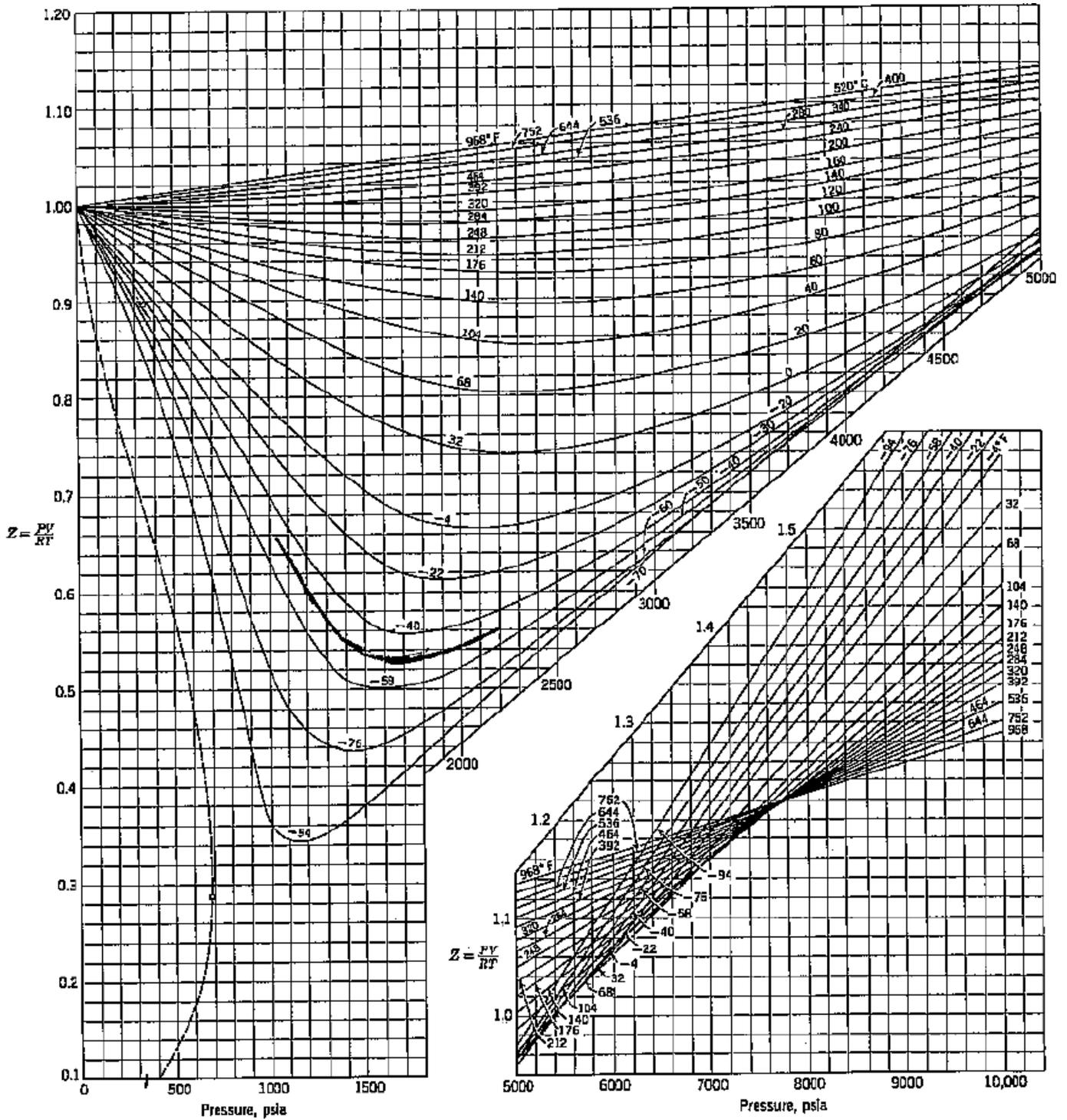
PROPRIEDADES FÍSICAS DE SUBSTÂNCIAS PURAS

Physical Properties for Pure Components

| Number | See Note No. → Compound | Formula | A. B. C. D. | | | | Critical constants | | | Number | |
|--------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|----------|------------------------------|
| | | | Molar mass (molecular weight) | Boiling point, °F 14.696 psia | Vapor pressure, psia 100 °F | Freezing point, °F 14.696 psia | Refractive index, n_D 60 °F | Pressure, psia | Temperature, °F | | Volume, ft ³ /lbm |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | Methane | CH ₄ | 16.043 | -258.73 | (5000)* | -295.44* | 1.00042* | 666.4 | -116.67 | 0.0988 | 1 |
| 2 | Ethane | C ₂ H ₆ | 30.070 | -127.49 | (800)* | -297.04* | 1.20971* | 708.5 | 89.92 | 0.0783 | 2 |
| 3 | Propane | C ₃ H ₈ | 44.097 | -43.75 | 188.64 | -305.73* | 1.29480* | 616.0 | 206.06 | 0.0727 | 3 |
| 4 | Isobutane | C ₄ H ₁₀ | 58.123 | 10.78 | 72.581 | -255.28 | 1.3245* | 527.9 | 274.46 | 0.0714 | 4 |
| 5 | n-Butane | C ₄ H ₁₀ | 58.123 | 31.08 | 51.706 | -217.05 | 1.33588* | 550.6 | 305.62 | 0.0703 | 5 |
| 6 | Isopentane | C ₅ H ₁₂ | 72.150 | 82.12 | 20.445 | -255.82 | 1.35631 | 490.4 | 369.10 | 0.0679 | 6 |
| 7 | n-Pentane | C ₅ H ₁₂ | 72.150 | 96.92 | 15.574 | -201.51 | 1.35992 | 488.6 | 385.8 | 0.0675 | 7 |
| 8 | Neopentane | C ₅ H ₁₂ | 72.150 | 49.10 | 36.69 | 2.17 | 1.342* | 464.0 | 321.13 | 0.0673 | 8 |
| 9 | n-Hexane | C ₆ H ₁₄ | 86.177 | 155.72 | 4.8597 | -139.58 | 1.37708 | 438.9 | 453.6 | 0.0688 | 9 |
| 10 | 2-Methylpentane | C ₆ H ₁₄ | 86.177 | 140.47 | 6.769 | -244.62 | 1.37387 | 438.6 | 435.83 | 0.0682 | 10 |
| 11 | 3-Methylpentane | C ₆ H ₁₄ | 86.177 | 145.89 | 6.103 | — | 1.37888 | 453.1 | 448.4 | 0.0682 | 11 |
| 12 | Neohexane | C ₆ H ₁₄ | 86.177 | 121.52 | 9.859 | -147.72 | 1.37126 | 446.8 | 420.13 | 0.0667 | 12 |
| 13 | 2,3-Dimethylbutane | C ₆ H ₁₄ | 86.177 | 136.36 | 7.406 | -199.38 | 1.37730 | 453.5 | 440.29 | 0.0665 | 13 |
| 14 | n-Heptane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 209.16 | 1.620 | -131.05 | 1.38989 | 396.8 | 512.7 | 0.0691 | 14 |
| 15 | 2-Methylhexane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 194.09 | 2.272 | -180.89 | 1.38714 | 396.5 | 495.00 | 0.0673 | 15 |
| 16 | 3-Methylhexane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 197.33 | 2.131 | — | 1.39091 | 408.1 | 503.80 | 0.0646 | 16 |
| 17 | 3-Ethylpentane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 200.25 | 2.013 | -181.48 | 1.39586 | 419.3 | 513.39 | 0.0665 | 17 |
| 18 | 2,2-Dimethylpentane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 174.54 | 3.494 | -190.86 | 1.38446 | 402.2 | 477.23 | 0.0665 | 18 |
| 19 | 2,4-Dimethylpentane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 176.89 | 3.293 | -182.63 | 1.38379 | 398.9 | 475.95 | 0.0668 | 19 |
| 20 | 3,3-Dimethylpentane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 186.91 | 2.774 | -210.01 | 1.38564 | 427.2 | 505.87 | 0.0662 | 20 |
| 21 | Triptane | C ₇ H ₁₆ | 100.204 | 177.58 | 3.375 | -12.81 | 1.39168 | 428.4 | 496.44 | 0.0636 | 21 |
| 22 | n-Octane | C ₈ H ₁₈ | 114.231 | 258.21 | 0.53694 | -70.18 | 1.39956 | 360.7 | 564.22 | 0.0690 | 22 |
| 23 | Dilaobutyl | C ₈ H ₁₈ | 114.231 | 228.39 | 1.102 | -132.11 | 1.39461 | 360.8 | 530.44 | 0.0678 | 23 |
| 24 | Isooctane | C ₈ H ₁₈ | 114.231 | 210.63 | 1.709 | -161.27 | 1.38624 | 372.4 | 519.46 | 0.0656 | 24 |
| 25 | n-Nonane | C ₉ H ₂₀ | 128.258 | 303.47 | 0.17953 | -64.28 | 1.40746 | 331.8 | 610.68 | 0.0684 | 25 |
| 26 | n-Decane | C ₁₀ H ₂₂ | 142.285 | 345.48 | 0.06088 | -21.36 | 1.41385 | 305.2 | 652.0 | 0.0679 | 26 |
| 27 | Cyclopentane | C ₅ H ₁₀ | 70.134 | 120.65 | 9.915 | -136.91 | 1.40896 | 653.8 | 461.2 | 0.0594 | 27 |
| 28 | Methylcyclopentane | C ₆ H ₁₂ | 84.161 | 161.25 | 4.503 | -224.40 | 1.41210 | 548.9 | 499.35 | 0.0607 | 28 |
| 29 | Cyclohexane | C ₆ H ₁₂ | 84.161 | 177.29 | 3.266 | 43.77 | 1.42862 | 590.8 | 536.6 | 0.0586 | 29 |
| 30 | Methylcyclohexane | C ₇ H ₁₄ | 98.188 | 213.68 | 1.609 | -195.87 | 1.42538 | 503.5 | 570.27 | 0.0600 | 30 |
| 31 | Ethene(Ethylene) | C ₂ H ₄ | 28.054 | -154.73 | (1400)* | -272.47* | (1.228)* | 731.0 | 48.54 | 0.0746 | 31 |
| 32 | Propene(Propylene) | C ₃ H ₆ | 42.081 | -53.84 | 227.7 | -301.45* | 1.3130* | 668.6 | 197.17 | 0.0689 | 32 |
| 33 | 1-Butene(Butylene) | C ₄ H ₈ | 56.108 | 20.79 | 62.10 | -301.63* | 1.3494* | 583.5 | 295.48 | 0.0685 | 33 |
| 34 | cis-2-Butene | C ₄ H ₈ | 56.108 | 38.69 | 45.95 | -218.06 | 1.3665* | 612.1 | 324.37 | 0.0668 | 34 |
| 35 | trans-2-Butene | C ₄ H ₈ | 56.108 | 33.58 | 49.87 | -157.96 | 1.3563* | 587.4 | 311.86 | 0.0679 | 35 |
| 36 | Isobutene | C ₄ H ₈ | 56.108 | 19.59 | 63.02 | -220.65 | 1.3512* | 580.2 | 292.55 | 0.0682 | 36 |
| 37 | 1-Pentene | C ₅ H ₁₀ | 70.134 | 85.93 | 19.12 | -265.39 | 1.37426 | 511.8 | 376.93 | 0.0676 | 37 |
| 38 | 1,2-Butadiene | C ₄ H ₆ | 54.092 | 51.53 | 36.53 | -213.16 | — | (653.)* | (340.)* | (0.065)* | 38 |
| 39 | 1,3-Butadiene | C ₄ H ₆ | 54.092 | 24.06 | 59.46 | -164.02 | 1.3975* | 627.5 | 305. | 0.0654 | 39 |
| 40 | Isoprene | C ₅ H ₈ | 68.119 | 93.31 | 16.68 | -230.73 | 1.42498 | (558.)* | (412.)* | (0.065)* | 40 |
| 41 | Acetylene | C ₂ H ₂ | 26.038 | -120.49* | — | -114.5* | — | 890.4 | 95.34 | 0.0695 | 41 |
| 42 | Benzene | C ₆ H ₆ | 78.114 | 176.18 | 3.225 | 41.95 | 1.50396 | 710.4 | 552.22 | 0.0531 | 42 |
| 43 | Toluene | C ₇ H ₈ | 92.141 | 231.13 | 1.033 | -139.00 | 1.49942 | 595.5 | 605.57 | 0.0550 | 43 |
| 44 | Ethylbenzene | C ₈ H ₁₀ | 106.167 | 277.16 | 0.3716 | -138.966 | 1.49826 | 523.0 | 651.29 | 0.0565 | 44 |
| 45 | o-Xylene | C ₈ H ₁₀ | 106.167 | 291.97 | 0.2643 | -13.59 | 1.50767 | 541.6 | 674.92 | 0.0557 | 45 |
| 46 | m-Xylene | C ₈ H ₁₀ | 106.167 | 282.41 | 0.3265 | -54.18 | 1.49951 | 512.9 | 651.02 | 0.0567 | 46 |
| 47 | p-Xylene | C ₈ H ₁₀ | 106.167 | 281.07 | 0.3424 | 55.83 | 1.49810 | 509.2 | 649.54 | 0.0570 | 47 |
| 48 | Styrene | C ₈ H ₈ | 104.152 | 293.25 | 0.2582 | -23.10 | 1.54937 | 587.8 | (703.)* | 0.0534 | 48 |
| 49 | Isopropylbenzene | C ₉ H ₁₂ | 120.194 | 306.34 | 0.1884 | -140.814 | 1.49372 | 465.4 | 676.5 | 0.0572 | 49 |
| 50 | Methyl alcohol | CH ₄ O | 32.042 | 148.44 | 4.629 | -143.79 | 1.33034 | 1174. | 463.08 | 0.0590 | 50 |
| 51 | Ethyl alcohol | C ₂ H ₆ O | 46.069 | 172.90 | 2.312 | -173.4 | 1.36346 | 890.1 | 465.39 | 0.0581 | 51 |
| 52 | Carbon monoxide | CO | 28.010 | -312.68 | — | -337.00* | 1.00036* | 507.5 | -220.43 | 0.0532 | 52 |
| 53 | Carbon dioxide | CO ₂ | 44.010 | -109.257* | — | -69.83* | 1.00048* | 1071. | 87.91 | 0.0344 | 53 |
| 54 | Hydrogen sulfide | H ₂ S | 34.08 | -76.497 | 394.59 | -121.88* | 1.00060* | 1300. | 212.45 | 0.0461 | 54 |
| 55 | Sulfur dioxide | SO ₂ | 64.06 | 14.11 | 85.46 | -103.86* | 1.00062* | 1143. | 315.8 | 0.0305 | 55 |
| 56 | Ammonia | NH ₃ | 17.0305 | -27.99 | 211.9 | -107.88* | 1.00036* | 1646. | 270.2 | 0.0681 | 56 |
| 57 | Air | N ₂ +O ₂ | 28.9625 | -317.8 | — | — | 1.00028* | 546.9 | -221.31 | 0.0517 | 57 |
| 58 | Hydrogen | H ₂ | 2.0159 | -422.955* | — | -435.26* | 1.00013* | 188.1 | -399.9 | 0.1565 | 58 |
| 59 | Oxygen | O ₂ | 31.9988 | -297.332* | — | -361.820* | 1.00027* | 731.4 | -181.43 | 0.0367 | 59 |
| 60 | Nitrogen | N ₂ | 28.0134 | -320.451 | — | -346.00* | 1.00028* | 493.1 | -232.51 | 0.0510 | 60 |
| 61 | Chlorine | Cl ₂ | 70.906 | -29.13 | 157.3 | -149.73* | 1.3878* | 1157. | 290.75 | 0.0280 | 61 |
| 62 | Water | H ₂ O | 18.0153 | 212.000* | 0.9501 | 32.00 | 1.33335 | 3198.8 | 705.16 | 0.0497* | 62 |
| 63 | Helium | He | 4.0026 | -452.09 | — | — | 1.00003* | 32.99 | -450.31 | 0.2300 | 63 |
| 64 | Hydrogen chloride | HCl | 36.461 | -121.27 | 906.71 | -173.52* | 1.00042* | 1205. | 124.77 | 0.0356 | 64 |

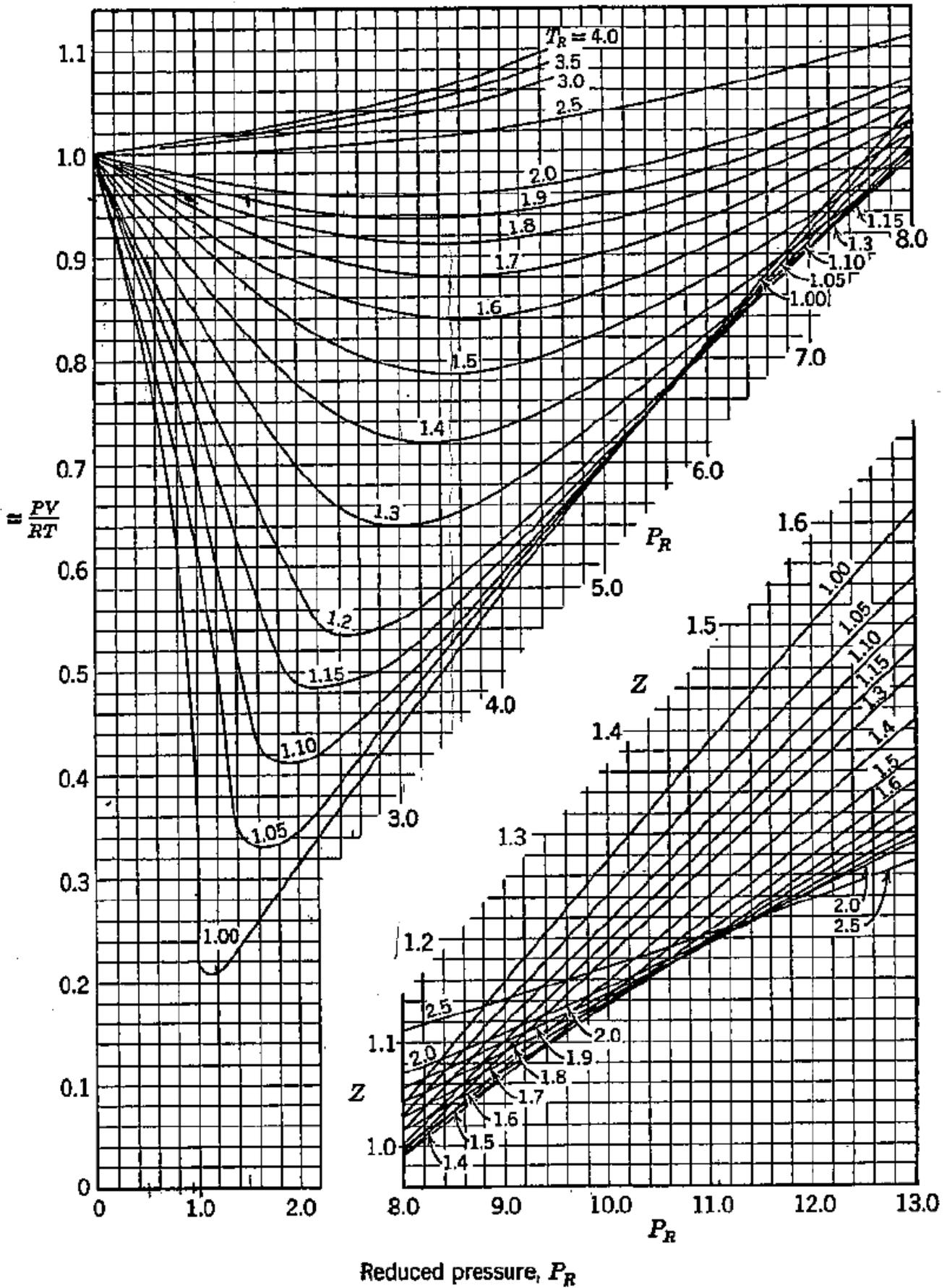


FATOR DE COMPRESSIBILIDADE PARA O METANO





FATOR DE COMPRESSIBILIDADE PARA GASES PUROS





FATOR DE COMPRESSIBILIDADE PARA MISTURAS DE GASES

