



Ayudantía 1

Profesor: Felipe Ovalle

Ayudante: Paulina Balladares Estolaza

1. Calcular el volumen específico de un refrigerador a 1 MPa y 50°C con:
 - a) Ecuación de estado gas ideal
 - b) Factor de compresibilidad

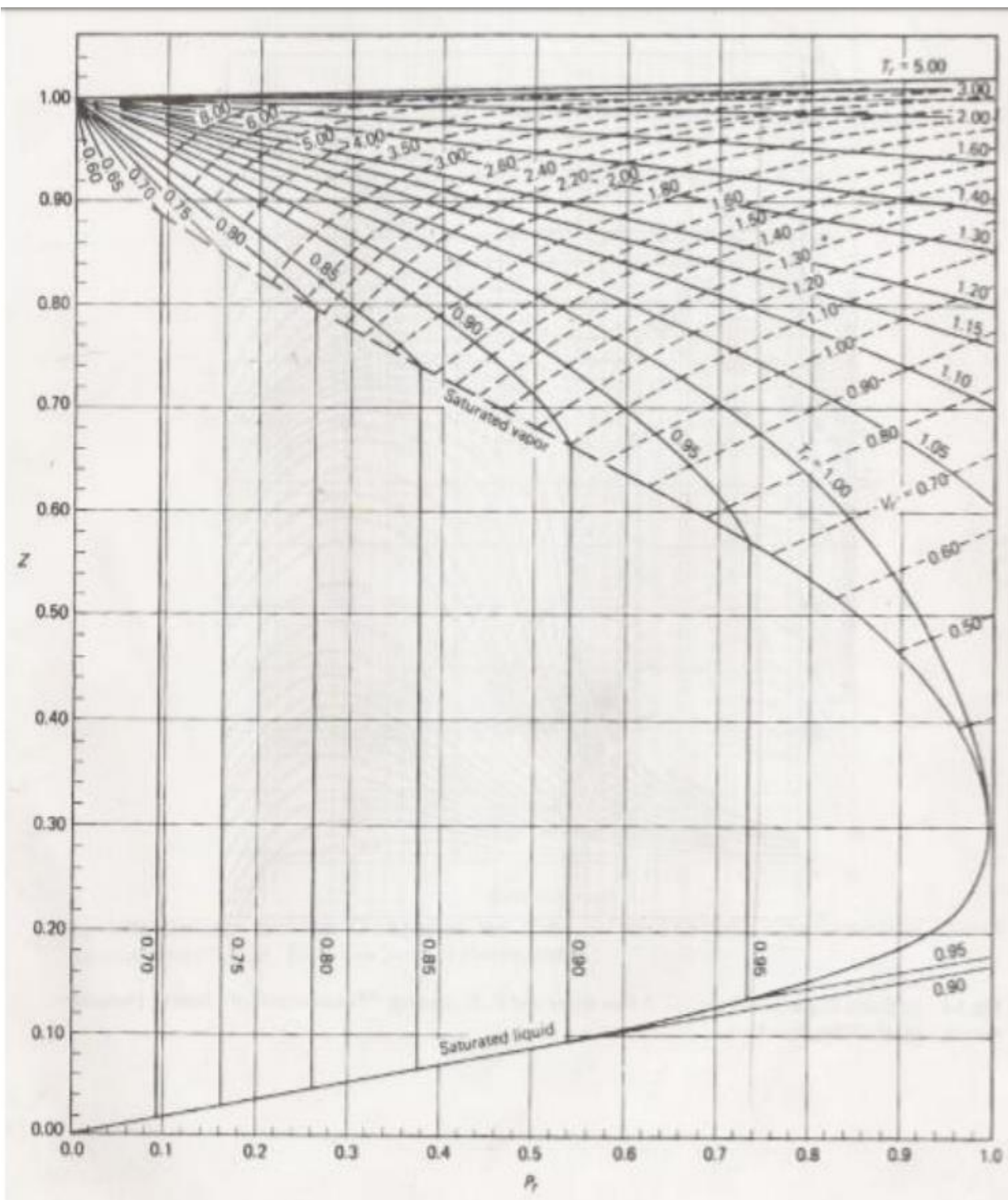
Considere cte. de gas ideal $R=0.0815 \text{ Kpa} \cdot \text{m}^3/\text{KgK}$, $P_{cr}=4,059 \text{ Mpa}$ y $T_{cr}= 374,2$

2. Del problema anterior, compare los valores obtenidos determinando el porcentaje de error en cada caso si el valor del volumen específico es $0.021796 \text{ m}^3/\text{Kg}$.
3. Calcular la presión de vapor de agua a una temperatura de 500°C y densidad de $24 \text{ Kg}/\text{m}^3$, usando para ello:
 - a) Gas Ideal
 - b) Factor de Compresibilidad

Los siguientes datos se obtienen de propiedades de gases (vapor de aguas tabuladas). Cte. $R=0,4615 \text{ Kpa} \cdot \text{m}^3/\text{KgK}$, $P_{cr}=22,06 \text{ Mpa}$ y $T_{cr}=647,1\text{K}$

4. Un estanque rígido de un volumen de 0,5 contiene hidrogeno a 20°C y 600kPa; se conecta con una válvula a otro estanque rígido de 0,5 que contiene hidrogeno a 30° C Y 150 KPa. Se abre una llave y se deja que el sistema llegue a equilibrio térmico con sus alrededores que están a 15°C. Determine la presión final del estanque usando:
 - a) Ecuación de gas ideal
 - b) Ecuación de Van der Waals
 - c) Ecuación de Redlich Kwong
 - d) Carta generalizada (Z)

Considere: Hidrogeno: $R=4,124[\text{kPa} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$; $T_c=33,3 [\text{K}]$; $P_c=1,3[\text{MPa}]$. Para b, c y d puede usar la masa obtenida como gas ideal





Ecuaciones de estado

- Gas ideal

$$PV = nRT$$

- Gas no ideal

- Factor de compresibilidad

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

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

- Volumen pseudorreducido

$$V_r = \frac{P_c \cdot V}{R \cdot T_c}$$

$$P_r = 1$$



- Ecuación de estado de VAN der WAALS

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{A}{v^2}$$

$$A = \frac{27R^2 T_c^2}{64 P_c}$$

$$b = \frac{RT_c}{8P_c}$$

- Ecuación de Redlich-Kwong

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{A}{v(v+b)\sqrt{T}}$$

$$A = \frac{0,4775 R^2 T_c^{2,5}}{P_c}$$

$$b = \frac{0,0867 R T_c}{P_c}$$



Ejercicio 1:

1) A) Ecuación de estado gas ideal

$$PV = n R_u T$$
$$n(\text{mol}) = \frac{\text{masa}}{\text{masa molecular}} = \frac{m}{M}$$
$$PV = \frac{m}{M} \cdot R_u \cdot T$$
$$\frac{PV}{m} = \frac{R_u}{M} T \rightarrow P \hat{V} = R T$$
$$50^\circ\text{C} \rightarrow 323,15\text{K}$$
$$\hat{V} = \frac{R \cdot T}{P} = \frac{0,0815 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 323,15\text{K}}{1000 \text{ kPa}}$$
$$\hat{V} = 0,026 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$



b) Factor de compresibilidad

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

$z \rightarrow$ Factor de compresibilidad lo obtenemos a través del gráfico

$T_r \rightarrow$ Temperatura reducida $\rightarrow T_r = \frac{T}{T_c} \rightarrow$ Temperatura Temperatura crítica.

$P_r =$ Presión reducida $\rightarrow P_r = \frac{P}{P_c} \rightarrow$ Presión Presión reducida.

$$\left. \begin{aligned} T_r &= \frac{323,15 \text{ K}}{374,2 \text{ K}} = \boxed{0,86} \\ P_r &= \frac{1 \text{ MPa}}{4,059 \text{ MPa}} = \boxed{0,25} \end{aligned} \right\} \text{ Datos a observar en el gráfico}$$

$$\hat{V} = \frac{z \cdot R \cdot T}{P} \rightarrow \frac{0,86 \cdot 0,0815 \frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 323,15 \text{ K}}{1000 \text{ KPa}}$$

$$\hat{V} = 0,023 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$



Ejercicio 2:

2) $0,021796 \frac{m^3}{kg}$

$\% \text{ error} = \frac{|T - E|}{T} \cdot 100$

a) $\% = \frac{|0,026 - 0,022|}{0,026} \cdot 100 = 15,88 \%$

b) $\% = \frac{|0,023 - 0,022|}{0,023} \cdot 100 = 4,35 \%$

Ejercicio 3:

3)

a) Gas ideal

$$PV = n R_u T$$

$$P V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$P \hat{V} = R T \quad \times \quad \hat{V} = \frac{1}{\rho \text{ densidad}}$$

$$\frac{P \cdot 1}{\rho} = R T \rightarrow P = R \cdot T \cdot \rho$$

$$P = \left(24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 773,15 \text{ K} \cdot 0,4615 \frac{\text{Kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg K}} \right)$$

$$P = 8563,41 \text{ Kpa}$$

b) Factor de compresibilidad

1ª iteración
 $z_1 = 1$

$$z = \frac{P \hat{V}}{R T}$$

$$P_r = \frac{P}{P_c}, \quad T_r = \frac{T}{T_c}$$

$$T_r = \frac{773,15}{647,1} = 1,194$$

$$P_r = \frac{P}{P_c} = \frac{8563,41}{22060} = 0,39$$

$$z = 0,94$$

Segun grafico T_r y P_r



2^o Iteración

$$z_2 = 0,94$$

$$P_n = z_n \cdot P(n-1)$$

$$P_2 = z_2 \cdot P_1$$

$$P_2 = 0,94 \cdot (8563,41 \text{ Kpa})$$

$$P_2 = 8049,61 \text{ Kpa}$$

$$T_r = \boxed{1,19}$$

$$P_r = \frac{8049,61 \text{ Kpa}}{22060} = \boxed{0,36}$$

$$z_3 = 0,94$$

$z_2 = z_3 \rightarrow$ Terminó de iterar cuando los z son iguales.

$$P = 8049,61 \text{ Kpa}_{11}$$

Ejercicio4:

$$A) \quad m_A = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{600 \text{ kPa} \cdot 0,5 \text{ m}^3}{4,124 \cdot 293 \text{ K}} = 0,248 \text{ kg} \quad \textcircled{1}$$

$$m_B = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{150 \text{ kPa} \cdot 0,5 \text{ m}^3}{4,124 \cdot 303 \text{ K}} = 0,06 \text{ kg} \quad \textcircled{1}$$

$$M_{\text{Total}} = m_A + m_B = 0,248 + 0,06 = 0,308 \text{ kg} \quad \textcircled{1}$$

$$P_2 = \frac{m R T}{V} = \frac{(0,308 \text{ kg}) (4,124 \text{ kPa m}^3 / \text{kg K}) \cdot 288 \text{ K}}{1 \text{ m}^3}$$

$$P_2 = 365,82 \text{ kPa} \quad \textcircled{2}$$

$$b) \quad P_2 = \frac{R T}{v - b} = \frac{4,124 \cdot 288 \text{ K}}{(32468 - 32047) \times 10^{-2}} = \frac{6,1202}{(32468)^2}$$

$$P_2 = 366,72 \text{ kPa} \quad \textcircled{2}$$



c]

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{A}{v(v+b)\sqrt{T}}$$

$$A = 35,78827$$

$$b = 9,1588 \times 10^{-3}$$

$$P = \frac{4,124 \cdot 288}{32468 - 9,1588 \times 10^{-3}} - \frac{35,78827}{32468(32468 + 9,1588 \times 10^{-3})\sqrt{288}}$$

$$P = 366,65 \text{ kPa} \quad \textcircled{2}$$

d]

$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{288}{33,3} = 8,65 \quad \textcircled{2}$$

$$P_r = ?$$

$$\frac{v-v}{2T_c/P_c} = \frac{3,2468}{(4,124)(33,3)} = 30,74 \quad \textcircled{2}$$

$$Z = 1$$

grafico tablas

$$P_2 = 365,8 \text{ kPa} \quad \textcircled{2}$$