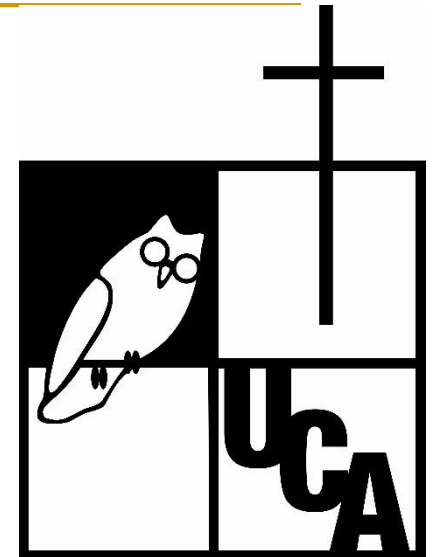


Evaluación de propiedades de las sustancias puras. Ejemplos.

Termodinámica I.

Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas



Un tanque rígido de 0.75 m^3 de volumen interno contiene 375 kg de agua a 50°C de temperatura. (a) Calcule la calidad del sistema de dos fases; (b) ¿Qué volumen ocupa cada una de las fases presentes?; (c) Calcule los valores promedio para la energía interna y la entalpía específicas de la mezcla líquido-vapor.

Sistema: 375 kg de agua a 50°C en equilibrio de dos fases.

Con la masa y el volumen total podemos calcular el volumen específico promedio:

$$v_{prom} = \frac{V}{m} = \frac{0.75 \text{ m}^3}{375 \text{ kg}} = 0.002 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Consultamos la tabla de vapor, y a 50°C encontramos que

$$v_f = 0.001012 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = 12.026 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Encontramos que el volumen específico promedio cabe dentro de este rango de valores, por lo tanto, la calidad del sistema es

$$x = \frac{0.002 - 0.001012}{12.026 - 0.001012} = \mathbf{8.2 \times 10^{-5}} \quad (a)$$

La masa de vapor presente será, $m_g = xm_{total} = (8.2 \times 10^{-5})(375 \text{ kg}) = 0.0308 \text{ kg}$

El volumen ocupado por el vapor sería, $V_g = m_g v_g = (0.0308 \text{ kg})(12.026 \text{ m}^3/\text{kg}) = \mathbf{0.3704 \text{ m}^3} \quad (\mathbf{b.1})$

El volumen ocupado por el líquido será, $V_f = V - V_g = 0.75 - 0.3704 = \mathbf{0.3796 \text{ m}^3} \quad (\mathbf{b.2})$

La energía interna y entalpía específicas se calculan usando la calidad y los valores de las fases individuales según la tabla de vapor.

$$u_f = 209.33 \text{ kJ/kg}; h_f = 209.34 \text{ kJ/kg}$$

$$u_g = 2442.7 \text{ kJ/kg}; h_g = 2591.3 \text{ kJ/kg}$$

Luego,

$$\begin{aligned} u_{prom} &= u_f + x(u_g - u_f) \\ u_{prom} &= 209.33 + (8.2 \times 10^{-5})(2442.7 - 209.33) \\ u_{prom} &= \mathbf{209.51 \text{ kJ/kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{prom} &= h_f + x(h_g - h_f) \\ h_{prom} &= 209.34 + (8.2 \times 10^{-5})(2591.3 - 209.34) \\ h_{prom} &= \mathbf{209.54 \text{ kJ/kg}} \end{aligned}$$

Un tanque rígido aislado de 2.5 m^3 se ha llenado a $\frac{3}{4}$ de su volumen con amoníaco líquido a 24°C , y el resto del volumen contiene solo vapor de amoníaco. ¿Cuál es la calidad del sistema líquido-vapor? ¿Cuánta es la masa de amoníaco almacenada dentro del tanque?

Sistema: amoníaco contenido dentro de un tanque de 2.5 m^3 de volumen.

De la tabla A-13 de amoníaco obtenemos los volúmenes específicos del líquido y vapor saturados a 24°C :

$$v_f = 0.0016547 \text{ m}^3/\text{kg}, v_g = 0.132 \text{ m}^3/\text{kg}$$

el volumen de cada fase presente es

$$V_f = 0.75 * 2.5 = 1.875 \text{ m}^3$$

$$V_g = V_t - V_f = 2.5 - 1.875 = 0.625 \text{ m}^3$$

la masa de cada fase sería

$$m_f = \frac{V_f}{v_f} = \frac{1.875 \text{ m}^3}{0.0016547 \text{ m}^3/\text{kg}} = 1133.1 \text{ kg}$$

$$m_g = \frac{V_g}{v_g} = \frac{0.625 \text{ m}^3}{0.1312 \text{ m}^3/\text{kg}} = 4.73 \text{ kg}$$

La masa total almacenada dentro del tanque sería $m_t = m_f + m_g = \mathbf{1137.83 \text{ kg}}$.

La calidad de la mezcla líquido-vapor es

$$x = \frac{m_g}{m_t} = \frac{4.76}{1137.86} = \mathbf{0.00418}$$

Un tanque cerrado y rígido, cuyo volumen es de 1.5 m^3 , contiene R134a inicialmente como una mezcla de dos fases líquido-vapor a 10°C . El sistema se calienta hasta un estado final donde la temperatura es de 50°C y la calidad es del 100%. Determine la masa de vapor presente en los estados inicial y final, cada una en kg.

Sistema: R-134a dentro de un tanque rígido.

No conocemos la masa de sustancia dentro del tanque.

Sí sabemos que a 10°C hay dos fases, pero no conocemos la calidad.

Sí sabemos que a 50°C la calidad es del 100%, por lo que debe ser vapor saturado.

El volumen específico del vapor saturado a 50°C según la tabla A-11 es $v_g = 0.015102 \text{ m}^3/\text{kg}$

La masa presente dentro del tanque no ha cambiado entre los dos estados, por tanto,

$$m_{g2} = \frac{V}{v_{g@50^\circ\text{C}}} = \frac{1.5 \text{ m}^3}{0.015102 \text{ m}^3/\text{kg}} = \mathbf{99.32 \text{ kg}} = m_1$$

A 10°C, el volumen específico es el mismo y nos servirá para calcular la calidad inicial:

$$x_1 = \frac{v - v_{f1}}{v_{g1} - v_{f1}}$$
$$x_1 = \frac{0.015102 - 0.000793}{0.049403 - 0.000793} = 0.294$$

La masa de vapor inicial es $m_{g1} = x_1 m_1 = (0.294)(99.32 \text{ kg}) = \mathbf{29.2 \text{ kg}}$

Un recipiente rígido contiene vapor de agua a 1400 kPa y una temperatura desconocida. Cuando el vapor se enfría hasta 180°C, éste comienza a condensarse. Estime (a) la temperatura inicial en °C, y (b) la variación en energía interna, en kJ/kg.

Sistema: agua a 1400 kPa dentro de un tanque rígido.

No conocemos la masa de sustancia dentro del tanque, pero sabemos que debe mantenerse constante.

*Sabemos que en el estado **inicial** sólo hay una fase: **vapor sobrecalentado**.*

Sabemos que a 180°C la calidad se hace del 100%, que comience a condensarse indica que se alcanza un estado de vapor saturado.

El volumen específico del vapor saturado a 180°C según la tabla A-4 es $v_g = 0.19384 \text{ m}^3/\text{kg}$

Este volumen específico es el mismo que el del estado inicial.

Buscamos en la tabla A-6 a 1.4 MPa un volumen similar y encontramos que este se halla entre los 300°C y 350°C.

Determinamos la temperatura inicial por interpolación a 1.4 MPa:

$$T_1 = 300 + \frac{(0.19384 - 0.18233)}{(0.20029 - 0.18233)} (350 - 300)$$
$$\mathbf{T_1 = 332.0^\circ C}$$

La energía interna de ese estado inicial también se puede estimar por interpolación.

Interpolando:

$$u_1 = 2785.7 + \frac{(0.19384 - 0.18233)}{(0.20029 - 0.18233)} (2869.7 - 2785.7)$$

$$u_1 = 2839.5 \text{ kJ/kg}$$

La energía interna específica del vapor saturado a 180°C es

$$u_2 = 2582.8 \text{ kJ/kg.}$$

Luego, el cambio en la energía interna es

$$\Delta u = u_2 - u_1 = 2582.8 - 2839.5$$

$$\Delta u = -256.7 \text{ kJ/kg}$$