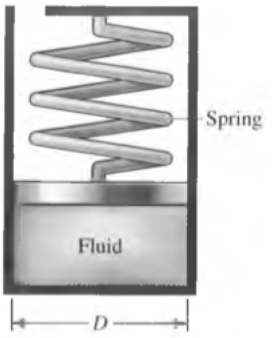
Pontificia Universidad Católica de Chile
FIS1523 - Termodinámica

Ayudantía Termodinámica n.6

Profesor: Francisco Castillo
Ayudante: Alessandro Santoni - asantoni@uc.cl
Viernes 27 de Abril de 2022

Problema 1

Un resorte conectado a un pistón cilindrico está incialmente rellenado con $0.2\,lbm$ de Refrigerante 134a en una mezcla de estados liquido y gasoso, a la temperatura de $-30°F$ y calidad del 80%. La constante del



resorte es $k = 37\,lbf/in$ y el pistón tiene un diametro de $12\,in$. Después de una transformación, el refrigerante incrementa su volumen del 40%.

a) Calcular el Volumen final

b) Calcular la Presión final

Problema 2

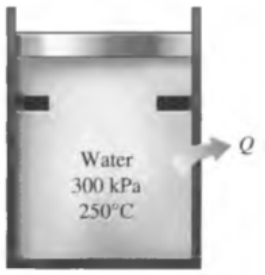
Una cantidad de nitrogeno está a la presión de $400\,psia$ y temperatura de $-100°F$. Comparar el volumen del gas predecido por

I) La ecuación de los gases ideales

II) El factor de compresibilidad

Problema 3

En un contenidor con un pistón es contenida agua a temperatura $250°C$ y presión $300\,kPa$. Se deja enfriar



el agua a presión constante hasta llegar a ser vapor saturado, cuando el pistón llega a reposar en los limites en figura. Despues el agua se sigue enfríando hasta llegar a la presión de $100\,kPa$.

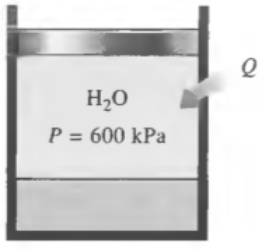
A) Represente el proceso en el plano $T - v$ respecto a las lineas de saturación

B) Etiquetar en el grafico los valores T, P y v por los estados del proceso

C) Encontrar las diferencias de energía interna entre los estados del proceso por unidad de masa de agua.

Problema 4

Un contenidor cilindrico con un pistón contiene una mezcla de agua liquida y vapor, $0.005\,m^3$ liquida y $0.9\,m^3$ de vapor, a la presión de $600\,kPa$.



Hay un transferimiento de calor a presión constante hasta que la temperatura llega a $200°C$.

1. Determinar la temperatura inicial de la mezcla
2. Calcular la masa total de agua
3. Encontrar la presión final y representar el diagrama $P - v$

P1) De la tabla A-11E del "CENGEL" (libro guía del curso) vemos que a la temperatura de $-30°F$ el volumen específico de líquido sat. es $v_f = 0.001143\ ft^3/lbm$ mientras que lo de vapor saturado es de $v_g = 4.43000\ ft^3/lbm$

2) Entonces, siendo la calidad x de la mezcla el porcentaje de vapor saturado en la mezcla sat. tenemos que el volumen específico inicial en nuestro caso es:

$$v_i = x \cdot v_g + (1-x) \cdot v_f = 0.8\, v_g + 0.2\, v_f =$$

$$= 0.8\,(4.43000\ ft^3/lbm) + 0.2\,(0.001143\ ft^3/lbm) =$$

$$= 3.5463\ ft^3/lbm$$

que implica un volumen inicial de:

$$V_i = v_i \cdot m = (3.5463\ ft^3/lbm) \cdot (0.2\ lbm) =$$

$$= 0.7093\ ft^3$$

masa de $1\ ft^3$ de Refrigerante 134a

Siendo que el volumen final aumenta de un 40% tendremos:

$$V_f = V_i + 0.4\,V_i = 1.4 \cdot V_i = 0.9930\ ft^3$$

b) Entonces, el resorte este sujeto a una compresión Δx que podemos calcular a partir de la diferencia $\Delta V = V_f - V_i$ como-

$$\Delta V = \pi r^2 \cdot x_{fin} - \pi r^2 x_{in} = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \Delta x$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta x = \frac{\Delta V}{\pi (D/2)^2} = \frac{V_f - V_i}{\pi \frac{D^2}{4}} = 4\,\frac{V_f - V_i}{\pi D^2} =$$

$$= 4 \cdot \frac{0.9930\ ft^3 - 0.7093\ ft^3}{\pi \cdot (1\ ft)^2} =$$

$$= 0.3612\ ft = 0.3612 \cdot 12\ in = 4.334\ in$$

NOTA:
12 in = 1 ft

Que lleva a una diferencia de presión (debida a la mayor fuerza que el resorte hace para tratar de volver a su posición de reposo)

$$\Delta P = \frac{\Delta F}{\pi (D/2)^2} = 4\,\frac{k\Delta x}{\pi D^2} = 4 \cdot \frac{(37\ lbf/in)(4.334\ in)}{\pi (12\ in)^2} =$$

$$= 1.42\ lbf/in^2 = 1.42\ psia$$

Siendo la presión inicial igual a la presión de saturación del refrigerante a $T = -30°F$ (porque tenemos una mezcla de fases):

$$P_i = P_{sat}^{-30°F} = 9.87\ psia$$ siempre desde la tabla A-11E

La presión final será:

$$P_f = P_i + \Delta P = 9.87\ psia + 1.42\ psia = 11.29\ psia$$

(P2) Desde la tabla A-1E del "CENGEL" podemos encontrar las propiedades del Nitrogeno

$R = 0.3830\ \text{psia} \cdot \text{ft}^3/\text{lbm} \cdot \text{R}$, $M = 28.013\ \text{lbm/lbmol}$

$T_{cr} = 227.1\ \text{R}$ $\quad P_{cr} = 492\ \text{psia}$

a) Ocupando la ecuación de gas ideal tenemos:

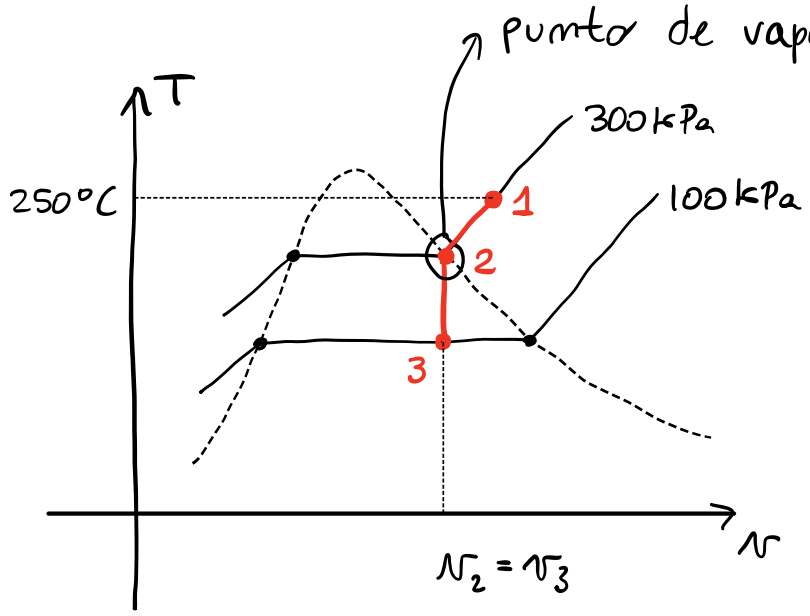
$$v = \frac{RT}{P} = \frac{(0.380\ \text{psia} \cdot \text{ft}^3/\text{lbm} \cdot \text{R})(360\ \text{R})}{400\ \text{psia}} = 0.3447\ \text{ft}^3/\text{lbm}$$

b) Desde el grafica de la compresibilidad en la figura A-15 del "CENGEL" tenemos:

$$\left.\begin{aligned} T_R &= T/T_{cr} = \frac{360\ \text{R}}{227.1\ \text{R}} = 1.585 \\ P_R &= P/P_{cr} = \frac{400\ \text{psia}}{492\ \text{psia}} = 0.813 \end{aligned}\right\} Z = 0.94$$

Entonces: $v = Z v_{ideal} = 0.94(0.3447\ \text{ft}^3/\text{lbm}) = 0.3240\ \text{ft}^3/\text{lbm}$

P3) a) y b)



c) La energía interna del estado inicial se encuentre gracias a la tabla A-6 del "CENGEL"

$$\left.\begin{array}{l} P_1 = 300\,kPa \\ T_1 = 250°C \end{array}\right\} \; u_1 = 2728.9\ kJ/kg$$

En el estado 2 tenemos vapor saturado por completo, osea una mezcla de calidad 1, entonces de la tabla A-5

$$\left.\begin{array}{l} P_2 = 300\,kPa \\ x_2 = 1 \end{array}\right\} \; v_2 = 0.6058\ m^3/kg$$

Siendo el proceso 2-3 a volumen constante, siempre gracias a la tabla A-5 tenemos

$$\left.\begin{array}{l} P_3 = 100\ kPa \\ v_3 = 0.6058\ m^3/kg \end{array}\right\} u_3 = 1163\ kJ/kg$$

Desde la cual finalmente encontramos la diferencia de energía interna

$$\Delta u = u_1 - u_3 = 2728.9\ kJ/kg - 1163.3\ kJ/kg = 1566\ kJ/kg$$

P4) a) Inicialmente, hay una coexistencia entre dos fases, entonces hay una mezcla de liquido-vaper saturado.

↓

la temperatura tiene que ser la temperatura de saturación a la presión de 600 kPa

$$T = T_{set}^{600kPa} = 158.8\,^{\circ}C$$

b) La masa total se puede calcular simplemente sumando las masas de cada fase:

$$m_f = \frac{V_f}{v_f} = \frac{0.005\ m^3}{0.001101\ m^3/kg} = 4.543\ kg$$

$$m_g = \frac{V_g}{v_g} = \frac{0.9\ m^3}{0.3156\ m^3/kg} = 2.852\ kg$$

$$m_{tot} = m_f + m_g = 4.543\ kg + 2.852\ kg = 7.395\ kg$$

c) En el estado final toda el agua es transformada en vapor sobre el nivel de saturación (siendo que $200^{\circ}C > T_{set}^{600kPa} = 158.8\,^{\circ}C$)

Entonces desde la tabla A-6 del "CENGEL"

$$\left.\begin{array}{l} P_2 = 600\,kPa \\ T_2 = 200\,^{\circ}C \end{array}\right\} \quad v_2 = 0.3521\ m^3/kg$$

Implicando $V_2 = v_2\, m = (0.3521\ \frac{m^3}{kg})(7.395\,kg) = 2.604\ m^3$

m ↓ masa de $1\ m^3$ de vapor

