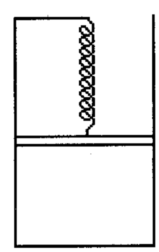
Materia :	Termodinámica II (Ing. Química) (TF-2323)
Fecha :	-
Profesor :	H. Guerrero – F. Hung
Problemario	-

PROPIEDADES TERMODINAMICAS DE FLUIDOS PUROS

Un cilindro ha sido acoplado a un pistón sin fricción de 0,05 m^2 de área, el cual está conectado a un resorte. Dentro del cilindro hay 0,1 kg de agua a 110 °C y 90% de calidad. Inicialmente el resorte no ejerce fuerza alguna sobre el pistón. Se empieza a calentar el cilindro y el pistón se eleva. El resorte comienza a ejercer una fuerza proporcional al desplazamiento del pistón (10 kN/m). Calcule la presión dentro del cilindro cuando la temperatura haya alcanzado 200 °C, utilizando los siguientes modelos termodinámicos:

Ecuación de Peng-Robinson

Ecuación de Redlich-Kwong-Soave



SOLUCIÓN

Agua, ecuación de Peng-Robinson

Tc=647,3

Pc=22048,32

ω=0,344

A1=6,532470

A2=3985,439

A3=38,9974

R=8,31451/18,015

Datos del problema:

A=0,05

M=0,1

T1=383,15

T2=473,15

X1=0,9

k=10

Estado inicial:

Con T1, X1, se hace el tanteo de Maxwell para hallar P1. El primer estimado es por la ecuación de Antoine:

$$\mathrm{Pantoine}(T) := Pc\cdot \exp\left(A1 - \frac{A2}{T + A3}\right) \qquad a := 0.45724\cdot\frac{R^2\cdot Tc^2}{Pc} \qquad b := 0.07780\cdot\frac{R\cdot Tc}{Pc}$$

$$\mathrm{Pantoine}(T1) = 141.6020044344 \qquad a = 1.8509074936 \qquad b = 1.0541734987\cdot 10^{-3}$$

$$\alpha(T) := \left[1 + \left(0.37464 + 1.54226\cdot\omega - 0.26992\cdot\omega^2\right)\cdot\left(1 - \sqrt{\frac{T}{Tc}}\right)\right]^2$$

$$\alpha(T1) = 1.4433621696$$

$$c0(T,P) := b^3 + \frac{b^2\cdot R\cdot T - a\cdot\alpha(T)\cdot b}{P} \qquad c1(T,P) := \frac{a\cdot\alpha(T) - 2\cdot b\cdot R\cdot T}{P} - 3\cdot b^2 \qquad c2(T,P) := b - \frac{R\cdot T}{P}$$

$$\mathrm{Psat}(T1) := 136.9880535397$$

$$vs := \mathrm{polyroots}\left[\begin{bmatrix} c0(T1, Psat(T1)) \\ c1(T1, Psat(T1)) \\ c2(T1, Psat(T1)) \\ 1 \end{bmatrix}\right] \qquad vs = \begin{pmatrix} 1.2621793129 \cdot 10^{-3} \\ 0.0118669082 \\ 1.2767046348 \end{pmatrix}$$

$$vf := vs_0 \qquad vg := vs_2$$

Maxwell:

$$Psat := \frac{1}{vg - vf} \cdot \left[R \cdot T1 \cdot \ln\left(\frac{vg - b}{vf - b}\right) - \frac{a \cdot \alpha(T1)}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot b} \cdot \ln\left[\frac{\left[vg + \left(1 - \sqrt{2}\right) \cdot b\right] \cdot \left[vf + \left(1 + \sqrt{2}\right) \cdot b\right]}{\left[vf + \left(1 - \sqrt{2}\right) \cdot b\right] \cdot \left[vg + \left(1 + \sqrt{2}\right) \cdot b\right]}\right]\right]$$

$$Psat = 136.9880759145$$

$$P1 := Psat \qquad P1 = 136.9880759145$$

$$v1 := x1 \cdot vg + (1 - x1) \cdot vf \qquad v1 = 1.1491603892$$

Estado inicial: T1=383.15 K, P1=136.9881 kPa, v1=1.149160 m3/kg, x1=0.9
Estado final: T2=473.15 K

Balance de fuerzas en el pistón: P2=P1 +k*m*(v2-v1)/(A^2)
Se debe hacer el siguiente tanteo:
1) Supongo P2.
2) Con P2 y T2, de la ecuación de estado obtengo v2.
3) Con v2, del balance de fuerzas recalculo P2.
4) P2(tablas)-P2(B.F)=O.
A fin de verificar el estado, obtenemos Psat(T2), vf(T2) y vg(T2):

$$Pantoine(T2) = 1.5618874256 \cdot 10^{3}$$

$$Psat := 1.6381545489 \cdot 10^{3}$$

$$vs := \mathrm{polyroots}\left[\begin{bmatrix} c0(T1, Psat) \\ c1(T1, Psat) \\ c2(T1, Psat) \\ 1 \end{bmatrix}\right] \qquad vs = \begin{pmatrix} 1.2616514367 \cdot 10^{-3} \\ 0.0137913965 \\ 0.0918412137 \end{pmatrix}$$

$$vf := vs_0 \qquad vg := vs_2$$

Maxwell:

$$Psat := \frac{1}{vg - vf}\cdot\left[R\cdot T2\cdot \ln\left(\frac{vg-b}{vf-b}\right) - \frac{a\cdot\alpha(T2)}{2\cdot\sqrt{2}\cdot b}\cdot\ln\left[\frac{\left[vg+\left(1-\sqrt{2}\right)\cdot b\right]\cdot\left[vf+\left(1+\sqrt{2}\right)\cdot b\right]}{\left[vf+\left(1-\sqrt{2}\right)\cdot b\right]\cdot\left[vg+\left(1+\sqrt{2}\right)\cdot b\right]}\right]\right]$$

$$Psat = 1.6381427756\cdot 10^{3}$$

Calculando X2 del balance de fuerzas:

$$x2 := 0.98 \qquad P2 := Psat$$

$$\mathrm{root}\left[\left[P2 - P1 - \frac{k\cdot m}{A^2}\cdot(x2\cdot vg + (1-x2)\cdot vf - v1)\right], x2\right] = 54.1047600936$$

Como puede verse, el estado 2 está en VSC, por tanto, podemos igualar la expresión de P2 que se obtiene del balance de fuerzas, con la expresión de P2 que se obtiene de la ecuación de estado de Peng-Robinson. De esta igualación, obtenemos v2.

$$v2 := 1.2$$

$$\mathrm{root}\left[\left[\frac{R\cdot T2}{v2-b} - \frac{a\cdot\alpha(T2)}{v2^2 + 2\cdot b\cdot v2 - b^2} - \left[P1 + \frac{k\cdot m}{A^2}\cdot(v2 - v1)\right]\right], v2\right] = 1.2426110724$$

$$P2 := P1 + \frac{k\cdot m}{A^2}\cdot(v2 - v1)$$

$$P2 = 157.3239202318$$

Estado final: P2=157,3239 kPa, T2=473,15 K, v2=1,242611 m3/kg