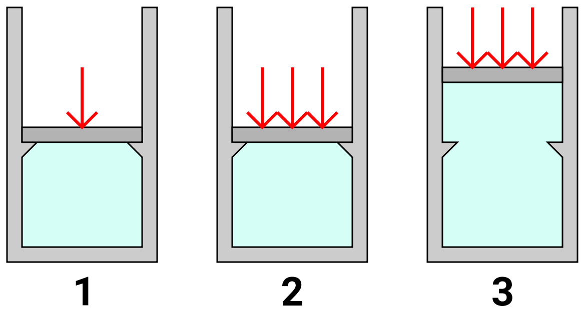
Tarea #02

1. Considere el cilindro de la figura, en el estado inicial el cilindro contiene $5[kg]$ de agua saturada a $38°C$. Un embolo con área transversal de $650[cm^2]$ descansa sobre los topes donde el volumen es de $30[dm^3]$, la masa del embolo es de $2275[kg]$. Se entrega calor al agua hasta que el embolo alcanza un volumen de $75[dm^3]$. Para este proceso hallar 2 propiedades en cada estado.



Solución:

$$m_A = 5[kg]$$
$$A_E = 650[cm^2] \cdot \frac{1[m]}{100[cm]} \cdot \frac{1[m]}{100[cm]} = 0.0650[m^2]$$
$$m_E = 2275[kg]$$

Estado 1:

$$T_1 = 38°C$$
$$V_1 = 30[dm^3] \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} = 0.03[m^3]$$

Hallamos el volumen especifico:

$$v_1 = \frac{V_1}{m_A} = \frac{0.03}{5} = 0.006[m^3/kg]$$

Estado 2:

El volumen se mantiene constante:

$$v_2 = v_1 = 0.006[m^3/kg]$$

La presión es:

$$P_2 = \frac{m_E g}{A_E} = \frac{2275[kg]9.8[m/s^2]}{0.0650[m^2]} = 343000[Pa] \cdot \frac{1[kPa]}{1000[Pa]} = 343[kPa]$$

Según tablas termodinámicas a $350[kPa]$, los valores de saturación son:

$$T_{sat} = 138.88°C$$
$$v_l = 0.001079$$
$$v_v = 0.52425$$

Hallamos el titulo:

$$X_2 = \frac{v_2 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.006 - 0.001079}{0.52425 - 0.001079} = 0.009406$$

<u>Estado 3:</u>

$$V_3 = 75[dm^3] \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} \cdot \frac{1[m]}{10[dm]} = 0.075[m^3]$$

Hallamos el volumen especifico:

$$v_3 = \frac{V_3}{m_A} = \frac{0.075}{5} = 0.015[m^3/kg]$$

La presión se mantiene constante:

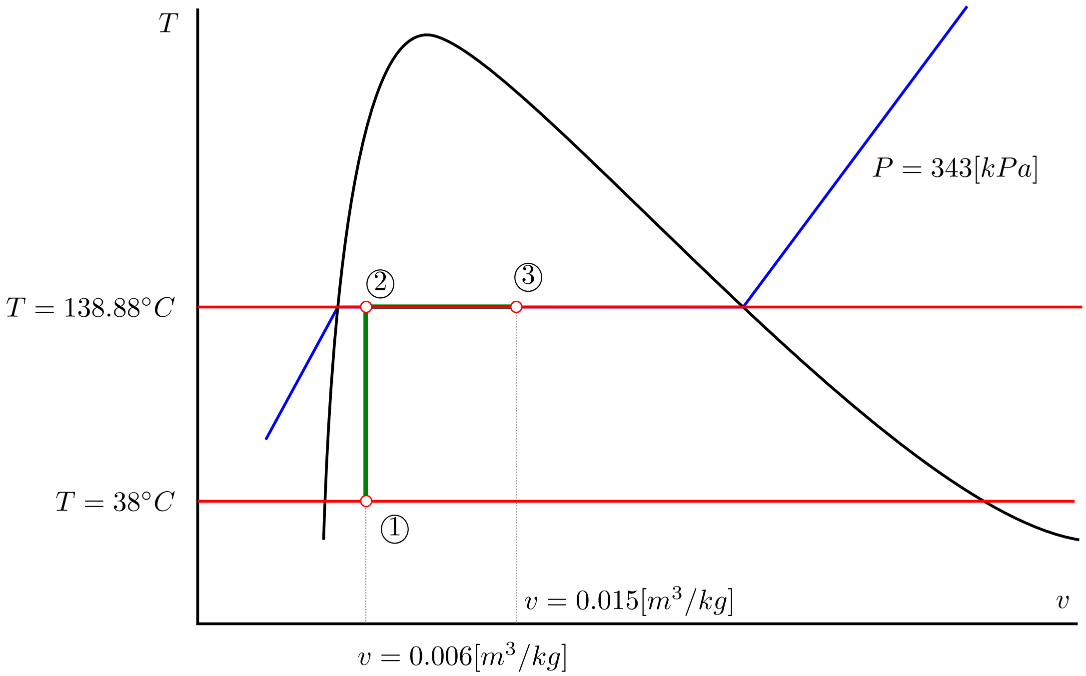
$$P_3 = P_2 = 343[kPa]$$

Considerando los valores de presión ($350[kPa]$) y temperatura ($138.88°C$), del estado anterior, calculamos el titulo:

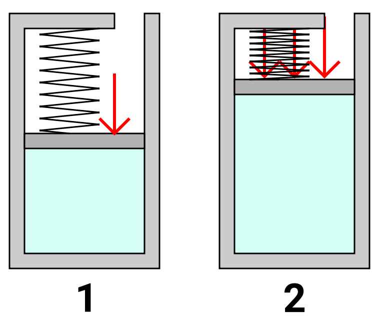
$$X_3 = \frac{v_3 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.006 - 0.001079}{0.52425 - 0.001079} = 0.026609$$

Por tanto la temperatura es:

$$T_3 = T_{sat} = 138.88°C$$



2. Considere el embolo con su cilindro, dentro el cual se tiene $0.5[kg]$ de agua a $4[MPa]$ y $400°C$. Se entrega calor al agua hasta que su volumen aumente en 50 % del volumen inicial. Al inicio el resorte NO ejerce ninguna presión sobre el embolo. La fuerza del resorte se calcula en $F = kx$, donde $k = 0.9[kN/cm]$, $x =$ desplazamiento. El diámetro del embolo es $20[cm]$. Hallar el volumen final y las 4 propiedades en el estado final.



Solución:

$$m_A = 0.5[kg]$$

$$F = kx$$

$$k = 0.9[\frac{kN}{cm}] \cdot \frac{1000[N]}{1[kN]} \cdot \frac{100[cm]}{1[m]} = 90000[N/m]$$

$$d_E = 20[cm]$$
$$r_E = \frac{d_E}{2} = 0.1[m]$$

Estado 1:

$$P_1 = 4000[kPa]$$
$$T_1 = 400°C$$

Hallamos el volumen especifico para $P_1 = 4000[kPa]$ y $T_1 = 400°C$ en tablas:

$$v_1 = 0.07341$$

Hallamos el volumen para ese volumen especifico v_1:

$$v_1 = \frac{V_1}{m_A}$$
$$V_1 = m_A\, v_1 = 0.5(0.07341) = 0.0367[m^3]$$

Según tablas termodinámicas a $4000[kPa]$, los valores de saturación son:

$$T_{sat} = 250.40°C$$
$$v_l = 0.001252$$
$$v_v = 0.04978$$

Hallamos el titulo:

$$X_1 = \frac{v_1 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.07341 - 0.001252}{0.04978 - 0.001252} = 1.4869 > 1$$

Estado 2:

El volumen es:

$$V_2 = 1.5\, V_1 = 1.5(0.0367) = 0.055[m^3]$$

El volumen especifico es:

$$v_2 = 1.5\, v_1 = 1.5(0.07341) = 0.1101$$

La presión es la suma de la presión anterior y la presión ejercida por el resorte:

$$P_2 = P_1 + P_R$$

La presión ejercida por el resorte es:

$$P_R = \frac{F_R}{A} = \frac{kx}{\pi r^2}$$

Considerando el volumen de un cilindro, despejamos x:

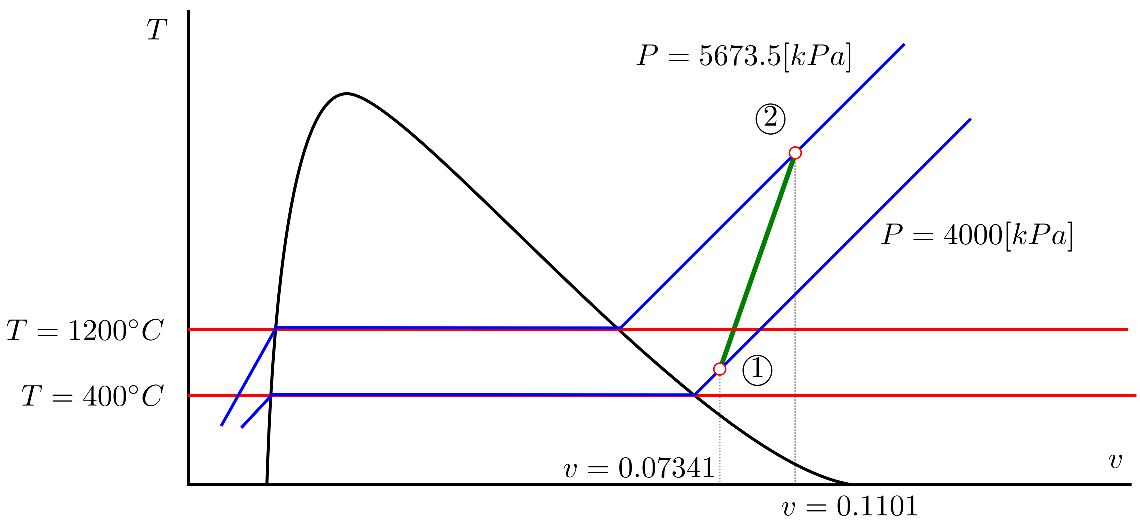
$$\Delta V = \pi r^2 x$$
$$x = \frac{\Delta V}{\pi r^2} = \frac{V_2 - V_1}{\pi r^2}$$

Por tanto:

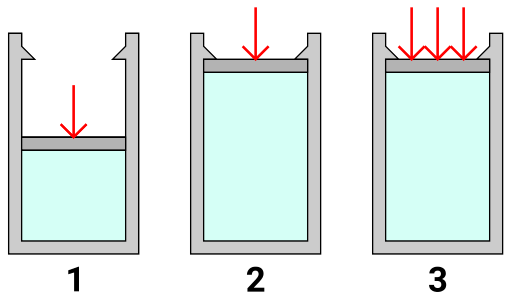
$$P_R = \frac{k}{\pi r^2}\frac{V_2 - V_1}{\pi r^2} = k\frac{V_2 - V_1}{\pi^2 r^4} = 1673.5[kPa]$$
$$P_2 = P_1 + P_R = 5673.5[kPa]$$

Hallamos la temperatura a partir de la presión ($P = 6000[kPa]$) y el volumen especifico ($v = 0.11321$) en las tablas termodinámicas:

$$T_2 = 1200°C$$



3. Dentro un cilindro con su embolo se tiene $2[kg]$ de agua saturada, con un titulo del 25 %. La masa del embolo es $40[kg]$ y su diámetro $10[cm]$, la presión atmosférica es $1.3[kgf/cm^2]$. Además sobre el embolo hay un peso que ejerce una presión de $120[kPa]$. Se entrega calor al sistema hasta que su presión sea de $0.7[MPa]$. Hallar 2 propiedades termodinámicas en cada estado. El volumen en los topes es el doble del volumen inicial.



<u>Solución</u>:

$$m_A = 2[kg]$$
$$m_E = 40[kg]$$
$$d_E = 10[cm]$$
$$r_E = \frac{d_E}{2} = 0.05[m]$$
$$P_{atm} = 1.3[\frac{kgf}{cm^2}] \cdot \frac{100[cm]}{1[m]} \cdot \frac{100[cm]}{1[m]} \cdot \frac{9.8[N]}{1[kgf]} \cdot \frac{1[kPa]}{1000[Pa]} = 127.4[kPa]$$
$$P_{extra} = 120[kPa]$$

<u>Estado 1:</u>

$$X_1 = 0.25$$

La presión es la suma de las presiones atmosférica, del embolo y el peso adicional:

$$P_1 = P_{atm} + P_E + P_{extra}$$

Donde la presión ejercida por el embolo es:

$$P_E = \frac{m_E\, g}{A_E} = \frac{m_E\, g}{\pi r^2} = \frac{40(9.8)}{\pi (0.05)^2} = 49.911[kPa]$$

Por tanto la presión (P_1) es:

$$P_1 = P_{atm} + P_E + P_{extra} = 127.4 + 49.911 + 120 = 297.31[kPa]$$

Según tablas termodinámicas a $300[kPa]$, los valores de saturación son:

$$T_{sat} = 133.55°C$$
$$v_l = 0.001073$$
$$v_v = 0.60582$$

Hallamos el volumen especifico:

$$v_1 = v_l + X(v_v - v_l) = 0.001073 + 0.25(0.60582 - 0.001073) = 0.1522[m^3/kg]$$

Estado 2:

El volumen se duplica:

$$V_2 = 2\,V_1$$
$$v_2 = 2\,v_1 = 2(0.1522) = 0.3045[m^3/kg]$$

La presión se mantiene constante:

$$P_2 = P_1$$

Por tanto los valores de saturación no varían respecto al estado anterior:

$$T_{sat} = 133.55°C$$
$$v_l = 0.001073$$
$$v_v = 0.60582$$

Hallamos el titulo:

$$X_2 = \frac{v_2 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.3045 - 0.001073}{0.60582 - 0.001073} = 0.5016$$

Estado 3:

El volumen es constante:

$$V_3 = V_2$$
$$v_3 = v_2$$

La presión se incrementa:

$$P_3 = 700[kPa]$$

Según tablas termodinámicas a $700[kPa]$, los valores de saturación son:

$$T_{sat} = 164.97°C$$

$$v_l = 0.001108$$

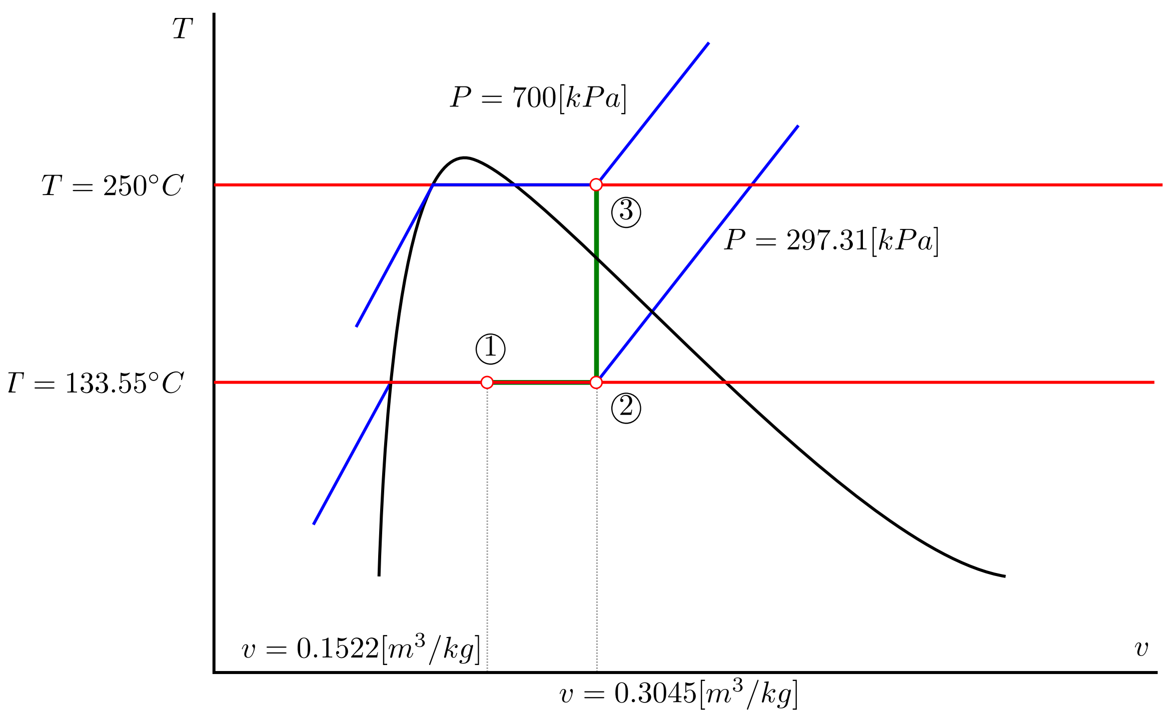
$$v_v = 0.27286$$

Hallamos el titulo:

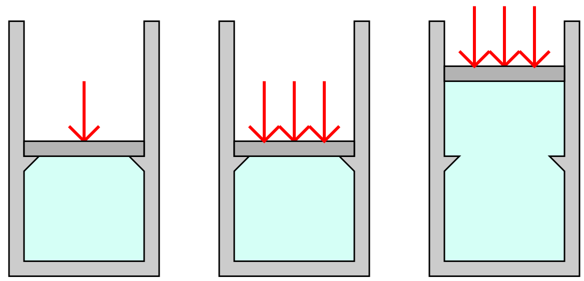
$$X_3 = \frac{v_3 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.3045 - 0.001108}{0.27286 - 0.001108} = 1.1165 > 1$$

Hallamos la temperatura a partir de la presión ($P = 800[kPa]$) y el volumen especifico ($v = 0.29314$) en las tablas termodinámicas:

$$T_3 = 250°C$$



4. Dentro un cilindro con su embolo se tiene $1[kg]$ de agua a $20°C$ con $0.1[m^3]$ de volumen. Inicialmente el pistón descansa sobre los topes, para elevarlo al pistón se requiere una presión del agua de $400[kPa]$. ¿Qué temperatura alcanza el agua cuando el embolo empieza a elevarse después del calentamiento? Si el calentamiento continua hasta que el agua esta como vapor saturado, hallar la temperatura final.



Solución:

$$m_A = 1[kg]$$

Estado 1:

$$T_1 = 20°C$$
$$V_1 = 0.1[m^3]$$

Por tanto el volumen especifico es:

$$v_1 = \frac{V_1}{m_A} = \frac{0.1}{1} = 0.1[m^3/kg]$$

Estado 2:

$$P_2 = 400[kPa]$$

El volumen se mantiene constante:

$$v_2 = v_1 = 0.1[m^3/kg]$$

Según tablas termodinámicas a $400[kPa]$, los valores de saturación son:

$$T_{sat} = 143.63°C$$

$$v_l = 0.001084$$

$$v_v = 0.46246$$

Hallamos el titulo:

$$X_2 = \frac{v_2 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.1 - 0.001084}{0.46246 - 0.001084} = 0.2144$$

Estado 3:

Cuando toda el agua se ha convertido en vapor ($X_3 = 1$), el volumen especifico es:

$$v_3 = v_v = 0.46246$$

La presión se mantiene constante, y la temperatura es la temperatura de saturación:

$$P_3 = P_2 = 400[kPa]$$

$$T_3 = T_{sat} = 143.63°C$$