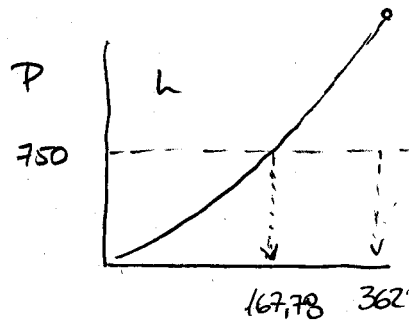


PROBLEMA 1

- a) AGUA A 750 KPa, LA TEMPERATURA DE SATURACIÓN ES DE 167,78 °C POR LO TANTO $362^\circ\text{C} > T_{\text{sat}} \Rightarrow$ EL FLUIDO SE ENCUENTRA COMO VAPOR SOBRECALENTADO



EN LAS TABLAS OBTENEMOS (PRIMERO INTERPOLAMOS PARA HALLAR

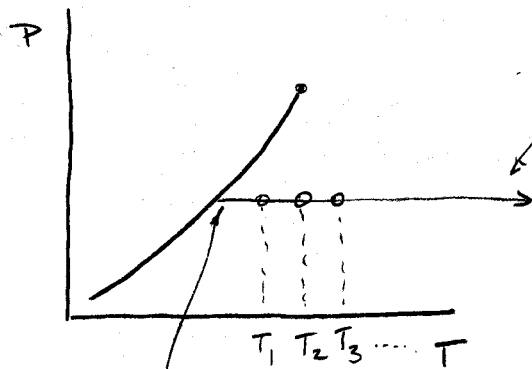
$T(^{\circ}\text{C}) \backslash P(\text{MPa})$	0,6	0,75	0,8
350	0,4742		0,3544
	↓		↓
362	0,483	→ 0,39 ←	0,362
	↑		↑
400	0,5137		0,3843

LAS PROPIEDADES A 362 °C Y WEGO INTERPOLAMOS EN PRESIÓN) EL VOLUMEN EXACTO (SACADO DEL PROGRAMA) ES DE $0,3861 \text{ m}^3/\text{kg}$ QUE CORRESPONDE BIEN CON EL INTERPOLADO DE $0,39 \text{ m}^3/\text{kg}$.

- b) LA PRESIÓN DE SATURACIÓN A -30°C ES DE 119,55 KPa. POR LO TANTO, EL SISTEMA ESTA COMO VAPOR SOBRECALENTADO ($P < P_{\text{sat}}$)

LA TEMPERATURA MEDIDA ES MEJOR QUE LA MÁS BAJA REPORTADA EN LA TABLA DE VAPOR SOBRECALENTADO. SIN EMBARGO, LA

TEMPERATURA MÁS BAJA POSIBLE CORRESPONDE A LA TEMPERATURA DE SATURACIÓN :



LA TABLA DE VAPOR SE DESCRIBE DE MANERA DISCRETA ESTA ISOBARA

PERO, LA T MÁS BAJA ES LA DE SATURACIÓN

ASI, A 50°C

$$T_{\text{SAT}} = -46,54^{\circ}\text{C}$$

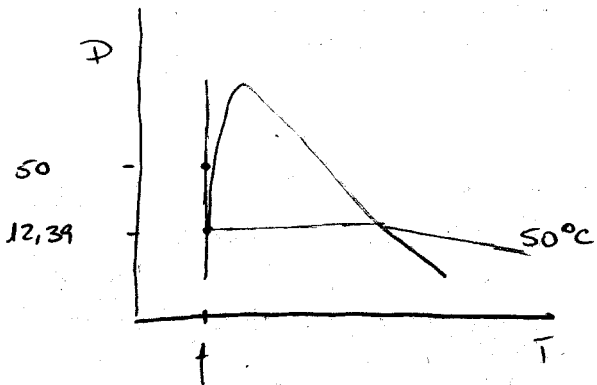
$\rho = 2,1786 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ← INTERPOLANDO EN SATURACIÓN

$$T = -20^{\circ}\text{C}$$

$\rho = 2,4474 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ← DE LA TABLA DE VSC

INTERPOLANDO A -30°C , $\rho = 2,346 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- c) LA TEMPERATURA DE SATURACIÓN A $0,05 \text{ MPa}$ ES DE $81,33^{\circ}\text{C}$ ($> 50^{\circ}\text{C}$) EL SISTEMA EXISTE COMO LÍQUIDO COMPRIMIDO. SU VOLUMEN SE PUEDE APROXIMAR AL DEL LÍQUIDO SATURADO A 50°C



$$\rho \approx \rho_f(50^{\circ}\text{C}) = 0,001012 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

d) SE DEBE CUMPLIR QUE

$$\rho = x \rho_g + (1-x) \rho_f \quad (I)$$

YA QUE EL SISTEMA ESTÁ EN SATURACIÓN. FORMALMENTE HABRÍA QUE:

- ESTIMAR UNA T (O UNA P)
- LEER LOS VALORES DE ρ_f Y ρ_g
- VERIFICAR (I). SI NO SE CUMPLE, VOLVER A ESTIMAR T.

AHORA, SI SE DIERA EL CASO QUE $\rho_f \ll \rho_g$, LA ECUACIÓN (I) SE PODRÍA SIMPLIFICAR

$$\rho \approx x \rho_g$$

$$\rho_g \approx \frac{\rho}{x} = 0,9635 \text{ kg/m}^3$$

ESTE ρ_g (BUSCANDO EN TABLAS) CORRESPONDE A $T = -30^\circ\text{C}$, $P = 119,55 \text{ kPa}$. EFECTIVAMENTE CUMPLE QUE $\rho_g \gg \rho_f$ Y CUMPLE ADemás LA CONDICIÓN (I).

e) YA QUE PARA EL BENCEO NO HAY TABLAS DE VAPOR (OJO: SI EXISTEN, SOLO QUE NO ESTÁN INCLUIDAS) SE DEBE CALCULAR POR UN MÉTODO GENERALIZADO.

USANDO EL DIAGRAMA DE COMPRESIBILIDAD, CALCULAMOS LA PRESIÓN REDUCIDA

$$P_r = \frac{1,78 \text{ MPa}}{4,89 \text{ MPa}} \approx 0,36$$

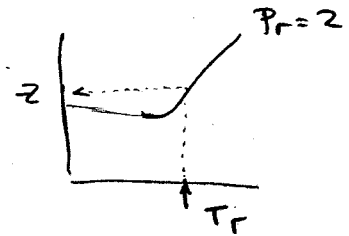
(COMO $P_r > 1$ HAY UNA SOLA FASE \rightarrow VSC)

P_c DEL BENCEO \rightarrow

EL DIAGRAMA NO PERMITE UNA SOLUCIÓN DIRECTA YA QUE SE DESCONOCE LA TEMPERATURA (LA ABSCISA DEL DIAGRAMA). EL

PROBLEMA SIN EMBARGO ESTA DEFINIDO, PUES SE DAN DOS PROPIEDADES INDEPENDIENTES

- SUPONGO UN $T_r = T/T_c$ 562,12K
 - HALLO Z POR EL DIAGRAMA
 - CALCULO $\rho = \frac{ZRT}{P}$
- Y COMPARO CON EL VALOR DADO



PARTIENDO DE

$$T_r = 1,3 \quad (457,6^\circ\text{C})$$

$\leadsto Z \approx 0,7$ DEL DIAGRAMA

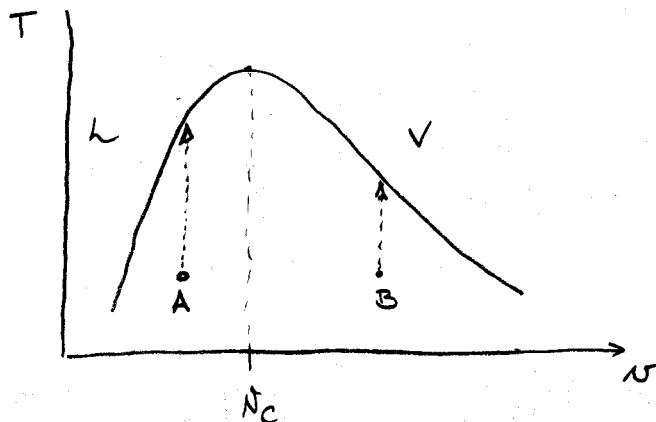
$$\rho = \frac{ZRT}{P} = \frac{(0,7) \left[(8,314 \text{ kJ/kmolK}) / (78,11 \text{ kg/kmol}) \right] (1,3 \cdot 562,12)}{9780 \text{ kPa}}$$

$$\rho = 0,0056 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \underline{\text{OK}}$$

ALTERNATIVAMENTE SE PODRÍA USAR UNA ECUACIÓN DE ESTADO GENERALIZADA COMO LA ECUACIÓN DE VAN DER WAALS.

PROBLEMA 2

LA RESPUESTA DEPENDE DEL ESTADO INICIAL. EL PROCESO ES ISOCÓRICO (A VOLUMEN CONSTANTE) Y UNA DE DOS COSAS PODRÍA OCURRIR



SI EL SISTEMA ESTA INICIALMENTE A UN VOLUMEN ESPECIFICO MENOR QUE EL CRITICO (ESTADO A), AL CALENTAR TOCARA LA LINEA DE LIQUIDO SATURADO. SI POR EL CONTRARIO ESTA A LA DERECHA (VOLUMEN MAYOR QUE EL VOLUMEN CRITICO) SE CONVERTIRA EN VAPOR SATURADO.

EL VOLUMEN CRITICO DEL AGUA ES DE $v_c = 0,003155 \text{ m}^3/\text{kg}$.
POR LO TANTO, EN EL PRIMER CASO

$$v_1 = \frac{V}{m} = \frac{0,004 \text{ m}^3}{2 \text{ kg}} = 0,002 \text{ m}^3/\text{kg} < v_c$$

EL SISTEMA EVOLUCIONARA HASTA UN LIQUIDO.

SI EL VOLUMEN AUMENTA 10 VECES $v_2 = 10 v_1 = 0,02 \text{ m}^3/\text{kg} > v_c$

Y EL SISTEMA SE VUEVE VAPOR.

PROBLETA 3

EN EL ESTADO INICIAL, EL AGUA ESTA COMO VAPOR SOBRECALENTADO

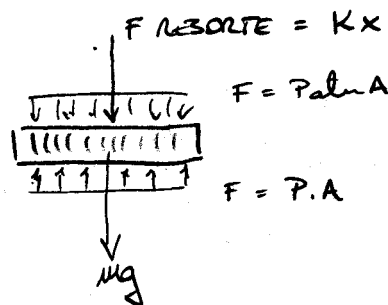
A 5 MPa, $T_{\text{SAT}} = 263,99^\circ\text{C} < T$

DIRECTAMENTE DE LA TABLA $v = 0,05781 \text{ m}^3/\text{kg}$ POR LO QUE

LA MASA SERA $m = \frac{V}{v} = \frac{0,1 \text{ m}^3}{0,05781 \text{ m}^3/\text{kg}} = 1,7298 \text{ kg}$

EN TODO MOMENTO, EL SISTEMA ESTA CONECTADO A UN RESORTE.

HACIENDO UN DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EMBOLO QUEJA



COMO HAY EQUILIBRIO $\sum F = ma = 0$

$$P_A = P_{atm} A + mg + K(x - x_0)$$

$$P = P_{atm} + \frac{mg}{A} + \frac{K(x - x_0)}{A}$$

$$P = P_0 + \frac{mg}{A} + \frac{K(V - V_0)}{A^2}$$

ESTA X SE REFIERE A LA COMPRESIÓN DEL RESORTE CONTRA UN ESTADO DE EQUILIBRIO (X₀). SI MULTIPLICAMOS POR EL A (CONSTANTE) LO PODRIAMOS EXPRESAR COMO V

HAY UN DATO QUE NOS DICE QUE A $V = 0$, $P = 0$

$$0 = P_{atm} + \frac{mg}{A} - \frac{KV_0}{A^2}$$

POR LO QUE $\left(P_{atm} + \frac{mg}{A} \right) = \frac{KV_0}{A^2}$

QUEDA

$$P = \frac{KV_0}{A^2} + \frac{K(V - V_0)}{A^2} = \frac{KV}{A^2}$$

ESTA CONCLUSIÓN LA PODRIAMOS HABER HALLADO SIN TANTA CUENTA RECONOCIENDO QUE SI HAY UN RESORTE LINEAL, LA PRESIÓN SERÁ PROPORCIONAL AL VOLUMEN

$$P = a + bV$$

(CON a Y b CONSTANTES). SI A $V = 0$, $P = 0 \rightarrow a = 0$.

LA CONSTANTE SE PUEDE HALLAR CON EL DATO INICIAL:

$$A \ 0,1 \text{ m}^3, \ P = 5 \text{ MPa}$$

$$5 \text{ MPa} = \left(\frac{K}{A^2} \right) 0,1 \text{ m}^3$$

$$\left(\frac{K}{A^2} \right) = 50 \text{ MPa/m}^3$$

Y LA RELACIÓN PRESIÓN-VOLUMEN DADA POR LA MECÁNICA DEL SISTEMA

$$P = 50 \text{ MPa/m}^3 \cdot V$$

SI EN EL ESTADO FINAL $P = 1,2 \text{ MPa}$

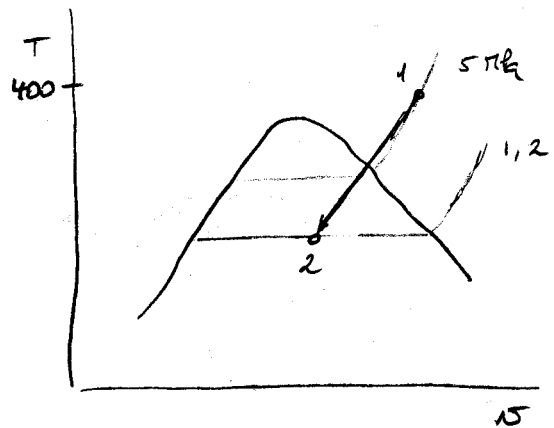
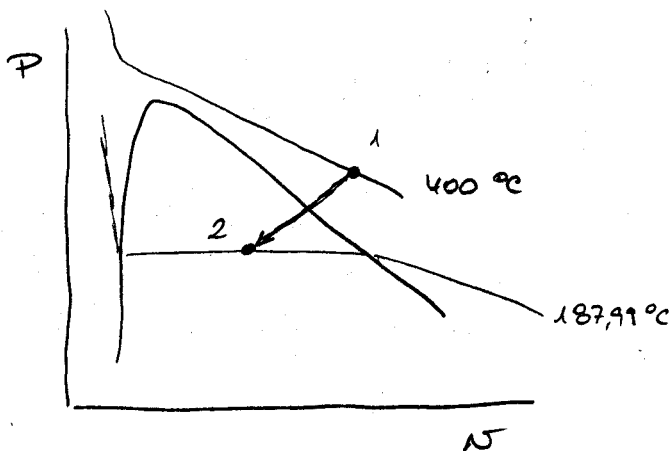
$$1,2 \text{ MPa} = 50 \text{ MPa} \cdot V$$

$$V = \frac{1,2}{50} = 0,024 \text{ m}^3$$

$$N = \frac{V}{\mu} = 0,01387 \text{ m}^3/\text{kg}$$

EL SISTEMA SE ENCUENTRA EN UNA MEZCLA LIQUIDO-VAPOR

YA QUE $N_f < N < N_g \rightarrow T = 187,99 \text{ }^\circ\text{C}$.

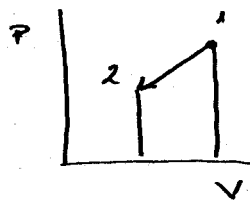


EL TRABAJO PODRÍA SER CALCULADO

$$w = \int P dv = \int_{v_1}^{v_2} 50 \text{ MPa/m}^3 v = \left(50 \frac{\text{MPa}}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2}\right) = -0,2356 \text{ MJ}$$

SI UNO SE CUENTA DE QUE LA TRAYECTORIA ES LINEAL, PODRÍA CALCULAR

EL TRABAJO COMO UN TRAPEZOIDO



$$w = \frac{P_1 + P_2}{2} (v_2 - v_1)$$

$$= \frac{(5 + 1,2)}{2} (0,024 - 0,1) = -0,2356 \text{ MJ}$$

EL TRABAJO ES NEGATIVO INDICANDO QUE SE REALIZÓ SOBRE EL SISTEMA.