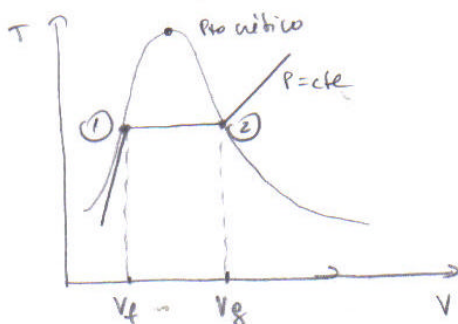


Propiedades de las sustancias puras

- sustancia pura: homogénea (composición química fija)
puede estar en distintas fases (sólido, líq...)
pero con la misma comp. química.
- Leer documento subido a recursos acerca de este tema.
(dos gráficos fueron explicados en clase Auxilio)
- luego de leer el documento...
Recordemos algunas definiciones.
 - líquido comprimido → fase totalmente líquida
 - punto líquido saturado → punto a partir del cual el agua comienza a evaporarse
 - punto de vapor saturado → todo el líquido ya es vapor
 - superheated vapor → estado en el que se sigue calentando el vapor, viene después del punto de vapor saturado
 - Temperatura de saturación (T_{sat}) → dado una presión es la temperatura del punto de líq saturado.
 - Presión de saturación → dado una temperatura es la presión del punto de líq saturado.
 - punto crítico → representa a la región de mezcla líq-vapor reducida a este sólo punto, está descrito por ($P_{crítico}$, $T_{crítico}$, $V_{crítico}$).
 - punto triple → punto donde conviven las 3 fases de una sustancia en el diagrama P-T
en el diagrama T-V y P-V está representado por una línea (línea triple)

Región de líquido-vapor

Vemos en el gráfico T-V



para entre los puntos ① y ② está la región donde coexisten vapor y líquido. Sea v_f y v_g los volúmenes específicos (por u de masa) del punto de líq saturado ① y el punto de vapor saturado ②.

si m_f y m_g representan la masa en fase líquida y gaseosa respectivamente

tenemos que

$$[m v = m_f v_f + m_g v_g] \quad *$$

Definimos la calidad de mezcla del líquido vapor como

$$\boxed{x = \frac{m_g}{m}} \quad \rightarrow \text{razón entre la masa en vapor y la masa total}$$

$$\begin{aligned} * \Rightarrow v &= \frac{m_f}{m} v_f + \frac{m_g}{m} v_g \\ &= \left(\frac{m - m_g}{m} \right) v_f + \frac{m_g}{m} v_g = (1-x)v_f + x v_g \\ &\quad \boxed{v = v_f + x(v_g - v_f)} \end{aligned}$$

y denotamos

$$\begin{aligned} v_{fg} &= v_g - v_f \\ \Rightarrow \boxed{v = v_f + x v_{fg}} \end{aligned}$$

Tablas

→ Revisión a U-cursos las tablas C-1 y C-2

- ▲ del tabla C-1 de las propiedades de saturación del agua en función de la temp de saturación. Por ej:

$T^\circ\text{C}$	P, MPa	v_f	v_g	...
0,010	0,0006113	0,001	206,1	
		$\downarrow$ $\text{L m}^3/\text{kg}$		

→ a presión de 0,0006113 el agua comienza a evaporarse a $0,01^\circ\text{C}$ a vol específico $0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$ y esto convertido en vapor a vol específico 206,1

- ▲ del tabla C-2 de las mismas propiedades pero como función de la presión de saturación.

P₁) 4 kg de agua son puestos en un vol de 1 m³. Se le agrega calor hasta que el agua los 150°C. Encuentra

- (a) la presión
- (b) la masa del vapor
- (c) el volumen del vapor

sol. Notamos que el vol de 4 kg de vapor saturados a 150°C en (usando tabla C-1)

$$V = v_g \cdot 4 \text{ kg} = (0,3928) \cdot 4 = 1,5712 \text{ m}^3$$

Como en realidad esto a menor vol ocuparemos que esto en la región liq-vapor.

(a) Venir en la Tabla que la presión está dada por
 $P = 475,8 \text{ kPa}$

(b) Para calcular la masa del vapor, determinemos x

tenemos

$$V = v_f + x(v_g - v_f) \quad \text{reemplazando los valores de la tabla}$$

$$0,75 = 0,00109 + x(0,3928 - 0,00109)$$

$$\Rightarrow x = 0,6354$$

$$\text{luego por def } m_g = m \cdot x = 4 \cdot 0,6354 = 2,542 \text{ kg}$$

(c) $\Rightarrow V_g = v_g m_g = 0,3928 \cdot 0,6354 = 0,9985 \text{ m}^3$

* Nota que con una cantidad de mezcla de 3,54% ocupa el 99,85% del vol.

P₂) 4 kg de agua son calentados a $P = 220 \text{ kPa}$ produciendo que $x = 0,8$. Calcule el vol final ocupado por la mezcla.

sol. Usando tabla C-2, tenemos los datos para

$$P_1 = 0,2 \text{ MPa}$$

$$P_2 = 0,3 \text{ MPa} \quad \text{interpolamos}$$

$$\Rightarrow P = m v_g + m$$

$$P_1 = m v_{g1} + m \Rightarrow \boxed{m = \frac{P_1 - m v_{g1}}{1 - v_{g1}}}$$

$$\Rightarrow P_2 = m v_{g2} + P_1 - m v_{g1} = m(v_{g2} - v_{g1}) + P_1$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{P_2 - P_1}{v_{g2} - v_{g1}} = m}$$

$$\Rightarrow v_g = \frac{P-m}{m} = \frac{P}{m} - \frac{P_1}{m} + v_{g1} = \frac{P-P_1}{(P_2-P_1)} (v_{g2}-v_{g1}) + v_{g1}$$

$$= \left(\frac{220-200}{300-200} \right) (0,6058 - 0,0057) + 0,0057$$

$$v_g = 0,8297 \text{ m}^3/\text{kg}$$

desde pure $v_{f1} \sim v_{f2} \sim 0,001$
 $\rightarrow v_f \approx 0,001$

Ahora usando

$$v = v_f + x(v_g - v_f) = 0,0011 + (0,8)(0,8297 - 0,0011)$$

$$= 0,6640 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Entonces

$$V_{\text{TOTAL}} = m v = 4 \cdot 0,664 = \underline{2,656 \text{ m}^3}$$

P3] Se conocen los siguientes datos para el agua

$$(1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa})$$

$$(9,8 \cdot 10^{-6} \text{ atm} = 1 \text{ Po})$$

	$T(\text{K})$	$P(\text{N/m}^2)$	$v_{\text{ol}}(\text{m}^3/\text{kmol})$
(T_f) punto triple	273,16	$6,1 \times 10^2$	
(P_c) punto crítico	647,4	$2,1 \times 10^7$	0,056
Punto de ebullición normal (PEN)	373,16	$10^5 (1 \text{ atm})$	

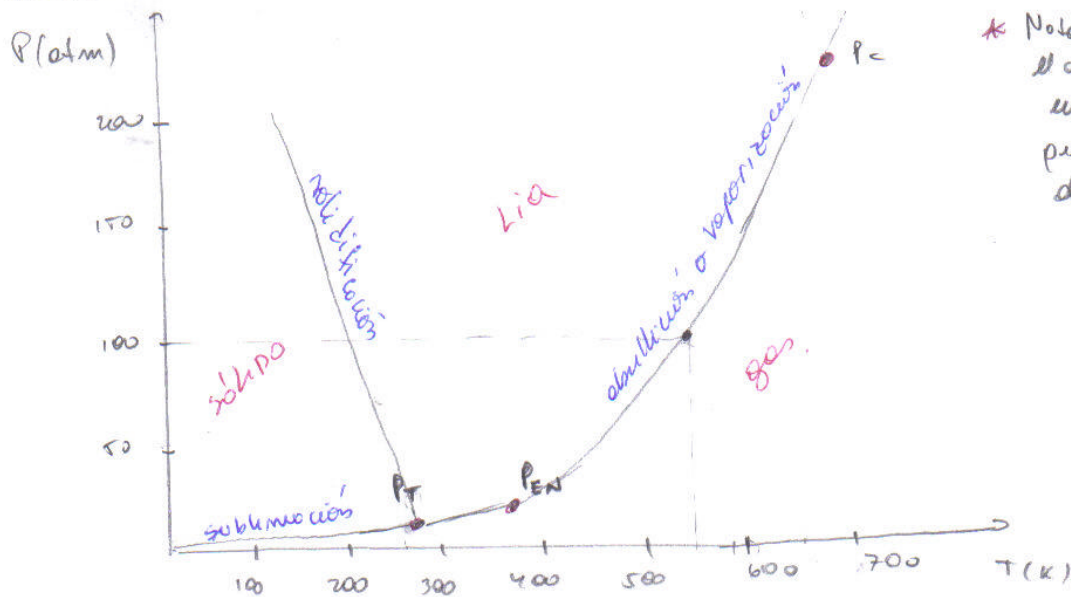
$$\rho_c = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

→ molar

- a) Dibuje apox el diagrama de cambio de fase P-T para esta sustancia. Identifique las curvas de sublimación, ebullición y solidificación. Use todos los datos de la tabla y utilice lo (atm) como u. de presión.



* Nota que el agua es una sustancia que se expande al congelarse.

(b) Estime la temp de ebullición del agua en un planeta (A) donde la presión atmosférica sea 100 atm (grosso modo).
 Si en otro planeta (B) la presión es de 200 N/m^2 y se sabe que existe agua ¿podría encontrarse en la fase líquida? Justifique

→ Vemos del gráfico anterior que para $P = 100 \text{ atm}$ la Temperatura para agua la línea de ebullición es $\sim 550^\circ \text{K}$ → temp de ebullición planeta A

$$\rightarrow 200 \text{ N/m}^2 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ atm} < P_r$$

Vemos que como la presión es menor que la del punto triple no puede encontrarse en fase líq.

(c) Estime la densidad del vapor de agua en la condición de P_c en (kg/m^3) compare con ρ_c de la tabla (Use ec. de gas ideal)

tenemos que

$$PV = nRT$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{n}{V} \cdot M$$

$$\frac{PM}{RT} = \frac{n \cdot M}{V} = \rho_c$$

$$\Rightarrow n \cdot M = 1$$

$$\Rightarrow V = 0,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \rho_c = \frac{2,1 \cdot 10^7 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 647,7} \approx 70 \text{ kg/m}^3$$

→ De ahí son 3 ejemplos a V-cursos que deben ser estudiados

- ① Entropía del gas ideal
- ② potencial químico de un gas ideal (μ)
- ③ ecuación de Euler para un gas ideal.

Des: será útil recordar las eqs relevantes:

Dado un sistema con k especies de partículas (componentes)
cada una con una certa cont de partículas
y potencial químico. Tenemos que:

$$dU = TdS - pdV + \sum_{i=1}^k \mu_i dN_i$$

Ec. de Euler

$$U = TS - pV + \sum_i \mu_i N_i$$

Relación de Gibbs - Duhem

$$0 = SdT - Vdp + \sum_i N_i d\mu_i$$

P4) Propuesto.

Un cilindro con un émbolo que cierra herméticamente, en fricción,
está en contacto térmico con una fuente de calor a una
temperatura de -40°C . El vol inicial del cilindro es de
100 lt y contiene 3 moles de NH_3 el cual tiene las
sigas características:

$$\begin{aligned} V_{\text{vap}} &= 2,64 \times 10^{-2} \text{ (m}^3/\text{mol)} \rightarrow \text{punto de vapor saturado} \\ V_{\text{liq}} &= 2,47 \times 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{mol)} \rightarrow \text{punto de liq saturado} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{valores} \\ \text{específicos} \\ \text{por mol} \end{array} \right\}$$

Supongo que la fase de vapor se comporta como un gas ideal
se introduce lentamente el émbolo en el cilindro hasta que
el vol se reduce a 20 lt:

a) ¿a qué presión y volumen comienza la condensación?

$$\begin{aligned} \text{sol: } P &= 7,33 \times 10^4 \text{ N m}^{-2} \\ V &= nV = 7,92 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \\ &\quad \downarrow \\ &\quad \text{m}^3 \text{ de} \\ &\quad \text{mole} \end{aligned}$$

Para hacerlo recordar lo que pasa en el punto de vapor saturado

b) Trazer un diagrama del proceso en el plano $P-V$

sol: Revisar diagrama $P-V$ en documento de
sustancias puros, mixto o cursos.

(c) Al final de la transformación, ¿cuántos moles de gas se han condensado?

sol: $\times$ 2,24 moles.

Recuerda que

$$V_{TOTAL} = V_{lig} T_{liq} + V_{vap} T_{vap}$$

→ recuerda
que son
volumenes
especificos!