

Propriedades de uma substância pura

PME3398

Prof. Antonio Luiz Pacífico

1º Semestre de 2019

Conteúdo da Aula

- 1 Definição de Substância Pura
- 2 Equilíbrio de Fases
- 3 Gás Ideal e Equação de Estado
- 4 Tabelas de Propriedades Termodinâmicas
- 5 Exercícios

Substância Pura

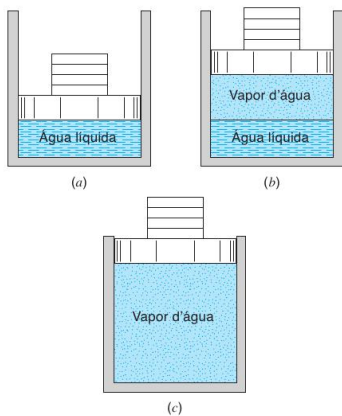
Substância pura é aquela que tem composição química invariável e homogênea. Pode existir em mais de uma fase, mas a composição química é a mesma em todas as fases.

Água líquida, uma mistura de água líquida e vapor d'água ou uma mistura de gelo e água líquida são todas substâncias puras, pois cada fase apresenta a mesma composição química.

Uma mistura de ar líquido com ar gasoso não é uma substância pura, porque as composições das fases líquida e gasosa são diferentes. Mas ar gasoso pode ser considerado substância pura.

Saturação

Temperatura de saturação designa a temperatura em que ocorre a vaporização a uma dada pressão.



Equilíbrio de Fases

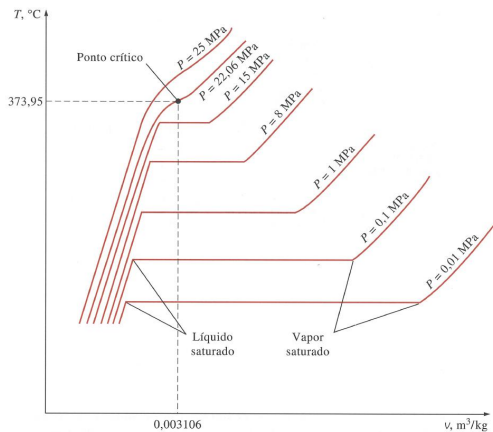


Diagrama $T \times v$ dos processos de mudança de fase à pressão constante para a substância pura água.

Equilíbrio de Fases

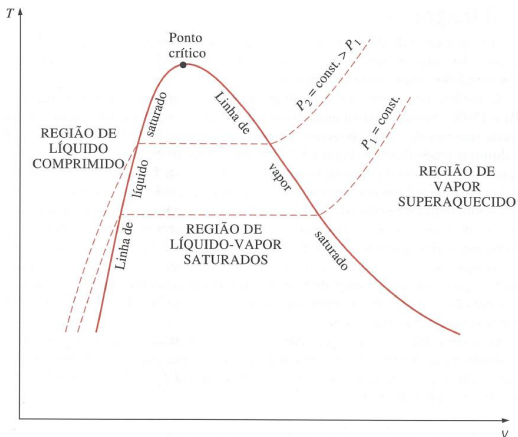


Diagrama
 $T \times v$
generalizado
de uma
substância
pura.

Equilíbrio de Fases

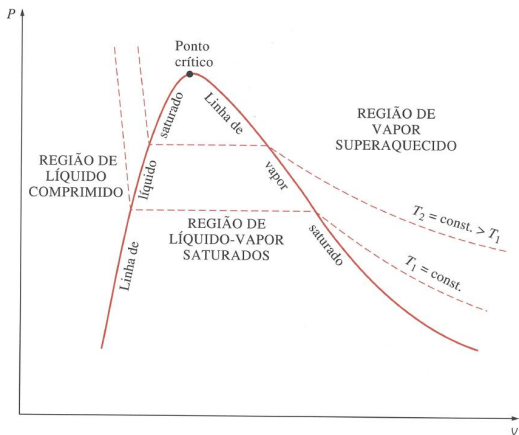


Diagrama
 $p \times v$
generalizado
de uma
substância
pura.

Equilíbrio de Fases

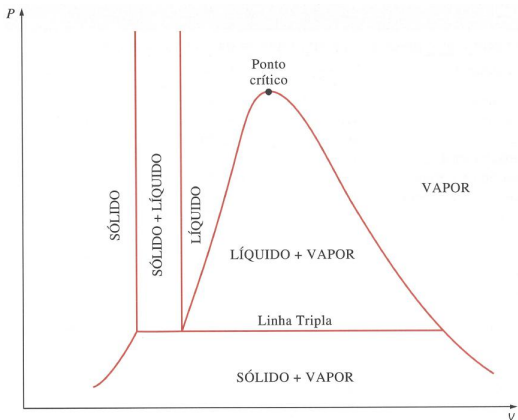


Diagrama $p \times v$ de uma substância pura que se contrai ao solidificar (mais comum).

Equilíbrio de Fases

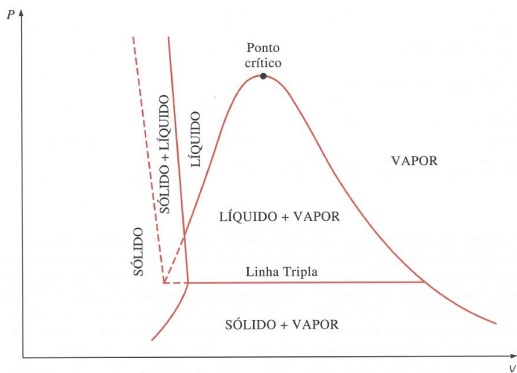


Diagrama $p \times v$ de uma substância pura que se expande ao solidificar (ex: água).

Equilíbrio de Fases

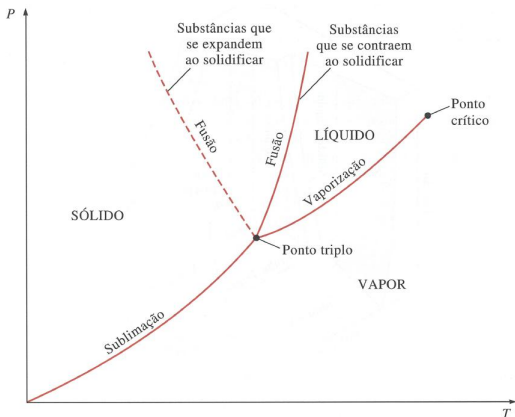
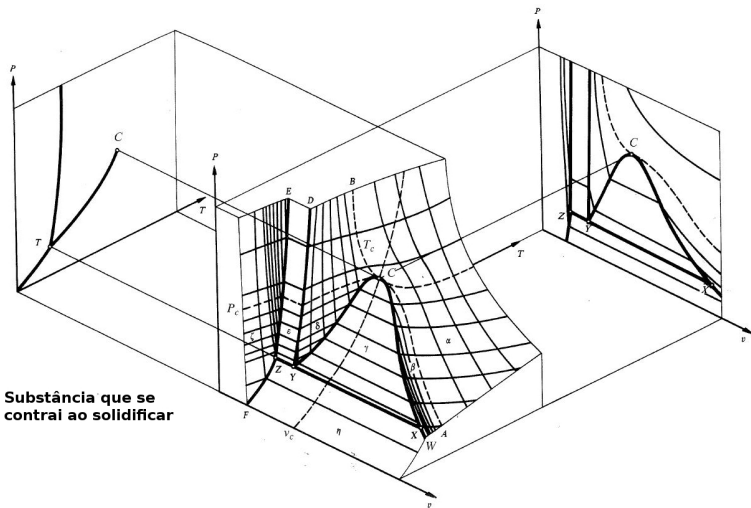
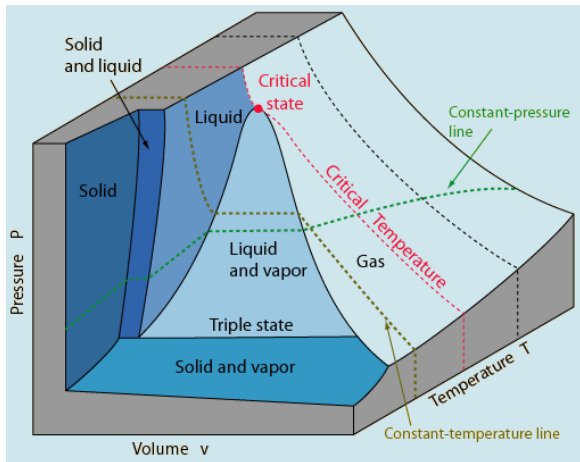


Diagrama
 $p \times T$
generalizado
de uma
substância
pura.

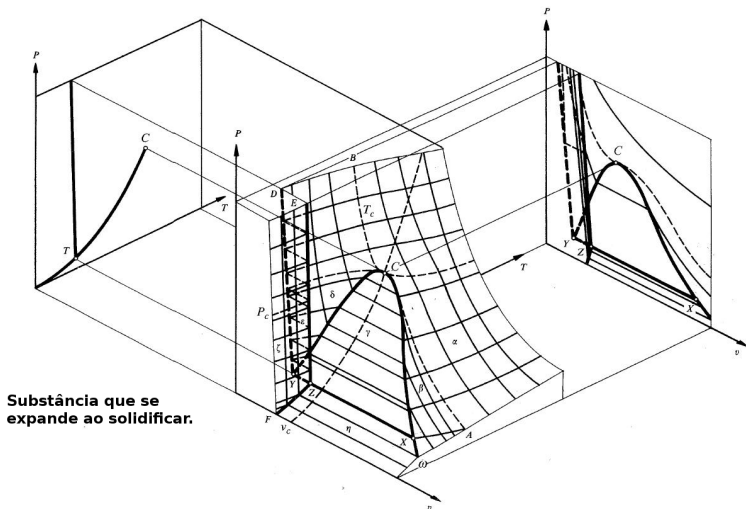
Equilíbrio de Fases



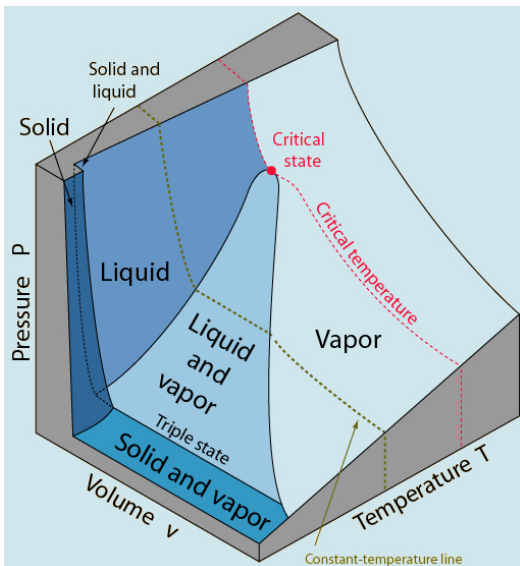
Equilíbrio de Fases



Equilíbrio de Fases



Equilíbrio de Fases



Título

Subscritos: l para líquido e v para o vapor (fases)

$$x = \frac{m_v}{m} \equiv \text{título de uma mistura líquido/vapor}$$

$$V = V_l + V_v = m_l \cdot v_l + m_v \cdot v_v$$

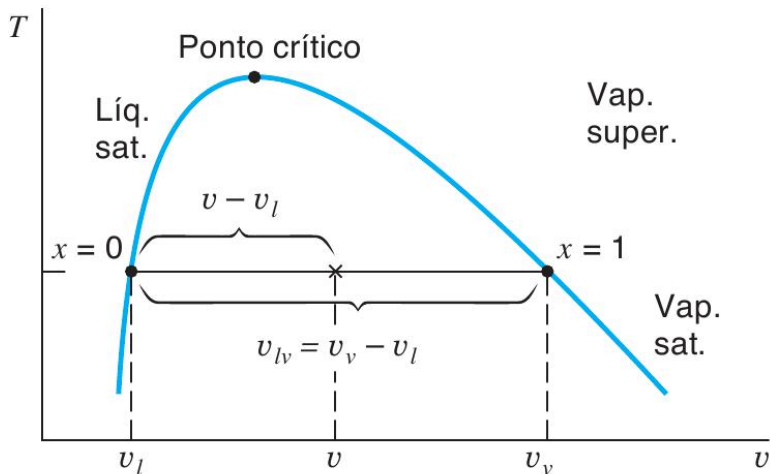
$$v = \frac{V}{m} = \frac{m_l}{m} \cdot v_l + \frac{m_v}{m} \cdot v_v$$

$$v = (1 - x) \cdot v_l + x \cdot v_v$$

$$v_{lv} = v_v - v_l$$

$$v = v_l + x \cdot v_{lv}$$

Título



Gás Ideal e Equação de Estado

Longe da curva do vapor saturado, a uma determinada temperatura, a pressão é menor e o volume específico é maior, portanto, as forças entre as moléculas são menores, resultando em uma correlação simples entre as propriedades.

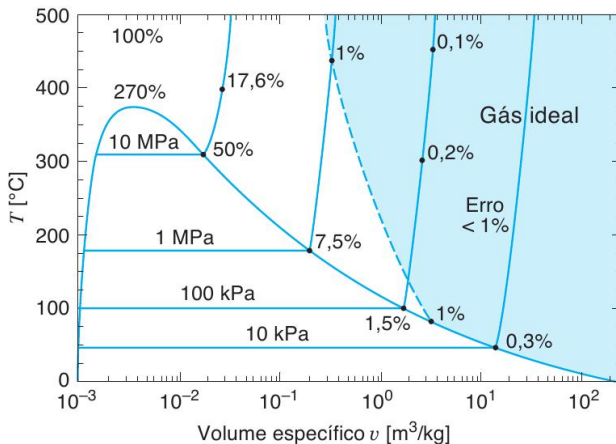
$$p \cdot V = n \cdot \bar{R} \cdot T = \frac{m}{M} \cdot \bar{R} \cdot T = m \cdot \frac{\bar{R}}{M} \cdot T \Rightarrow p \cdot V = m \cdot R_{gas} \cdot T$$

Usando definições de v e ρ .

$$p \cdot v = R_{gas} \cdot T ; p = \rho \cdot R_{gas} \cdot T$$

Geralmente se usa somente o símbolo R quando se trata de um gás específico: $R_{ar} = 287 \text{ J/kg.K}$; $\bar{R} = 8314 \text{ J/kmol.K}$.

Gás Ideal: diagrama $T - v$



Fator de Compressibilidade, Z

$$Z = \frac{p.v}{R.T} \Rightarrow p.v = Z.R.T$$

Para um gás ideal $Z = 1$. O afastamento de Z da unidade é uma medida do desvio de comportamento do gás real em relação ao previsto pela equação de estado dos gases ideais.

Forças de atração para massas específicas moderadas tendem a agrupar as moléculas, resultando em valores de $Z < 1$, enquanto que forças de repulsão para massas específicas muito elevadas tendem a exercer o efeito contrário.

Exemplo: Nitrogênio

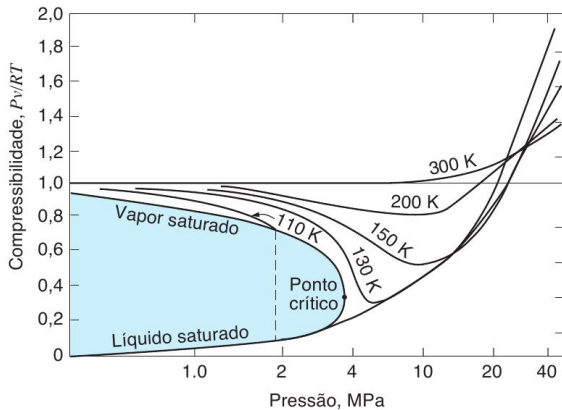
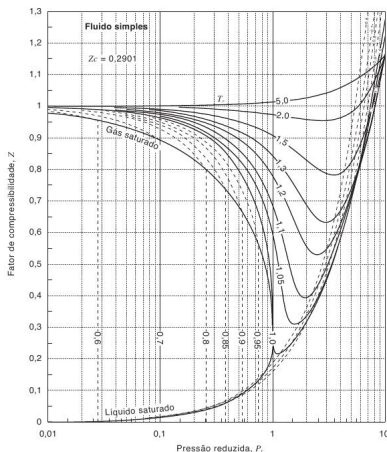


Figura: Compressibilidade do Nitrogênio.

Diagrama de Compressibilidade



p_r = Pressão reduzida

$$p_r = \frac{p}{p_c}$$

p_c = Pressão crítica

T_r = Temperatura reduzida

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

T_c = Temperatura crítica

$p_r \ll 1 \Rightarrow Z \rightarrow 1$

$T_r \gg 2 \Rightarrow Z \rightarrow 1$

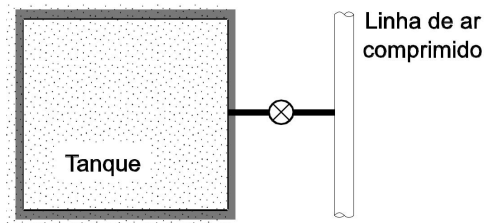
(exceto $p_r \gg 1$)

Tabelas

EXPLICAÇÃO EM AULA

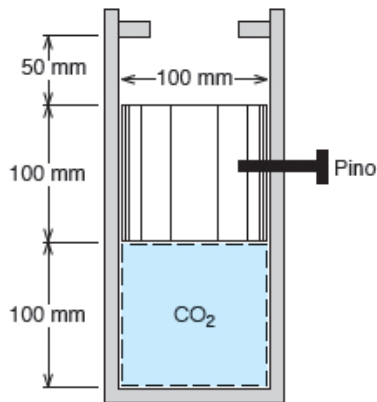
Exercício de Aula 1

Enunciado: Um tanque rígido com volume de 1 m^3 contém ar a 1 MPa e 400 K . O tanque está conectado a uma linha de ar comprimido do modo mostrado na figura. A válvula é então aberta e o ar escoou para o tanque até que a pressão alcance 5 MPa . Nesta condição a válvula é fechada e a temperatura do ar no tanque é $177 \text{ }^\circ\text{C}$. Qual a massa de ar antes e depois do processo de enchimento? Se a temperatura do ar no tanque carregado cair para 300 K , qual será a pressão do ar neste novo estado?



Exercício de Aula 2

Enunciado: O conjunto cilindro-pistão mostrado na figura contém CO_2 . Inicialmente, a pressão e a temperatura do CO_2 são iguais a 200 kPa e 290 K e o pistão está imobilizado por um pino. O pistão é construído com um material que apresenta massa específica igual a 8000 kg/m^3 . O ambiente onde está localizado o conjunto está a 290 K e a pressão ambiente é igual a 101 kPa. O pino é então removido e espera-se até que a temperatura no gás atinja a temperatura do ambiente. Qual a nova posição do pistão? O pistão encosta nos esbarros?



Exercício de Aula 3

Enunciado: Determine:

- (a) o volume específico do R-134a, a $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $x = 80\%$;
- (b) a fase e o volume específico da água, a $T = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $p = 5\text{ MPa}$;
- (c) a fase e o volume específico da amônia, a $T = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $p = 400\text{ kPa}$;
- (d) a fase, o título e a temperatura da água, a $p = 100\text{ kPa}$ e $v = 1,8\text{ m}^3/\text{kg}$;
- (e) a fase, a pressão e o título da água, a $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $v = 0,5\text{ m}^3/\text{kg}$.