



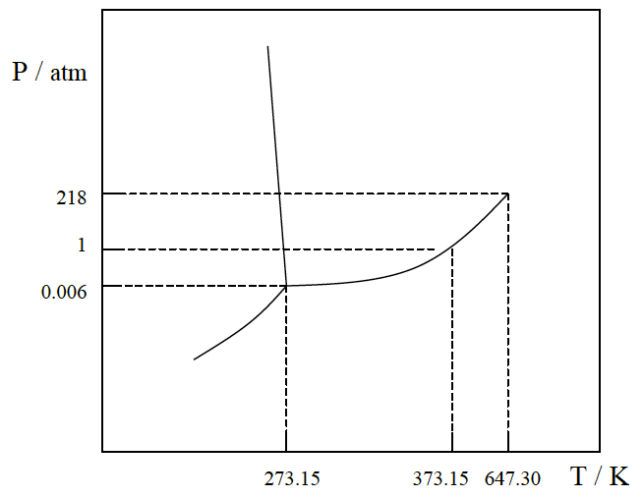
## TERMODINÂMICA QUÍMICA

### 1º Teste

28 de Outubro de 2016

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 82,06 \text{ atm cm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.9869 \text{ atm}$$

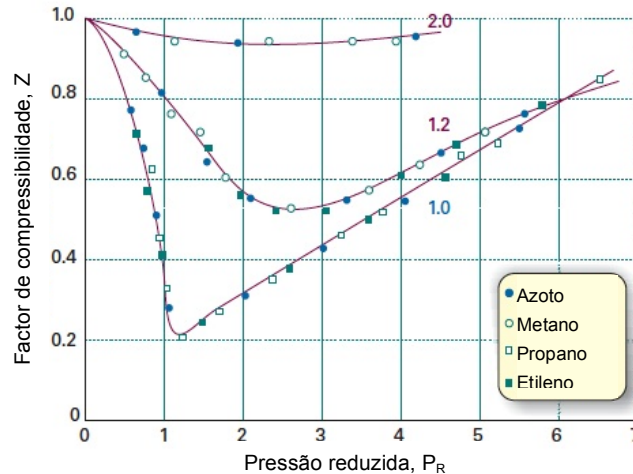
1. O diagrama seguinte representa a projeção  $p$ - $T$  do diagrama de fases da **água**.



- 1.1 Identifique as várias zonas, linhas e pontos característicos do diagrama. Esboce a projeção  $p$ - $V_m$  do diagrama de fases da **água**, identificando as várias zonas, pontos e linhas característicos do diagrama.
- 1.2 Uma mole de  $\text{H}_2\text{O}$  líquida, inicialmente a 373.15 K e 10 atm (estado A) foi comprimida isotermicamente até 200 atm (estado B). O volume molar da  $\text{H}_2\text{O}$  líquida no estado A é  $18.788 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$  e no estado B é  $18.617 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ . Calcule o coeficiente de compressibilidade isotérmico da água,  $\beta_T$ .
- 1.3 Uma mole de  $\text{H}_2\text{O}$  líquida, a 373.15 K e 200 atm (estado B) foi aquecida isocoricamente até 473.15 K (estado C). Calcule:
  - i) A energia gasta no aquecimento.
  - ii) A pressão final (estado C).
  - iii) Mostre que para um gás ideal, o coeficiente térmico da pressão,  $\gamma_v = P/T$ .  
 $C_p(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = 62.5 \text{ JK}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\gamma_v(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = 18.05 \text{ atm} \cdot \text{K}^{-1}$
- 1.4 Uma mole de água foi colocada a 373.15 K e 1 atm num compressor de  $10 \text{ dm}^3$  (estado D). Diga quantas e quais as fases presentes e as suas quantidades relativas. Nestas condições, os volumes molares da água líquida e gasosa são  $V_{m(l)} = 0.0188 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$  e  $V_{m(g)} = 30.107 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- 1.5 Calcule o volume molar da água gasosa a 373 K e 0.5 atm (estado E).  
( $B(\text{H}_2\text{O}) = -471 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ )

1.6 Sabendo que a 298.15 K a entalpia de vaporização da água é  $\Delta H_v = 44.016 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , calcule  $\Delta H_v$  a 373.15 K.  
 $C_p (\text{H}_2\text{O}(l)) = 75.44 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ;  $C_p (\text{H}_2\text{O}(g)) = 33.58 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

1.7 No gráfico seguinte está representado o factor de compressibilidade em função da pressão reduzida, a diferentes temperaturas reduzidas, para uma série de substâncias.



Usando os dados do gráfico, calcule o volume molar da água a 776.8 K e 221.2 bar (estado F). O valor experimental é  $0,237 \text{ dm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ . O que pode concluir?

( $\text{H}_2\text{O}$ :  $P_c = 221.2 \text{ bar}$ ;  $T_c = 647.3\text{K}$ ;  $V_c = 57.1 \text{ cm}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ )

1.8 Represente todos os estados de A a F nos diagramas da questão 1.1.

2. Uma mole de um **gás perfeito** é sujeito ao seguinte processo cíclico de 4 passos reversíveis.

- i) De A para B: **expansão isotérmica** a 600K de 5 bar para 4 bar.
- ii) De B para C: **expansão adiabática** para 3 bar.
- iii) De C para D: **arrefecimento isobárico**.
- iv) De D para A: **aquecimento isocórico**.

2.1 Calcule as variáveis p, V e T para cada um dos estados, A, B, C e D, e represente o diagrama p-V que traduz o ciclo.

2.2 Calcule o calor (Q), o trabalho (W), a variação de energia interna ( $\Delta U$ ) e a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) para cada um dos passos.

2.3 Calcule Q, W,  $\Delta U$  e  $\Delta H$  para o ciclo. Comente.