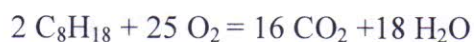


SLC 660 - QUÍMICA GERAL - LISTA DE EXERCÍCIOS

Gases ideais, misturas, e gases reais

- 1) Qual é o volume ocupado por 0.17 g de H_2S a 27°C e sob pressão de 380 torr?
- 2) Qual é o número de moléculas por cm^3 de um gás ideal na CNTP (273,15 K e 1,0 atm)?
- 3) Uma boa linha de vácuo de laboratório pode-se alcançar uma pressão de 10^{-6} torr a 25°C . Nestas condições calcule o número de moléculas por cm^3 .
- 4) O volume em cilindradas de um motor ocupa 3.0 litros. Assumindo que o ar complementa este volume com um 1/5 de oxigênio por volume, calcule a massa de octano puro necessária para combinar exatamente (estequiometricamente) com o oxigênio na combustão do octano. Assumir uma pressão de 1 atm e temperatura de 27°C .



- 5) Para os gases listados na tabela de constantes de van der Waals, calcule as respectivas temperaturas de Boyle. Interprete os resultados.

$$T_B = \frac{a}{Rb}$$

Tabela de constantes de van der Waals para gases

Gás	a ($\text{atm L}^2 \text{mol}^{-2}$)	b (L mol^{-1})	T_B (K)
He	0.03412	0.02370	17,5
H_2	0.2444	0.0266	112
O_2	1.360	0.03183	521
N_2	1.390	0.03913	433
CO	1.485	0.03985	454
CO_2	3.592	0.04267	1026
H_2O	5.464	0.03049	2185
NO	1.340	0.02789	585
NO_2	5.284	0.04424	1456
CH_4	2.253	0.04278	642
Cl_2	6.493	0.05622	1408

$$① \text{ H}_2\text{S} \quad \bar{M} = 34 \text{ g/mol}$$

$$0,17 \text{ g} \quad n = \frac{0,17}{34} = 5 \times 10^{-3} \text{ mols}$$

$$PV = nRT \quad V = \frac{nRT}{P}$$

$$P = 380 \text{ Torr} \rightarrow 0,5 \text{ atm}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$V = \frac{5 \times 10^{-3} \cdot 0,082 \times 300}{0,5} = \underline{\underline{0,246 \text{ L}}}$$

$$② \text{ CNTP (1 atm } 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K)} \quad \bar{V} = \frac{RT}{P}$$

$$\bar{V} = 22,4 \text{ L} \quad 1 \text{ mol} \rightarrow 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$\text{densidade} = \frac{6,02 \times 10^{23}}{22,4 \text{ L} \times 1000} = \underline{\underline{2,68 \times 10^{19} \text{ moléculas/cm}^3}}$$

$$(3) P = 10^{-6} \text{ Torr}$$

$$PV = nRT$$

[2]

$$P = \frac{10^{-6} \text{ Torr}}{760 \text{ Torr}} \text{ atm}$$

$$\left(\frac{n}{V}\right) = \frac{P}{RT} = \frac{10^{-6}/760}{0,082 \cdot 298} = 5,38 \times 10^{-11} \text{ mols/L}$$

$$\text{ou } 5,38 \times 10^{-14} \text{ mols/cm}^3 \times \overline{N}$$

(N° particules / cm³)

$$\underline{3,24 \times 10^{10} \text{ molecules/cm}^3}$$

$$(4) V = 3L \quad V_{O_2} = \frac{3}{5} L$$

$$\text{calculs de } n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot (\frac{3}{5})L}{0,082 \times 300} = 2,44 \times 10^{-2} \text{ mols}$$

O₂

Estéquiometria:



$$x = 1,951 \times 10^{-3} \text{ mols OCTANO}$$

$$\overline{M}_{\text{OCTANO}} = 114,23 \text{ g/mol}$$

Assim

$$m_{\text{OCTANO}} = x \cdot \overline{M}_{\text{OCTANO}} = \underline{0,2229 \text{ g}}$$



$$P_c = 48,2\text{ atm}$$

(a) CASO IDEAL

$$P_c \cdot \bar{V}_c = RT_c \quad \bar{V}_c^{\text{ideal}} = \frac{0,082 \cdot 305,45}{48,2} = \underline{\underline{0,5196\text{ L}}}$$

(b) $V_c = 3b$ $b = \frac{RT_c}{8P_c}$ ou $b = \frac{1}{8} V_c^{\text{ideal}}$

Assim

$$\bar{V}_c = \left(\frac{3}{8}\right) V_c^{\text{ideal}} = \left(\frac{3}{8}\right) 0,5196\text{ L} = \underline{\underline{0,1948\text{ L}}}$$

$$\bar{V}_{\text{REAL}} = \bar{V}_{\text{EXP}} = 0,139\text{ L}$$

COMPARANDO $V_c^{\text{ideal}} > V_c^{\text{VW}} > \bar{V}_c^{\text{EXP}}$

⑦ A diminuição do volume molar dos gases na CNTP de 22,4 L (GÁS IDEAL) para 22,06 L (Cl_2) é resultado da interações moleculares. Contudo o

desvio é pequeno correspondendo a 1,5%.

Uma mistura de He e N_2 tem comportamento mais ideal do que numa mistura N_2 e CO_2 .

8) CO : monóxido de carbono

$$a = 1,485 \text{ atm L}^2 \text{ mol}^{-2}$$

$$b = 0,03985 \text{ L mol}^{-1}$$

coordenada crítica:

$$V_c = 3b$$

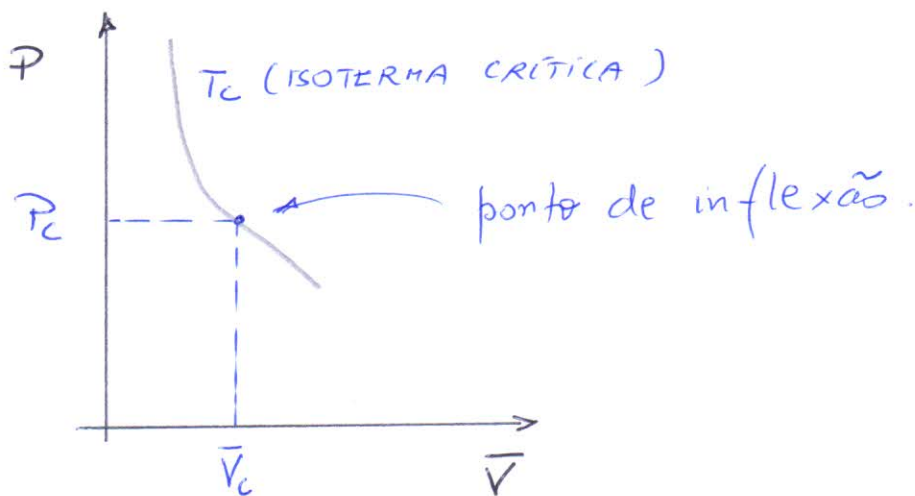
$$P_c = \frac{a}{27b^2}$$

$$T_c = \frac{8a}{27Rb}$$

$$0,1195 \text{ L}$$

$$34,63 \text{ atm}$$

$$134,65 \text{ K}$$



9) 650 milhas/h $\Rightarrow$ 1204,5 km/h $\approx$ 335 m/s

$$N_2: \langle C^2 \rangle = \frac{3kT}{m} = \frac{3NkT}{Nm} = \frac{3RT}{\bar{M}} \quad \bar{M}_{N_2} = 0,028 \text{ kg/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$T = -100^\circ \text{C} = 173 \text{ K}$$

$$\sqrt{\langle C^2 \rangle} = \left(\frac{3 \cdot 8,314 \cdot 173}{0,028} \right)^{1/2} = 392,6 \text{ m/s}$$

Atenuação

$$V_{son} = 0,74 \langle C \rangle$$

$$\langle C \rangle = \left(\frac{8RT}{\pi \bar{M}} \right)^{1/2} = \left(\frac{8 \cdot 8,314 \cdot 173}{3,1416 \cdot 0,028} \right)^{1/2}$$

$$\langle C \rangle = 361,7 \text{ m/s}$$

10) Considerando a energia cinética média por molécula $\langle E_c \rangle$

$$\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m \langle c^2 \rangle$$

Assim

$$\langle c^2 \rangle = \frac{3kT}{m}$$

$$\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m \frac{3kT}{m} = \frac{3}{2} kT$$

ou p/ 1 mol lembrando $\bar{N}k = R$

$$\langle E_c \rangle = \bar{N} \langle E_c \rangle = \frac{3}{2} RT$$

média

Assim a energia cinética $\checkmark$ independe da massa quando expressa em função de T .

	$\bar{M}$ (g/mol)	$\bar{M}$ (kg/mol)	$\langle c \rangle$ m/s
11) Ne	20,18	0,02018	561
CH ₄	16,0	0,01600	630
CO	28,0	0,028	476
CO ₂	44,0	0,044	380
CCl ₄	153,8	0,1538	203

$$\langle E_c \rangle = \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} \times 8,314 \times 300 = \underline{\underline{3741 \text{ J/mol}}}$$

$$= \underline{\underline{894,12 \text{ cal/mol}}}$$

(11)

CONTINUAÇÃO:

6

$$P = \frac{N \cdot m \langle c^2 \rangle}{3V} \quad (\text{Trabalho})$$

Usar gás ideal $P\bar{V} = RT$ ou

$$PV = nRT \quad (\text{p/ todos os gases.})$$

$$P = \frac{0,001 \cdot 0,082 \times 300}{10} = 2,46 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

$$\text{ou } P = \underline{1,87 \text{ Torr (mmHg)}}$$

Velocidade de propagação do som V_s

$$V_s = 0,74 \langle c \rangle$$

O metano CH_4 tem maior valor de $\langle c \rangle$ por tanto o som se propaga mais rápido neste gás na temperatura dada.

(12) Linha de Vácuo $P = \left(\frac{10^{-6}}{760} \right) \text{ atm}$

7

$$T = 298 \text{ K}$$

Percurso livre médio $\lambda = \frac{1000 RT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \bar{N} P}$

$$\bar{N} = 6,02 \times 10^{23} \quad R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Pela tabela (material no STDA)

Parâmetros de Lennard-Jones p/ N_2

$$\sigma = 370 \text{ pm} \quad \text{ou} \quad 370 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$\sigma = 3,7 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

Assim:
$$\lambda = \frac{1000 \times 0,082 \times 298}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot (3,7 \times 10^{-8})^2 \cdot 6,02 \times 10^{23} \times (10^{-6}/760)}$$

$$\lambda = 5647 \text{ cm} \quad \text{ou} \quad \lambda = 56,5 \text{ m}$$

conclusão: colisões das c/ as paredes da linha de vácuo.

(13) Moléculas c/ igual energia cinética inicial

$$E_c = 2 \times 10^{-21} \text{ J} \quad \text{Para 1 mol temos}$$

$$E_c = \bar{N} E_c = 6,02 \times 10^{23} \times 2 \times 10^{-21} \text{ J} = 12,04 \times 10^2 \text{ J/mol}$$

Apos redistribuição adiabática

$$E_c = \langle E_c \rangle = \frac{3}{2} RT \quad R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Assim
$$T = \left(\frac{2}{3} \right) \frac{\langle E_c \rangle}{R} = 96,5 \text{ K}$$

(14) $v_e = \sqrt{2gR}$ independe da massa

$$v_e = \sqrt{2 \times 9,8 \times 6,37 \times 10^6} = 11.170 \text{ m/s}$$

$$\langle C^2 \rangle_{H_2} = \frac{3RT}{\bar{M}} \quad \bar{M} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg/mol}$$

Condição imposta $\sqrt{\langle C^2 \rangle} = v_e$

ou $\langle C^2 \rangle = v_e^2$

$$T = \frac{v_e^2 \cdot \bar{M}}{3R} = \frac{(1,1170 \times 10^4)^2 \cdot 2 \times 10^{-3}}{3 \times 8,314}$$

$$T = 0,1 \cdot 10^8 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 10^4 \text{ K} = \underline{\underline{10.000 \text{ K}}}$$

15

Lei de Graham

$$\frac{r_{e/1}}{r_{e/2}} = \sqrt{\frac{\bar{M}_2}{\bar{M}_1}}$$

Aplicando $\overset{48/\text{mol}}{D_2}$ e $\overset{28/\text{mol}}{H_2}$

$$\left(\frac{r_{e_{H_2}}}{r_{e_{D_2}}} \right) = \sqrt{\frac{\bar{M}_{D_2}}{\bar{M}_{H_2}}} = \sqrt{\frac{4}{2}} = \sqrt{2} = 1,41$$

$12 + 4 = 16 \text{ g/mol}$
 $12 + 2 \times 4 = 20 \text{ g/mol}$

Aplicando p/ $\overset{16}{CH_4}$ $\overset{20}{CD_4}$

$$\left(\frac{r_{CH_4}}{r_{CD_4}} \right) = \sqrt{\frac{\bar{M}_{CD_4}}{\bar{M}_{CH_4}}} = \sqrt{\frac{20}{16}} = \sqrt{\frac{5}{4}} = 1,118$$

(16)

$$\Delta S_r = \frac{Q_H}{T} = \frac{\Delta H_v}{T}$$

Compounds	ΔS_r° ($J K^{-1} mol^{-1}$)	
Cl_2	85,71	+ Normais
C_6H_6	86,96	
$CHCl_3$	88,02	
H_2O	109,11	Liq. ASSOCIADOS c/ LIGAMTO DE HIDRÓGENIO
C_2H_5OH	109,97	

17



$$T = 20^{\circ}\text{C} = 293\text{ K}$$

$$R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$0,172 \text{ g H}_2\text{O em } V = 10 \text{ L}$$

Pressão de vapor da água à 20°C

$$P = P_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{gs ideal}$$

$$PV = nRT$$

$$n = m_{\text{H}_2\text{O}} / \bar{M}$$

$$n = \frac{0,172 \text{ g}}{18 \text{ g}} = 9,55 \times 10^{-3} \text{ mols}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{9,55 \times 10^{-3} \cdot 0,082 \times 293}{10}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,023 \text{ atm}$$

(17) Calculando P_{H_2O} na eq de
Clapeyron

Eq de Clapeyron

$$\ln P = - \left(\frac{\Delta \bar{H}_v}{R} \right) \frac{1}{T} + \frac{\Delta S_v}{R} \quad (1)$$

entre dois pontos P_1, T_1 e P_2, T_2
temos

$$\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = - \left(\frac{\Delta \bar{H}_v}{R} \right) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

Usando (1)

$$\ln P_{H_2O} = - \left(\frac{40,7 \times 10^3}{8,314} \right) \frac{1}{293} + \frac{109,11}{8,314}$$

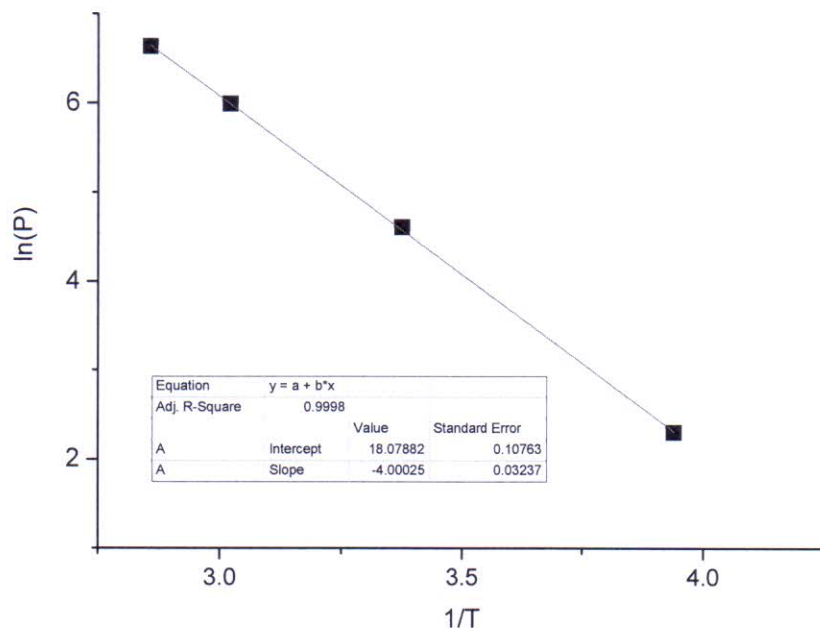
ou

$$\ln P_{H_2O} = - 16,427 + 13,124 = - 3,3 \quad P = 0,037 \text{ atm}$$

Usando a eq. de Clapeyron

18)

$$\ln P = - \left(\frac{\Delta \bar{H}_v}{R} \right) \cdot \frac{1}{T} + C$$



$$-\frac{\Delta \bar{H}_v}{R} = -4.000$$

ou

$$\Delta \bar{H}_v = 7,9 \text{ Kcal/mol}$$

ou

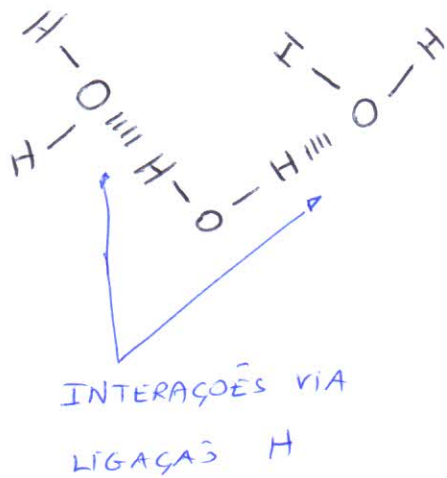
$$\Delta \bar{H}_v = 33,2 \text{ KJ/mol}$$

$$R = 1,987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

ou

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

- 19) A água líquida tem forte associação molecular devido as interações por pontes ou ligações de hidrogênio



Assim, um aumento na temperatura aumenta a energia cinética ocasionando uma ruptura das interações. Isto reduz a viscosidade e a tensão superficial da água

Aditivos como sais, ureia podem induzir a uma quebra das ligações de hidrogênio mas como aumentam a densidade em geral não reduzem a viscosidade. Por outro lado, a tensão superficial da água pode ser reduzida pela adição de solutos como surfactantes ou detergentes que são agentes tensioativos que reduzem a tensão superficial da água.

- 20) Sim Líquidos Iônicos (ver material no curso on line STIA-USP).