

Nome: Erivelton Gualter dos Santos 11.210.368-4

1º semestre de 2011 2º Ciclo Engenharia Básica

Química Geral I (Parte I)

Dalton e a teoria atômica

Postulados

1º Todo elemento químico é formado por pequenas partículas denominadas átomos. Todos os átomos de um elemento tem as mesmas propriedades químicas.

O átomo

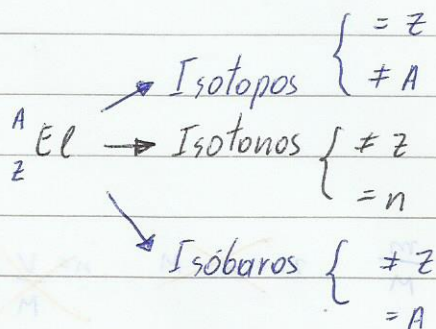
Protões	+	1 uma
Neutrons	0	1 uma
Elitron	-	3748 x menor do que o proton
	carga	massa

$$1 \text{ uma} = \frac{1}{12} m_{12} \text{C} \sim 10^{-24} \text{ g}$$

z = número atômico: p

A = número de massa: p + n

2º Elementos diferentes possuem átomos diferentes. E em uma reação química comum não são transformadas em átomos de outros elementos





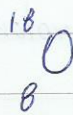
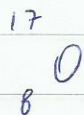
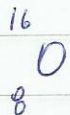
- Lei de conservação das massas

3º Compostos são combinações de 2 ou mais átomos de 1 ou mais tipos em uma quantidade definida e fixa.

- Lei de composição constante

- Lei das proporções múltiplas

Z
El
ma



99,76%

0,04%

0,20%

$$\bar{M}_A = 15,9949 \times 0,9976 + 16,9999 \times 0,0004 + 17,9999 \times 0,002 = 15,9999 \text{ uma} = 16,00$$

Massa Molecular: MM

$$MM = \sum \bar{M}_A, \text{ uma}$$

Avogrado

$$6,02 \times 10^{23} = 1 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} = 6,02 \times 10^{23} = M \stackrel{?}{=} \bar{M}_A \text{ ou } MMg$$

$$\begin{matrix} 1 \text{ mol} & \text{---} & M \\ n & \text{---} & m \end{matrix}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

~~$$n = m \times M$$~~

~~$$n = \frac{V}{M}$$~~

Aula 1 e 2

Balanciamento estequiometria

M. cap. 3 Ex: 3.32, 3.39, 3.45, 3.46 ao 3.52

K. cap. 4 Ex: 7 ao 12, 14, 19

LC 10-12

## Fórmulas químicas

Assim como os átomos são representados por símbolos as moléculas serão representadas por fórmulas. Os tipos de fórmulas são:

- fórmula molecular

Ex:  $H_2O$ ,  $H_2O_2$

- fórmula mínima

Ex:  $H_2O$ ,  $HO$

- Moléculas iônicas (Neutralidade)

Ex:  $Na^+ PO_4^{3-}$

Ex:

$Na_3 PO_4$

Hidratos: são sais, geralmente iônicos, que possuem moléculas de água em seu retículo cristalino

Ex:  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $B_2Cl_2 \cdot 2H_2O$

Ex. 3.9 Mostertoni pag 61.

Um hidrato de Iodeto de magnésio possui fórmula  $MgI_2 \cdot x H_2O$ . Atim de determinar o valor de "x" foram aquecidos 1,628 g de hidrato até remoção de toda a água, onde anotou-se a massa de 1,072 g (de anidro). Qual o valor de x?





1 molec.                      1mol

$6,02 \cdot 10^{23}$                       1mol

1mol

n hidrato

n anidro

$$\begin{aligned} M_{\text{hidrato}} &= M_{\text{anidro}} \\ \frac{m_{\text{hidrato}}}{M_{\text{hidrato}}} &= \frac{m_{\text{anidro}}}{M_{\text{anidro}}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{hidrato}} = M_{\text{anidro}} + x M_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\frac{1,628}{(178,1 + x \cdot 18,02)} = \frac{1,072}{278,1}$$

$$(178,1 + x \cdot 18,02) \cdot 1,072 = 278,1 \cdot 1,628$$

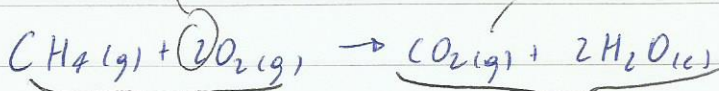
$$x = 8 \quad \text{MgI}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$$

### Equações Químicas

As reações químicas são representadas pelas equações químicas que devem seguir a lei de conservação das massas, conforme exemplo:

coeficiente estequiométrico

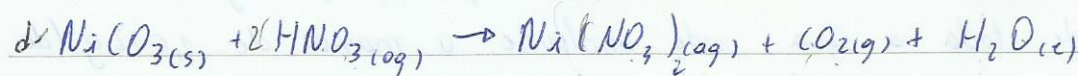
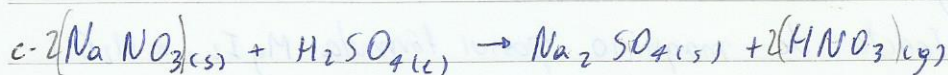
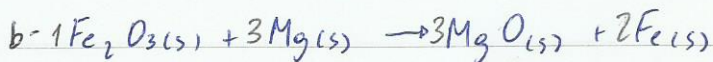
estado físico



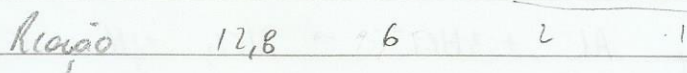
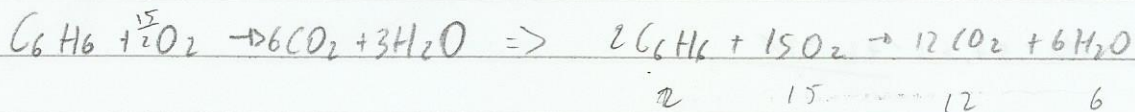
Antes da reação  
ocorrer - reagentes

após a reação  
ocorrer - produtos

Ex B Kotz - Balanceie as equações



## Relações em equações químicas



$$M_{\text{C}_6\text{H}_6} = 1000\text{g}$$

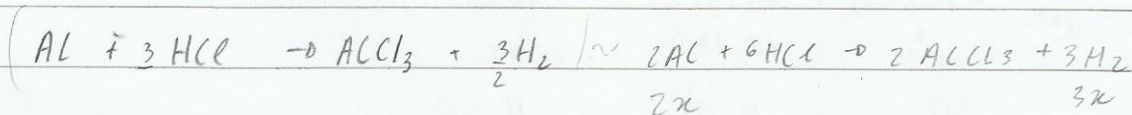
$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{1000\text{g}}{78,12\text{g/mol}} = 12,8\text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 96$$

$$m = n \cdot M \Rightarrow m_{\text{O}_2} = 96 \cdot 32 = 3072\text{g} \sim 3\text{kg}$$

pág 29

Ex: 16:



$$m_{\text{Al}} + m_{\text{Mg}} = 25\text{g}$$

$$\frac{m_{\text{H}_2}}{R_1} + \frac{m_2}{R_2} = 2,5\text{g}$$

$$\%W_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{m_{\text{amostra}}} \cdot 100 = \frac{2x \cdot 26,98}{25} \cdot 100$$

$$\%W_{\text{Mg}} = 100\% - \%W_{\text{Al}}$$

$$\begin{cases} 2x \cdot 26,98 + y \cdot 24,3 = 25 \\ (3x + y) \cdot 2,02 = 2,5 \end{cases} \sim$$

$$\begin{cases} 53,96x + 24,3y = 25 \\ 3x + y = 1,2376 \end{cases}$$

$$y = 1,2376 - 3x$$

$$53,96x + 24,3(1,2376 - 3x) = 25$$

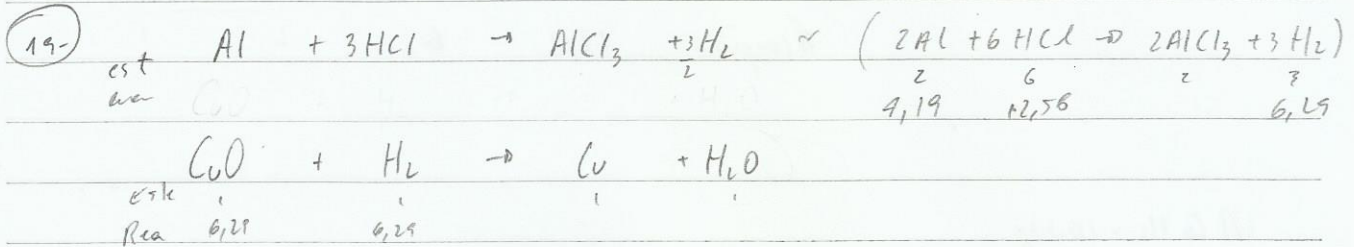
$$53,96x - 72,9x = -5,10736 \quad 188x = 18$$

$$x = 0,27\text{ mol}$$



$$\% W_{Al} = \frac{m_{Al}}{m_{mestura}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,267 \cdot 26,98}{25} \cdot 100 = 57,62\%$$

$$\% W_{mg} = 100 - 57,62 = 42,37\%$$



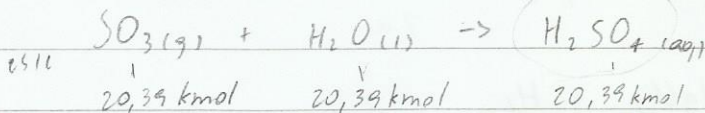
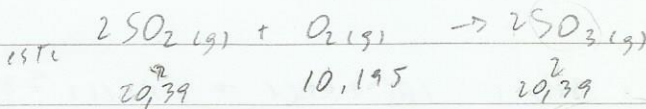
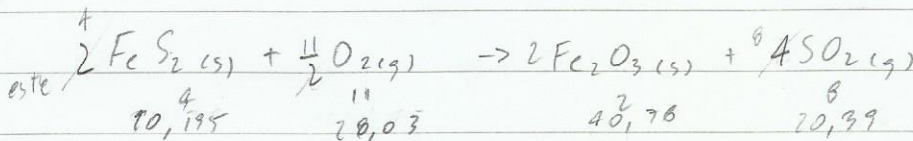
$$m_{CuO} = 500$$

$$m_{Al} = 26,98 \cdot 4,19 = 113,05 \text{ g}$$

$$n_{CuO} = \frac{500}{79,55} = 6,29 \text{ mol}$$

$$m_{HCl} = 12,56 \cdot 36,46 = 456 \text{ g}$$

21-



$$n_{H_2SO_4} = \frac{2000 \text{ kg}}{98,08 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 20,39 \text{ kmol}$$

$$\% \text{ pur} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_{\text{imp}}} \cdot 100$$

$$m_{FeS_2} = 10,195 \cdot 119,97 = 1223 \text{ kg}$$

$$n_{O_2} = 20,03 + 10,195 = 30,225 \text{ kmol}$$

$$m_{FeS_2} = 1223 - 50\%$$

$$30,225 \text{ kmol} - 21\%$$

$$m_{\text{pur}} = 100\%$$

$$n_2 - 79$$

$$n_2 = 143,00 \text{ kmol}$$

$$m_{\text{pivote}} = 2446 \text{ kg} \sim 2,45 \text{ t}$$

$$m_{\text{ar}} = 30,225 \cdot 32 + 143,0 \cdot 28,02$$

$$m_{\text{ar}} = 9257 \text{ kg} \sim 9,26 \text{ t}$$

# Aula 14

## Reagente Excesso e Limitante

M cop 3 Ex: 3,54 ao 3,57

K cop 4 Ex: 22 ao 30

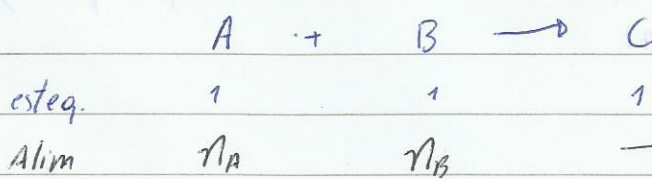
LC Ex: 25 ao 35

Ao realizarmos uma reação dificilmente iremos alimentá-la com as quantidades estequiométricas exatas. Com o objetivo de formar a maior quantidade possível do produto é comum adicionarmos uma quantidade maior, do que a estequiométricamente necessária, Se um dos reagentes, garantindo assim o consumo do outro.

Ao reagente adicionado em excesso chamamos Reagente em excesso (RE) E, ao outro reagente chamamos Reagente Limitante

### Verificação do RE e RL

Seja a reação:



$$n_A = \frac{n_{Alim}^A}{CE_A} = \frac{n_A}{1}$$

$$n_B = \frac{n_{Alim}^B}{CE_B} = \frac{n_B}{1}$$



Se  $n_A = n_B \Rightarrow$  Proporção estequiométrica



a quantidade em excesso é expressa pela porcentagem de RE a mais do teoricamente necessário:

$$\% RE_{exc} = \frac{(n_{alim}^{RE} - n_{teo}^{RE})}{n_{teo}^{RE}} \cdot 100$$

A eficiência da reação é medida pelo grau de complementação (GC), ou rendimento percentual:

$$GC = \frac{n_{RLcons}}{n_{RLalim}} \cdot 100 = \frac{n_{ProdReal}}{n_{ProdTeo}} \cdot 100$$

Podemos ainda expressar o comportamento de uma reação pelo grau de conversão dos reagentes (GCA)

$$GCA = \frac{n_{Acons}}{n_{Aalim}} \cdot 100$$

Ex 3.24 Masterton pag 63

$$n_{H_2} = 10 \text{ mol}$$

$$n_{Cl_2} = 12 \text{ mol}$$

	RL		RE	
	1 H <sub>2</sub>	+	1 Cl <sub>2</sub>	→ 2 HCl
esteq.	1		1	2
Alim.	10		12	—
Reação	10		10	20
Final	—		2	20

$$\% (Cl_2)_{RL} = \frac{(12-10)}{10} \cdot 100 = 20\%$$

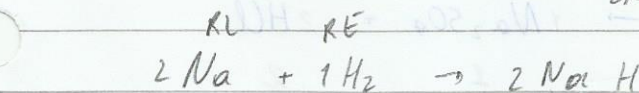
Ex 3.25 Masterton

$$n_{Na} = \frac{6,75}{23} = 0,29 \text{ mol}$$

$$m_{Na} = 6,75 \text{ g}$$

$$m_{H_2} = 3,03 \text{ g}$$

$$n_{H_2} = \frac{3,03}{2,02} = 1,5 \text{ mol}$$



esteq.	2	1	2
--------	---	---	---

Alim.	0,29	1,5	—
-------	------	-----	---

Reação

Final	0,29	0,145	0,29
-------	------	-------	------

Reação

Real	0,17	0,085	0,17
------	------	-------	------

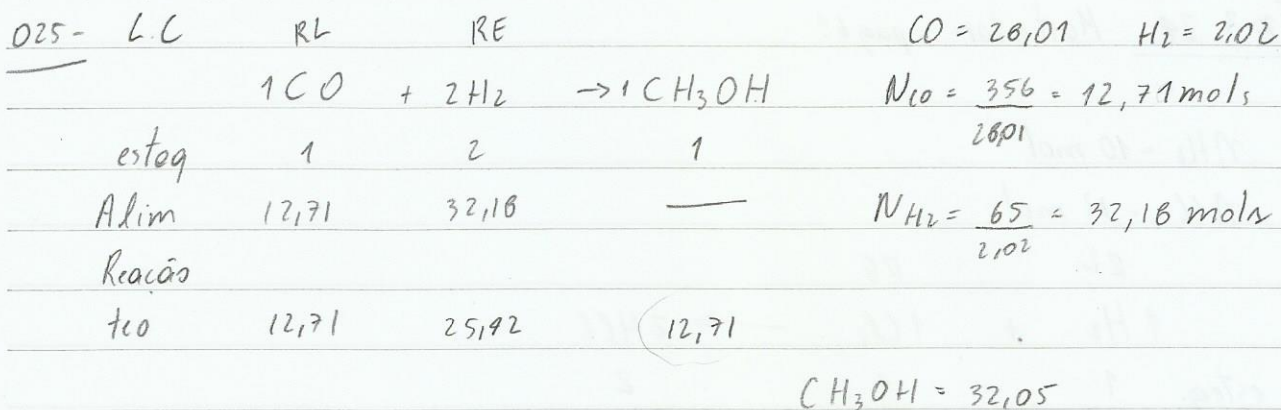
Final	0,12	1,415	0,17
-------	------	-------	------

$$\%_{H_2} = \frac{(1,5 - 0,145)}{0,145} \cdot 100 = 931,5\%$$

$$m_{NaH} = 4,0 \text{ g} \quad n_{NaH} = \frac{4,0}{24,01} = 0,17 \text{ mol}$$

$$GC = \frac{0,17}{0,29} \cdot 100 = 58,62\% \approx 59\%$$



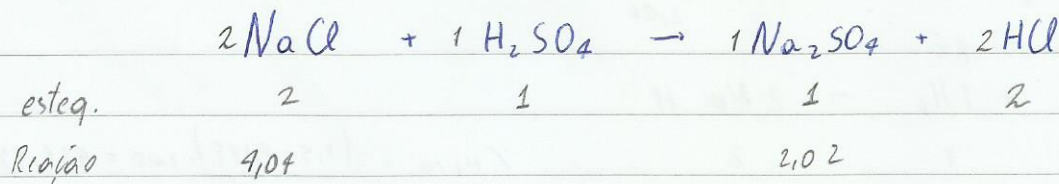


a)  $\% \text{H}_2 \text{exc} = \frac{(32,18 - 25,42)}{25,42} \cdot 100 = 26,59 \%$

b)  $n = \frac{m}{M}$       $m = n \cdot M$   
 $m = 12,71 \cdot 32,05 = 407,35$

### Exercícios

13-)



$m(\text{NaCl}) = 250 \text{ kg}$       $m(\text{NaCl})_{\text{pura}} = \frac{M_{\text{pura}}}{M_{\text{impu}}} \cdot 100 \therefore 94,5 = \frac{M}{250} \cdot 100 \Rightarrow M = 236,25 \text{ kg}$   
 % de pureza = 94,5%

$n(\text{NaCl}) = \frac{m}{M} = \frac{236,25}{58,45} = 4,04 \text{ kmol}$

$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,02 \text{ kmol}$

puro

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{puro}} = 2,02 \cdot 142,06 = 286,9612$

$286,9612 = 83,41\%$

$x = 100$

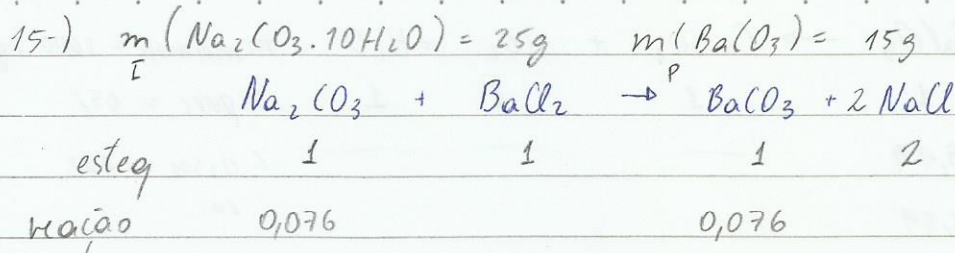
$\therefore x = 344,08 \text{ kg}$

spirab

Obs: Anidrido- Anidrido

Entro ou  
saio da reação  
de é puro

/ /



$$n(\text{Ba}(\text{O}_3)) = \frac{15}{197,33} = 0,076 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,076 \cdot 286,21 = 21,756 \text{ g}$$

puro

$$\% \text{ pura} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_{\text{impura}}} \cdot 100 \quad \therefore \% \text{ pureza} = \frac{21,756}{25} \cdot 100 = 87,02\%$$

→ Para transformar mármore em gesso precisamos atacá-lo com ácido sulfúrico segundo a reação:



Se forem utilizados 1 tonelada de mármore, contendo 85% em massa de  $\text{CaCO}_3$  e 40% de excesso de ácido. Sabendo que o grau de conversão do  $\text{H}_2\text{O}_4$  é de 50% determinar:

- Qual a massa de solução de ácido sulfúrico a 98% de massa alimentada
- Qual a massa de gesso contendo 90% em massa de  $\text{CaCO}_4$ , pode ser produzida pelo sistema
- Qual o grau de complementação da reação?



	RE	RL			
	$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$				
estq	1	1	1	1	1
aliment	11,89	8,99			
reac <sub>o</sub> sto	8,99	8,99			
reac <sub>o</sub> nd	5,99	5,99	5,99		

$m_{marmor} = 1000 \text{ kg}$   
 $\% \text{ pura} = 85\%$   
 $\% H_2SO_4 = 40\%$   
 $GC_{H_2SO_4} = 50\%$

$$\% \text{ pura} = \frac{M_{\text{pura}}}{M_{\text{impura}}} \cdot 100 \quad \therefore 85 = \frac{m_e}{1000} \cdot 100 \quad \therefore m_{CaCO_3 \text{ puro}} = 850 \text{ kg}$$

$$n_{CaCO_3} = \frac{850}{100,09} = 8,49 \text{ kmol}$$

$$\% \text{ exc} = \frac{|n_{\text{realim}} - n_{\text{reteo}}|}{n_{\text{reteo}}} \cdot 100 = 40 = \frac{|n_{\text{realim}} - 8,49|}{8,49} \cdot 100 \quad \therefore n_{\text{re}} = 11,89 \text{ kmol}$$

$$m_{H_2SO_4 \text{ puro}} = 11,89 \cdot 98,08 = 1166 \text{ kg}$$

$$\frac{1166 - 98}{x} = 100 \quad \therefore x = 1190 \sim 1,2 \text{ t}$$

$$b) \quad GC_A = \frac{n_{A \text{ con}}}{n_{A \text{ lin}}} \cdot 100 \quad \therefore 50 = \frac{n_{\text{con}}}{11,89} \cdot 100 \quad \therefore n_{\text{con}} = 5,99 \text{ kmol}$$

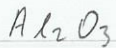
$$m_{CaSO_4 \text{ puro}} = 5,99 \cdot 136,14 = 808 \text{ kg}$$

$$\frac{808 \text{ kg} - 40\%}{m_{\text{gen}} \cdot 100} = 100 \quad \therefore m_{\text{gen}} = 896 \text{ kg} \sim 0,9 \text{ t}$$

$$GC = \frac{n_{\text{con}}}{n_{\text{realim}}} \cdot 100 = \frac{5,99}{11,89} \cdot 100 = 69,96\%$$

$$m(\text{Bauxita}) = 100 \text{ t}$$

$$\% \text{ Al} = 28\% \\ \text{Bauxita}$$



$$m_{\text{Al}} = 0,28 \cdot 100 = 28 \text{ t}$$

a.)

$$\text{Base de cálculo} = 1 \text{ mol } \text{Al}_2\text{O}_3 = 101,96 \text{ g}$$

$$\rightarrow 2 \text{ mol Al} = 26,98 \cdot 2 = 53,96 \text{ g}$$

$$\% \text{ Al} = \frac{m_{\text{com}}}{m_{\text{total}}} = \frac{53,96}{101,96} \cdot 100 = 52,92$$

$$28 \text{ t} - 52,92 \\ m_{\text{Al}_2\text{O}_3} - 100$$

$$\therefore m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \underline{52,91 \text{ t}}$$

$$b) \quad n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{52910}{101,96} = 518,93 \text{ kmol}$$

$$\text{razão alimentação} \quad \text{Al}_2\text{O}_3 \quad \text{NaOH} \\ 1 \quad - \quad 5$$

$$\text{Alim} \quad 518,93 \quad - \quad n_{\text{NaOH}} \quad \therefore n_{\text{NaOH}} = 2594,64 \\ \text{puro}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 2594,64 \cdot 40,01 = 103812 \text{ kg}$$

$$\% w_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100 = D \quad m = \frac{m_i}{\% w_i} \cdot 100 = \frac{103812}{50} \cdot 100 = 207623 \text{ kg} \sim 207,6 \text{ t}$$



	RL	RE	
c)	$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4]$		
esteg	1	2	3
Alim	90% 518,93	2594,64	Exc
Real	467,04	934,074	934,074
Final		1660,57	934,074

$m_{NaOH} = 1660,57 \cdot 10,01 = 66939,24 \approx 66,9 \text{ t}$   
 sobra

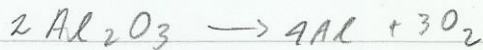
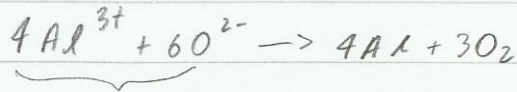
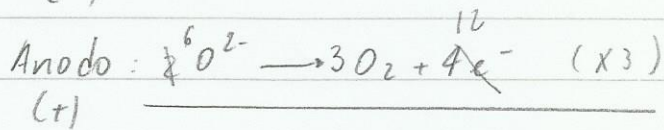
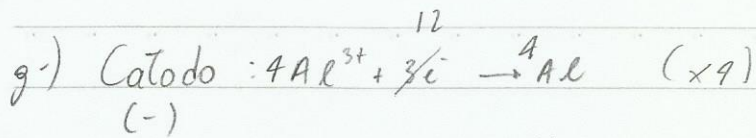
	RL	RE
d)	$[Al(OH)_4]^- + NH_4^+ \rightarrow Al(OH)_3 + NH_3 + H_2O$	
esteg	1	1
Alim	85% 934,08	
Real	793,97	793,97
Final		793,97

$m_{Al(OH)_3} = 793,97 \cdot 70,01 = 61937,44 \text{ kg} \approx 62 \text{ t}$

	RL	RE
e)	$2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$	
esteg	2	1
Alim	793,97	
Real	97% 770,15	385,07
Final		385,07

$m_{Al_2O_3} = 385,07 \cdot 101,96 = 39262 \text{ kg} \approx 39 \text{ t}$

%  $Al_2O_3 = \frac{39262}{52910} \cdot 100 = 74\%$   
 Recp. 52910



h)

Alim	365,07	
Red	381,7	769,4

$m_{Al} = 769,4 \cdot 26,98 = 20737 \text{ kg}$

i)  $\% Al = \frac{20737}{28000} \cdot 100 = 74\%$   
 introída

j)  $1g Al - 60 \text{ kJ}$   
 $20737 \cdot 10^3 - x$   
 $x = 1,25 \cdot 10^9 \text{ kJ}$

1 kWh - 3,6 kJ       $y = 347 \cdot 10^6 \text{ kWh}$   
 y      —       $1,25 \cdot 10^9$



## Química Geral I frente II

As principais grandezas utilizadas na Química

- massa
- volume
- número de mol

Massa (m)

- Fração mássica ( $w_i$ )

$$w_i = \frac{m_i}{m_T}$$

onde:  $m_i$  = massa do componente  $i$   
 $m_T$  = massa total da mistura

- % massa (%  $w_i$ )

$$\% w_i = \frac{m_i}{m_T} \times 100$$

ou

$$\% w_i = w_i \times 100$$

Volume (v)

- Fração volumétrica ( $\phi_i$ )

$$\phi_i = \frac{v_i}{v_T}$$

onde:  $v_i$   $\Rightarrow$  volume do componente " $i$ "  
 $v_T$   $\Rightarrow$  volume total teórico

Obs.: Volume total teórico é a soma dos volumes de cada componente da mistura

• % volume:

$$\% \text{ volume}_i = \frac{V_i}{V_T} \cdot 100$$

ou

$$\% \text{ volume}_i = \phi_i \cdot 100$$

• densidade ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\frac{g}{cm^3}$  ou  $\frac{g}{m^3}$  } sólidos e líquidos     $\frac{g}{L}$  } gases

• volume específico ( $v$ )

$$v = \frac{V}{m}$$

ou

$$v = \frac{1}{\rho}$$

• número de mols ( $n$ )

$$n = \frac{m}{M}$$

onde:  $m \rightarrow$  massa (g)

$M \rightarrow$  massa molar (g/mol)

• Fração molar ( $z$ )

$$z_i = \frac{n_i}{n_T}$$

onde:  $n_i \Rightarrow$  número de mols do componente " $i$ "

$n_T \Rightarrow$  número de mols total (soma dos números de mols de cada componente)

% molar

$$\% \text{ molar}_i = \frac{n_i}{n_T} \cdot 100$$

ou

$$\% \text{ molar}_i = z_i \cdot 100$$



/ /

→ Volume molar ( $V_{\text{molar}}$ ) → É o volume ocupado por 1 mol de substância. Quando a substância for gás e estiver nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) o volume molar será igual a 22,4L

Nas CNTP a  $P = 1 \text{ atm}$

$$t = 0^\circ\text{C}; T = 273 \text{ K}$$

→ % pureza

$$\% \text{ pureza}_x = \frac{m_i}{m_T} \cdot 100$$

onde:  $m_i \Rightarrow$  massa da substância pura

$m_T \Rightarrow$  massa da substância impura, ou seja,

$$m_T = m_i + m_{\text{impurezas}}$$

Exercício

" Realizar os ex. 4, 5, 7 e 8 "

Ex 6, pag 27: A cafeína,  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ , é um estimulante encontrado no chá e no café. Uma solução em cloroformo,  $\text{CHCl}_3$ , contém 33,4% em massa de cafeína. Calcule as frações molares de cada substância na solução.

Dado:  $P_A \Rightarrow \text{C} = 12; \text{O} = 16; \text{N} = 14; \text{H} = 1; \text{Cl} = 35,5$

$$\% W_i: \text{cafeína} = \frac{m_{\text{cafeína}}}{m_{\text{total}}} \cdot 100 = 33,4\%$$

$$m_{\text{total}} = m_{\text{cafeína}} + m_{\text{cloroformo}}$$

Base de Cálculo  $\Rightarrow$  BC

BC = 100g de solução (cafeína + cloroformo)

$$M_{\text{CHCl}_3} = 1 \cdot 12 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 35,5 = 119,5 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2} = 12 \cdot 8 + 10 + 14 \cdot 4 + 16 \cdot 2 = 194 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{total}} = 313,5 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{CHCl}_3} = \frac{66,6}{119,5} = 0,557$$

$$n_{\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2} = \frac{33,9}{194} = 0,172$$

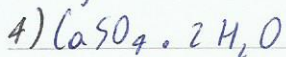
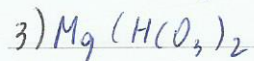
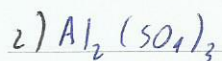
$$n_t = 0,557 + 0,172 = 0,749$$

$$x_{\text{CHCl}_3} = \frac{0,557}{0,749} = 0,744 \quad (\text{Fração molar do cloroformo})$$

$$x_{\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2} = \frac{0,172}{0,749} = 0,23 \quad (\text{Fração molar da cafeína})$$

{ Pode calcular a fração molar do segundo elemento realizando a subtração de  $1 -$  "a fração molar do primeiro elemento" }

### Revisão de Cálculo de Massa Molar



Dados: PA  $\Rightarrow$  Ca = 40, S = 32, O = 16, Al = 27

Mg = 24, H = 1, C = 12

1-) 136 g/mol    2-) 342 g/mol    3-) 146 g/mol    4-) 171 g/mol



## Balanciamento de reações de Oxidação-redução

### Reações de oxidação-redução

São reações em que ocorre variações do número de Oxidação (Nox) de elemento do produto e do reagente. Nestas reações, ocorrem transferência de elétrons.

### Número de Oxidação (Nox)

O Nox é representado por cargas teóricas de um elemento químico. São cargas teóricas pois não podem ser determinadas experimentalmente.

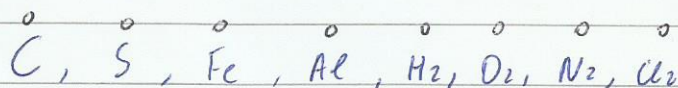
compostos iônicos:  $\text{NaCl} \rightarrow \overset{+1}{\text{Na}} + \overset{-1}{\text{Cl}}$

compostos covalente:  $\overset{+1}{\text{H}} - \overset{-1}{\text{Cl}}$

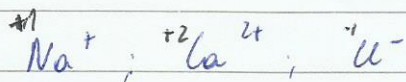
### Atribuição do Nox dos elementos

Para a atribuição do Nox dos elementos, existem as seguintes regras:

1) O elemento em seu estado fundamental apresenta Nox igual a zero



2) íons mono atômico apresentam Nox igual a sua carga



3) Muitos elementos apresentam quase sempre o mesmo Nox

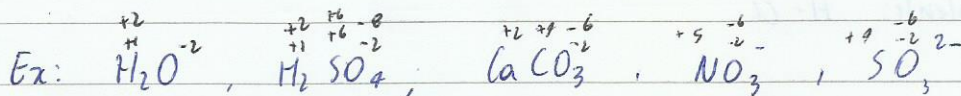
Hidrogênio  $\left\{ \begin{array}{l} (+1) \text{ grande maioria dos casos} \\ 0 \Rightarrow \text{H}_2 \\ -1 \Rightarrow \text{hidrato Metálico (NaH)} \end{array} \right.$

Oxigênio  $\left\{ \begin{array}{l} -2 \Rightarrow \text{grande maioria dos casos} \\ 0 \Rightarrow O_2 \\ -1 \Rightarrow \text{Peróxido (H}_2O_2) \end{array} \right.$

Sódio, Potássio  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \text{ grande maioria dos casos} \\ \text{Lítio} \quad \quad \quad 0 \text{ - metal} \end{array} \right.$

Cálcio, Magnésio  $\left\{ \begin{array}{l} (+2) \text{ grande maioria dos casos} \\ \text{Bário} \quad \quad \quad 0 \Rightarrow \text{metal} \end{array} \right.$

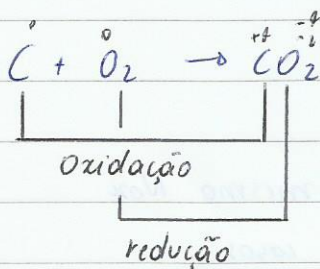
4) A soma dos Números de oxidação de uma molécula sempre será zero. A soma do número de nox de um íon poliatômico sempre será igual a carga deste íon.



### Oxidação e Redução

Oxidação  $\rightarrow$  ocorre quando o elemento aumenta o Nox, ou seja, perde elétrons

Redução  $\rightarrow$  ocorre quando o elemento diminui o Nox, ou seja, ganha elétrons

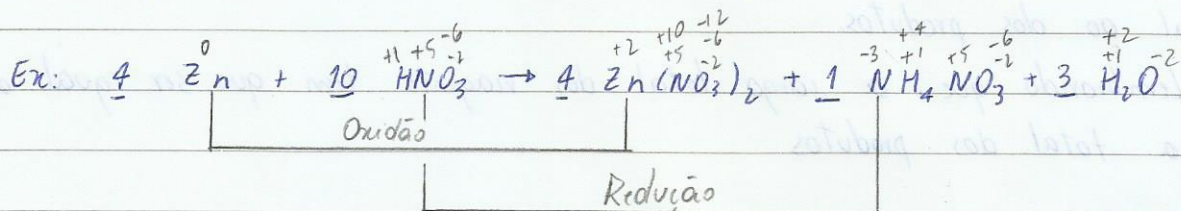




## Agente oxidante e Agente redutor

Agente oxidante → É o elemento que provoca a oxidação do outro elemento, ou seja, o agente oxidante sofre a redução.

Agente redutor → É o elemento que provoca a redução do outro elemento, ou seja, o agente redutor sofre a ~~redução~~ oxidação.



Agente redutor: Zn

Agente oxidante: HNO<sub>3</sub>

## Balanciamento das reações de oxi-redução

O balançamento pelo método simplificado é realizado nas seguintes etapas:

1) Atribuir o Nox a todos os elementos, participantes na reação, e verificar quais elementos apresentam variação do Nox.

2) Para cada elemento que apresenta variação do nox, calcular esta variação (Δ)

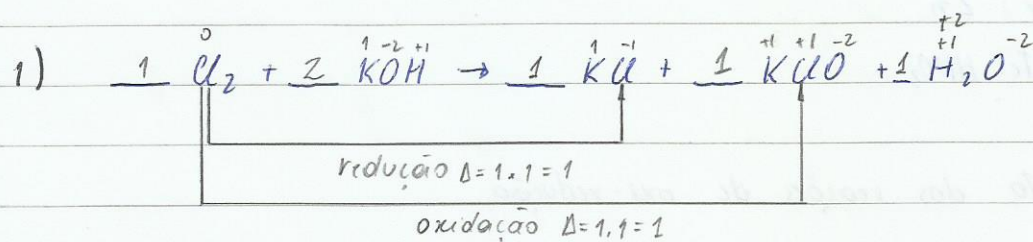
Δ =	Nox do elemento reagente	-	Nox do elemento produto
-----	--------------------------	---	-------------------------

3) Multiplicar esta variação pelo número de átomos envolvidos.

4) O resultado obtido para o elemento que sofre a redução, será o coeficiente do elemento que sofre a oxidação, e vice-versa.

5) Balancear os demais coeficientes estequiométricos de forma que o número de átomos de um determinado elemento nos reagentes seja igual ao dos produtos.

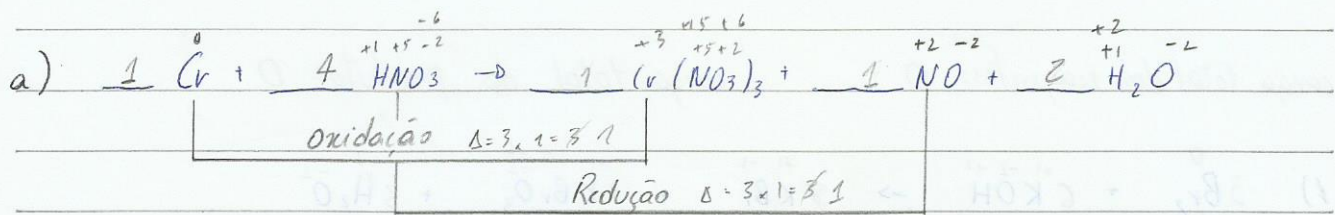
Lembrando que, a carga total dos reagentes tem que ser igual a carga total dos produtos





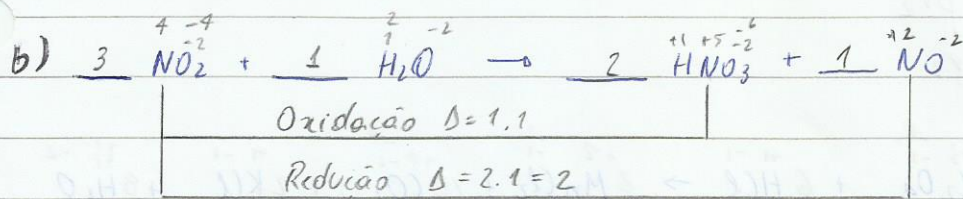
$\overset{+5}{\text{N}} \overset{-2}{\text{O}_3}$  nitrato Ni x 5: só se tiver emparelhado / / de nitrato

Ex. 9 pg 28  $\overset{+6}{\text{S}} \overset{-2}{\text{O}_4}$  sulfato



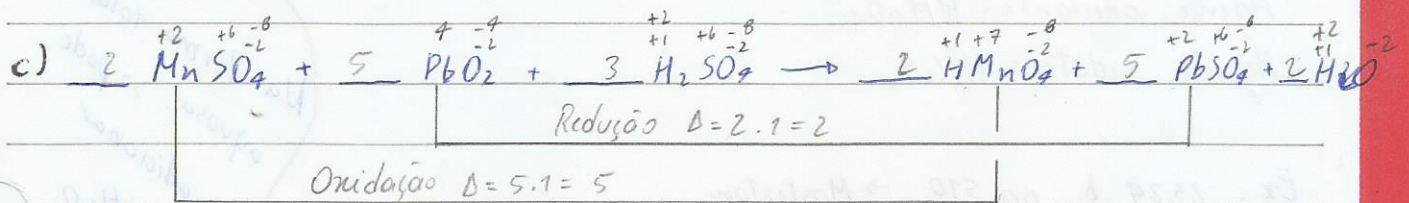
Agente redutor: Cr

Agente oxidante: HNO<sub>3</sub>



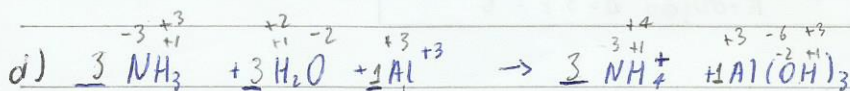
Agente oxidante: NO<sub>2</sub>

Agente redutor: NO<sub>2</sub>

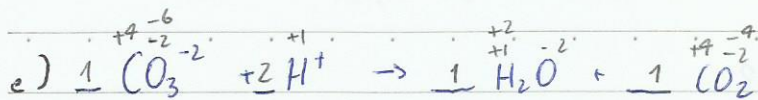


Agente oxidante: PbO<sub>2</sub>

Agente redutor: MnSO<sub>4</sub>

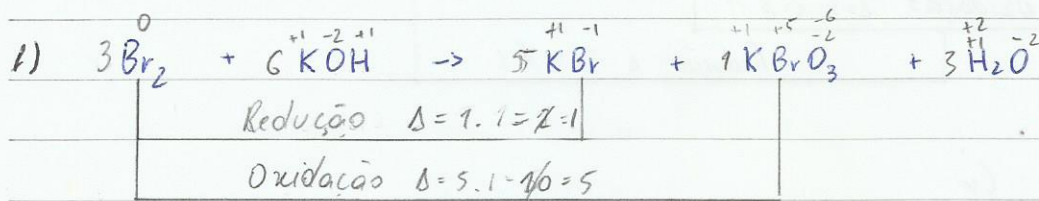


Carga total dos reagentes = 3+ carga total do produto = 3+



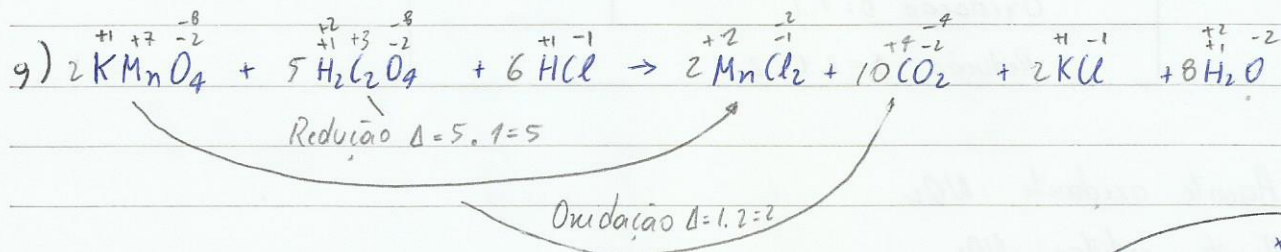
carga total dos reagentes: 0

carga total do produto: 0



Agente oxidante:  $\text{Br}_2$

Agente redutor:  $\text{Br}_2$

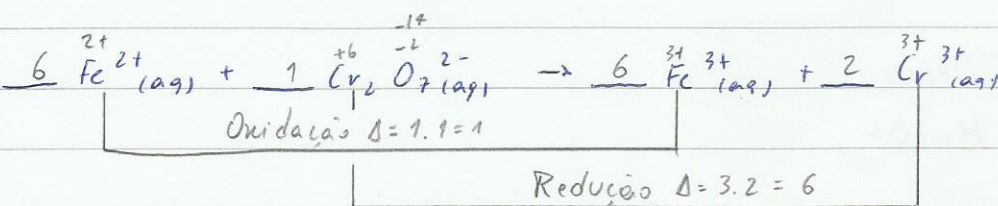


Agente oxidante:  $\text{KMnO}_4$

Agente redutor:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

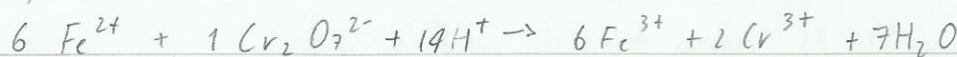
Na forma totalmente aquosa, só pode adicionar  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{H}^+$

Ex. 23,29 b pg 510 → Masterton



Agente oxidante:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

Agente Redutor =  $\text{Fe}^{2+}$



Carga t. dos reagentes:

24 (+)

Carga t. dos produto

24 (+)



/ /

# Obtenção dos elementos químicos

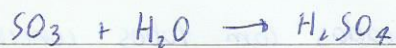
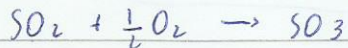
## Capítulo 4 - Masterton

### • Não metálicos

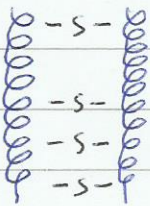
- Enxofre
- Hidrogênio
- Cloro

### • Enxofre (S)

- Principais usos do S
  - Produção do ácido sulfúrico



### → Vulcanização da Borracha



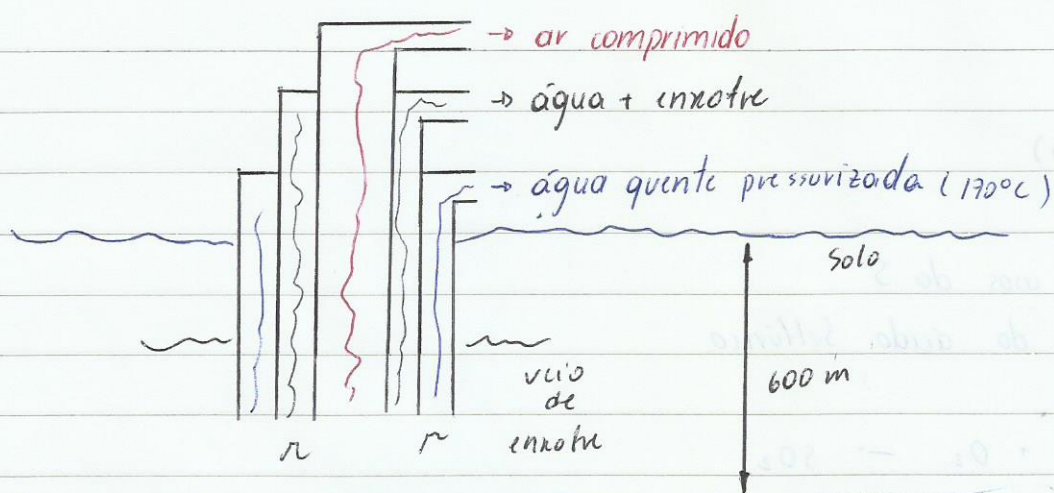
poliesoprino

- Indústria Farmacêutica
- Polvora

## Processo de produção

### ⇒ Processo FIASH

É empregado para a extração direta do enxofre na forma de veios em regiões vulcânicas com profundidades máximas de 600 m



As sondas de extração, são fabricadas com tubos concêntricos, que injetam água quente pressurizada e ar comprimido, com o objetivo de fundir e facilitar a extração do enxofre que é encaminhado para outra sonda próxima do local temperatura de fusão do enxofre é igual a 140°C

### ⇒ Processo Claus

O processo Claus é empregado para a produção de enxofre a partir do  $H_2S$  presente no petróleo e consiste na reação do  $H_2S$  com quantidade controlada de oxigênio





- Hidrogênio ( $H_2$ )

⇒ Principais uso:

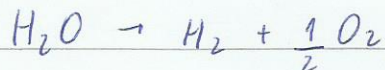
- Hidrogenação de compostos orgânicos insaturados  
Hidrogenação de óleos vegetais (margarina)

⇒ Principal processo de obtenção do hidrogênio consiste em reagir o metano ( $CH_4$ ) com água

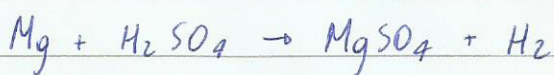


Outros processo de obtenção

→ Eletrolise da água (invóluculo economicamente)



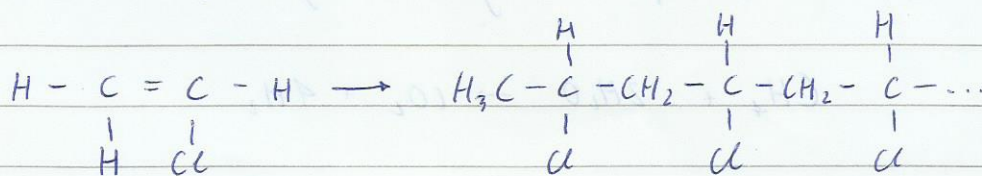
→ Reação de um metal com um ácido



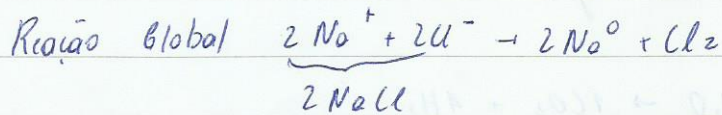
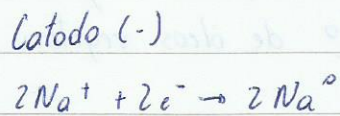
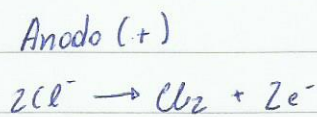
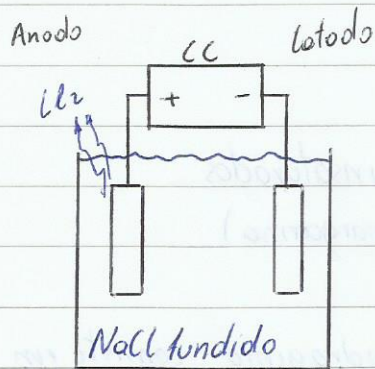
- cloro ( $Cl_2$ )

Principal uso:

Fabricação do PVC → poli cloreto de vinila

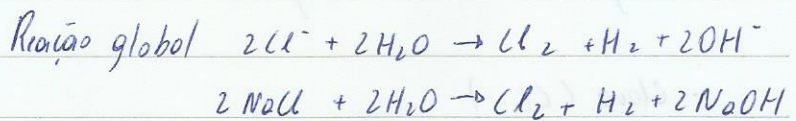
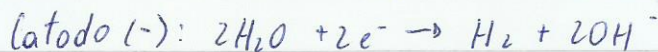
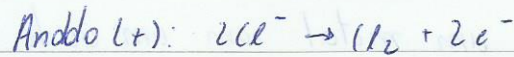
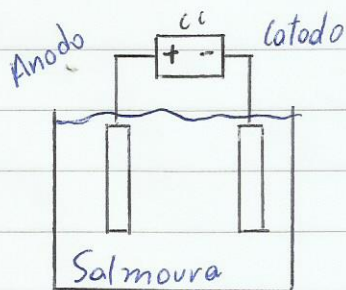


→ Eletrolise do NaCl fundido



→ Eletrolise da Salmora

Salmora → Solução aquosa de NaCl a 5% em massa



Exercício: Suponha que 1 kg de  $CH_4$  seja reagido com 2 kg de água para a produção de gás hidrogênio, conforme a reação:





Pede-se

a) o RL e o RE

b) % RE e n.c

c) a massa teórica de gás hidrogênio obtida

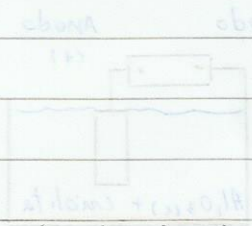
Dados: PA  $\Rightarrow$  C=12; O=16; H=1

	RE	RL		
	$CH_4$	$+ 2H_2O$	$\rightarrow$	$CO_2 + 4H_2$
esteq.	1	2		1 4
Alim	62,5	111,11		
Reação t.c	55,55	111,11	55,55	222,22

$CH_4 = 16$   
 $H_2O = 18$   
 $NCH_4 = \frac{1000}{16} = 62,5$   
 $NH_2O = \frac{2000}{18} = 111,11$

$$\% RE_{c.c} = \frac{(62,5 - 55,55)}{55,55} \cdot 100 = 12,51\%$$

$$n = \frac{m}{M} \quad m = nM = 222,22 \cdot 2 = 444,44 \text{ g}$$



## Obtenção dos elementos metálicos

- Alumínio
- Ferro
- Cobre

### Alumínio

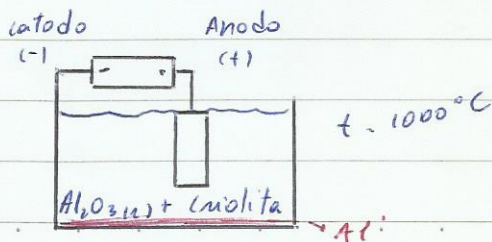
Principal minério: Bauxita  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Al}_2\text{O}_3 \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ \text{SiO}_2 \end{array} \right.$

A separação do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dos demais componentes da Bauxita é realizada adicionando-se uma solução de hidróxido de sódio concentrado, onde ocorrerá a formação do  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Esta mistura é aquecida, sendo o  $\text{Al}(\text{OH})_3$  solúvel e os demais componentes insolúveis. A separação é realizada por filtração onde o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e o  $\text{SiO}_2$  são retidos. A solução obtida é resfriada e diluída com água onde ocorre a precipitação do  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

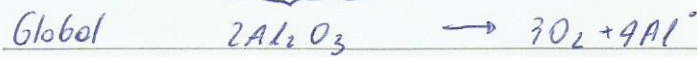
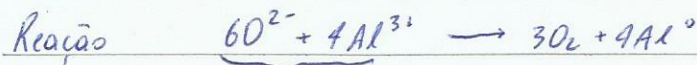
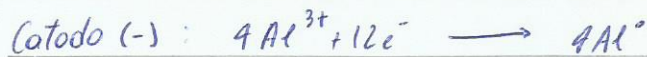
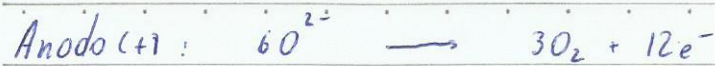
O  $\text{Al}(\text{OH})_3$  é aquecido em presença de oxigênio, onde ocorre a seguinte reação:



O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  obtido, é submetido a eletrólise. Para reduzir a temperatura de fusão do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  adiciona-se a criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ).







## Ferro e Aço

Principal minério: Hematita  $\left\{ \begin{array}{l} Fe_2O_3 \\ SiO_2 \end{array} \right.$

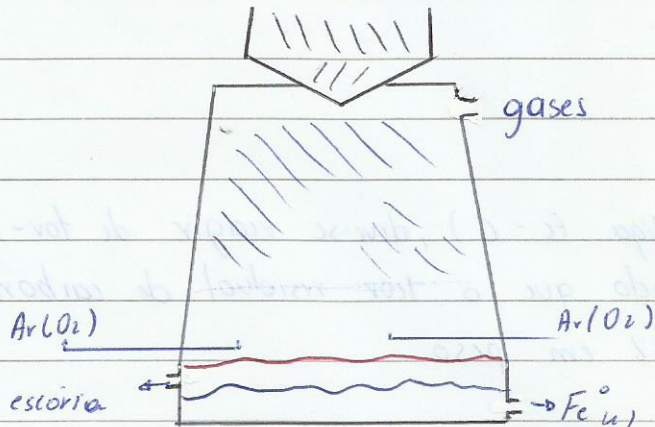
O processo de obtenção do Ferro gusa ( $Fe^0$ ) a partir da hematita é denominado processo Siderúrgico

Hematita

Coque

Calciário

Co



Coque  $\Rightarrow$  Carvão mineral "tratado"

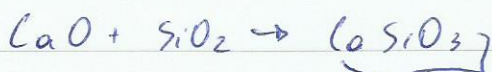
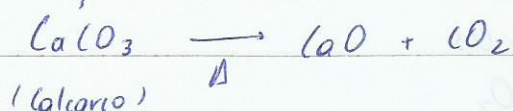
$\left\{ \begin{array}{l} \text{mais poder calorífico} \\ \text{mais resistência mecânica} \end{array} \right.$

## Reações:

para produção do Ferro:



• formação da escória



Silicato de cálcio

Indústria de cimento

A separação do Ferro gusa e da escória é feita por densidade, pois:

$$\rho_{escória} < \rho_{ferro\ gusa}$$

Para a obtenção do Aço (liga Fe-C), deve-se reagir de forma controlada oxigênio, de modo que o teor residual de carbono no Aço seja de no máximo 2% em peso





## Cobre

Minério: Calcocita  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Vários componentes} \\ \text{Cu}_2\text{S} \quad (1\% \text{ em peso}) \end{array} \right.$

A obtenção do cobre a partir da Calcocita é realizada em 3 etapas:

### 1) Flotação

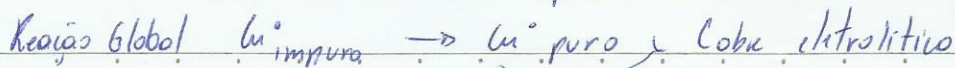
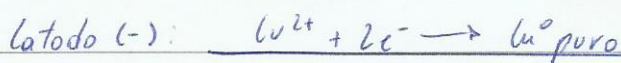
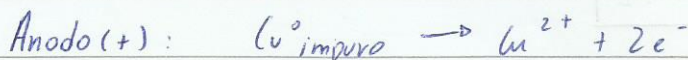
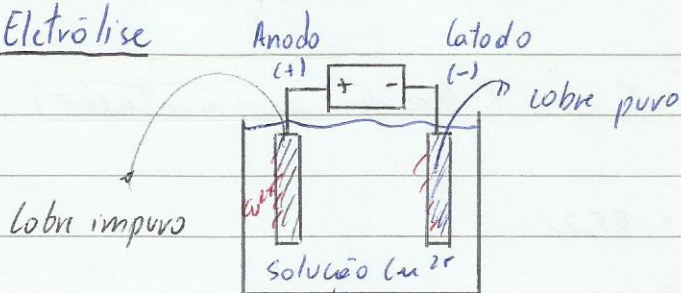
A flotação consiste na adição do minério em um tanque com água, óleo e detergente. Neste tanque é injetado pequenas bolhas de ar, que irão carrear o  $\text{Cu}_2\text{S}$ , separando-o dos outros componentes.

### 2) Ustulação:

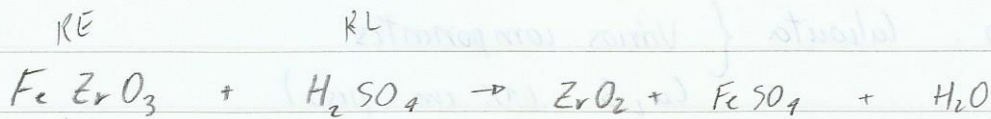
É a reação controlada do  $\text{Cu}_2\text{S}$  com o  $\text{O}_2$  do ar



### 3) Eletrolise



Ex 34 pág. 34 - Apostila



- $m \text{FeZrO}_3 = 7,0 \text{ t}$        $m \text{H}_2\text{SO}_4 = 3,43 \text{ t}$        $m \text{ZrO}_2 = 3,7 \text{ t}$
- Pede-se: a) RE  
b) % RE ex  
c) grau de implementação (vnde da reação)  
d) Grau de conversão

$$\begin{aligned} \text{FeZrO}_3 &= 195 & n \text{FeZrO}_3 &= 7000 / 195 = 40 \text{ kmol} \\ \text{H}_2\text{SO}_4 &= 98 & n \text{H}_2\text{SO}_4 &= 3430 / 98 = 35 \text{ kmol} \\ \text{ZrO}_2 &= 123,2 & n \text{ZrO}_2 &= 3700 / 123,2 = 30 \text{ kmol} \end{aligned}$$

esteg	1	1	1	1	1
Alim	40	35			
Reação teo	35	35	35	35	35
Reação Real	30	30	30	30	30
	10	5			

b) % RE ex =  $\left( \frac{40 - 35}{35} \right) \cdot 100 = 14,28\%$

c) % GC =  $\frac{30}{35} \cdot 100 = 85,7\%$  (Grau de implementação)

d) % GC  $\text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{30}{35} \cdot 100 = 85,7\%$

Sempre:  $\% \text{GC} = \% \text{GC}_{\text{RL}}$

% GC  $\text{FeZrO}_3 = \frac{30}{40} \cdot 100 = 75\%$



## Exercícios Extras

Ex: 16 e 17

1- O tratamento de 100 kg de um mineral de Cobre produziu 75,4 kg de uma mistura contendo cobre com 89,5% de pureza. Se o mineral é composto de  $\text{Cu}_2\text{S}$  e  $\text{CuS}$  com 11% de impurezas inertes. Calcular a % em massa de  $\text{Cu}_2\text{S}$  no minério. As equações não balanceadas são:



Dados: PA: Cu = 63,55

S = 32,06

O = 16,01

$$m_{\text{Cu produzido}} = 75,4 \text{ kg} \quad ; \quad \text{lomo } \% \text{ pu} = \frac{M_{\text{puro}}}{m_{\text{m}}}, 100$$

$$m_{\text{Cu produzido}} = 75,4 \cdot \frac{89,5}{100} = 67,5 \text{ kg} \quad \therefore m_{\text{Cu produzido}} = m_{\text{Cu}(\text{Cu}_2\text{S})} + m_{\text{Cu}(\text{CuS})} \quad \text{I}$$

$$\text{Mineral } \left\{ \begin{array}{l} \text{Cu}_2\text{S} \\ \text{CuS} \\ \text{Impurezas} = 11\% \end{array} \right\} (100 - 11) = 89\%$$

100 kg

$$M_{\text{Cu}_2\text{S}} = 159,16 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{CuS}} = 95,61 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{Cu}_2\text{S}} + m_{\text{CuS}} = 0,89 \cdot 100 = 89 \text{ kg} \quad \text{II}$$

De acordo com a reação sabemos que



$$159,16 \text{ g} \quad \text{---} \quad 2 \cdot 63,55$$

$$m_{\text{Cu}_2\text{S}} \quad \text{---} \quad m_{\text{Cu}(\text{Cu}_2\text{S})}$$

$$m_{\text{Cu}(\text{Cu}_2\text{S})} = \frac{2 \cdot 63,55 \cdot m_{\text{Cu}_2\text{S}}}{159,16} \quad \text{III} \quad 1 \text{mol CuS} \quad \text{---} \quad 1 \text{mol Cu}$$

$$95,61 \text{ g} \quad \text{---} \quad 63,55 \text{ g}$$

$$m_{\text{CuS}} \quad \text{---} \quad m_{\text{Cu}(\text{CuS})}$$

$$m_{Cu} (m_A) = \frac{63,55 \text{ m}_{CuS}}{95,61} \quad \text{IV}$$

Substitui as eq (III) e (IV) na eq (I)

$$\frac{2 \times 63,55}{159,16} \times m_{CuS} + \frac{63,55}{95,61} m_{CuS} = 67,5$$

Lembrando que

$$m_{CuS} = 89 - m_{Cu_2S}$$

Substituindo na eq. anterior

$$\frac{2 \times 63,55}{159,16} \cdot m_{Cu_2S} + \frac{63,55}{95,61} (89 - m_{Cu_2S}) = 67,5$$

$$\therefore m_{Cu_2S} = 62 \text{ kg}$$

$$\% m = \frac{62}{100} \cdot 100 = 62\%$$

35

(2-) Duas das reações que ocorrem em um alto forno, no qual o minério de ferro é convertido em ferro fundido

É alimentado aqui



Tudo que é produzido aqui

$$GC = 96\%$$



$$GC = 90\%$$

Não possui RE

Foram obtido 1,64t de Fe a partir de 4,0t de minério de ferro contendo  $Fe_2O_3$ . Sabendo que o gás oxigênio ( $O_2$ ) foi alimentado estequiometricamente na 1ª reação e que há 10% de excesso de CO na 2ª reação



Determine

- a) a massa de C (em kg) no processo
- b) a % de pureza de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no minério de Ferro
- c) a massa de CO (em kg) produzida na 1ª reação

Dado  $\text{Fe} = 55,85$

$\text{C} = 12,01$

$\text{O} = 16,01$

	RL $\text{Fe}_2\text{O}_3$		RE $3\text{CO}$	$\rightarrow$	$2\text{Fe}$	$+ 3\text{CO}_2$	
$n_{\text{alim}}$	16,31		53,83		—		(Antes da reação)
$n_{\text{teo}}$	16,31		48,94		32,62	48,94	(Pode utilizar a relação)
$n_{\text{reox/produz}}$					29,36		( " " )
$n_{\text{final}}$							

$$GC = \frac{n_{\text{produzido}}}{n_{\text{teórico}}} \cdot 100 \quad \text{Obtido} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{1640}{55,85} = 29,36$$

$$90 = \frac{29,36}{n_{\text{teo}}} \cdot 100 \quad \therefore n_{\text{teo}}(\text{Fe}) = 32,62$$

$$\% \text{ de pureza} = \frac{|n_{\text{alim}} - n_{\text{teo}}|}{n_{\text{teo}}} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad 10 = \frac{|n_{\text{alim}} - 48,94|}{48,94} \cdot 100 \quad \therefore n_{\text{alim}} = 53,83 \text{ kmol}$$

b)  $n(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{\text{alim}} = 16,31$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 16,31 \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 16,31 \cdot 159,7 = 2605,2 \text{ kg}$$

$$\% \text{ pureza} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_{\text{impuro}}} \cdot 100 = \frac{2605,2}{4000} \cdot 100 = 65,1\%$$

$$c) \underset{1^{\text{a}} \text{ reação}}{m(\text{CO}) \text{ produzido}} = \underset{2^{\text{a}} \text{ reação}}{m(\text{CO}) \text{ alimentado}}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$M_{\text{CO}} = 12,01 + 16,01 = 28,02 \text{ kg/kmol}$$

$$m_{\text{CO alim.}} = 28,02 \cdot 53,82 = \underline{1508 \text{ kg}}$$

	2C	+ O <sub>2</sub>	→ 2CO
n <sub>alim</sub>	56,06	28,03	
n <sub>teo</sub>	56,06	28,03	56,06
n <sub>max/produ</sub>			53,82
n <sub>finol</sub>			

$$\% \text{ GC} = \frac{n_{\text{CO obtido}}}{n_{\text{CO teorico}}} \cdot 100 \Rightarrow 96 = \frac{53,82}{n_{\text{CO teo}}} \cdot 100 \therefore n_{\text{CO teo}} = 56,06$$

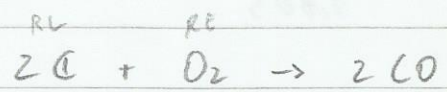
$$\therefore n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M = 56,06 \cdot 12,01 = \underline{673,28 \text{ kg}}$$



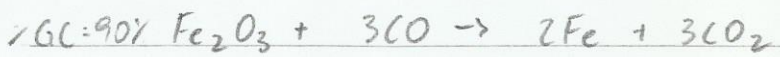
35-

Hematita }  $Fe_2O_3$       % pureza ( $Fe_2O_3$ ) = 80%  
 200t      }  $SiO_2$       % GC riação = 90%

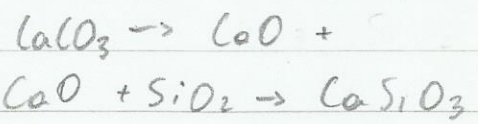
$CaCO_3$  é alimentado na proporção estequiométrica do  $SiO_2$   
 % C exc = 20% em relação ao  $Fe_2O_3$   
 %  $O_2$  exc = 20% em relação ao C



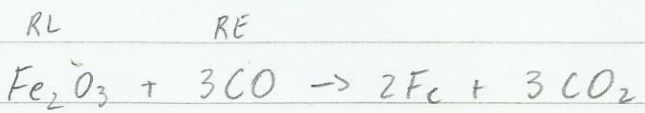
Determine:



- a) m = ? de Fe obtida
- b) os m = ? de  $C, O_2, CO$



$Fe_2O_3 = M = 159,7$       % pureza =  $\frac{m_{pura}}{m_t} \cdot 100 \Rightarrow \frac{m}{200} \cdot 100 = 80$   
 $m = 160$        $m_{pura} = 160 (Fe_2O_3)$   
 $n = 1,02$



esteg	1	3	2	3
alim	1,00	3,606		
real	0,902	2,71	1,80	

% GC =  $\frac{n_{RLcons}}{n_{RLalim}} \cdot 100 \Rightarrow 90 = \frac{n_{RLcons}}{1,00} \cdot 100 \therefore n_{RLcons} = 0,902$

$n(Fe) = 1,80$        $m = 18,55,85 = \underline{100,72 t (Fe)}$

$n(CO) = 3,606$        $m = 3,606 \cdot 28,01 = \underline{101,02 t (CO)}$

/ /

	KL	RE	
	2C	+ O <sub>2</sub>	→ 2CO
entreg.	2	1	2
alim	3,607	2,16	=
teo		1,803	3,607
Reo <sup>(prod./cons)</sup>	2,212	3,606	3,606

ntinal

$$\%ex = \frac{(RE_{alim} - RE_{teo}) \cdot 100}{RE_{teo}} \quad 20 = \frac{(x - 1,803) \cdot 100}{1,803} \quad x = 2,16$$

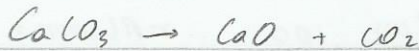
$$m(O_2) = 2,16 \cdot 32 = 69,23 \text{ t}$$

$$m(C) = 3,607 \cdot 12,01 = 43,3 \text{ t}$$

	CaO	+ SiO <sub>2</sub>	→ CaSiO <sub>3</sub>
nalim	666	666	
ntórico	666	666	
n prod/ n cons			
ntinal			

$$M_{CaO} = 56,0$$

$$m_{CaO} = 666 \cdot 56,06 = 37,3 \text{ t}$$



nalim	666	
ntóri	666	666
n prod/ n cons		666

$$M_{CaCO_3} = 40,08 + 12,01 + 3 \cdot 16 = 100,09$$

$$m_{CaCO_3} = 666 \cdot 100,09 = \underline{66,6 \text{ t}}$$



## Estudo do estado gasoso (cap 12)

Os gases se caracterizam por não terem forma e volume definido

### Hipóteses do Gás ideal

- As moléculas do gás devem se comportar como pontos materiais ou seja, não devem permitir volume.
- As forças intermoleculares devem ser zero

### Grandezas do estado gasoso

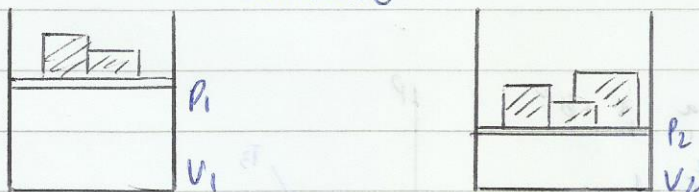
As grandezas do estado gasoso são: temperatura, pressão e volume

### Leis do estado gasoso

#### Lei de Boyle

Estudou a variação do volume em função da pressão, mantendo a temperatura constante

temperatura  
constante



$$V \propto \frac{1}{P}$$

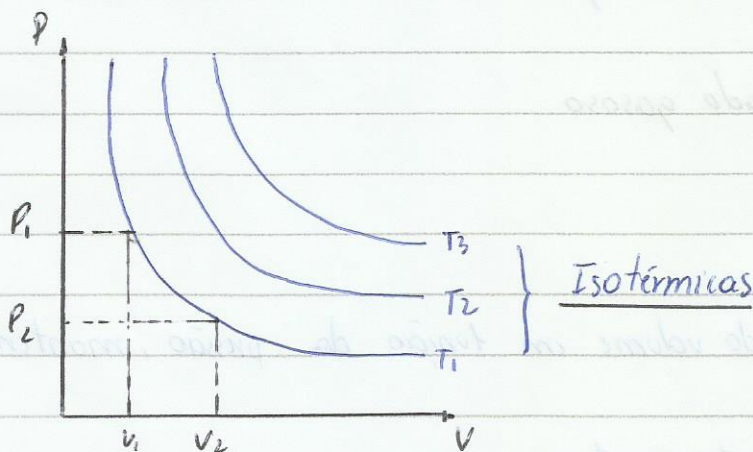
↳ proporcionalidade

$$V = \frac{cte}{P} \Rightarrow PV = cte$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = P_n V_n = cte$$

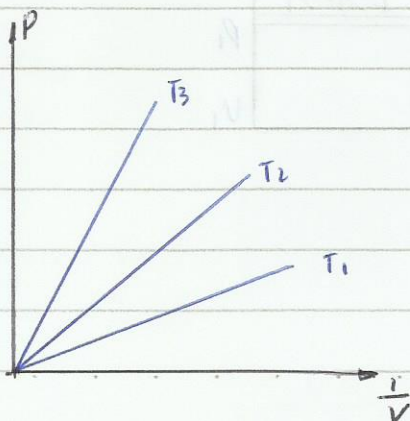
Lei de Boyle "A temperatura constante, o volume ocupado por um gás é inversamente proporcional a pressão exercida pelas moléculas deste gás."

$$PV = cte \quad \text{at} = cte$$



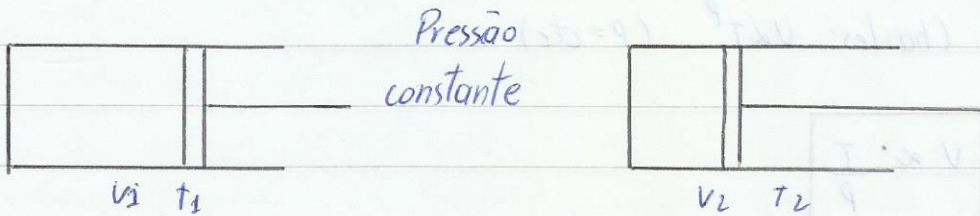
Linearizando:

$$PV = cte \Rightarrow P = cte \cdot \frac{1}{V}$$





Charles → Estudou a variação do volume em função da temperatura, mantendo-se a pressão constante



$$V \propto T$$

$$V = \text{cte} \cdot T$$

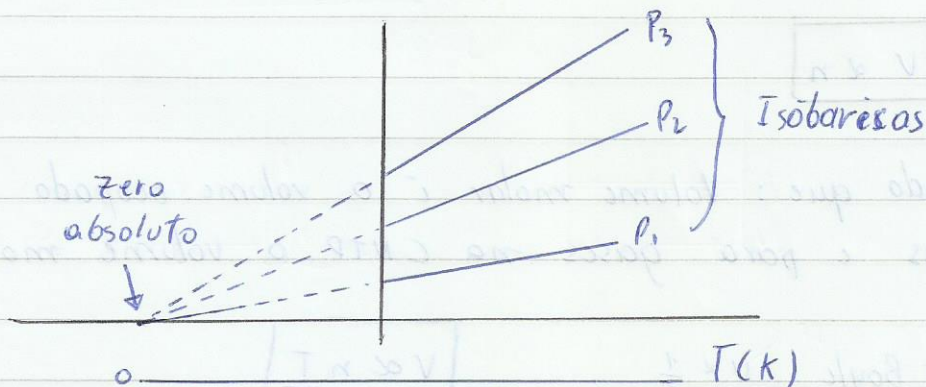
$$\frac{V}{T} = \text{cte}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \dots = \frac{V_n}{T_n} = \text{cte}$$

Lei de Charles: "A pressão constante, o volume ocupado por um gás é proporcional a sua temperatura."

$$\frac{V}{T} = \text{cte}$$

$$V = \text{cte} \cdot T$$



$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$$

Lembrando que:

Lei de Boyle:  $V \propto \frac{1}{P}$  ( $T = \text{cte}$ )

Lei de Charles:  $V \propto T^P$  ( $P = \text{cte}$ )

$$\boxed{V \propto \frac{T}{P}}$$

$$V = \text{cte} \cdot \frac{T}{P} \Rightarrow \boxed{\frac{PV}{T} = \text{cte}}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \dots = \frac{P_n V_n}{T_n} = \text{cte}$$

### Avogadro

Estudou a influencia do número de moléculas, ou seja, da quantidade de moléculas sobre o volume.

Avogadro verificou que o tamanho das moléculas de um gás não interfere no volume, somente o número destas moléculas.

$$\boxed{V \propto n}$$

Lembrando que: Volume molar é o volume ocupado por 1 mol de moléculas e para gases na CNTP o volume molar é 22,4L

temos {  
Lei Boyle  $V \propto \frac{1}{P}$   
Lei Charles  $V \propto T$   
Avogadro  $V \propto n$

$$\boxed{V \propto \frac{nT}{P}}$$



$$V = \text{cte} \frac{n \cdot T}{P}$$

$$PV = nRT$$

Equação de Estado do gás ideal

$$PV = \underbrace{\text{cte}}_R \cdot nT$$

$R \rightarrow$  constante da equação de estado do gás ideal

Determinação do  $R$

$$\text{nas CNTP} \begin{cases} t = 0^\circ\text{C} \rightarrow T = 273\text{K} \\ P = 1\text{atm} \end{cases}$$

1 mol de gás ocupa 22,4 L

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{1 \cdot 22,4}{1 \cdot 273} = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{kmol}}$$

ou

$$P = 760 \text{ mm Hg}$$

$$R = \frac{760 \cdot 22,4}{1 \cdot 273} = 62,4 \frac{\text{mm Hg} \cdot \text{L}}{\text{kmol}}$$

Ex 39

$$V_1 = 0,78 \text{ L}$$

$$V_2 = ?$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 36,5^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$T_1 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 36,5 = 309,5 \text{ K}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \frac{0,78 \cdot 1}{293} = \frac{V_2 \cdot 1}{309,5} \quad \therefore \underline{V_2 = 0,82 \text{ L}}$$

Ex 36

$$PA \begin{cases} N=14 \\ O=16 \end{cases}$$

b)  $N_2O$

$$m_{N_2O} = 44 \text{ kg}$$

$$V = 10 \text{ m}^3$$

$$P = 5 \text{ atm}$$

$x(^{\circ}C)$

$$PV = nRT$$

$$T = \frac{5 \cdot 10000}{1000 \cdot 0,082}$$

$$T = 609,7 \text{ K}$$

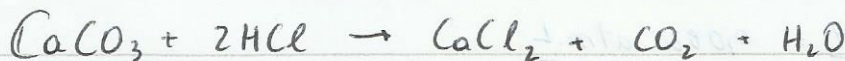
$$T = 609,7 \text{ K}$$

$$M_{N_2O} = 2 \cdot 14 + 16 = 44 \text{ g/mol}$$

$$T = 609,7 \text{ K} - 273 = \boxed{336,7^{\circ}C}$$

$$n_{N_2O} = \frac{44000}{44} = 1000 \text{ mol}$$

Ex 38



a)  $V_{\text{max}}$

solução HCl

b) % GC = 80%

$$V_{CO_2} \begin{cases} x = 36^{\circ}C \\ P = 1 \text{ atm} \end{cases}$$

Dado:  $m_{CaCO_3} = 750 \text{ mg}$

no comprimido

$$C_{\text{solução HCl}} = 3 \text{ molar } \left[ \frac{\text{mol}}{L} \right]$$

$$n(CaCO_3) = \frac{0,75}{100} = 0,0075 \text{ ou } 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

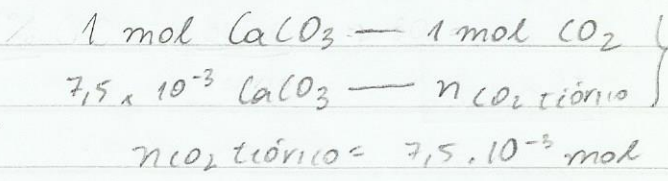


$$7,5 \cdot 10^{-3} \rightarrow n_{HCl}$$

$$n_{HCl} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C = \frac{n}{V(L)} \Rightarrow V = \frac{n}{C} = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ mL}$$





$$\% \text{GC} = \frac{n_{\text{CO}_2 \text{ obtido}}}{n_{\text{CO}_2 \text{ t\u00f3rico}}} \cdot 100$$

$$n_{\text{CO}_2 \text{ obtido}} = \frac{80 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}}{100} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 (273 + 36)}{1} = 0,152 \text{ L} = 152 \text{ mL}$$

/ /

## Lista de exercícios de Química

17) Kotz:

46-) a-) 2,5 moles de boro

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 2,5 \cdot 10,81 = 27 \text{ g de Boro}$$

b-)  $1,25 \cdot 10^{-3}$  mol de ferro

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 55,85 = 6,98 \cdot 10^{-2} \text{ g de ferro}$$

c-) 0,015 mol de oxigênio (Dúvida)

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 0,015 \cdot 16 = 0,24 \text{ g de oxigênio}$$

d-) 653 moles de hélio

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 653 \cdot 4 = 2612 \text{ g de hélio}$$

48-) a) 127,08 g de Cu

$$n = \frac{m}{M} = \frac{127,08}{63,55} = 19,997 \text{ mol de Cu}$$



b) 0,012 g de potássio

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,012}{39,10} = 30,69 \cdot 10^{-3} \text{ mol de K}$$

c) 5,0 mg de amerício

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,005}{243} = 20,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol de Am}$$

d) 6,75 g de Al

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6,75}{26,98} = 0,25 \text{ mol de Al}$$

56.) a)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , óxido de ferro (III)

$$\text{Fe} = 55,85 \cdot 2 = 111,7 \quad - \quad \text{O}_3 = 96 \quad - \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = 159,7 \text{ g/mol}$$

b)  $\text{BCl}_3$ , tricloreto de boro

$$\text{B} = 10,81 \quad - \quad \text{Cl}_3 = 35,45 \cdot 3 = 106,35 \quad \text{BCl}_3 = 117,16 \text{ g/mol}$$

c)  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Ni} = 58,69$$

$$(\text{NO}_3)_2 = (14,01 + 16,00 \cdot 3) \cdot 2 = 124,02 \text{ g/mol}$$

$$6\text{H}_2\text{O} = 108,12 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 290,83 \text{ g/mol}$$

$$d) C_6 H_8 O_6 = 6 \cdot 12,01 + 8 \cdot 1,01 + 6 \cdot 16 = 176,68 \text{ g/mol}$$

$$58) a) C_3 H_7 O H = 60,11 \text{ g/mol}$$

$$C_3 = 12,01 \cdot 3 = 36,03$$

$$H_7 = 7,07$$

$$O = 16$$

$$H = 1,01$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{60,11} = 16,63 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$b) C_{11} H_{16} O_2 = 180,27 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{180,27} = 5,55 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c) MgSO_4 \cdot 7H_2O = 246,5 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{246,5} = 4,06 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

### Lista complementar

1- Resposta na Apostila

2-  $5,10 \cdot 10^3$  mol de S

$$1 \text{ mol} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos}$$

$$5,10 \cdot 10^3 \text{ mol} = x$$

$$x = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 5,10 \cdot 10^3 = 3,0702 \cdot 10^{27} \text{ átomos}$$



3-)  $C_6 H_{12} O_6 \Rightarrow m = 1500g$

$M: C_6 = 12,01 \cdot 6 = 72,06$

$M: C_6 H_{12} O_6 = 180,18 g/mol$

$H_{12} = 1,01 \cdot 12 = 12,12$

$O_6 = 16 \cdot 6 = 96$

$n = \frac{m}{M}$

$n = \frac{1500}{180,18} = 8,325$

$1500g - 180,18 g/mol$   
 $x - 12,12 g/mol$

$\therefore x = 100,90g$

$n = \frac{100,90}{1,01} = 99,9$

$\therefore n \text{ átomos (H)} = 99,9 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,01 \cdot 10^{25}$

$1500 - 180,18$   
 $x - 96$

$\therefore x = 799,2g$

$n = \frac{799,2}{16} = 49,95$

$\therefore n \text{ átomos (O)} = 49,95 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{25}$

$1500 - 180,18$   
 $x - 72,06$

$x = 599,9$

$n = \frac{m}{M} = \frac{599,9}{12,01} = 49,95$

$\therefore n \text{ átomos (C)} = 49,95 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{25}$

$$4-) \quad v = 750 \text{ ml} \quad \rho = \frac{m}{v} \quad m = \rho \cdot v$$

$$\rho = 0,930 \quad = 0,930 \cdot 0,75 = 0,698 \text{ kg}$$

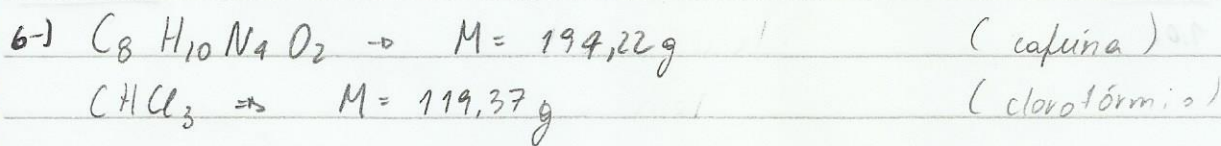
$$5-) \quad \phi = \frac{v_i}{v_t} = \frac{1100}{2100} = 0,52 \cdot 100 = 52\%$$

$$H_2O = (M) = 1,01 \cdot 2 + 16 = 18,02$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1000}{18,02} = 55,49$$

$$CH_2OHCH_2OH = 12,01 \cdot 2 + 1,01 \cdot 6 + 16 \cdot 2 = 62,08$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1100}{62,08} = 17,72$$



Base de cálculo  $\Rightarrow$  100g (caféina + clorotórmio)

(I)

(II)

$$\therefore CHCl_3 = 67,6 \text{ g}$$

$$C_8H_{10}N_4O_2 = 33,4 \text{ g}$$

$$n(I) = \frac{67,6}{119,37} = 0,566 \text{ mol}$$

$$n(II) = \frac{33,4}{194,22} = 0,172 \text{ mol}$$

$$x_i = \frac{n_i}{n_t} = \frac{0,566}{0,737} = 0,766$$

$$x_2 = \frac{n_2}{n_t} = \frac{0,172}{0,737} = 0,233$$



7.)  $\rho = 0,812 \text{ g/cm}^3$   $v = 0,5 \text{ L}$

$m_1 = 0,411 \text{ kg}$

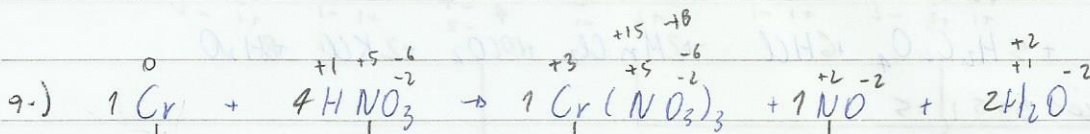
$m_2 = 0,406 \text{ kg}$

$\rho_1 = \frac{0,411}{0,5} = 0,822$

$\rho_2 = \frac{0,406}{0,5} = 0,812$

8-) Argila<sub>1</sub> = 50% (silica) + 7% (água)

Argila<sub>2</sub> = 12% de água



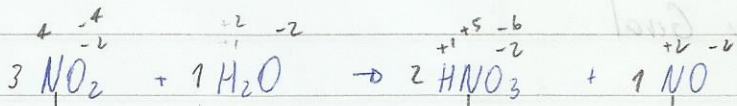
Oxidação

Redução  $\Delta = 3 \cdot 1 = 3$

$\Delta = 3 \cdot 1 = 3$

∴ Agente redutor: Cr

" oxidante: HNO<sub>3</sub>

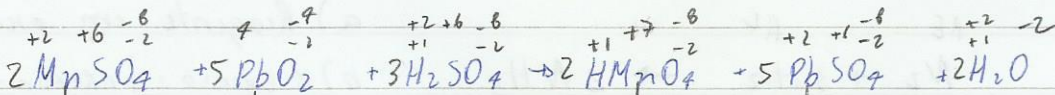


Oxidação  $\Delta = 1 \cdot 1 = 1$

Redução  $\Delta = 2 \cdot 1 \cdot 2$

Agente redutor

e oxidante: NO<sub>2</sub>

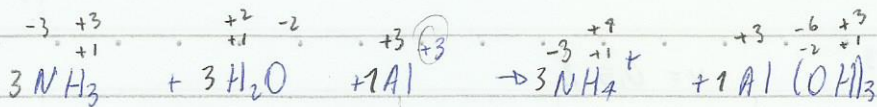


Oxidação  $\Delta = 5 \cdot 1 \cdot 5$

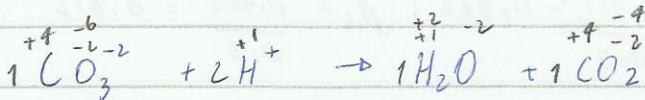
Redução  $\Delta = 2 \cdot 1 \cdot 2$

Agente oxidante: MnSO<sub>4</sub>

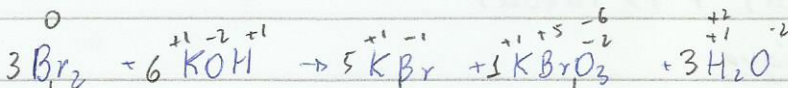
" redutor: PbO<sub>2</sub>



largura do reagente = 3

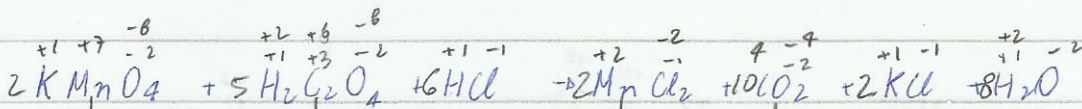


C. reagente = 0 = C. produto



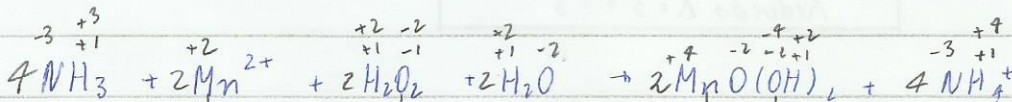
Redução  $\Delta = 1 \cdot 1 = 1$

Oxidação  $\Delta = 5 \cdot 1 = 5$



Redução  $\Delta = 5 \cdot 1 = 5$

Oxidação  $\Delta = 2 \cdot 1 = 2$



Oxidação  $\Delta = 2 \cdot 1 = 2$

Redução  $\Delta = 1 \cdot 2 = 2$

## Estequiometria Geral

Ex:  $(\text{N}_2) \Rightarrow \overset{\text{Alim}}{n} = 20 \text{ mol}$      $(\text{H}_2) \Rightarrow \overset{\text{Alim}}{n} = 40 \text{ mol}$

$(\text{NH}_3) \Rightarrow (\text{obtido}) \cdot n = 24 \text{ mol}$

	RE	RV	
	$\text{N}_2$	$+ 3 \text{H}_2$	$\rightarrow 2 \text{NH}_3$
esteg.	1	3	2
alim.	20	40	—
teo	13,3	40	
real	12	36	24
final	8	4	24

a) Reagente em excesso ( $\text{N}_2$ )

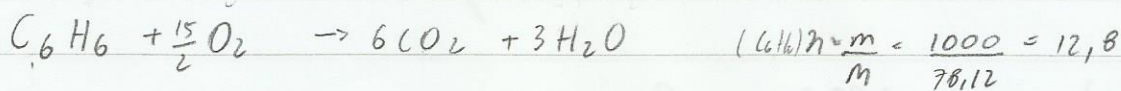
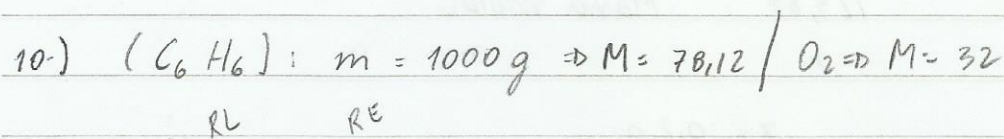
b) % Excesso =  $\frac{|n_{\text{ReAlim}} - n_{\text{Teo}}|}{n_{\text{Teo}}} \cdot 100$

$$= \frac{|20 - 13,3|}{13,3} \cdot 100 = 50,38\%$$

c) GC =  $\frac{n_{\text{ReAlim}}}{n_{\text{ReAlim}}} \cdot 100$

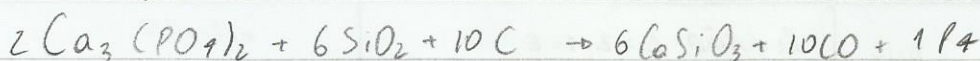
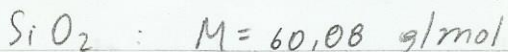


$$c-d \quad GC = \frac{36}{40} \cdot 100 = 90\%$$



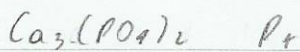
esteq.	2	15	12	6
alim	12,8			
reacões	12,8	96		

$$n = 96 \quad n = \frac{m}{M} \quad m = n \cdot M = 96 \cdot 32 = 3.072 \text{ g} = 3,1 \text{ kg}$$



estq	2	6	10	6	10	1
------	---	---	----	---	----	---

massa

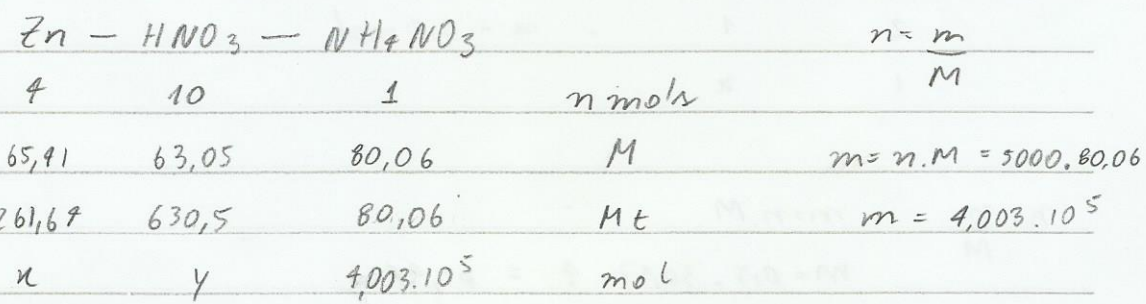
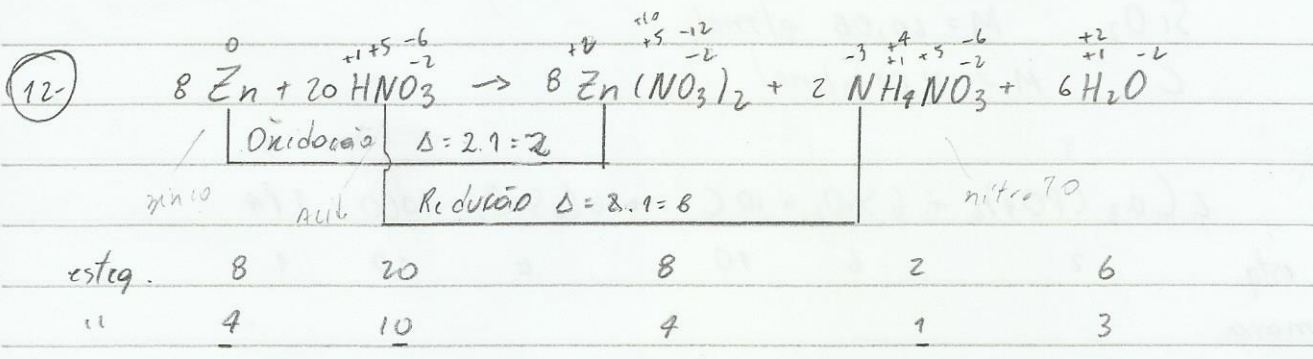
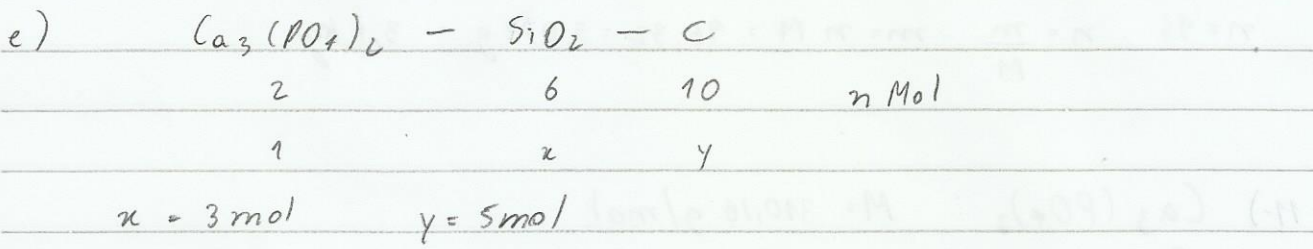
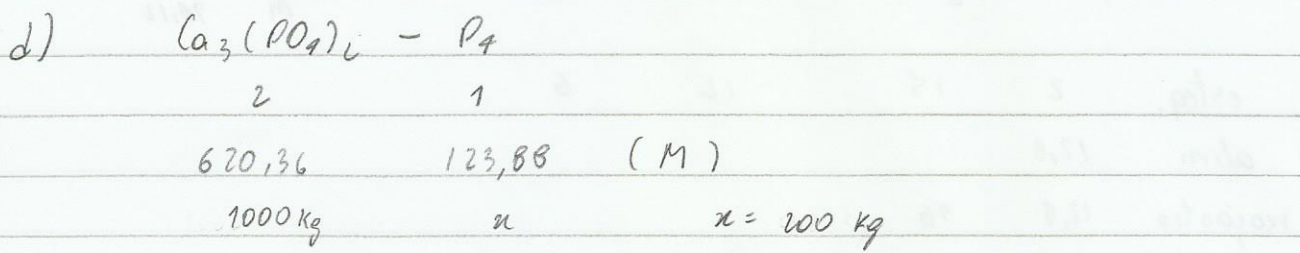
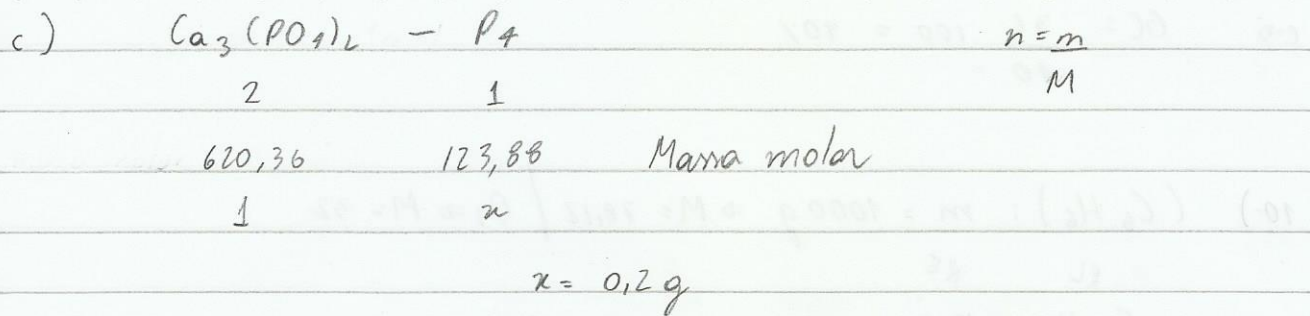


2            1             $\therefore n = 0,5 \text{ mol}$

1            2

$$n = \frac{m}{M} \quad m = n \cdot M$$

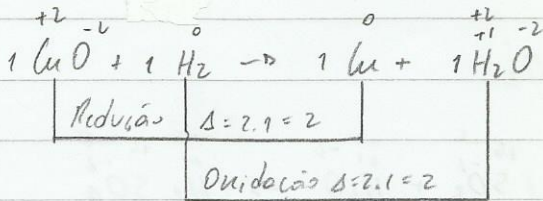
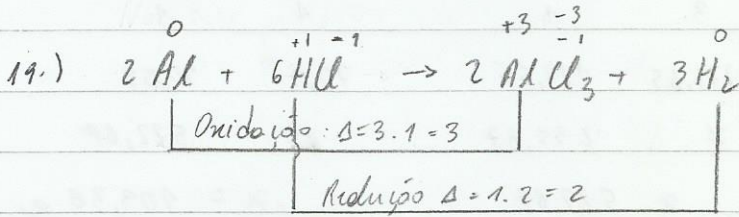
$$m = 0,5 \cdot 30,97 \cdot 4 = 61,94 \text{ g}$$



$\therefore x = 1,308 \cdot 10^6 \text{ g}$   
 $y = 3,152 \cdot 10^6 \text{ g}$

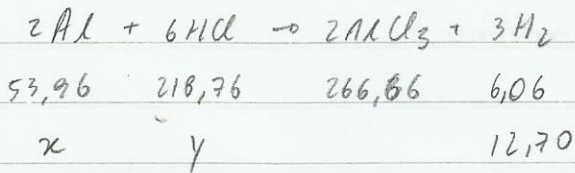


Reações consecutivas



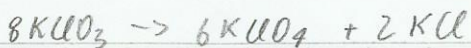
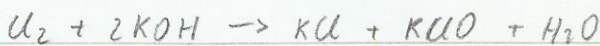
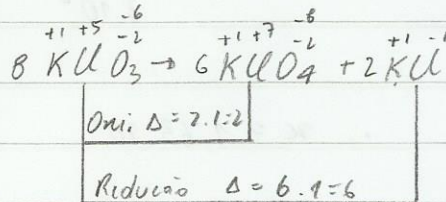
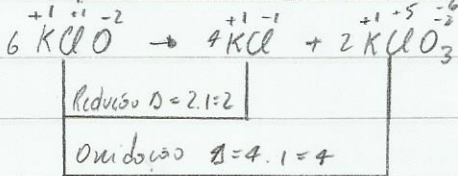
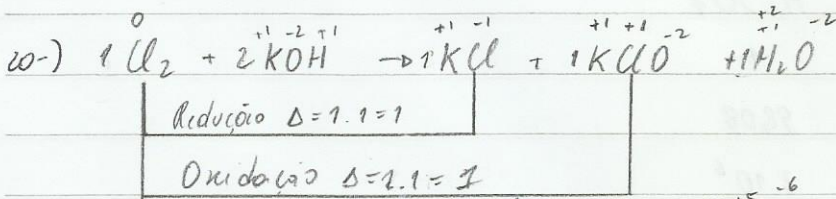
1	1	1	1	
79,55	2,02	63,55	18,02	
700	x			

$\therefore x = 12,70$



$x = 113,08 \text{ g}$

$y = 158 \text{ g}$





4            3

490,2        415,65

x            200

$$\therefore x = 235,87$$



3            1

271,65      122,55

x            235,87

$$x = 522,87$$

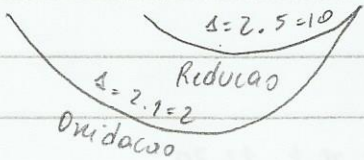
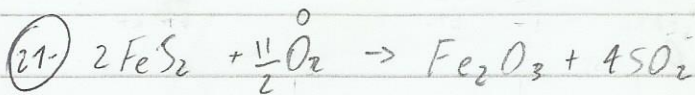


1            1

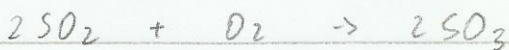
70,9        90,55

x            522,87

$$\therefore x = 409,38 \text{ g}$$

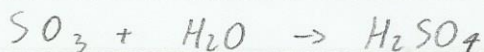


P = Fósforo



(ácido sulfúrico)

m pirita  $\Rightarrow$  50% pureza



1            1            1

80,06        18,02        98,08

x                             $2 \cdot 10^6$

$$\therefore x = 1,63 \cdot 10^6$$



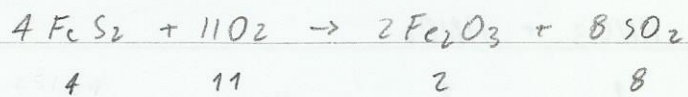
+2            1            2

128,12        32            160,12

$$\therefore x = 1,3 \cdot 10^6$$

x                             $1,63 \cdot 10^6$





479,68

512,48

x

$1,3 \cdot 10^6$

$$\therefore x = 1,2 \cdot 10^6$$

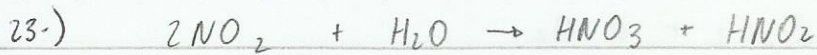
$$\% \text{ pura} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{total}} = \frac{m_{\text{pura}}}{\% \text{ pura}} \cdot 100 = \frac{1,2 \cdot 10^6}{50} \cdot 100 = 2,43 \cdot 10^6 \text{ g}$$

22.)

~~de pois~~

~~100%~~



92,08

63,02

$x$

$3 \cdot 10^5$

$$\therefore x = 4,38 \cdot 10^5$$

$$GC = \frac{nL_{\text{cons}}}{nL_{\text{alim}}} \cdot 100 \quad nL_{\text{alim}} = \frac{nL_{\text{cons}}}{GC} \cdot 100 = \frac{4,38 \cdot 10^5}{80} \cdot 100$$

$$\therefore nL_{\text{cons}} = 5,475 \cdot 10^5$$



60,02

92,08

$$x = 3,569 \cdot 10^5$$

$x$

$5,475 \cdot 10^5$

$$GC = \frac{nL_{\text{cons}}}{nL_{\text{alim}}} \cdot 100 \quad nL_{\text{alim}} = \frac{nL_{\text{cons}}}{GC} \cdot 100 = \frac{3,569 \cdot 10^5}{80} \cdot 100 = 4,46 \cdot 10^5$$



68,28

120,04

$$\therefore x = 2,53 \cdot 10^5$$

$x$

$4,46 \cdot 10^5$

$$GC = \frac{nL_{\text{cons}}}{nL_{\text{alim}}} \cdot 100 \quad \therefore nL_{\text{alim}} = \frac{nL_{\text{cons}}}{GC} \cdot 100 = \frac{2,53 \cdot 10^5}{80} \cdot 100$$

$$\therefore nL_{\text{alim}} = 3,17 \cdot 10^5 \text{ g} = 317 \text{ kg}$$



25-) CO : m = 356g      H<sub>2</sub>: m = 65g      M(CH<sub>3</sub>OH) = 32,05  
           M = 28,01            M = 2,02  
           n = 12,71            n = 32,17

	RL	RE		
	<chem>CO + 2H2 -&gt; CH3OH</chem>			
esteq.	1	2	1	$\% \text{Reexc.} = \frac{ RE_{\text{alim}} - RE_{\text{teo}} }{RE_{\text{teo}}} \cdot 100$
alim	12,71	32,18	—	
teo	12,71	25,42		$\% \text{Reexc.} = \frac{ 32,18 - 25,42 }{25,42} \cdot 100$
Real	12,71		12,71	
Final		6,76		a-) $\% \text{Reexc.} = 26,58\%$

$v_A = \frac{12,71}{1} = 12,71$        $v_B = \frac{32,18}{2} = 16,09$

$v_A < v_B$  ∴ CO é o reagente limitante  
 2H<sub>2</sub> é o reagente em excesso

b)  $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 12,71 \cdot 32,05 = 407,35 \text{ g}$

c)  $m = 6,76 \cdot 2 \cdot 2,02 = 27,31 \text{ g}$

	RE	RL		
26-) <chem>Sb2S3 + 3Fe -&gt; 2Sb + 3FeS</chem>			<chem>Sb2S3</chem> : m = 600 kg	<chem>Sb</chem> : m = 200 kg
esteq.	1	3	2	3
			M = 339,7	M = 121,76
alim	1,766	4,976	n = 1,766	n = 1,64
teo	1,492	4,476	<chem>Fe</chem> : m = 250 kg	
Real	0,821	2,46	1,64	M = 55,85
Final				n = 4,476

$\% \text{REexc.} = \frac{|RE_{\text{alim}} - RE_{\text{teo}}|}{RE_{\text{teo}}} \cdot 100 = \frac{|1,766 - 1,492|}{1,492} \cdot 100 = 18,36\%$

Rendimento percentual = Grau de Complementação:

$$\%GC = \frac{n(\text{cons})_{RL} \cdot 100}{n(\text{Alim})_{RL}} = \frac{2,46 \cdot 100}{9,476} = 55,04\%$$

$$\%GCA = \frac{n(\text{cons}) \cdot 100}{n(\text{Alim})} \quad \%GCA(Sb_2S_3) = \frac{0,821 \cdot 100}{1,766} = 46,48\%$$

$$\%GCA(Fe) = \frac{2,46 \cdot 100}{9,476} = 59,96\%$$

27)  $C_2H_5OH$ :  $V = 1,5 L = 1,5 \cdot 10^{-3} m^3$

$M = 46,08$        $\rho = 0,8 \text{ Kg/L}$

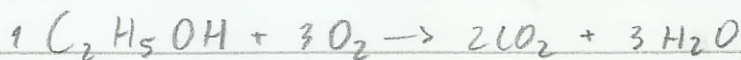
$\therefore \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ kg} = 1200g$

$n = 26,04 \text{ mol}$

$CO_2$ :  $m = 2 \text{ kg} = 2000g$   
 $M = 44,01$   
 $n = 45,44$

$O_2$ :  $V = 2,1 m^3$        $\rho = 1,429$   
 $\therefore m = 3 \text{ kg} = 3000$        $M = 32$   
 $n = 93,78$

RL      RE



esteq.      1      3      2      3

alim.      26,04      93,78

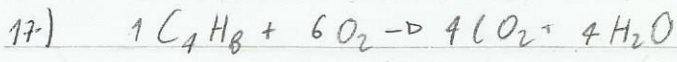
teo      26,04      78,12

Real      22,72      45,44

a)  $\%R_{\text{exc}} = \frac{|RE_{\text{alim}} - RE_{\text{teo}}| \cdot 100}{RE_{\text{teo}}} = \frac{|93,78 - 78,12| \cdot 100}{78,12} = 20,04\%$

b)  $\%GC = \frac{n_{RL(\text{cons})} \cdot 100}{n_{R(\text{Alim})}} = \frac{22,72 \cdot 100}{26,04} = 87,25\%$





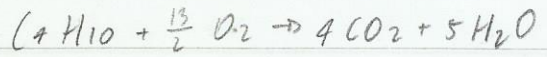
$m(C_4H_{10}) = ?$



$m(C_4H_8) + m(C_4H_{10}) = 2,86g$

(M) 56,12 192 176,04 72,08

$m CO_2 = 8,8g \quad m H_2O = 4,14g$



$$\begin{cases} 56,12x + 58,14y = 2,86 \\ 176,04x + 176,04y = 8,8 \\ 72,08x + 90,1y = 4,14 \end{cases}$$

(M) 56,12 208 176,04 90,1

$(x + y) 176,04 = 8,8$

$x + y = 0,04998 \quad \therefore x = 0,04998 - y$

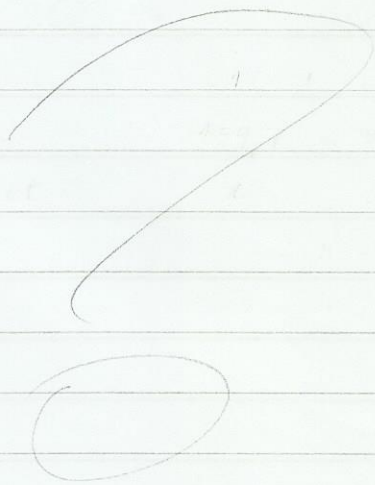
$72,08(0,04998 - y) + 90,1y = 4,14$

$-0,5368 = -18,02y$

$\therefore y = 0,029789 \quad x = 0,02019$

$\%W(C_4H_{10}) = \frac{1,73}{2,86} \cdot 100 = 60,56\%$

18-



13) NaCl: m = 250 kg

% pura =  $\frac{m_{puro}}{m_{total}} \cdot 100 \Rightarrow m_{pura} = \frac{\% pura \cdot m_{total}}{100}$

$\therefore m_{pura} = \frac{250 \cdot 99,5}{100} = 236,25 \text{ kg}$

M = 58,45 g/mol  $n = m/M \Rightarrow n = 236,25 / 58,45 = 4,04 \text{ kmol}$

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = m = ?

% pura = 83,4%

M = 142,06 g/mol

$n = \frac{13,75 \cdot 10^3}{98,08}$

$n = 1,4 \cdot 10^2$

RE RL



2

1

1

2

(estequiometria)

116,9

98,08

142,06

37,47

(Massa molar)

236,25

x

$x = \frac{236,25 \cdot 142,06}{116,9} = 287,09$

$\frac{287,09}{x} = 83,4$   
 $x = 100$

$\therefore x = 349,24 \text{ kg}$

14) Zn: m = 55g M = 65,41

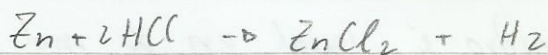
HCl: v = 129 cm<sup>3</sup> ρ = 1,18 g/ml m = ρ · v

v = 129 ml

m = 1,18 · 129 = 152,22 g

M = 36,46 g/mol

$\therefore m = 152,22 \cdot 0,35 = 53,28 \text{ g}$



x = 119,61

1

2

1

1

x = 119,61

65,41

72,92

136,31

2,02

55

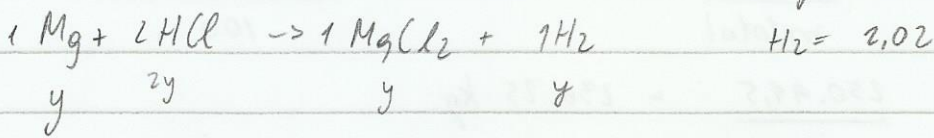
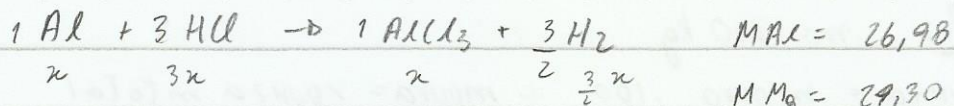
53,28

x

y



(16)



$$\begin{matrix} m_{\text{Al}} + m_{\text{Mg}} = 25\text{g} & (\text{produto}) \\ m_{\text{H}_2} + m_{\text{H}_2} = 2,5\text{g} \end{matrix} \quad \left\{ \begin{array}{l} 26,98x + 24,30y = 25\text{g} \\ 3,03x + 2,02y = 2,5\text{g} \end{array} \right.$$

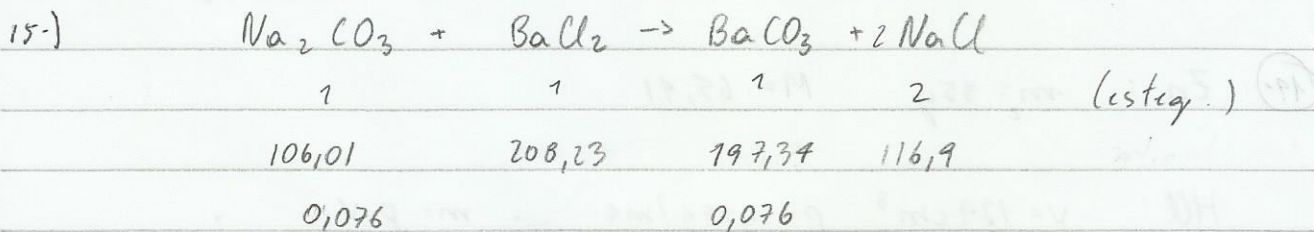
$$R_1 \quad R_2 \quad y = \frac{2,5 - 3,03x}{2,02}$$

$$26,98x + 24,30 \left( \frac{2,5 - 3,03x}{2,02} \right) = 25$$

$$9,97x = 5,07 \quad x = 0,53 \quad \therefore y = 0,44$$

$$\%w = \frac{m}{mt} = \frac{14,3}{25} \cdot 100 = 57,2\% \quad (\text{Al})$$

$$\%w = \frac{m}{mt} = \frac{10,75}{25} \cdot 100 = 43\% \quad (\text{Mg})$$



$$\text{BaCO}_3 : m = 15\text{g}$$

$$n = 15 / 197,34 = 0,076 \text{ mol}$$

Como o n de mol de anidrido é igual on de mol do hidrato

$$m = n (\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}) \cdot M = 0,076 \cdot 286,21 = 21,75$$

$$\%m = \frac{21,75}{25} \cdot 100 = 87\%$$

28) Calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ :

$$M = 74,1$$

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$\% \text{ puro} = \frac{m_p}{m_t} \cdot 100 \quad m_p = \frac{m_t \cdot \% \text{ pura}}{100}$$

$$n = 0,998 \text{ kmol} \quad (B)$$

$$m_{\text{puro}} = \frac{80 \cdot 92,5}{100} = 74 \text{ kg}$$

Ácido clorídrico (HCl):

$$M = 36,46 \text{ kmol}$$

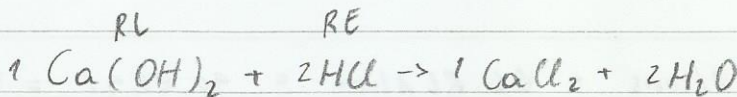
$$n = 2,92 \text{ kmol} \quad (A)$$

$$m = 106,5 \text{ kg}$$

$\text{CaCl}_2$  :  $M = 110,98$

$$m = 99,9$$

$$n = 0,9 \text{ kmol} \quad (C)$$



esteq.            1                            2                            1                            2

alim.            0,998<sup>A</sup>                            2,92

teo            0,998                            1,997

Real            0,9                            1,8                            0,9

a)  $r_a = \frac{0,9}{1} = 0,9$      $r_b = \frac{2,92}{2} = 1,46$     ∴ Como  $r_a < r_b \Rightarrow RL = \text{Ca(OH)}_2$

b)  $\% RE_{\text{exc}} = \frac{|RE_{\text{alim}} - RE_{\text{teo}}|}{RE_{\text{teo}}} \cdot 100 = \frac{|2,92 - 2|}{2} \cdot 100 = 46,2\%$

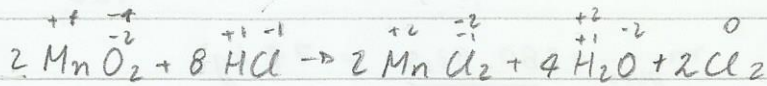
c)  $GC = \frac{RL_{\text{cons}}}{RL_{\text{alim}}} \cdot 100 = \frac{0,9}{0,998} \cdot 100 = 90,18\%$



29-)  $MnO_2$  :  $m = 9,57g$  :  $n = 0,11$

$M = 86,94$

$GC = 90\%$



$\Delta = 2 \cdot 1 = 2$

$\Delta = 1 \cdot 2 = 2$

RL Redução RE Oxidação



esteq      1            4            1            2            1

Alim      86,94      226,04

Teo      86,94      173,88

Real      78,25      360

$$\% GC = \frac{RL_{cons}}{RL_{Alim}} \cdot 100 \quad ; \quad RL_{cons} = \frac{GC \cdot RL_{Alim}}{100} = \frac{90 \cdot 86,94}{100} = 78,25$$

$$\% RE_{exc} = \frac{|RE_{Alim} - RE_{Teo}|}{RE_{Teo}} \cdot 100 \quad ; \quad 30 = \frac{|x - 173,88|}{173,88} \cdot 100 \quad ; \quad x = 226,04$$

$226,04 - 100$

$x - 36$

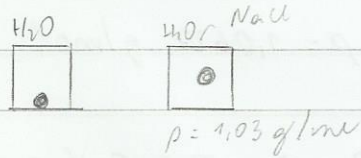
Exercício 4

Exercícios P1

4.)  $H_2O$  :  $v = 900 \text{ ml}$  :  $m = 900 \text{ g}$       Ovo:  $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$   
 $\rho = 1 \text{ g/ml}$

Obs.: Para o ovo flutuar o  $\rho_{\text{NaCl} + H_2O} = \rho_{\text{ovo}} = 1,03 \text{ g/ml}$

$\rho = \frac{m}{V}$      $1 = \frac{m}{900}$      $\therefore m = 900 \text{ g}$



b)  $\rho = 1,03 \text{ g/ml}$

Interpolação :-w    Intervalo de 1,0268 a 1,0413

$\frac{\rho_2 - \rho_1}{w_2 - w_1} = \frac{\rho - \rho_1}{w - w_1}$      $\therefore \frac{1,0413 - 1,0268}{6 - 4} = \frac{1,0413 - 1,03}{6 - w}$      $\therefore w = 4,44\%$

a)  $w = \frac{m}{m_c} \cdot 100 = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{NaCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100 \Rightarrow 4,44 = \frac{m}{m + 0,9} \cdot 100$

$0,0444 = \frac{m}{m + 0,9}$      $0,0444 m + 0,03996 = m$      $\therefore m = 0,0418 \text{ kg}$   
41,8 g

c)  $b = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} = \frac{0,715}{0,9}$

$M(\text{NaCl}) = 58,45$

$n = \frac{41,8}{58,45} = 0,715$

$\therefore b = 0,795 \text{ mol/kg}$

sempre em  
quilo

d)  $\rho = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \Rightarrow V = \frac{m_{\text{solução}}}{\rho} = \frac{941,6}{1,03} = 914,37 \text{ mL} = 0,914 \text{ L}$

e)  $c = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{solução}}} = \frac{0,715}{0,914} = 0,78 \text{ mol/L}$



### Exercício 6

1ª solução

$$168, - 100g \text{ H}_2\text{O}$$

$$200 - x$$

$$T = 80^\circ\text{C} \Rightarrow \begin{cases} m_{\text{soluto}} = 200g \\ m_{\text{solvente}} = 119,05g \end{cases}$$

$$\therefore x = 119,05g \text{ H}_2\text{O}$$

$$V = 200 \text{ ml}$$

$$M(\text{KNO}_3) = 101,11$$

$$c = 1,052 \text{ mol/L}$$

$$n(\text{KNO}_3) = \frac{200}{101,11} = 1,978$$

$$\rho = 1,0627 \text{ g/mol}$$

$$101,11$$

2ª solução

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c \cdot V = 1,052 \cdot 0,2$$

$$\therefore n = 0,2104 \text{ mol soluto}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M = 0,2104 \cdot 101,11$$

$$m = 21,27g$$

soluto

$$\begin{cases} \text{soluto} = 21,27g \\ \text{solvente} = 191,27g \end{cases}$$

$$\rho = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}}$$

$$\therefore m_{\text{solução}} = 1,0627 \cdot 200$$

$$m_{\text{solução}} = 212,54g$$

$$221,27 - 310,32g$$

$$\therefore x = 71,3g$$

$$x - 100g$$

$$\frac{t_2 - t_1}{92 - 91} = \frac{t_2 - t}{92 - 9} \Rightarrow \frac{86 - 64}{50 - 40} = \frac{86 - 71,3}{50 - t} \therefore t = 43,13$$

8-)  $m = 200g$  (solução)  $K_2CO_3 = 138,27 g/mol$

$200 - 100 \therefore x = 104,8$  (soluto)

$x - 52,4 \quad y = 95,2$  (solvente)

$104,8 - 95,2 \therefore x = 110,08g$  (soluto)  $\approx 110,08g/100g_{H_2O}$   
 $x - 100$

b)

$\frac{(110,5 - 108,0)}{10} = \frac{(110,5 - 110,08)}{20 - T}$

$\therefore T = 16,32^\circ C$

Obs: Coeficiente de solubilidade descreve a quantidade de soluto solúvel em 100g de  $H_2O$

c)  $95,2g - 100$

$x - 80 \quad x = 76,16g$  ( $H_2O$ )

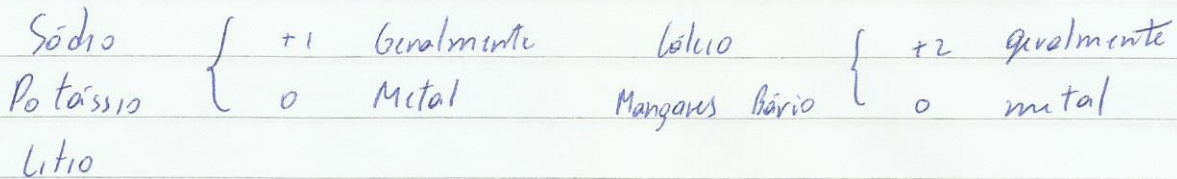
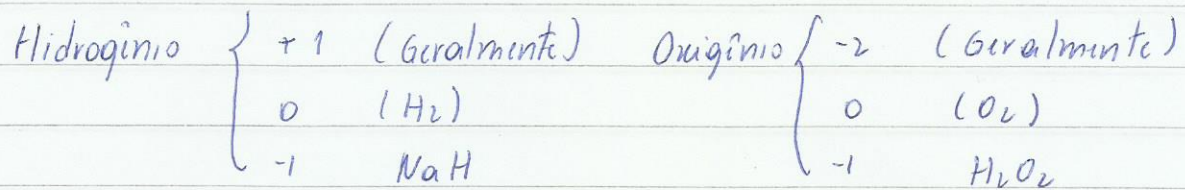
$104,8g - 76,16g H_2O$

$x - 100g H_2O \quad \therefore x = 137,6g/100g_{H_2O}$

$\frac{140 - 134}{80 - 70} = \frac{140 - 137,6}{80 - T} \quad \therefore T = 76^\circ C$



## Balanciamento



Obs: Carga total dos reagentes é igual carga total do produto

Química Geral I → Frente 2

Grandezas e relações utilizados em Química

→ densidade ( $\rho$ ):  $\rho = \frac{m}{V}$  :  $\rho$  = densidade  
 $m$  = massa  
 $V$  = volume

→ volume específico ( $v$ ): onde:  $v$  = volume específico  
 $V$  = volume  
 $m$  = massa  
 $v = \frac{V}{m}$  ou  $\frac{1}{\rho}$

→ quantidade de matéria ( $n$ ): onde:  $n$  = quantidade de matéria  
 $m$  = massa  
 $M$  = massa molar  
 $n = \frac{m}{M}$

→ volume molar ( $V_m$ ): onde:  $V_m$  = volume molar  
 $V$  = volume  
 $n$  = quantidade de matéria  
 $V_m = \frac{V}{n}$

→ Fração mássica ( $w_i$ ): onde:  $w_i$  = Fração mássica  
 $m_i$  = massa de uma substância  
 $m_t$  = massa total do material (da mistura)  
 $w_i = \frac{m_i}{m_t}$



→ fração volumétrica ( $\phi_i$ )

onde:  $\phi$  = fração volumétrica

$V_i$ : volume de uma substância

$V_t$ : volume total

$$\phi_i = \frac{V_i}{V_t}$$

→ fração molar ( $x_i$ )

onde:  $x_i$  = fração molar

$n_i$  = número de mols de um componente

$n_t$  = número total de mols (soma dos mols, de todas as substâncias)

$$x_i = \frac{n_i}{n_t}$$

→ % molar

$$\% \text{ molar} = \frac{n_i}{n_t} \cdot 100\% \quad \text{ou} \quad \% \text{ molar} = x_i \cdot 100$$

→ % pureza

$$\% \text{ pureza} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_t (\text{impura})} \cdot 100\%$$

\*

$\begin{matrix} A \\ z \\ \text{El} \end{matrix}$

$A$  = número massa

$z$  = número atômico (igual ao número de prótons)

$$A = n + z$$

$$GC = \frac{n_{RL \text{ cons}}}{n_{RL \text{ alim}}} \cdot 100 = \frac{n_{\text{Prod Real}}}{n_{\text{Prod teo}}} \cdot 100$$

$$GCA = \frac{n_A \text{ consu}}{n_A \text{ alim}} \cdot 100$$

## Lista complementar de Química

2-) S:  $5,10 \cdot 10^3 \text{ mol de (S)} = x$   
 $1 \text{ mol} = 6,02 \cdot 10^{23}$   
 $\therefore x = 3,0702 \cdot 10^{27} \text{ átomos}$

3-)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 180,18 \text{ g/mol}$      $n = \frac{m}{M} = \frac{1500}{180,18} = 8,325 \text{ mol}$   
 $\text{C}_6 = 72,06 \text{ g/mol}$   
 $\text{H}_{12} = 12,12 \text{ g/mol}$   
 $\text{O}_6 = 96 \text{ g/mol}$

$1500 = 180,18 \cdot x = 599,9$      $n = \frac{599,9}{1,01} = 99,95$   
 $x = 72,06$

$n \text{ átomos} = 3,007 \cdot 10^{25}$

$1500 = 180,18 \cdot x = 100,899$      $n = \frac{100,899}{1,01} = 99,9$   
 $x = 12,12$

$n \text{ átomos} = 6,01 \cdot 10^{25}$

$1500 = 180,18 \cdot x = 799,2$      $n = \frac{799,2}{16} = 99,95$   
 $x = 96$

$n \text{ átomos} = 3,007 \cdot 10^{25}$

4-)  $m = ?$      $\rho = 0,930 \text{ g/cm}^3$   
 $v = 750 \text{ ml}$

$\rho = \frac{m}{v}$      $m = \rho v = 0,930 \cdot 750 = 697,5 \text{ g}$

5-)  $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 62,08 \text{ g/mol}$      $m = 1100 \text{ g}$      $n = 17,719$   
 $\text{H}_2\text{O} = 18,02$      $m = 1000$      $n = 55,99$

$\theta = \frac{v_i}{v_t} = \frac{1100}{2100} \cdot 100 = 52,38 \%$



6-)  $C_8H_{10}N_4O_2$  (caféina)

$CHCl_3 \Rightarrow 33,4\%$  em massa caféina

$$M(\text{caféina}) = 194,22$$

$$M(CHCl_3) = 119,37$$

Admitindo uma base de cálculo:

$$m = 100g \text{ (caféina + } CHCl_3)$$

$$\text{caféina } m = 33,4g$$

$$M = 194,22$$

$$n = 0,1719$$

$$CHCl_3 - m = 66,6$$

$$M = 119,37$$

$$n = 0,5579$$

$$x_i = \frac{0,1719}{0,1719 + 0,5579} = 0,236$$

$$x_i = \frac{0,5579}{0,1719 + 0,5579} = 0,764$$

$$7-) \rho = 0,812 \text{ g/cm}^3$$

$$V = 500 \text{ ml } m_1 = 411g$$

$$m_2 = 406g$$

$$\rho_1 = \frac{411}{500} = 0,822$$

$$\rho_2 = \frac{406}{500} = 0,812$$

Somente o posto B

8-) Silica = 50%

Agua = 7%

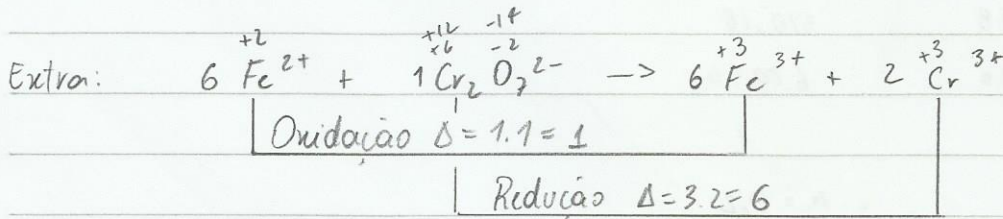
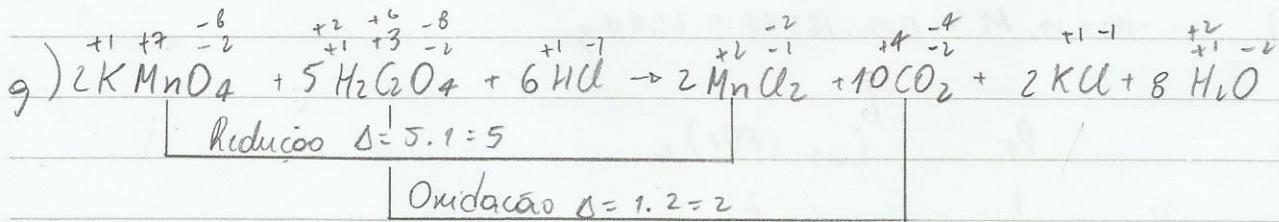
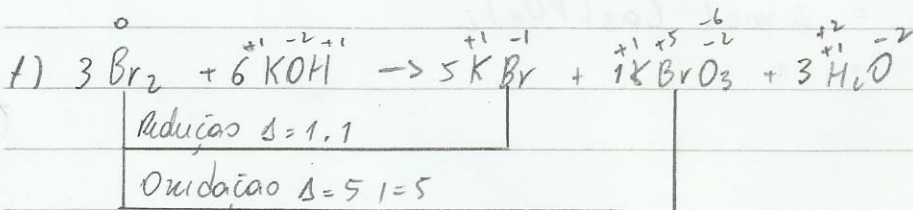
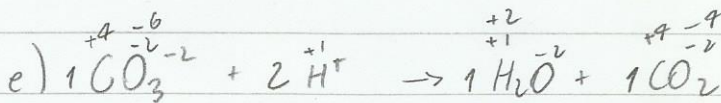
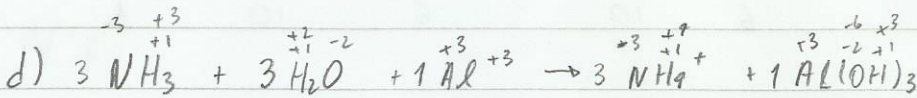
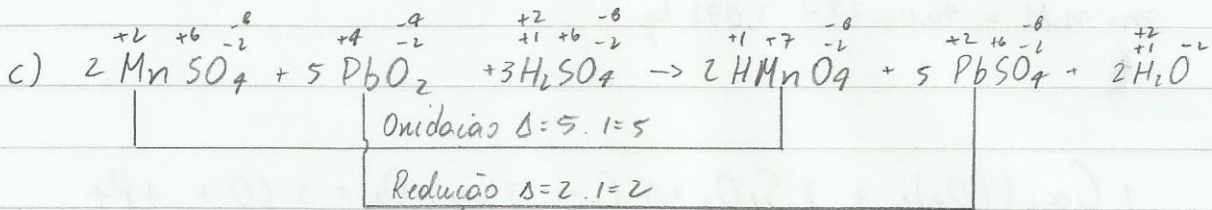
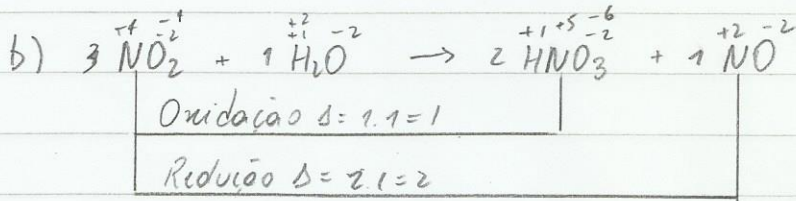
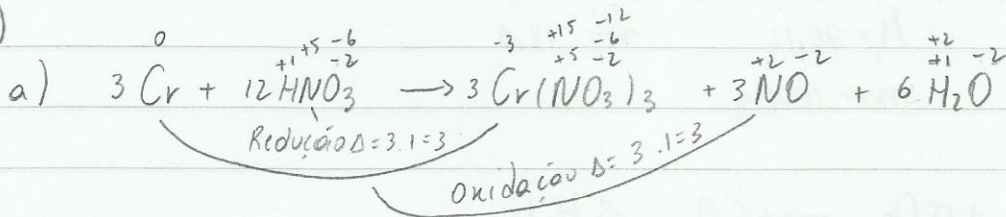
Argila

Agua = 12%

Argila original

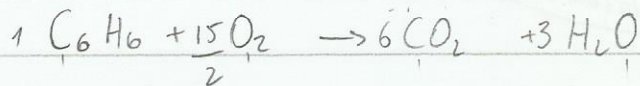
7

9.)





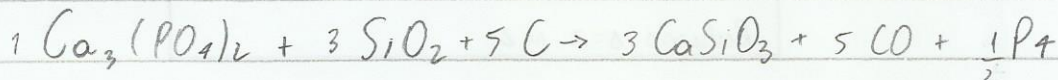
10-)  $C_6H_6$  :  $M = 78,12$   $n = 12,8$   
 $m = 1000g$



esteq	2	15	12	6
alim.	12,8	96,06		

$$m = n \cdot M = 96,06 \cdot 32 = 3,072 \text{ kg}$$

11)



esteq	2	6	10	6	10	$\frac{1}{2}$
-------	---	---	----	---	----	---------------

$$Ca_3(PO_4)_2 : M = 310,18$$

a)  $1 \text{ mol } P_4 = 2 \text{ mol } Ca_3(PO_4)_2$   
 $n = 1$

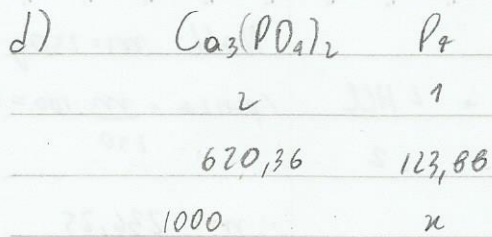
$$n = 0,5$$

b)  $m = n \cdot M = 0,5 \cdot 123,88 = 61,94g$

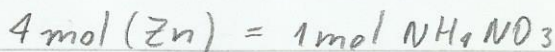
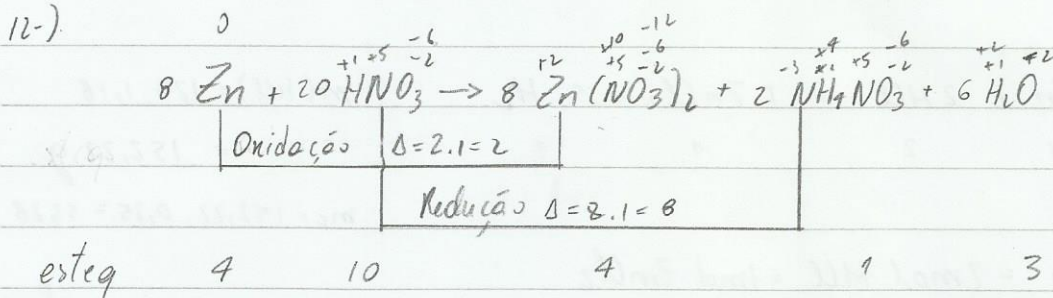
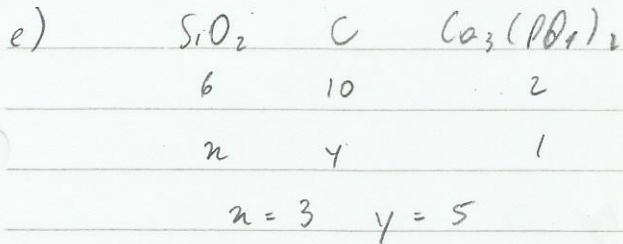
c)

	$P_4$	$Ca_3(PO_4)_2$
n	1	2
M	123,88	310,18
m	123,88	620,36
	x	1

$$\therefore n = 0,2$$

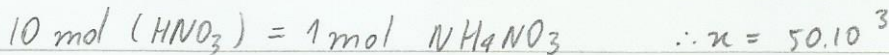


$\therefore x = 200 \text{ kg} = 0,2 \text{ t}$



$x \qquad \qquad \qquad 5 \cdot 10^3 \qquad \qquad \qquad \therefore x = 20 \cdot 10^3$

$m = n \cdot M = 20 \cdot 10^3 \cdot 65,41 = 1308,2 \text{ kg}$

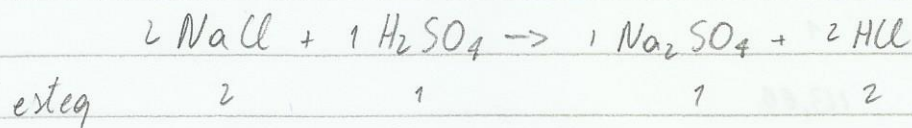


$x \qquad \qquad \qquad 5 \cdot 10^3$

$m = n \cdot M = 50 \cdot 10^3 \cdot 63,02 = 3151 \text{ kg}$



13-)

NaCl:  $m = 250 \text{g}$ 

$$\% \text{puriza} = \frac{m}{250} \cdot 100 = 99,5$$

$$\therefore m = 236,25$$

$$M = 58,45$$

$$n = 4,04$$



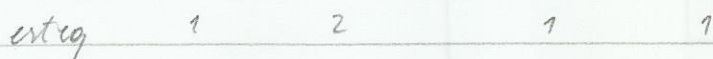
$$116,9 = 192,06$$

$$236,25 = n$$

$$\therefore n = 287,1$$

$$287,1 = 83,4 \quad n = 334,24 \text{ kg}$$

$$n = 100$$



$$m(\text{HCl}) = 129,118$$

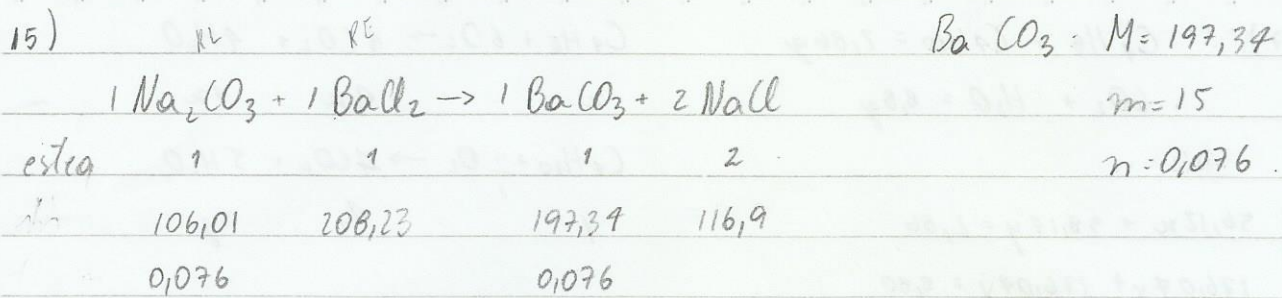
$$= 152,22 \text{ g}$$

$$m_F = 152,22 \cdot 0,35 = 53,28$$



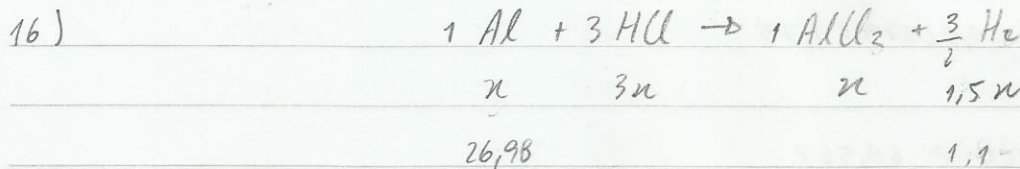
$$65,41 \quad 72,92 \quad 136,31$$

55



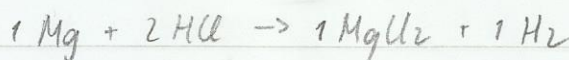
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,076 \cdot 286,21 = 21,75 \text{ g}$$

$$\% \text{ puritate} = \frac{21,75}{25} \cdot 100 = 87\%$$



$$\text{Al} + \text{Mg} = 25\text{g}$$

$$\text{H}_2 + \text{H}_2 = 2,5\text{g}$$



	$y$	$2y$	$y$	$y$
	24,30			1,01

$$\begin{cases} 26,98x + 24,30y = 25 \\ (1,5x + 1,01y) \cdot 1,01 = 2,5 \end{cases} \quad y = \frac{2,5 - 1,515x}{1,0201}$$

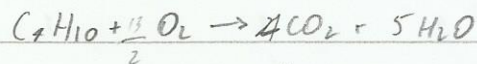
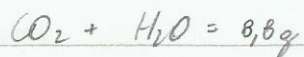
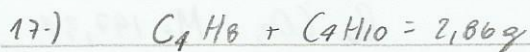
$$26,98x + 24,30 \cdot \frac{2,5 - 1,515x}{1,0201} = 25$$

$$26,98x + 59,55 - 36,09x = 25$$

$$-9,11x = -34,55$$

$$x = 3,79 \quad y =$$





$$\begin{cases} 56,12x + 58,14y = 2,86 \\ 176,04x + 176,04y = 8,80 \\ 72,08x + 90,1y = 4,14 \end{cases}$$

$176,04(x+y) = 8,80 \quad y = 0,04999 - x$

$72,08x + 90,1(0,04999 - x) = 4,14 \quad \therefore x = 0,020199$

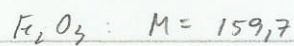
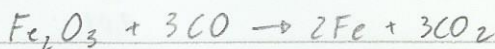
$y = 0,02979$

$m(C_4H_{10}) = 58,14 \cdot 0,02979 = 1,73$

$\%m = \frac{1,73}{2,86} \cdot 100 = 60,56\%$

18-)

RE



esteq.



$m = 2,62 \cdot 10^3$

dim

$16,4$

$n = 16,4$

tco

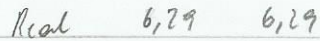
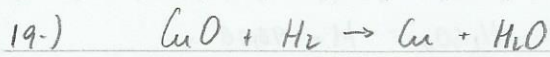
Real

$14,68$

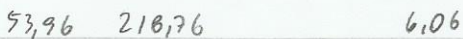
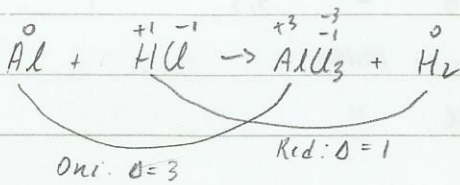
$29,36$

$m = 14,68 \cdot 159,7 = 2,34$

$\%pura = \frac{2,34}{2,62} \cdot 100 = 89,49\%$

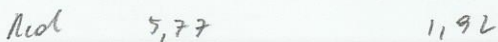
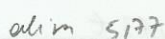
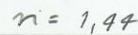
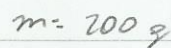
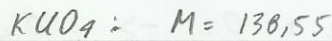
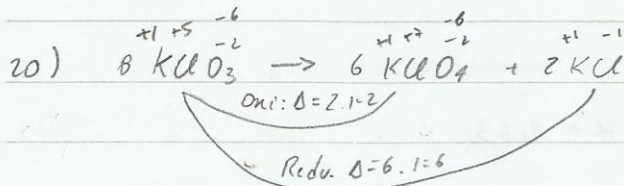


$$m(\text{H}_2) = 1,02 \cdot 6,29 = 12,70 \text{ g}$$



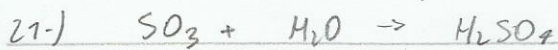
$$\therefore x = 113,08 \text{ g}$$

$$y = 458,46 \text{ g}$$



$$m = 5,77 \cdot 35,45 \cdot 2 = 409,38 \text{ g}$$





$H_2SO_4 : M = 98,08$

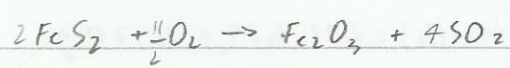
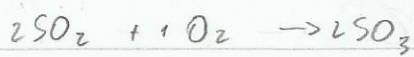
esteq 1 1 1

$m_I = 2000 \text{ kg}$

alim

$n = 20,39$

Real 20,39 20,39



esteq 2 1 2

esteq 2 5,5 1 4

alim

alim 10,195

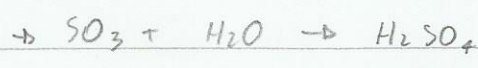
Real 20,39 20,39

Real " 20,39

$m_p = 10,195 \cdot 2 (55,85 + 2 \cdot 32,06) = 2496,18$

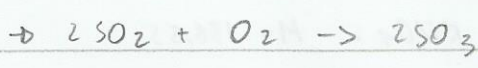
$SO = \frac{2496,18 \cdot 100}{m} \therefore m = 4,9 \text{ t}$

ou



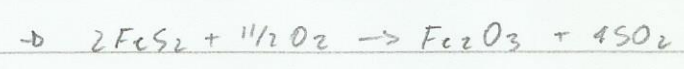
80,06 98,08  $\therefore x = 1,63$

$x \quad 2$



128,12 160,12  $\therefore x = 1,3$

$x \quad 1,63$

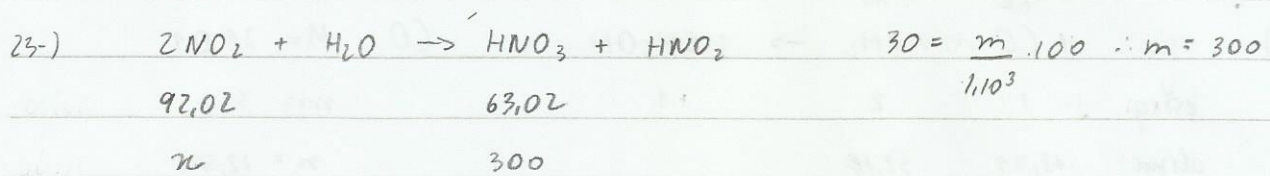


239,94 256,24  $\therefore x_p = 1,2173$

$x \quad 1,3$

$SO = \frac{1,2173 \cdot 100}{m} \therefore m = 2,43 \text{ t}$

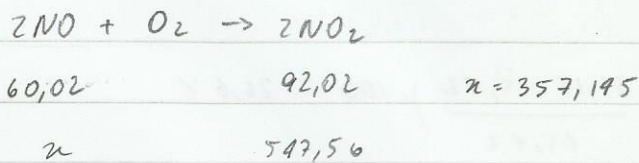
22-)



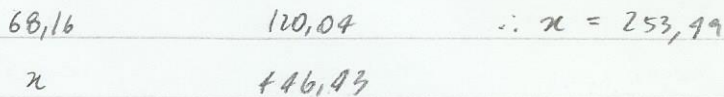
$$30 = \frac{m}{1,10^3} \cdot 100 \therefore m = 300$$

$$\therefore x = 438,05$$

$$\%C = \frac{n_{\text{KLions}}}{n_{\text{KLalin}}} \cdot 100 \therefore n_{\text{KLalin}} = \frac{438,05 \cdot 100}{80} = 547,56$$



$$n_{\text{KLalin}} = \frac{357,195}{80} \cdot 100 = 446,43$$



$$\therefore x = 253,99$$

$$n_{\text{KLalin}} = \frac{253,99}{80} \cdot 100 = 316,85 \text{ kg}$$



24.)

	KL	RE		
25.)	1 CO	2 H <sub>2</sub>	→	1 CH <sub>3</sub> OH
esteq	1	2		1
dim	12,71	32,18		
teo	12,71	25,42		
Real	12,71	25,42		12,71
find		6,76		

CO: M = 28,01  
m = 356  
n = 12,71

$$a) \text{ \% excesso do Re} = \left( \frac{32,18 - 25,42}{25,42} \right) \cdot 100 = 26,6 \%$$

$$b) m = 12,71 \cdot (12,01 + 3 \cdot 1,01 + 16 + 1,01) = 407,35 \text{ g}$$

$$c) m = 6,76 \cdot 2,02 = 13,66 \text{ g}$$

	RE	RL		
26-)	$1 \text{ Sb}_2\text{S}_3 + 3 \text{ Fe} \rightarrow 2 \text{ Sb} + 3 \text{ FeS}$			$\text{Sb}_2\text{S}_3: M = 339,7$
esteg	1	3	2	3
alim	1,766	4,976		
teo	1,492	4,476		
real	0,82	2,46	1,64	
final				

a)  $\frac{1,766}{1} < \frac{4,976}{3} \therefore \text{RL} \rightarrow \text{Fe}$

b)  $\% \text{ excre} = \frac{|1,766 - 1,492|}{1,492} \cdot 100 = 18,36\%$

c)  $\text{rendimento percentual} = \frac{2,46}{4,476} \cdot 100 = 54,96\%$

d)  $\% \text{ GCA} (\text{Sb}_2\text{S}_3) = \frac{0,82}{1,766} \cdot 100 = 46,43\%$

$\% \text{ GCA} (\text{Fe}) = \frac{2,46}{4,476} \cdot 100 = 54,96\%$

27-) Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ):  $v = 1,5 \text{ L}$   $\rho = 0,8 \text{ kg/L}$  a)  $\% \text{ excre} = \frac{|193,75 - 76,12|}{76,12} \cdot 100$

$m = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ kg}$

$\text{O}_2$ :  $v = 2,1 \text{ m}^3$   $\rho = 1,429$   $\therefore \% \text{ excre} = 20\%$

$m = 3 \text{ kg}$  RE



esteg

	1	3	2	3
--	---	---	---	---

alim

	26,04	93,75		
--	-------	-------	--	--

teo

	26,04	76,12		
--	-------	-------	--	--

real

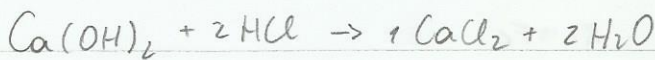
	22		44,01	
--	----	--	-------	--



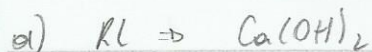
28-)  $\text{Ca(OH)}_2$  :  $M = 74,1$   $m = \frac{80 \cdot 92,5}{100} = 74$   
 $m_s = 80 \text{ kg}$   
 $m_p = 74 \text{ kg}$

HU :  $M = 36,46$   $30 = \frac{m}{355} \cdot 100$   
 $m = 355 \text{ g}$   
 $m = 106,5$

RL RE



esteg	1	2	1	2
alim	0,999	2,921		
teo	0,999	1,997		
real	0,897	1,795	0,897	
final				



b) % de reagente em excesso =  $\frac{|2,921 - 1,997|}{1,997} \cdot 100 = 46,27\%$

c) %GC =  $\frac{0,897}{0,999} \cdot 100 = 90\%$   $30 = \frac{x - 0,22}{0,22} \cdot 100 \therefore x = 0,29$   
 $\%GC = 90 = \frac{x}{0,11} \cdot 100 \therefore x = 0,099$

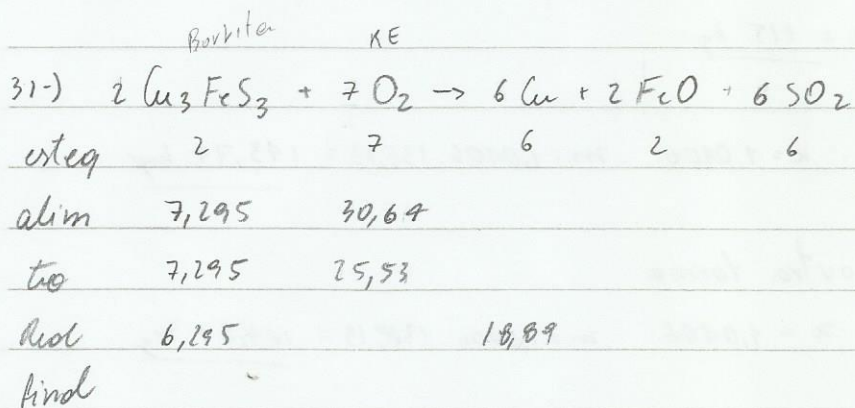
RL RE



esteg	1	2	1	1	1
alim	0,11	0,29			
teo	0,11	0,22			
real	0,099	0,198		0,099	
final					

$m(\text{HCl}) = 0,198 \cdot (73,01 + 35,45) = 7,219$   $36 = \frac{7,219}{x} \cdot 100$

30-)



$$\% \text{KE}_{\text{enc}} = 20 = \frac{(n - 25,53)}{25,53} \cdot 100 \quad \therefore n = 30,64$$

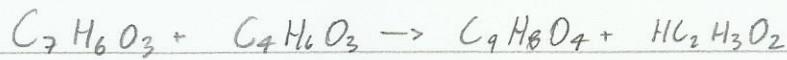
$$a) = m = 30,64 \cdot 16 \cdot 2 = 980,37 \text{ kg} = 0,98 \text{ t}$$

$$\% \text{GC} = 86,3 = \frac{n}{7,295} \cdot 100 \quad \therefore n = 6,295$$

$$b) = m = 18,89 \cdot 63,55 = 1,2 \text{ t}$$



32-)



esteq	1	1	1	1
alim	0,8325			
teo				
real	0,8325		0,8325	



$$\frac{138,13}{x} = \frac{180,17}{150} \quad \therefore x = 115 \text{ kg}$$

outra forma (tabela)

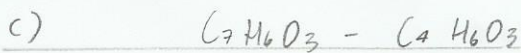
$$m = 0,8325 \cdot 138,13 = 115 \text{ kg}$$

$$80 = \frac{0,8325}{x} \cdot 100 \quad \therefore x = 1,0406 \quad m = 1,0406 \cdot 138,13 = 143,74 \text{ kg}$$

outra forma

$$80 = \frac{0,8325}{x} \cdot 100 \quad \therefore x = 1,0406 \quad m = 1,0406 \cdot 138,13 = 143,74 \text{ kg}$$

RE RL



esteq	1	1	$\%GC = 80 = \frac{x}{0,69} \cdot 100 \Rightarrow x = 0,55$
alim	1,34	0,69	
teo	0,69	0,69	$\%GC (C_7H_6O_3) = \frac{0,55}{1,34} \cdot 100 = 41,42\%$
real	0,55	0,55	

Nome: Erivelton Gualter dos Santos 11.210.368-4

1º semestre de 2011 2º ciclo Engenharia Básica

Química Geral I (Parte II)



Volume parcial: seria o volume ocupado por um componente da mistura, imaginando-se que estivesse sozinho, e continuasse exercendo a pressão total na temperatura  $t$  da mistura.

Aplicando este conceito na equação de estado, tem-se:

$$\text{componente A: } P_T V_A = n_A R T \quad (\text{IV})$$

$$\text{componente B: } P_T V_B = n_B R T \quad (\text{V})$$

Somando as equações (IV) e (V), tem-se:

$$\begin{array}{l} P_T V_A = n_A R T \\ P_T V_B = n_B R T \end{array} \quad \downarrow \oplus$$

$$P_T (V_A + V_B) = (n_A + n_B) R T$$
$$P_T V_T = n_T R T \quad (\text{VI})$$

Dividindo a equação IV pela equação VI, tem-se:

$$\frac{P_T V_A = n_A R T}{P_T V_T = n_T R T} \Rightarrow \frac{V_A}{V_T} = \frac{n_A}{n_T}$$

$$\frac{V_A}{V_T} \cdot 100 = \frac{n_A}{n_T} \cdot 100$$

Lembrando que:

$$\% \text{ volume} = \frac{V_i}{V_T} \cdot 100 \quad \text{e} \quad \% \text{ molar} = \frac{n_i}{n_T} \cdot 100$$

tem-se:

$$\% \text{ volume} = \% \text{ molar}$$

Somente para  
misturas gasosas

Massa molar média da mistura: ( $\bar{M}_{mist}$ )

Seja uma mistura gasosa composta pelas componentes A e B. A massa total desta mistura é dada por:

$$m_T = m_A + m_B$$

Lembrando que:  $n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \times M$

componente A  $\Rightarrow m_A = n_A \times M_A$

componente B  $\Rightarrow m_B = n_B \times M_B$

para a mistura  $\Rightarrow m_T = n_T \bar{M}_{mist}$

$$n_T \bar{M}_{mist} = n_A M_A + n_B M_B$$

$$\bar{M}_{mist} = \frac{n_A M_A + n_B M_B}{n_T}$$

$$\bar{M}_{mist} = x_A M_A + x_B M_B$$

Generalizando:  $\bar{M}_{mist} = \sum x_i M_i$

Densidade da mistura gasosa ( $\rho_{mist}$ )

$$\rho_{mist} = \frac{m_T}{V_T} \quad \left[ \frac{g}{L} \right]$$

$$P_T V = n_T RT$$

$$P_T V = \frac{m_T}{\bar{M}_{mist}} RT$$

$$\frac{m_T}{V} = \frac{P_T \bar{M}_{mist}}{RT} \Rightarrow$$

$$\rho_{mist} = \frac{P_T \bar{M}_{mist}}{RT}$$



## Misturas gasosas

Seja um sistema constituído por 2 componentes gasosas A e B, a uma temperatura  $t$ , ocupando o volume  $V$

A	⊕ $P_T$	
+		$t$
B		$V$

Pressão parcial = é a pressão que seria exercida pelo componente, se estivesse sozinho, ocupando o volume  $V$  e a temperatura  $T$

Lei de Dalton = "Em uma mistura de  $n$  componentes, a pressão total desta mistura é dada pela soma das pressões parciais de cada um dos componentes."

$$P_T = \sum p_i$$

para o nosso sistema:  $P_T = P_A + P_B$

onde:  $P_A \Rightarrow$  pressão parcial de A

$P_B \Rightarrow$  pressão parcial de B

$P_T \Rightarrow$  Pressão total

Escrevendo a equação de estado para cada um dos componentes, tem-se:

componente A:  $P_A V = n_A R T$  (I)

componente B:  $P_B V = n_B R T$  (II)

Somando as equações (I) e (II), tem-se:

$$\begin{array}{l} P_A V = n_A RT \\ \underline{P_B V = n_B RT} \end{array} \quad \downarrow \oplus$$

$$\underbrace{(P_A + P_B)}_{P_T} V = \underbrace{(n_A + n_B)}_{n_T} RT$$

∴ para a mistura gasosa tem-se:

$$\boxed{P_T V = n_T RT} \quad (\text{III})$$

Dividindo a equação (I) pela equação (III), tem-se:

$$\frac{P_A \cdot V = n_A RT}{P_T V = n_T RT} \Rightarrow \frac{P_A}{P_T} = \frac{n_A}{n_T}$$

Lembrando que:

$$x_i = \frac{n_i}{n_T}$$

tem-se:

$$\frac{P_A}{P_T} = x_A \Rightarrow$$

$$\boxed{P_A = x_A P_T}$$



(41-pág36)

Calcule

30g O <sub>2</sub>
20g N <sub>2</sub>
10g H <sub>2</sub>

$$V = 10L$$

$$t = 27^{\circ}C$$

a)  $P_T$  (atm)

b) pressões parciais (atm)

c) densidade da mistura

d) composição molar (% molar)

Dados: PA  $\rightarrow$  N = 14

$$O = 16$$

$$H = 1$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atmL}}{\text{kmol}}$$

$$n = m$$

$$M$$

$$n: O_2 = 0,94 \text{ mol}$$

$$N_2 = 0,71 \text{ mol}$$

$$H_2 = 5 \text{ mol}$$

a)  $P_T V = n_T R T$

$$P_T = \frac{n_T R T}{V} = \frac{6,65 \cdot 0,082 \cdot 300}{10} = 16,36 \text{ atm}$$

b)  $p(O_2) = \frac{0,94}{6,65} \cdot 16,36 = 2,31 \text{ atm}$  ou

$$p(O_2) = \frac{0,94 \cdot 0,082 \cdot 300}{10} = 2,31 \text{ atm}$$

$$p(N_2) = \frac{0,71}{6,65} \cdot 16,36 = 1,75 \text{ atm}$$

$$p(H_2) = \frac{5}{6,65} \cdot 16,36 = 12,3 \text{ atm}$$

c)  $p = \frac{30+20+10}{10} = 6 \text{ g/L}$

$$d) \% \text{ molar } (O_2) = \frac{0,94}{6,65} \cdot 100 = \underline{14,14\%}$$

$$\% \text{ molar } (N_2) = \frac{0,71}{6,65} \cdot 100 = \underline{10,68\%}$$

$$\% \text{ molar } (H_2) = \frac{5}{6,65} \cdot 100 = \underline{75,19\%}$$

Ex 40

20% H <sub>2</sub>	V = 15 L	t = t <sub>2</sub> →	20% H <sub>2</sub>	V = 7,5 L
50% CO <sub>2</sub>	t = 27°C		50% CO <sub>2</sub>	t = 27°C
30% N <sub>2</sub>	P <sub>T</sub> = 2,6 atm		30% N <sub>2</sub>	P <sub>T</sub> = ?

(x volume)

P<sub>mist</sub> = ?

Dados: P<sub>A</sub> → C = 12

O = 16

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$R = \frac{0,082 \text{ atm L}}{\text{K mol}}$$

N = 14

H = 1

$$P_2 = \frac{P_0 V_0}{V_1} = \frac{2,6 \cdot 15}{7,5} = \underline{5,2 \text{ atm}}$$

$$P_{\text{mist}} = \frac{P_T \bar{M}_{\text{mist}}}{RT}$$

$$M(H_2) = 2 \text{ g/mol}$$

$$M(CO_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = \sum x_i M_i$$

$$M(N_2) = 28 \text{ g/mol}$$

$$\% \text{ molar } H_2 = 20\% \Rightarrow x_{H_2} = 0,2$$

$$\% \text{ molar } CO_2 = 50\% \Rightarrow x_{CO_2} = 0,5$$

$$\% \text{ molar } N_2 = 30\% \Rightarrow x_{N_2} = 0,3$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = 0,2 \cdot 2 + 44 \cdot 0,5 + 28 \cdot 0,3$$

$$P_{\text{mist}} = \frac{P_T \bar{M}_{\text{mist}}}{RT} = \frac{5,2 \cdot 30,8}{0,082 \cdot 300} = 6,5 \text{ g/L}$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = 30,8 \text{ g/mol}$$

(49)



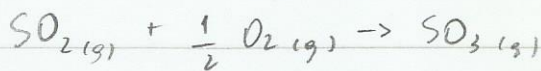
# Estequiometria gasosa

Ex 40 pag 58

Equimolar  $\rightarrow n_{SO_2} = n_{O_2}$

①		②	
SO <sub>2</sub>	V = 82L	SO <sub>3</sub>	V = 82L
O <sub>2</sub>	P <sub>i</sub> = 1,5 atm	SO <sub>2</sub>	P <sub>f</sub> = 2,5 atm
	t = 27°C	O <sub>2</sub>	

%GC = 80%



Em 1:

$$P_i V = n_i RT$$

$$n_i = \frac{P_i V}{RT} = \frac{1,5 \cdot 82}{0,082 \cdot (273 + 27)} = 5 \text{ mol}$$

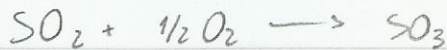
Como  $n_{O_2} = n_{SO_2}$   $\left\{ \begin{array}{l} n_{O_2} = 2,5 \text{ mol} \\ n_{SO_2} = 2,5 \text{ mol} \end{array} \right.$

$$n_{SO_2} = \frac{n_{SO_3 \text{ obtido}}}{\nu_{O_2}} = \frac{2,5}{1} = 2,5$$

$$\nu_{O_2} = \frac{2,5}{0,5} = 5$$

RL = SO<sub>2</sub>

RE = O<sub>2</sub>



n<sub>inicial</sub>      2,5      2,5

n<sub>teórico</sub>      2,5      1,25      2,5

n<sub>reage ou n<sub>prod.</sub></sub>      2      1      2

n<sub>final</sub>      0,5      1,5      2

$$\%GC = \frac{n_{SO_3 \text{ obtido}}}{n_{SO_3 \text{ teórico}}} \times 100$$

$$n_{SO_3 \text{ obtido}} = \frac{80 \cdot 2,5}{100} = 2 \text{ mol}$$

Em 2

$$n_T = n_{SO_2} + n_{O_2} + n_{SO_3}$$

$$n_T = 0,5 + 1,5 + 2 = 4 \text{ mol}$$

$$P_T V = n_T R T$$

$$45,82 = 4 \cdot 0,082 \cdot T$$

$$\therefore T = 625 \text{ K}$$

$$\Delta = 625 - 273 = 352^\circ\text{C}$$

$$b) \% \text{ molar} = \frac{n_i}{n_T} \cdot 100$$

$$\% \text{ molar } SO_2 = \frac{0,5}{4} \cdot 100 = 12,5\%$$

$$\% \text{ molar } O_2 = \frac{1,5}{4} \cdot 100 = 37,5\%$$

$$\% \text{ molar } SO_3 = \frac{2}{4} \cdot 100 = 50\%$$

99-1)

A	
$O_2$	$V = 2L$
	$t = 27^\circ\text{C}$
	$P = 3 \text{ atm}$

B	
75% $C_2H_6$	$V = 6L$
25% $CO_2$	$t = 35^\circ\text{C}$
	$P_T = 5 \text{ atm}$

Após reação



$CO_2$	$t = 377^\circ\text{C}$
$H_2O$	$V = 6L$
$+ (C_2H_6)$	

d) REENC

b)  $p$  mist dos gases no recipiente B antes da reação

c)  $P_T$  após a reação



$$P_f V_f = n R T$$

$$30.2 = n \cdot 0,082 \cdot (30+273) \quad \therefore n_f = 2,41 \text{ mol (A)}$$

$$P_f V_f = n R T$$

$$5.6 = n \cdot 0,082 \cdot (35+273) \quad \therefore n_f = 1,19 \text{ mol (B)}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,75 \cdot 1,19 = 0,89 \text{ mol!}$$



malim	0,89	2,41	0,13	
ntco	0,69	2,41	1,38	2,07
nreage / prod	0,69	2,41	1,38	2,07
n final	0,2	0	1,68	2,07

$$\frac{2,41}{3,5} < \frac{0,89}{1} \quad \text{RL: O}_2$$

$$\text{RE: C}_2\text{H}_6$$

$$\text{a) \% RE} = \frac{0,89 - 0,69}{0,69} \cdot 100 = 28,99\% = 29\%$$

$$\text{b) } M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \quad \therefore m = n \cdot M = 0,89 \cdot 30 = 26,7 \text{ g} \quad m_T = 39,9 \text{ g}$$

$$m = n \cdot M = 0,3 \cdot 44 = 13,2 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{39,9}{6} = 6,65 \text{ g/L}$$

$$\rho_{\text{mist}} = \frac{P_f \cdot \bar{M}_{\text{mist}}}{RT} \quad \bar{M}_{\text{mist}} = 0,75 \cdot 30 + 0,25 \cdot 44 = 33,5$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = \sum x_i M_i \quad \rho_{\text{mist}} = \frac{5 \cdot 33,5}{0,082 \cdot (35+273)} = 6,63 \text{ g/L}$$

$$x_i = \frac{\text{nmolar}}{100}$$

35,3

15 a 47

$$P_T V = nRT$$

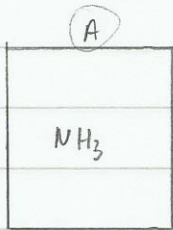
$$R = 0,082 \frac{\text{atmL}}{\text{Kmol}}$$

$$P_T \cdot 6 = (1,66 + 2,07 + 0,12) \cdot 0,082 \cdot (273 + 377)$$

Kmol

$$\therefore P_T = 35,09 \text{ atm}$$

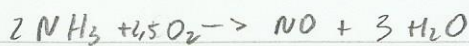
50-)



$$V = 37,3 \text{ m}^3 = 37,3 \cdot 10^3 \text{ L}$$

$$t = 30^\circ\text{C}$$

$$P_T = 2 \text{ atm}$$



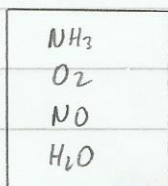
$$P_T V = nRT \quad (A)$$

$$37,3 \cdot 10^3 \cdot 2 = 0,082 (30 + 273) \cdot n$$

+ 4,5 kmol O<sub>2</sub>

$$\therefore n = 3 \text{ kmol}$$

reação (%GC = 75%)



$$V = 37,3 \text{ m}^3$$

$$t = 30^\circ\text{C}$$

$$P_T = ?$$

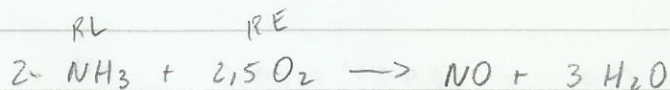
$$\frac{4,5}{2,5} > \frac{3}{2}$$

$$P_T V = nRT$$

$$P_T \cdot 37,3 \cdot 10^3 = 8,065 \cdot 0,082 \cdot (30 + 273)$$

composição molar: ?

$$\therefore P_T = 5,37 \text{ atm}$$



	RL	RE		
n <sub>dim</sub>	3	4,5		
n <sub>teo</sub>	3	3,75	1,5	4,5
n <sub>magi / prod</sub>	2,25	2,81	1,125	3,375
n <sub>final</sub>	0,75	1,69	1,125	3,375

$$\%GC = \frac{n_{\text{prod}}}{n_{\text{dim}}} \cdot 100 \Rightarrow 75 = \frac{n}{3} \cdot 100 \therefore n = 2,25$$

$$\% \text{ molar NH}_3 = \frac{0,75}{8,065} \cdot 100 = 9,3\%$$

$$\% \text{ molar O}_2 = \frac{1,69}{8,065} \cdot 100 = 21,0\%$$

$$\% \text{ molar NO} = \frac{1,125}{8,065} \cdot 100 = 13,95\%$$

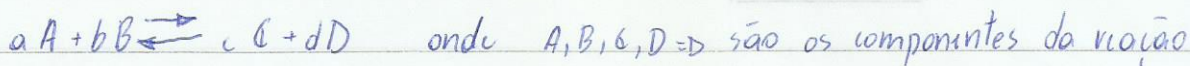
$$\% \text{ molar H}_2\text{O} = \frac{3,375}{8,065} \cdot 100 = 41,85\%$$



## Equilíbrio Químico "capítulo 15"

### 1- Determinação da constante de equilíbrio ( $K_c$ )

Seja a reação reversível e genérica abaixo



$a, b, c, d \Rightarrow$  são os respectivos coeficientes estequiométricos

Define-se constante de equilíbrio a relação

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

onde  $[A], [B], [C]$  e  $[D] \Rightarrow$  são as concentrações molares ( $\frac{\text{mol}}{L}$ ) dos componentes da reação no equilíbrio químico.

A constante de equilíbrio de uma reação depende apenas da temperatura.  
A constante não depende do número de mols alimentado, do volume e da pressão.

A constante de equilíbrio depende de como a reação é escrita, por exemplo seja a reação  $A + B \rightleftharpoons C$  tendo como constante de equilíbrio  $K_c$

Se multiplicarmos os coeficientes estequiométricos da reação por um número  $n$  qualquer, a constante deverá ser elevada a potência de  $n$

Para o cálculo do  $K_c$ , não são considerados componentes



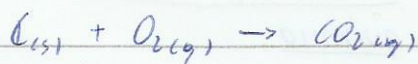
$$K'_c = \frac{[C]^n}{[A]^n [B]^n} \quad K'_c = \left( \frac{[C]}{[A][B]} \right)^n \quad \text{como: } K_c = \frac{[C]}{[A][B]}$$

tem-se:  $K'_c = K_c^n$

Se desejamos inverter a reação, ou seja,  $C \rightleftharpoons A+B$  a constante será:

$$K_c'' = \frac{1}{K_c}$$

Obs: Para cálculo da constante de equilíbrio só serão considerados componentes gasosos, não serão considerados sólidos e líquidos pois a variação da concentração destes componentes são desprezíveis.



$$K_c = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$$

Conhecendo o valor de  $K_c$ , pode-se prever a probabilidade de ocorrência de uma reação.

Se o valor de  $K_c$  for muito elevado  $\rightarrow$  a grande probabilidade de formação de reagentes produto.

Se o valor de  $K_c$  for muito pequeno  $\rightarrow$  a grande probabilidade de formação de reagentes.



15.10 pag. 338

$K_c$  é 0,56 para o sistema



Em um frasco de 5L, uma mistura gasosa consiste em 0,45 mol de  $Cl_2$ , 0,19 mol de  $PCl_3$  e 0,12 mol de  $PCl_5$

a) A mistura está em equilíbrio. Explique

b) Se não está em equilíbrio, de que maneira o sistema irá se deslocar para estabelecer o equilíbrio

$$[Cl_2] = \frac{0,45}{5} = 0,09 \frac{\text{mol}}{L}$$

$$[PCl_3] = \frac{0,19}{5} = 0,038 \frac{\text{mol}}{L}$$

$$[PCl_5] = \frac{0,12}{5} = 0,024 \frac{\text{mol}}{L}$$

$$Q = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0,038 \cdot 0,09}{0,024} = 1,425$$

a) A mistura não está em equilíbrio, pois  $Q \neq K_c$

b) O sistema irá se deslocar no sentido de formação dos reagentes, pois  $Q > K_c$

Calculo das concentrações de equilíbrio conhecido  $K_c$

Seja a reação:



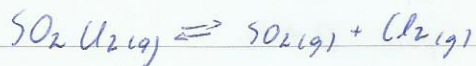
Sabendo-se que no início da reação foram alimentadas a mol do componente A e b mol do componente B e que a constante de equilíbrio é igual a  $K_c$ , para calcular as concentrações no equilíbrio tem-se que resolver a seguinte equação:

	A	+	B	$\rightleftharpoons$	C
n dim	a		b		
m reag / n produzido	-x		-x		x
n equilibrio	a-x		b-x		x
conc. no equilibrio	$\frac{a-x}{V}$		$\frac{b-x}{V}$		$\frac{x}{V}$

$$K_c = \frac{x/V}{\left(\frac{a-x}{V}\right)\left(\frac{b-x}{V}\right)}$$

15.18 pag 319

$K_c$  é 0,40 a uma certa temperatura, para o sistema  $SO_2 + Cl_2(g)$

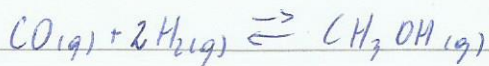


Comçando com 0,200 mol de  $SO_2 + Cl_2$ , em um recipiente de 2L, calcule as concentrações dos componentes no equilíbrio



Ex 15.9 pg 337 (Masterlon)

Quando 1,36 mol de  $H_2$  e 0,78 mol  $CO$  são colocados em um recipiente de 1 L, selado a  $100^\circ C$ , é estabelecido o seguinte equilíbrio.



A concentração molar de equilíbrio de  $H_2$  é igual a  $0,12 \text{ mol/L}$ .  
Calcule:

a)  $[CO]$

b)  $[CH_3OH]$

c)  $K_c$

	$CO(g)$	$2H_2(g)$	$CH_3OH(g)$	
n <sub>inim</sub>	0,78	1,36		
n <sub>reag/prod</sub>	0,16	1,24	0,62	a) $[CO] = \frac{0,16 \text{ mol}}{L}$
n <sub>final</sub> ou n <sub>no equil.</sub>	0,16	0,12	0,62	b) $[CH_3OH] = \frac{0,62 \text{ mol}}{L}$
concentração no equilíbrio	$0,16 \frac{\text{mol}}{L}$	$0,12 \frac{\text{mol}}{L}$	$0,62 \frac{\text{mol}}{L}$	

$$V = 1L \Rightarrow n_{H_2 \text{ equil.}} = 0,12 \text{ mol}$$

$$c) \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2} = \frac{0,62}{0,16 \cdot 0,12^2} = 269,1 \frac{L^2}{\text{mol}^2}$$

## Quociente Reacional (Q)

Para uma reação genérica:



define-se quociente reacional (Q) como a relação

$$Q = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

onde  $[A], [B], [C], [D] \Rightarrow$  são concentrações molares dos componentes da reação, não necessariamente no equilíbrio, ou seja, estas concentrações dos componentes do sistema podem ser retiradas em qualquer tempo.

O quociente reacional nos indica como a reação avança em um determinado momento.

Quando  $Q < K_c \Rightarrow$  a reação avança no sentido de formação de produtos, ou seja, se desloca da esquerda para a direita.

Quando  $Q > K_c \Rightarrow$  a reação avança no sentido de formação de reagentes, ou seja, se desloca da direita para a esquerda.

Quando  $Q = K_c$ , a reação está no equilíbrio.



	$\text{SO}_2(\text{Cl}_2)_{(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_2_{(g)} + \text{Cl}_2_{(g)}$		
initial	0,2	-	-
n reage / prod.	-x	x	x
n equilibrio	0,2-x	x	x
concent. no equil.	$\frac{0,2-x}{2}$	$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2][\text{Cl}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]} = 0,4$$

$$K_c = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)\left(\frac{x}{2}\right)}{\frac{0,2-x}{2}} = \frac{x^2}{4} \cdot \frac{2}{0,2-x} = 0,4 \quad \frac{2x^2}{0,8-4x} = 0,4$$

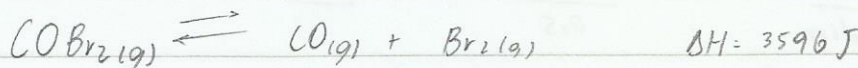
$$2x^2 - 0,32 + 1,6x = 0 \rightarrow x^2 + 0,8x - 0,16 = 0$$

$$x = \frac{-0,8 \pm \sqrt{0,8^2 + 4 \cdot 0,16}}{2} \quad \therefore \begin{cases} x_1 = 0,166 \\ x_2 = -0,965 \end{cases}$$

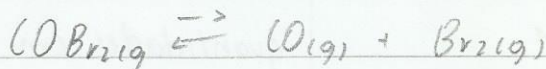
$$[\text{SO}_2\text{Cl}_2] = \frac{0,2-x}{2} = \frac{0,2-0,166}{2} = 0,017 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{SO}_2] = [\text{Cl}_2] = 0,017 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

76



$K_c = 0,19 \quad T = 73^\circ\text{C} \quad n_{\text{COBr}_2, \text{dim}} = 0,5 \text{ mol}$



esteg	1	1	1
olim	0,5		
teo			
real	-x	x	x
final	0,5-x	x	x
conu	$\frac{0,5-x}{2}$	$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$

a)

$\left(\frac{x}{2}\right)^2 : \left(\frac{0,5-x}{2}\right) \Rightarrow \frac{x^2}{4} : \frac{0,5-x}{4}$

$x^2 = 0,19$

$0,5 - x$

$x^2 + 0,38 - 0,19 = 0$

$x_1 = 0,285$

$x_2 = -0,665$

$[\text{COBr}_2(\text{g})] = \frac{0,5 - 0,285}{2} = 0,11 \text{ mol/L}$

$[\text{CO}] = \frac{0,28}{2} = 0,14 \text{ mol/L}$

$[\text{Br}_2] = \frac{0,28}{2} = 0,14 \text{ mol/L}$

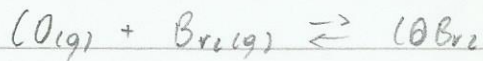
$[\text{CO}] = 0,14$

P.T.



$$b) \% GC_{CO(Br_2)} = \frac{n_{reag}}{n_{dim}} \cdot 100 = \frac{0,285}{0,5} \cdot 100 = \underline{56\%}$$

c)



esteq	1	1	1
adm	2,28	0,28	0,22
real	-x	-x	x
final	2,28-x	0,28-x	0,22+x
equilibi.	$\frac{2,28-x}{2}$	$\frac{0,28-x}{2}$	$\frac{0,22+x}{2}$

Como foi adicionado nas quantidades em equilíbrio somente 2 mol CO, a reação se deslocará de COBr<sub>2</sub>.

$$Q = \frac{[CO][Br_2]}{[COBr_2]} = 1,145$$

$$\frac{(0,22+x)}{2} : \frac{(2,28-x)(0,28-x)}{4}$$

$Q > K_c \rightarrow$  a reação se desloca no sentido de formação dos reagentes.

$$\frac{2(0,22+x)}{x^2 - 2,56x + 0,6384} = \frac{1}{0,119}$$

$$-x^2 + 2,94x - 0,5548 = 0$$

$$x_1 = 0,20 \quad x_2 = 2,74$$

$$[CO] = \frac{2,28 - 0,2}{2} = 1,04 \text{ mol/L}$$

$$[Br_2] = \frac{0,28 - 0,2}{2} = 0,04 \text{ mol/L}$$

$$[COBr_2] = \frac{0,22 + 0,2}{2} = 0,21 \text{ mol/L}$$

d) O aumento de temperatura sempre favorece a reação endotérmica, ou seja, a reação será deslocada no sentido de formação de CO e Br<sub>2</sub>.

## Efeitos de variações sobre o equilíbrio de uma reação

Princípio de Le Chatelier: Quando em uma reação em equilíbrio, foi realizada uma perturbação, a reação se desloca no sentido de contrabalançar a perturbação, levando o estabelecimento de uma nova condição de equilíbrio.

### 1) Adição ou remoção de componentes de uma reação

- Adição de reagente  $\rightarrow$  A reação se desloca no sentido de formação de produto

- Adição de produto  $\rightarrow$  A reação se desloca no sentido de formação de reagentes

- Remoção de reagente  $\rightarrow$  A reação se desloca, no sentido de formação de reagentes

- Remoção de produto  $\rightarrow$  A reação se desloca no sentido de formação de produto

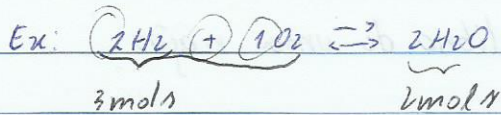


$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

### 2) Alteração no volume

Um aumento de volume no sistema reacional, provoca um deslocamento do equilíbrio no sentido de formação de maior número de mols, enquanto que uma redução no volume provoca um deslocamento no sentido de formação de menor número de mols.





Aumento de volume  $\Rightarrow$  Favorece a reação da  $\Rightarrow$  no sentido de formação  
 direita para a esquerda de reagentes

Redução de volume  $\Rightarrow$  Favorece a reação da  $\Rightarrow$  no sentido de formação  
 esquerda para a direita de produtos

### 3) Variação da temperatura

Um aumento de temperatura sempre favorece a reação endotérmica ( $\Delta H > 0$ )

Uma redução da temperatura sempre favorece a reação exotérmica ( $\Delta H < 0$ )

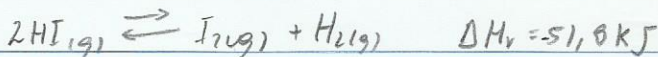
### Exercício

$$n_{\text{H}_2 \text{olim}} = 0,714 \text{ mol}$$

$$n_{\text{I}_2 \text{olim}} = 0,984 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HI} \text{olim}} = 0,886 \text{ mol}$$

$$V = 2,4 \text{ L}$$



Determinar:

a) As concentrações finais

b) Aumento de pressão, o que acontece com o equilíbrio?

c) Aumento de temperatura, o que aconteceu com o equilíbrio?

$$Q = \frac{\left(\frac{0,714}{2,4}\right) \cdot \left(\frac{0,984}{2,4}\right)}{\left(\frac{0,886}{2,4}\right)^2} = 0,880 \quad Q > K_c$$

	$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$			
estq	1	1	2	
alim	0,714	0,984	0,886	
teo				$K'_c = 1 = \frac{1}{K_c} = 59,35$
val	-x	-x	2x	$K_c = 0,0184$
final	0,714-x	0,984-x	0,886+2x	
conc	$\frac{0,714-x}{2,4}$	$\frac{0,984-x}{2,4}$	$\frac{0,886+2x}{2,4}$	

$$= \left( \frac{0,886+2x}{2,4} \right)^2 : \left( \frac{0,714-x}{2,4} \right) \left( \frac{0,984-x}{2,4} \right)$$

$$= \frac{0,785 + 3,544x + 4x^2}{5,76} : \frac{0,703 - 1,698x + x^2}{5,76}$$

$$= 4x^2 + 3,54x + 0,785 = 59,35(x^2 - 1,698x + 0,703)$$

$$= -50,35x^2 + 95,826x - 37,923 = 0$$

$$= \boxed{x_1 = 0,549} \quad x_2 = 1,154$$

a)  $[H_2] = \frac{0,714 - 0,549}{2,4} = 0,06875 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

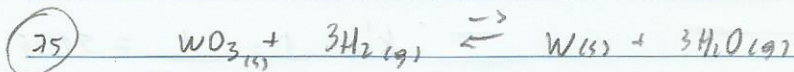
$[I_2] = \frac{0,984 - 0,549}{2,4} = 0,18 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

$[HI] = \frac{0,886 + 2 \cdot 0,549}{2,4} = 0,82 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

b) Mantendo a temperatura constante o aumento de pressão significa redução no volume, como o número de mols de produto é igual o número de mols do reagente, o volume não afeta o equilíbrio da reação.



c) O aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, ou seja, o equilíbrio irá se deslocar no sentido de formação de HI



$T = 1000K$

$K_c = 6859$

Relação molar  $WO_3 : H_2$  igual a 1:6  $\%GC_{WO_3} = ?$

Base de cálculo 1 mol de  $WO_3$

	$WO_3(s)$	$3H_2(g)$	$W(s)$	$3H_2O(g)$
n alim	1	6	—	—
n reag / n prod	-x	-3x	x	3x
n equilíbrio	1-x	6-3x	x	3x
c equilíbrio	$\frac{1-x}{V}$	$\frac{6-3x}{V}$	$\frac{x}{V}$	$\frac{3x}{V}$

$K_c = \frac{[H_2O]^3}{[H_2]^3} \quad \%GC = \frac{n_{WO_3 \text{ reag}}}{n_{WO_3 \text{ alim}}} \cdot 100$

$K_c = \left(\frac{3x}{V}\right)^3 \cdot \left(\frac{6-3x}{V}\right)^3$

$= \frac{(3x)^3}{(6-3x)^3} = \frac{27x^3}{(6-3x)(36-36x+9x^2)}$

$= \frac{27x^3}{216 - 216x + 54x^2 - 108x + 108x^2 - 27x^3}$

$= \frac{27x^3}{-27x^3 + 162x^2 - 324x + 216}$

$= \frac{x^3}{-x^3 + 6x^2 - 12x + 8} = 6859 \quad x_1 = 1,076$

$x_2 = 2,061$

$= 6860x^3 - 41153x^2 + 82309x - 54871 = 0 \quad x_3 = 2,061$

## Misturas gasosas

Pressão parcial é a pressão que seria exercida pelo componente se estivesse sozinho, ocupando o volume  $V$  e a temperatura  $T$

Lei de Dalton: A soma das pressões parciais é igual a pressão total

$$P_T = \sum p_i$$

Também temos  $p_a = \frac{n_i}{n_T} \cdot P_T \Rightarrow p_a = x_i \cdot P_T$   
;  $x_i$  = fração molar

Volume parcial seria o volume ocupado por um componente da mistura, imaginando-se que estivesse sozinho, e continuasse exercendo a pressão total na temperatura  $t$  da mistura.

$$x \text{ volume} = x \text{ molar}$$

↓

$$\frac{V_i}{V_T} \cdot 100$$

↓

$$\frac{n_i}{n_T} \cdot 100$$

Massa molar média da mistura

$$\bar{M}_{\text{mist}} = \sum x_i M_i$$

Densidade da mistura gasosa

$$\rho_{\text{mist}} = \frac{m_T}{V_T} \left[ \frac{g}{L} \right] \quad \text{ou} \quad \rho_{\text{mist}} = \frac{P_T \bar{M}_{\text{mist}}}{RT}$$



36-) a-)  $pV = nRT$

$p \cdot 3 = 2 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} (0+273)$

$\therefore p = \underline{19,94 \text{ atm}}$

$N_2O: M = 14,01 \cdot 2 + 16 = 44,02$

$m = 88 \text{ kg}$

$n = 1,9991 \approx 2 \text{ mol}$

b-)  $pV = nRT$

$5 \cdot 10 = 1 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} T$

$\therefore T = \underline{609,01 \text{ K}}$

$N_2O: M = 44,02$

$m = 44$

$n = 1 \text{ mol}$

c-)  $pV = nRT$

$60 \text{ V} = 0,341 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (20+273)$

$\therefore V = \underline{0,137 \text{ m}^3}$

$N_2O: M = 44,02$

$m = 15 \text{ kg}$

$n = 0,341$

37-)  $m = 0,645 \text{ kg}$

$v = 1,00 \text{ m}$

$p = 0,1 \text{ MPa}$

$T = 25^\circ\text{C}$

$1 \text{ atm} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$x = 0,1 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

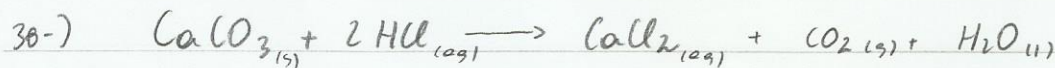
$\therefore x = 0,987$

$pV = nRT$

$0,987 \cdot 1 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (25+273)$

$\therefore n = 0,0403$

$M = \frac{m}{n} = \frac{0,645}{0,0403} = 15,986 = \underline{16 \text{ kg/mol}}$



alim

teo

prod/ucol

final

39-)  $v = 0,78 \text{ L}$

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

Qual o  $v = ?$  a  $T = 36,5^\circ \text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

$p = 1 \text{ atm}$

I:  $pV = nRT$

$1 \cdot 0,78 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (20 + 273) \quad \therefore n = 0,0324$

II:  $pV = nRT$

$1 \cdot v = 0,0324 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (36,5 + 273)$

$\therefore v = \underline{0,8239 \text{ L}}$

40-)

a)  $2,6 \cdot 7,5 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (27 + 273) \quad \therefore n = 1,5834$

$p \cdot 7,5 = 1,58 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (27 + 273)$

$\therefore p = \underline{5,2 \text{ atm}}$



$$b) \bar{M}_{\text{mist}} = 0,2 \cdot 32 + 0,5 \cdot 28,02 + 0,3 \cdot 2,02$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = 30,815$$

$$\rho = \frac{p \bar{M}}{RT} = \frac{5,2 \cdot 30,815}{8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (27+273)} = 6,51 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$91-) \text{O}_2: M = 32$$

$$m = 30 \text{ g}$$

$$n = 0,9375$$

$$\text{N}_2: M = 28,02$$

$$m = 20 \text{ g}$$

$$n = 0,71377$$

$$\text{H}_2: M = 2,02$$

$$m = 10$$

$$n = 4,95$$

$$n_T = 6,60177$$

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 10 = 6,60177 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (27+273)$$

$$\therefore p = \underline{16,26 \text{ atm}}$$

$$p_a = x_i \cdot p_T$$

$$p_a = \frac{n_i}{n_T} p_T$$

$$p_a(\text{O}_2) = \frac{0,9375}{6,60177} \cdot 16,26 = \underline{2,31 \text{ atm}}$$

$$p_a(\text{N}_2) = \frac{0,71377}{6,60177} \cdot 16,26 = \underline{1,76 \text{ atm}}$$

$$p_a(\text{H}_2) = \frac{4,95}{6,60177} \cdot 16,26 = \underline{12,19 \text{ atm}}$$

$$c) \rho = \frac{30 + 20 + 10}{10} = 6 \text{ g/L}$$

$$d) \text{O}_2 = 14,2\%$$

$$\text{N}_2 = 10,8\%$$

$$\text{H}_2 = 74,96\%$$

42-)  $PV = nRT$

$(553 + 147 + 23) \cdot V = 1,98 \cdot 62,4 \cdot (20 + 273)$

$\therefore V = 50,07 \text{ L} = 50,07 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$

$\frac{9 \cdot T_c + 32}{5} = T_F$

$\times T_F = 68^\circ\text{F} \rightarrow T_c = 20$

$40 \cdot 25 \cdot h = 50,07 \cdot 10^3 \quad \therefore h = \underline{50,07 \text{ cm}}$

b)  $n_i: N_2 = \frac{p_i}{P_T} = \frac{553}{723} = 0,7649$

$O_2 = \frac{147}{723} = 0,203$

$H_2O = \frac{23}{723} = 0,0318$

$\bar{M} = 0,7649 \cdot 28,02 + 0,203 \cdot 32 + 0,0318 \cdot 18,02$

$\therefore \bar{M} = 28,50$

$\rho = \frac{723 \cdot 28,50}{62,4 \cdot (68 + 273)} = \underline{0,968 \text{ g/L}}$

$n(N_2) = 0,7649 \cdot 1,98 = 1,5145 \quad m = 1,5145 \cdot 28,02 = \underline{42,43 \text{ g}}$

$n(O_2) = 0,203 \cdot 1,98 = 0,40194 \quad m = 0,40194 \cdot 32 = \underline{12,86 \text{ g}}$

$n(H_2O) = 0,0318 \cdot 1,98 = 0,06296 \quad m = 0,06296 \cdot 18,02 = \underline{1,1346 \text{ g}}$

43-) Gas:  $V = 10 \text{ L}$

$V = 10 \text{ L}$

(I)  $T = 57^\circ\text{C}$

$\rightarrow$

(II)  $T = 277^\circ\text{C}$

$P = 1,2 \text{ atm}$

$P = 1,2 \text{ atm}$

$PV = nRT$

$PV = nRT$

$1,2 \cdot 10 = n \cdot 8,31 \cdot 10^{-2} \cdot (57 + 273)$

$1,2 \cdot 10 = n_2 \cdot 8,31 \cdot 10^{-2} \cdot (277 + 273)$

$\therefore n_1 = 0,4429$

$\therefore n_2 = 0,26575$

$n = n_1 - n_2 = 0,177 \quad \% \text{ molar} = \frac{0,177}{0,4429 + 0,2657} \cdot 100 = 25\%$

$0,4429 + 0,2657$



44-) I

$$V = 30L$$

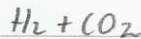


$$T = 27^\circ C$$

$$p = 1,5 atm$$

II

$$V = 30L$$



$$T = 27^\circ C$$

$$p = 5 atm$$



$$I - P_V = nRT$$

$$1,5 \cdot 30 = n \cdot 0,0821 \cdot 10^{-2} \cdot (27 + 273) \quad \therefore n = 1,827 \quad (A)$$

$$II - P_V = nRT$$

$$5 \cdot 30 = n \cdot 0,0821 \cdot 10^{-2} \cdot (27 + 273) \quad \therefore n = 6,0901$$

$$n(H_2) = 1,827$$

$$n(CO_2) = 4,2630$$

$$\% \text{ molar } (H_2) = \frac{1,827}{6,0901} \cdot 100 = 30\%$$

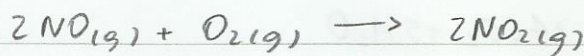
$$\% \text{ molar } (CO_2) = \frac{4,2630}{6,0901} \cdot 100 = 70\%$$

$$P_a = \sum P_i$$

$$p(H_2) = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ atm}$$

$$p(CO_2) = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ atm}$$

45-)



esteg

2

1

2

alim

0,886

0,503

teo

0,886

reagelprod

0,886

0,886

final

Como  $\frac{0,886}{2} < \frac{0,503}{1}$  O reagente limitante é o NO

b)  $n(\text{NO}_2) = 0,886 \text{ mol}$

46-)



a)

→ R: 1, 5, 3, 4

b)  $m(\text{O}_2) = ?$  se  $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 3,65 \text{ mol}$



esteg      1      5      3      4

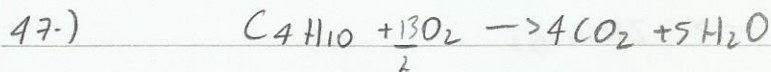
alim      3,65

teo      3,65

reag/prdd      3,65      10,95

final

$$m = 10,95 \cdot 16,01 = \underline{175,3 \text{ g}}$$



esteg      1      6,5      4      5

alim      0,250

teo

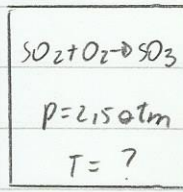
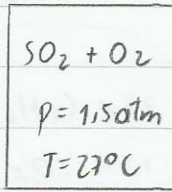
reag/prdd      0,250      1,625

final



48-)

$V = 82L$



↳ 66 = 80%

$pV = nRT$

$1,5 \cdot 82 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (27 + 273)$

$\therefore n = 5 \text{ mol}$



teo	1	0,5	1
alim	2,5	2,5	5
teo	2,5	1,25	2,5
mol/prod	2	1	2
final	0,5	1,5	2

$80 = \frac{x}{2,5} \cdot 100 \therefore x = 2$

$pV = nRT$

$2,5 \cdot 82 = 4 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot T \therefore T = \underline{624,27 \text{ K}}$

$SO_2 : \frac{0,5}{1} \cdot 100 = 12,5\%$

$O_2 : \frac{1,5}{4} \cdot 100 = 37,5\%$

$SO_3 : \frac{2}{4} \cdot 100 = 50\%$

49-)

A
$V = 2L$
$O_2$
$t = 27^\circ C$
$p = 30 \text{ atm}$

B
$V = 6L$
$O_2$
$t = 35^\circ C$
$p = 5 \text{ atm}$

Inici = kmol

+ 75%  $C_2H_6$   
+ 25%  $CO_2$

	$1 C_2H_6 + 7 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$
esteg	1      3,5      2      3
alim	0,89      2,44      0,3
teo	0,69      2,44
real	0,69      2,44      1,38      2,07
final	0,2      0      1,68      2,07

$$n(O_2): \quad pV = nRT$$

$$30 \cdot 2 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot 300 \quad \therefore n = 2,44$$

$$n(B): \quad pV = nRT$$

$$5 \cdot 6 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (35 + 273) \quad \therefore n = 1,19$$

$$n(C_2H_6) = 0,75 \cdot 1,19 = 0,89$$

$$\% RE = \frac{|0,89 - 0,69|}{0,69} \cdot 100 = 29\%$$

$$m: \quad C_2H_6 = 30,08 \cdot 0,89 = 26,77 \text{ g}$$

$$CO_2 = 44,01 \cdot 0,3 = 13,203 \text{ g}$$

$$p = \frac{39,973}{6} = 6,66 \text{ g/L}$$

$$n_T = 0,2 + 1,68 + 2,07$$

$$n_T = 3,95$$

$$p \cdot 6 = 3,95 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (377 + 273)$$

$$\therefore p = 35,13 \text{ atm}$$



$$50-) V = 37,3 \text{ m}^3$$

$$T = 30^\circ\text{C}$$

$$GC = 75\%$$

$$p = 2 \text{ atm}$$



ext(g)	2	2,5	2	3
alim	3	4,5		
teo	3	3,75	3	4,5
real	2,25	2,8125	2,25	3,375
final	0,75	1,6875	2,25	3,375

$$pV = nRT$$

$$2,37,3 \cdot 10^3 = n \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (30 + 273) \quad \therefore n = 3 \text{ kmol}$$

$$75 = \frac{x}{3} \cdot 100 \quad \therefore x = 2,25$$

$$nT = 0,75 + 1,6875 + 2,25 + 3,375 = 8,0625 \text{ kmol}$$

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 37,3 \cdot 10^3 = 8,0625 \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \cdot (30 + 273)$$

$$\therefore p = \underline{5,38 \text{ atm}}$$

$$b) \text{ NH}_3: \frac{0,75 \cdot 100}{8,0625} = 9,30\% \quad \text{O}_2: \frac{1,6875}{8,0625} \cdot 100 = 20,93\%$$

$$\text{NO}: \frac{2,25}{8,0625} \cdot 100 = 27,91\% \quad \text{H}_2\text{O}: \frac{3,375}{8,0625} \cdot 100 = 41,86\%$$

## Equilíbrio Químico

### Exercícios Exemplos

15.9 pg 337 (Masterlon)

	$\text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$		
esteq	1	2	1
olim	0,78	1,36	
teo	-----		
real	0,62	1,24	0,62
final	0,16	0,12	0,62
conunt	0,16	0,12	0,62

a)  $[\text{CO}] = 0,16 \text{ mol/L}$

b)  $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,62 \text{ mol/L}$

c)

$$K_c = \frac{0,62}{0,16 \cdot 0,12^2} = 269,1 \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2}$$

15.10 pag 338

$$Q = \frac{0,09 \cdot 0,18}{0,024} = 0,675 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{U}_2]: \frac{0,45}{5} = 0,09 \text{ mol/L}$$

$$[\text{PCl}_3] = \frac{0,9}{5} = 0,18 \text{ mol/L}$$

$$[\text{PCl}_5] = \frac{0,12}{5} = 0,024 \text{ mol/L}$$

∴ A mistura não está em equilíbrio químico pois o quociente reacional é diferente da constante de equilíbrio.



15.18 pag 339

$$K_c = 0,40 \quad V = 2L$$

	$SO_2 (l_2(g))$	$\rightleftharpoons$	$SO_2(g) + U_2(g)$	
estiq	1		1	1
alim	0,2			
teo				
rial	$-x$		$x$	$x$
final	$0,2-x$		$x$	$x$
cons	$\frac{0,2-x}{2}$		$\frac{x}{2}$	$\frac{x}{2}$

$$\frac{x^2}{4} : \frac{0,2-x}{2} = 0,4 \Rightarrow \frac{2x^2}{0,8-4x} = 0,4$$

$$2x^2 + 1,6x - 0,32 = 0$$

$$x^2 + 0,8x - 0,16 = 0$$

$$\Delta = 0,8^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-0,16) = 1,28$$

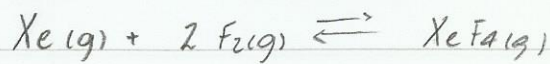
$$x = \frac{-0,8 \pm \sqrt{1,28}}{2} \quad x_1 = 0,166 \quad x_2 = -0,966$$

$$[SO_2(U_2)] = \frac{0,2-0,166}{2} = 0,017 \text{ mol/L}$$

$$[SO_2] = [U_2] = \frac{0,166}{2} = 0,0828 \text{ mol/L}$$

71-)

GC = 60%



Xe = 0,5 mol

esteg	1	2	1
alim	0,5	1	

F<sub>2</sub> = 1,0 mol

V = 2 L

tco

K<sub>c</sub> = 7

real	0,3	0,6	0,3
------	-----	-----	-----

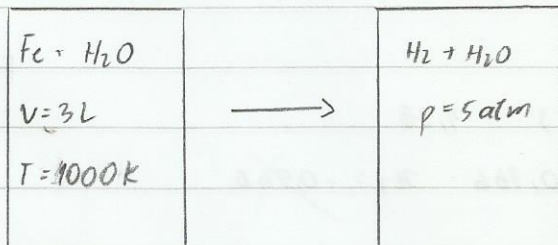
final	0,2	0,4	0,3
-------	-----	-----	-----

conunt	0,1	0,2	0,15
--------	-----	-----	------

$$60 = \frac{x}{0,5} \cdot 100 \quad \therefore x = 0,3$$

$$K_c = \frac{0,15}{0,1 \cdot 0,2^2} = 37,5 \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2}$$

72-)



esteg	3	4	1	4
-------	---	---	---	---

alim

tco

real	0,3	0,4	0,1	0,4
------	-----	-----	-----	-----

final			0,1	0,4
-------	--	--	-----	-----

conc



H<sub>2</sub>: m = 0,6

pV = nRT

M = 202

0,05.3 = n · 8,21 · 10<sup>-2</sup> · 1000

n = 0,4

∴ n = 1,827 · 10<sup>-3</sup> (H<sub>2</sub>O)

73.) p = 1 atm

pV = nRT

V = 100 L

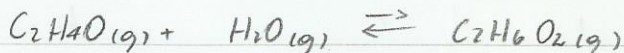
1.100 = n · 8,21 · 10<sup>-2</sup> · (127 + 273)

T = 127 °C

∴ n = 3,045 mol (total)

(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) : n = 3,045 · 0,4 = 1,218

(H<sub>2</sub>O) : n = 3,045 · 0,6 = 1,827



alim 1,218

1,827

real 0,974

0,974

0,974

linal 0,247

0,853

0,974

conc 2,44 · 10<sup>-3</sup>

8,53 · 10<sup>-3</sup>

9,74 · 10<sup>-3</sup>

$$80 = \frac{x}{1,218} \cdot 100 \quad \therefore x = 0,974$$

$$n_i = 0,247 + 0,853 + 0,974 = 2,074$$

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 100 = 2,074 \cdot 8,314 \cdot 10^{-2} \cdot (127 + 273)$$

$$\therefore p = 0,68 \text{ atm}$$

b)

$$K_c = \frac{9,74 \cdot 10^{-3}}{2,47 \cdot 10^{-3} \cdot 8,53 \cdot 10^{-3}} = 468 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

$$c) \quad GC(H_2O) = \frac{0,853}{1,827} \cdot 100 = 53\%$$

$$C_2H_6O_2: \quad n = 0,974$$

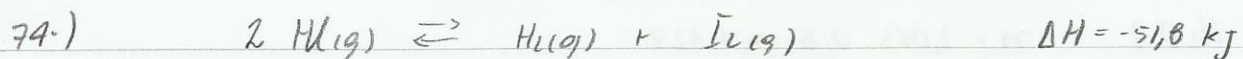
$$M = 62,08$$

$$m = 60,5 \text{ g}$$

$$C_2H_4O: \quad x_i = 0,12 \quad e \quad 2,49 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$H_2O: \quad x_i = 0,411 \quad e \quad 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_2H_6O_2: \quad x_i = 0,47 \quad e \quad 9,74 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$



steq

2

1

1

$$K_c = 0,0164$$

alim

0,714

0,984

$$T = 430^\circ\text{C}$$

teo

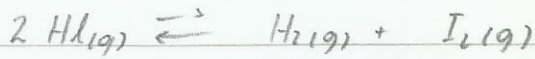
real

find

conc



74-1



estiq	2	1	1
alim	0,886	0,714	0,886
hal	-2x	x	x
final	0,886-2x	0,714+x	0,886+x
konent.	$\frac{0,886-2x}{2,4}$	$\frac{0,714+x}{2,4}$	$\frac{0,886+x}{2,4}$

$$\frac{0,714+x}{2,4} \cdot \frac{0,886+x}{2,4} : \left( \frac{0,886-2x}{2,4} \right)^2$$

$$\frac{x^2 + 1,6x + 0,6326}{5,76} : \frac{0,785 - 3,544x + 4x^2}{5,76}$$

$$\frac{x^2 + 1,6x + 0,6326}{4x^2 - 3,544x + 0,785} = 0,0184$$

$$4x^2 - 3,544x + 0,785$$

$$0,9264$$

## Misturas Gasosas

Pressão Parcial é a pressão que seria exercida pelo componente, se estivesse sozinho, ocupando o volume  $V$  e a temperatura  $T$

Pressão Total é a soma de todas as pressões parciais

$$P_T = \sum p_i \quad P_T = P_A + P_B$$

$$P_T V = n_T R T \quad \text{"Lei dos gases"}$$

Também temos;  $\frac{p_a}{P_T} = \frac{n_a}{n_T}$ ; sendo  $\frac{n_a}{n_T} = x_i$ ;  $x_i$  = fração molar

Para "achar" a pressão parcial, devemos:  $p_a = x_i P_T$

Volume parcial

$$P_T V_i = n_i R T$$

$$\frac{V_a}{V_T} = \frac{n_A}{n_T}$$

% volume = % molar

$$\text{sendo: } \% \text{ volume} = \frac{V_a}{V_T} \cdot 100 \quad \% \text{ molar} = \frac{n_i}{n_T} \cdot 100$$

$$C = \frac{n}{V} \quad (\text{concn. molar})$$

Massa molar média da Mistura: ( $\bar{M}_{\text{mist}}$ )

$$m_T = m_A + m_B$$

$$\bar{M}_{\text{mist}} = \sum x_i M_i$$

Densidade da mistura gasosa ( $\rho_{\text{mist}}$ )

$$\rho_{\text{mist}} = \frac{m_T}{V_T} \left[ \frac{g}{L} \right] \quad \rho_{\text{mist}} = \frac{P_T \bar{M}_{\text{mist}}}{R T}$$



Exercícios "Apostila"

Gases e misturas

36-)  $N_2O$  :  $M = 44,02 \text{ kg/mol}$

a)  $m = 88 \text{ kg}$

$V = 3 \text{ m}^3$

$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$p = ?$

$pV = nRT$

$p = \frac{nRT}{V}$

$n = \frac{88}{44,02} = 2$

$44,02$

$p = \frac{2 \cdot 0,082 \cdot 273}{3} \therefore p = 14,92 \text{ atm}$

b)  $m = 44 \text{ kg}$

$V = 10 \text{ m}^3$

$p = 5 \text{ atm}$

$T = ?$

$pV = nRT$

$T = \frac{pV}{nR}$

$n = \frac{44}{44,02} = 1$

$44,02$

$T = \frac{5 \cdot 10}{0,082} \therefore T = 609,76 \text{ K}$

$0,082$

c)  $m = 15 \text{ kg}$

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

$p = 60 \text{ atm}$

$V = ?$

$pV = nRT$

$V = \frac{nRT}{p}$

$n = \frac{15}{44,02} = 0,34$

$44,02$

$V = \frac{0,34 \cdot 0,082 \cdot 293}{60} \therefore V = 0,14 \text{ m}^3$

$60$

37-)  $m_r = 0,645 \text{ kg}$

$V = 1,00 \text{ m}^3$

$p = 0,1 \text{ MPa}$

$T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$

$1 \text{ atm} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$n = 0,1 \cdot 10^6$

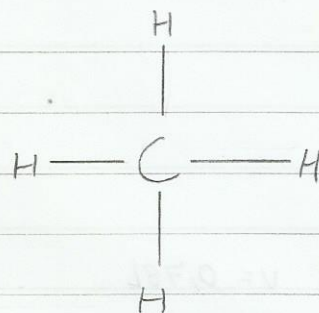
$\therefore n = 0,987 \text{ atm}$

$$n = \frac{m}{M} \quad \therefore M = \frac{m}{n}$$

$$pV = nRT$$

$$0,987 \cdot 1 = n \cdot 0,082 \cdot 296 \quad \therefore n = 0,04 \text{ mol}$$

$$M = \frac{0,645}{0,04} \quad \therefore M = 15,966 \text{ kg/mol}$$



$$C = 12,01 \text{ kg/mol}$$

$$aC + bH = 16$$

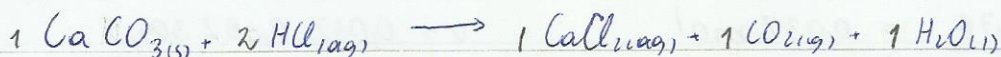
$$H = 1,01 \text{ kg/mol}$$

$$12a + b = 16, \quad \text{m} \quad a = 1$$

$$12 + b = 16; \quad \therefore b = 4$$



38-)



esteq

1

2

1

1

1

dim

$$7,49 \cdot 10^{-3}$$

$$0,01499$$

(para 1 comp)

vral

$$0,00599$$

$$0,00599$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{0,75}{100,09} = 7,49 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{HCl}) = 3 \text{ mol/L}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$3 = \frac{0,01499}{V}$$

$$\therefore V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ L} = \underline{5 \text{ mL}}$$



b) %GC = 80%

$V = ?$  (ml) ( $\text{CO}_2$ )

$80 = \frac{nRT \text{ (ONS)} \cdot 100}{7,49 \cdot 10^{-3}} \therefore n = 5,99 \cdot 10^{-3}$

$T = 36^\circ\text{C} = 309\text{K}$

$p = 1\text{atm}$

$pV = nRT$

$V = \frac{5,99 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 309}{1} \therefore V = 0,152\text{L} = \underline{152\text{ml}}$

39)  $V = 0,78\text{L}$

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

$P = 1\text{atm}$

(Estado 1)

$V = ?$

$T = 36,5^\circ\text{C} = 309,5\text{K}$

$P = 1\text{atm}$

(Estado 2)

OU  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$pV = nRT$  (Est. 1)

$n = \frac{1 \cdot 0,78}{0,082 \cdot 293} = 0,032\text{mol}$

$pV = nRT$  (Est. 2)

$V = \frac{0,032 \cdot 0,082 \cdot 309,5}{1}$

$\therefore V = \underline{0,82\text{L}}$

40) (% em volume)

20% de  $\text{H}_2$

50% de  $\text{CO}_2$

30% de  $\text{N}_2$

Estado 1

$V_T = 15\text{L}$

$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

$P_T = 2,6\text{atm}$

Isotérmica

$V = 7,5\text{L}$

$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

Estado 2

a)  $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$\frac{2,6 \cdot 15}{7,5} = p_2 \therefore p_2 = \underline{5,2\text{atm}}$

$$b) \rho = \frac{pT \bar{M}_{\text{ist}}}{RT}$$

$$\bar{M}_{\text{ist}} = \sum n_i M_i$$

$$= 0,2 \cdot 20,02 + 0,5 \cdot 44,01 + 0,3 \cdot 28,02 \quad \therefore \bar{M}_{\text{ist}} = 30,815 \text{ g/mol}$$

$$\rho = \frac{5,2 \cdot 30,815}{0,082 \cdot 300} = 6,51 \text{ g/L}$$

40-)

$m_{O_2} = 30 \text{ g}$
$m_{N_2} = 20 \text{ g}$
$m_{H_2} = 10 \text{ g}$

$$V = 10 \text{ L}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$n_{O_2} = \frac{30}{32} = 0,9375 \text{ mol}$$

$$n_{N_2} = \frac{20}{28,02} = 0,7138 \text{ mol}$$

a)  $p_T = ?$

$$p_T V = n R T$$

$$n_{H_2} = \frac{10}{2,02} = 4,9505 \text{ mol}$$

$$p_T = \frac{n_T R T}{V}$$

$$\therefore n_T = 6,6 \text{ mol}$$

$$\therefore p_T = \frac{6,6 \cdot 0,082 \cdot 300}{10} = 16,29 \text{ atm}$$

b)  $p_a = ?$

$$p_{O_2} = \frac{0,9375}{6,6} \cdot 16,29 \quad \therefore p_{O_2} = 2,31 \text{ atm}$$

$$p_{N_2} = \frac{0,7138}{6,6} \cdot 16,29 \quad \therefore p_{N_2} = 1,76 \text{ atm}$$

$$p_{H_2} = \frac{4,9505}{6,6} \cdot 16,29 \quad \therefore p_{H_2} = 12,18 \text{ atm}$$

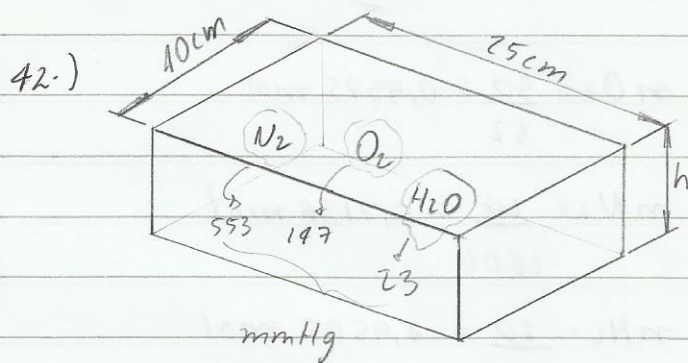


$$c) \rho = \frac{m}{V} = \frac{60}{10} = \underline{6 \text{ g/L}}$$

$$d) x_i = \frac{0,9375}{6,6} \cdot 100 \quad (\text{O}_2) = 14,20\%$$

$$x_i = \frac{0,7136}{6,6} \cdot 100 \quad (\text{N}_2) = 10,82\%$$

$$x_i = \frac{4,9505}{6,6} \cdot 100 \quad (\text{H}_2) = 75,01\%$$



$$n_T = 1,98 \text{ mol}$$

$$T_F = 68^\circ\text{F}$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100}$$

$$\therefore T_C = \left( \frac{T_F - 32}{180} \right) \cdot 100$$

$$\therefore T_C = (T_F - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

$$\therefore T_C(68) = 20^\circ\text{C} \quad T_K = 293\text{K}$$

$$p_T = \sum p_i = 553 + 147 + 23 = 723 \text{ mmHg}$$

$$pV = nRT \quad \therefore V = \frac{1,98 \cdot 62,4 \cdot 293}{723} \quad \therefore V = 50,07 \text{ L} = 50070,17 \text{ mL}$$

$$= 50070,17 \text{ cm}^3$$

$$V = CL \cdot h$$

$$\therefore h = \frac{V}{CL} = \frac{50,07 \cdot 10^3}{25 \cdot 10} = \underline{50,07 \text{ cm}}$$

$$P_{O_2} = \chi_{O_2} \times P_T$$

$$P_{N_2} = \chi_{N_2} \times P_T$$

$$P_{H_2O} = \chi_{H_2O} \times P_T$$

(10)

$$\therefore \chi_{O_2} = \frac{147}{723} = 0,203$$

$$\chi_{N_2} = \frac{553}{723} = 0,76 \quad \chi_{H_2O} = \frac{23}{723} = 0,04$$

$$n_{O_2} = 0,203 \cdot 1,98 = 0,4026$$

$$n_{N_2} = 1,51$$

$$n_{H_2O} = 0,04 \cdot 1,98 = 0,079$$

$$m(O_2) = 0,4026 \cdot 32 = 12,88 \text{ g}$$

$$m(N_2) = 1,51 \cdot 28,02 = 42,43 \text{ g}$$

$$m_T = 56,73 \text{ g}$$

$$m(H_2O) = 0,079 \cdot 18,02 = 1,43 \text{ g}$$

$$b) \rho = \frac{m}{V} = \frac{56,73}{50,07} = 1,13 \text{ g/L}$$

43) Estado 1

$V = 10 \text{ L}$
$T = 57^\circ\text{C} = 330 \text{ K}$
$P = 1,2 \text{ atm}$

aumenta a  
temperatura

Estado 2

$V = 10 \text{ L}$
$T = 550 \text{ K}$
$P = 1,2 \text{ atm}$

$$\chi_{N_2} = \frac{n_2}{n_T} \cdot 100$$

$$(II) \rightarrow pV = nRT$$

$$n = \frac{10 \cdot 1,2}{0,082 \cdot 550} = 0,266 \text{ mol}$$

$$(I) pV = nRT$$

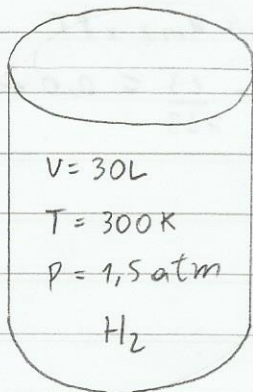
$$n = \frac{1,2 \cdot 10}{0,082 \cdot 330} = 0,443 \text{ mol}$$

$$\chi_{N_2} = \frac{0,266}{0,443} \cdot 100 = 60\%$$

$$\therefore \chi_{N_2} = 40\%$$



44)



Após a Injeção

de  $CO_2$ , temos

$V = 30L$

$T = 300K$

$p = 5 \text{ atm}$

Estado II.

Estado I

I:  $pV = nRT$

$1,5 \cdot 30 = n \cdot 0,082 \cdot 300$

$\therefore n = 1,829$

$x_i = ? \quad p_i = ?$

II:  $pV = nRT$

$n = \frac{5 \cdot 30}{0,082 \cdot 300} = 6,098$

$x_1(H_2) = \frac{1,829}{6,098} \cdot 100 = 30\%$

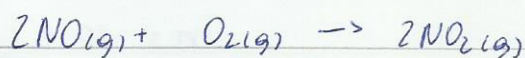
$p_1(H_2) = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ atm}$

$p_2(CO_2) = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ atm}$

$x_2(CO_2) = 100 - 30 = 70\%$

Estequiometria gasosa

45)

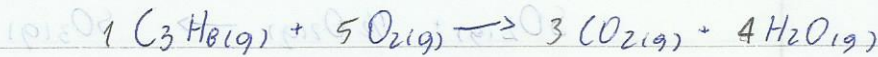


esteq	2	1	2
oliment	0,886	0,503	
teo	0,886	0,443	
real	0,886	0,443	0,886
final	0	0,06	0,886

$$\frac{0,886}{2} = 0,443 < 0,503 \quad \left( R: \text{O agente limitante é } (NO) \right)$$

O n.º de mol de  $NO_2$  é 0,886 mo

46-)



esteg	1	5	3	4
alim	3,65			
real	3,65		10,95	

$$m(O_2) = 10,95 \cdot 44,01 = \underline{481,91g}$$

47-)

$c(N) = 780,8 \text{ mL/L}$

$c(O) = 209,5 \text{ mL/L}$

$c(\text{Outros}) = 9,7 \text{ mL/L}$

$N = 78,06\%$

$O_2 = 20,95\%$

$\text{Outros} = 0,99\%$



esteg	1	6,5	4	5
alim	4,3	27,95		
real				
final				

$1000 = 100 \quad \therefore x = 78,06\%$

$780,8 = x$

$C_4H_{10}: M = 58,14 \text{ g/mol}$

$m = 0,250 \text{ kg}$

$n = 4,3 \text{ mol}$

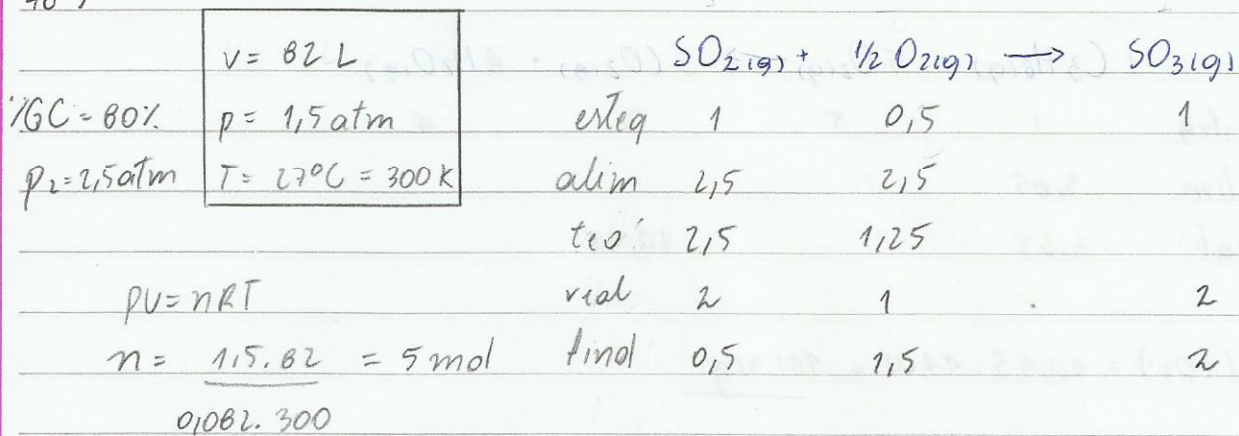
$O_2: n = 27,95$

$M = 32$

$\therefore m = 894,4 \text{ g}$



48-)



$$80 = \frac{n}{2,5} \cdot 100 \quad \therefore n = 2$$

$$pV = nRT$$

$$T = \frac{2,5 \cdot 82}{(2+1,5+0,5) \cdot 0,082} \quad \therefore T = 625 \text{ K}$$

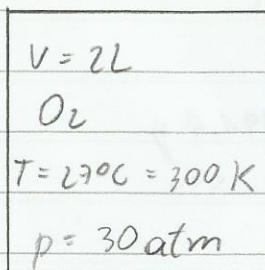
$$n_i = \frac{0,5}{4} \cdot 100 = 12,5\% (\text{SO}_2)$$

$$n_i = \frac{1,5}{4} \cdot 100 = 37,5\% (\text{O}_2)$$

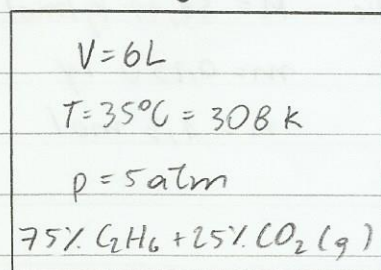
$$n_i = \frac{2}{4} \cdot 100 = 50\% (\text{SO}_3)$$

49-)

A

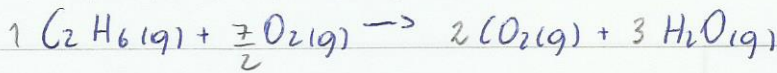


B



T

$$T_f = 377^\circ\text{C} = 650 \text{ K}$$



esteg	1	3,5	2	3
alim	0,89	2,44	0,30	
teo	0,70	2,44		
real	0,70	2,44	1,39	2,09
final	0,19	0	1,69	2,09

A:  $pV = nRT$

$$n = \frac{30 \cdot 2}{0,082 \cdot 300} = 2,44 \text{ (O}_2\text{)}$$

B:  $pV = nRT$

$$n = \frac{5 \cdot 6}{0,082 \cdot 308} = 1,19$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,75 \cdot 1,19 = 0,89$$

$$n(\text{O}_2) = 1,19 - 0,89 = 0,3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{2,44}{3,5} = 0,70 \text{ (RL)} \\ \frac{0,89}{1} = 0,89 \text{ (RE)} \end{array} \right.$$

a)

$$\% \text{RE exc} = \left( \frac{0,89 - 0,70}{0,70} \right) \cdot 100 = \underline{27,14\%}$$

b)

$$\bar{M}_{\text{mist}} = 0,75 \cdot 30,08 + 0,25 \cdot 44,01 = 33,5625$$

$$P_T V_T = n_T R T$$

$$P_T V_T = \frac{m_T R T}{M_T}$$

$$\rho = \frac{m_T}{V_T} = \frac{M_T P_T}{R T}$$

$$\therefore \rho = \frac{33,5625 \cdot 5}{0,082 \cdot 308} = 6,64 \text{ g/l}$$

c)  $pV = nRT$

$$p = \frac{(0,19 + 1,69 + 2,09)}{6} \cdot 0,082 \cdot 650 \quad \therefore p_T = \underline{35,27 \text{ atm}}$$



50-)

Estado A

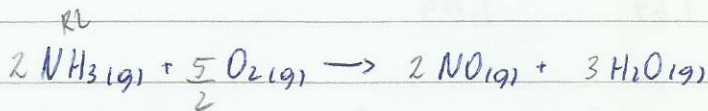
$$V = 37,3 \text{ m}^3$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$p = 2 \text{ atm}$$

 $\text{NH}_3$ 

Estado B

É injetado: 4,5 kmol de  $\text{O}_2$ 

$$\% \text{GC} = 75\%$$

esteq	2	2,5	2	3
alim	3	4,5		
teo	3	3,75		
real	2,25	2,81	2,25	3,375
ind	0,75	1,69	2,25	3,375

$$A: pV = nRT$$

$$2 \cdot 37,3 = n \cdot 0,082 \cdot 303$$

$$\therefore n = 3$$

$$\left. \begin{array}{l} 4,5 / 2,5 = 1,8 \text{ (RE)} \\ 3 / 2 = 1,5 \text{ (RL)} \end{array} \right\}$$

$$75 = \frac{n}{3} \cdot 100 \quad \therefore n = 2,25$$

$$a) pV = nRT$$

$$p = \frac{(0,75 + 1,69 + 2,25 + 3,375) \cdot 0,082 \cdot (30 + 273)}{37,3}$$

$$\therefore p = \underline{5,37 \text{ atm}}$$

$$b) x_i(\text{NH}_3) = \frac{0,75}{8,065} = 9,3\% \quad x_i(\text{O}_2) = \frac{1,69}{8,065} \cdot 100 = 20,95\%$$

54.)

Cubo  $\left\{ \begin{array}{l} l = 1,2921 \text{ m} \\ V = 1,916 \text{ m}^3 \end{array} \right.$

$\rightarrow V \cong 1916 \text{ L}$

$m = 18 \text{ g}$  (vapor  $\text{H}_2\text{O}$ )  
 $m = 288 \text{ g}$  (Oxigênio)  
 $p = 105,0 \text{ mm Hg}$

a)

$$\left. \begin{array}{l} n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18}{18,02} \cong 1 \text{ mol} \\ n(\text{O}_2) = \frac{288}{32} = 9 \text{ mol} \end{array} \right\} n_T = 10 \text{ mol}$$

$$pV = nRT$$

$$T = \frac{105,0 \cdot 1916}{62,4 \cdot 10} \quad \therefore \quad T = \underline{322,4 \text{ K}} = \underline{49,4 \text{ }^\circ\text{C}}$$

b)  $p_i = x_i P_T$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = x_{\text{H}_2\text{O}} P_T$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{10} \cdot 105 = 10,5 \text{ mm Hg}$$

Corresponde  $\rightarrow$

$$P.O = \underline{12^\circ\text{C}}$$

c)

$$\%SR = \frac{p_v}{P_{v,i}^0} \cdot 100$$

$$\%SR = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2\text{O},50}^0} \cdot 100 \Rightarrow \%SR = \frac{10,5}{92,5} \cdot 100 = \underline{11,35\%}$$

55)

Estado A		Estado B
13,13% vapor	$V = 30 \text{ L}$	
	$P_T = 140 \text{ mm Hg}$	$T = 313 \text{ K}$
	$T = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$	$V = 10 \text{ L}$

$\xrightarrow[\text{constant.}]{\text{temperatura}}$



$$a) \%SR = \frac{p_v}{p_{vit}} \cdot 100 \quad \%SR = \frac{18,424}{55,3} \cdot 100 = 33,32\%$$

$$p_i = x_i \cdot P_T$$

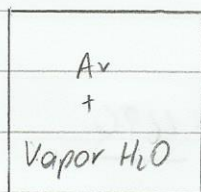
$$p = 0,1316 \cdot 140 = 18,424 \text{ mmHg}$$

b)  $P_T = ?$  após a condensação

$$(p_v)_2 = (p_v)_1$$

$$p = \frac{140 \cdot 30}{10} = \underline{420 \text{ mmHg}}$$

56-)



$$\%SR = 50\%$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$P_T = 600 \text{ mmHg}$$

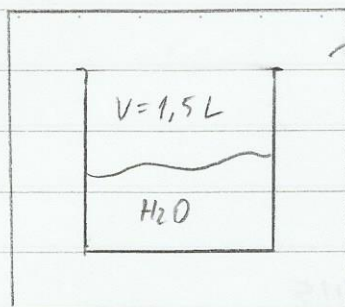
$$\%SR = \frac{p_v}{p_{vit}} \cdot 100 \quad p_a = \frac{50 \cdot 31,8}{100} = 15,9$$

$$p_a = x_i \cdot P_T \quad \therefore x_i = \frac{15,9}{600} = 0,0265 \cdot 100 = \underline{2,65\%}$$

$$H_2O = 2,65\%$$

$$ar = 97,35\%$$

57-)



$$V = 18,8 \text{ m}^3 = 18800 \text{ L}$$

$$T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$\rho = 0,997 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \therefore m = 0,997 \cdot 1500 = 1495,5 \text{ g}$$

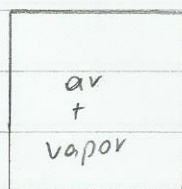
$$n = \frac{1495,5}{18,02} = 82,99$$

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{82,99 \cdot 0,0821 \cdot 298}{18800} = 82,09 \text{ mm Hg}$$

Como a pressão de vapor tabelado, na temperatura de  $25^\circ\text{C}$  equivale a  $23,8 \text{ mmHg}$ , ou seja, esta temperatura é a máxima que o sistema pode atingir, e como a pressão necessária para que a água evapore equivale a  $82,09 \text{ mmHg}$ , então a água não evaporava completamente.

58-)



$$p = 700 \text{ mmHg}$$

$$V = 10 \text{ L}$$

$$SR = 62,9\%$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

mantendo  
pressão const.

$$T_f = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$$

a) Volume da mistura na temperatura =  $15^\circ\text{C}$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{10}{303} = \frac{V_2}{288} \quad \therefore \quad \underline{V_2 = 9,5 \text{ L}}$$

b) massa de água condensada



$$\%SR = \frac{P_v}{P_{vit}} \cdot 100 \quad 62,9 = \frac{P_v}{12,6} \cdot 100$$

$$\therefore P_v = 8,0512 \text{ mmHg}$$

$$P_v = n_i P_T \quad \therefore n_i = \frac{8,0512}{700} = 0,0115$$

$$P_v = n_i R T \quad (A)$$

$$700 \cdot 10 = n_i \cdot 62,9 \cdot 303$$

$$n_i = \frac{n_i}{n_T}$$

$$\therefore n_i = 0,0115 \cdot 0,37$$

$$\therefore n_i = 0,37$$

$$n_i = 4,2576 \cdot 10^{-3} \text{ (vapor)}$$

$$m = 4,26 \cdot 10^{-3} \cdot 18,02 = 0,0767 \text{ g}$$

59)

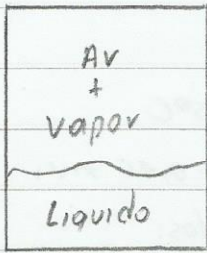
$P_T = 700 \text{ mmHg}$ $\%SR = 90$ $T = 20^\circ\text{C} = 293$	compressão <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> isotérmica	$P_{ar} = 1800 \text{ mmHg}$ $T = 20^\circ\text{C}$ $P_{12} = P_{v2, 10^\circ\text{C}} = 17,5 \text{ mmHg}$
---	--	---

$$90 = \frac{P_v}{17,5} \cdot 100 \Rightarrow P_v = 15,75 \text{ mmHg}$$

$$P_T = P_{ar} + P_v$$

$$\therefore P_{ar} = P_T - P_v = 700 - 15,75 = \underline{684,25 \text{ mmHg}}$$

60)



$P_T = 750 \text{ mmHg}$

$V_T = 13 \text{ L}$

$T = 28^\circ\text{C}$

$T = 68^\circ\text{C}$

$P_T = 920 \text{ mmHg}$

$V = \text{cte}$   
 $n = \text{cte}$

Dados:

$P_{v^0, 28} = 27,3 \text{ mmHg}$

$M = 17,65 \text{ g/mol}$

a) pressão de vapor na  $T = 68^\circ\text{C}$

$P_T = P_v + P_{ar}$

$P_{ar} = 750 - 27,3 = 722,7 \text{ mmHg}$

$P_{ar} V_{ar} = n R T_1$

$n = \frac{722,7 \cdot 6}{62,4 \cdot 301} = 0,231 \text{ mol (ar)}$

$P_{ar2} V_{ar2} = n R T_2$

$P_{ar2} = \frac{0,231 \cdot 62,4 \cdot 391}{6} = 818,74 \text{ mmHg}$

$P_T = P_v + P_{ar}$

$\therefore P_v = 920 - 818,74 = 101,26 \text{ mmHg}$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ar} = x_{ar} P_T \\ P_v = x_v P_T \end{array} \right. \quad \frac{P_{ar}}{P_v} = \frac{x_{ar}}{x_v} \quad \frac{P_{ar}}{P_v} = \frac{n_{ar}/nT}{n_v/nT}$$

$\frac{722,7}{27,3} = \frac{0,231}{n_v} \quad \therefore n_v = 8,726 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$\left( \frac{P_{ar}}{P_v} = \frac{n_{ar}}{n_v} \right) \quad \frac{818,74}{101,26} = \frac{0,231}{n_{v2}} \Rightarrow n_{v2} = 0,02857$

$n_{v1}' = 0,02857 - 8,726 \cdot 10^{-3} = 0,0198 \quad \therefore m = 0,0198 \cdot 17,65 = 0,35 \text{ g}$



61-)

85% de ar
15% de vapor
$T = 30^\circ\text{C}$
$P_t = 700\text{ mmHg}$

condensar 55%

de vapor

$T = 15^\circ\text{C}$

$n_{v2} = 0,45 \cdot n_{v1}$

Dados:

$P_{v,15} = 90\text{ mmHg}$

$P_{v,30} = 120\text{ mmHg}$

a)  $\%SR = \frac{P_v}{P_{v,t}} \cdot 100$

$P_v = n_v \cdot P_t$

$P_v = 0,15 \cdot 700 = 105\text{ mmHg}$        $\%SR = \frac{105}{120} \cdot 100 = 87,5\%$

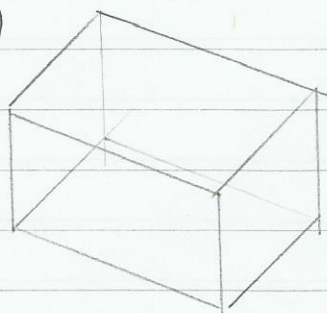
b)  $P_t = ?$  após a condensação

$$\begin{cases} P_{ar} = n_{ar} P_t \\ P_v = n_v P_t \end{cases} \quad \frac{P_{ar}}{n_{ar}} = \frac{P_v}{n_v} \Rightarrow \frac{P_{ar}}{P_v} = \frac{n_{ar}}{n_v} \therefore \frac{595}{105} = \frac{n_{ar}}{n_v}$$

$$\therefore \frac{n_{ar}}{n_v} = 5,67 \quad \frac{P_{ar2}}{P_{v2}} = \frac{n_{ar2}}{n_{v2}} \quad P_{ar} = \frac{5,67 \cdot P_{v2}}{P_{v2}}$$

$P_{ar} =$

54.)



Cubo  $\left\{ \begin{aligned} l &= 1,2421 \text{ m} \\ v &= 1,9163 \text{ m}^3 = 1916,3 \text{ L} \end{aligned} \right.$

$\rightarrow$  18g de vapor ( $\text{H}_2\text{O}$ )  
288g de oxigênio ( $\text{O}_2$ )

a)

$P = 105 \text{ mm Hg}$

$P \cdot V_T = nRT$

$\text{H}_2\text{O}: M = 18,02 \quad \text{O}_2: M = 32$

$T = \frac{105 \cdot 1916,3}{62,4 \cdot 10}$

$m = 18\text{g}$

$m = 288\text{g}$

$62,4 \cdot 10$

$n = 1$

$n = 9$

$\therefore T = 322,15\text{K} = 49,95^\circ\text{C}$

$n_t = 10 \text{ mol}$

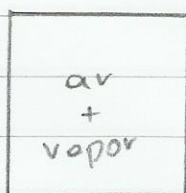
b)

$P_v = x_i \cdot P_T$

$P_v = \frac{1}{10} \cdot 105 = 10,5 \text{ mm Hg} \quad P.O = 12^\circ\text{C}$

c)  $\%SR = \frac{10,5}{92,5} \cdot 100 = 11,35\%$

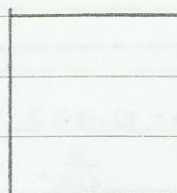
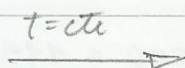
55.)



13,16% vapor

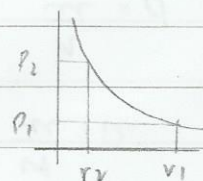
$V = 30 \text{ L}$

$T = 40^\circ\text{C}$



$V = 10 \text{ L}$

$P_T = 140 \text{ mm Hg}$



$P_v = 0,1316 \cdot 140 = 18,424 \text{ mm Hg}$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

$\%SR = \frac{18,424}{55,3} \cdot 100 = 33,32\%$

$140 \cdot 30 = P_2 \cdot 10$

55,3

$\therefore P_{F2} = 420 \text{ mm Hg}$



56)

(Não saturado)

ar	$x_{SR} = 50\%$
+	$T = 30^\circ\text{C} = 303\text{K}$
vapor	$P_T = 600\text{mmHg}$

$$x_{SR} = \frac{P_v}{P_{v,e}} \cdot 100 \Rightarrow 50 = \frac{P_v}{31,8} \cdot 100 \therefore P_v = 15,9\text{mmHg}$$

$$P_T = P_v + P_{ov} \therefore P_{ov} = 584,1$$

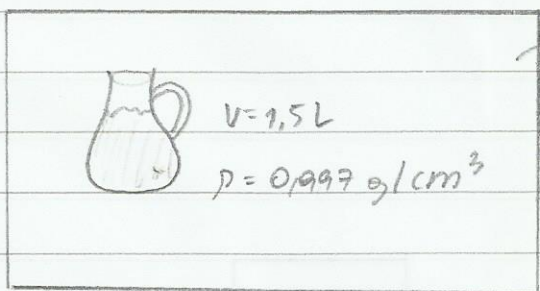
$$P_v = x_v \cdot P_T$$

$$15,9 = x_v \cdot 600 \therefore x_v = \frac{n_v}{n_T} = 0,0265$$

$$x_{vapor} = 2,65\%$$

$$x_{ar} = 97,35\%$$

57)



$$V = 18,8\text{m}^3 = 18800\text{L}$$

$$T = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \therefore m = 0,997 \cdot 1500 = 1495,5\text{g}$$

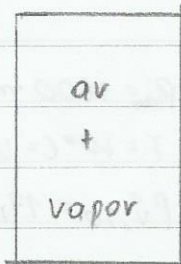
$$n = \frac{m}{M} = \frac{1495,5}{18,02} = 82,99\text{mol}$$

$$Pv = nRT$$

$$P = \frac{82,99 \cdot 62,4 \cdot 298}{18800} = 82,09\text{mmHg} \quad P_{v,25}^{\circ} = 23,8$$

Não, pois a pressão mínima para condensar é 82,09, enquanto a máxima atingida nessas condições é 23,8 mmHg.

58-1



$V = 10L$

$x_{SR} = 62,9 \text{ a } 30^\circ C \quad n_{ar} = \text{cte}$

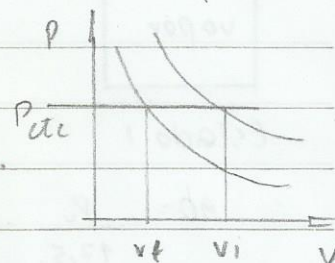
$P_T = 700 \text{ mmHg}$

$P_T = \text{cte}$

$V = 9,5L$

$P_T = 700 \text{ mmHg}$

$T_f = 15^\circ C$

a)  $V$  da mistura na  $T = 15^\circ C$ 

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{10}{303} = \frac{V_2}{288} \therefore V_2 = \underline{9,5L}$$

 $\therefore$  volume diminui

b) a massa de água condensado = ?

$$x_{SR} = \frac{P_v}{P_{v,30}} \cdot 100 \Rightarrow 62,9 = \frac{P_v}{31,8} \cdot 100 \therefore P_v = \underline{20 \text{ mmHg}}$$

$$P_T = P_v + P_{ar} \therefore P_{ar} = 700 - 20 = \underline{680 \text{ mmHg}}$$

$$P_v = n_v \cdot P_T$$

$$20 = n_v \cdot 700 \therefore n_v = \frac{n_v}{n_T} = 0,0285$$

$$P_T V_T = n_T R T \quad (I)$$

$$n_T = \frac{700 \cdot 10}{62,4 \cdot 303} = 0,37$$

$$n_v = 0,0285 \cdot 0,37$$

$$n_v = 0,0106 \quad (\text{Estado I})$$

$$n_{ar} = 0,3596$$

$$P_{vII} = P_{v,15} = 12,8 \text{ mmHg}$$

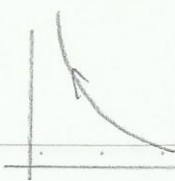
$$P_T = P_v + P_a \therefore P_a = 687,2 \text{ mmHg}$$

$$\frac{P_v}{P_T} = \frac{n_v}{n_T} \Rightarrow \frac{12,8}{700} = \frac{n_v}{0,37} \therefore n_v = 0,00676$$

$$n_{\text{cond}} = 0,0106 - 0,00676 = 3,81 \cdot 10^{-3} \quad m = 3,81 \cdot 10^{-3} \cdot 18,02$$

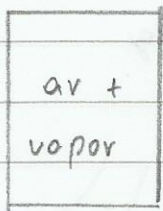
$$\therefore m = \underline{0,07g}$$





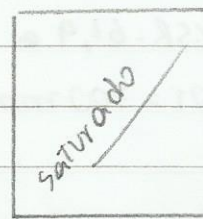
59-1

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



$P_T = 700 \text{ mmHg}$   
 $\% \text{ SR} = 90\%$

compressão  
 isotérmica



$P_{\text{ar}} = 1800 \text{ mmHg}$   
 $T = 20^{\circ}\text{C} = 293\text{K}$   
 $P_{\text{v},20}^{\circ} = 17,5 \text{ mmHg}$

$n_{\text{ar}1} = n_{\text{ar}2}$

Estado I

Estado II

$90 = \frac{P_v}{17,5} \cdot 100 \Rightarrow P_v = 15,75$

$P_{\text{ar}} = P_T - P_v = 700 - 15,75 = 684,25 \text{ mmHg}$

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{ar}1} &= n_{\text{ar}1} \cdot P_T \\ P_{\text{v}1} &= n_{\text{v}1} \cdot P_T \end{aligned} \right\} \frac{P_{\text{ar}1}}{P_{\text{v}1}} = \frac{n_{\text{ar}1}}{n_{\text{v}1}} \Rightarrow \frac{684,25}{15,75} = \frac{n_{\text{ar}1}}{n_{\text{v}}}$$

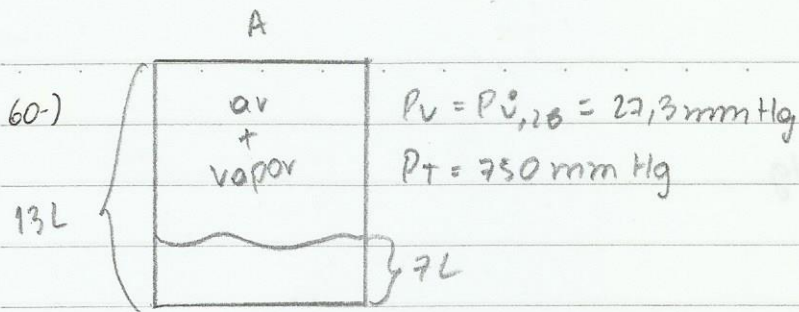
$n_{\text{ar}} = 43,44 n_{\text{v}}$

$$\frac{P_{\text{ar}2}}{P_{\text{v}2}} = \frac{n_{\text{ar}2}}{n_{\text{v}2}} \Rightarrow \frac{1800}{17,5} = \frac{n_{\text{ar}2}}{n_{\text{v}2}} \Rightarrow 102,857 = \frac{43,44 n_{\text{v}}}{n_{\text{v}2}}$$

$n_{\text{v}2} = 0,42 n_{\text{v}}$

$\% \text{ removida} = \frac{n_{\text{v}} - 0,42 n_{\text{v}}}{n_{\text{v}}} = \frac{n_{\text{v}} (1 - 0,42)}{n_{\text{v}}} \cdot 100$

$\% \text{ removida} = 57,76\%$



Dados:  $M = 17,65 \text{ g/mol}$

Volume = cte

B

$T = 68^\circ\text{C}$

$P_T = 920 \text{ mmHg}$

a)  $P_v = ? \rightarrow T = 68^\circ\text{C}$

$P_{\text{ar}} = 750 - 27,3 = 722,7 \text{ mmHg}$

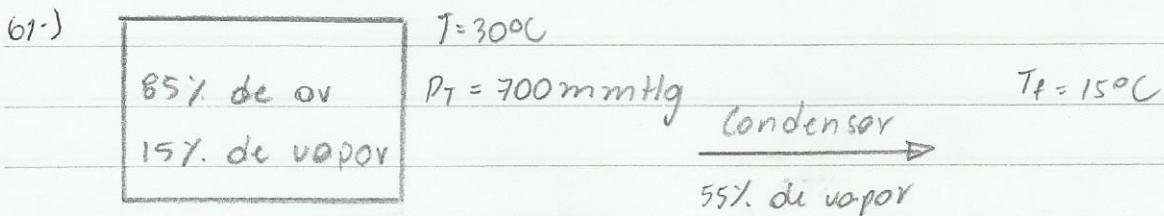
$n_{\text{ar}} = \frac{722,7 \cdot 6}{62,4 \cdot 301} = 0,2309 \text{ mol}$

$n_T = \frac{920 \cdot 6}{62,4 \cdot 341} = 0,2594 \text{ mol}$

$n_v = 0,2594 - 0,2309 = 0,0285 \text{ mol}$

$P_v = nRT$

$P = \frac{0,0285 \cdot 62,4 \cdot 341}{6} : P = 101,14 \text{ mmHg}$





1 / 1

$$a) P_v = x_v \cdot P_T$$

$$P_v = 0,15 \cdot 700 = 105 \text{ mm Hg}$$

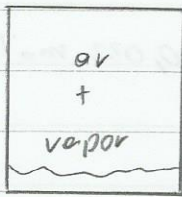
$$\%SR = \frac{105}{120} \cdot 100 = 87,5 \%$$

$$b) P_T = P_{ov} + P_v \quad \therefore P_{ov} = 700 - 105 = 595 \text{ mm Hg}$$

$$\frac{P_{ov}}{P_v} = \frac{n_{ov}}{n_v} \Rightarrow \frac{595}{105} = \frac{n_{ov}}{n_v} \Rightarrow \frac{n_{ov}}{n_v} = 5,67$$

$$\frac{P_{ov2}}{P_{v2}} = \frac{n_{ov2}}{n_{v2}} \Rightarrow$$

69.)



$$P_0 = 15^\circ\text{C}$$

$$P_T = 700 \text{ mm Hg}$$

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

condensar

60% de vapor

$$t = \text{cte}$$

$$n_{v_2} = 0,4 n_{v_1}$$

$$T = 10^\circ\text{C}$$

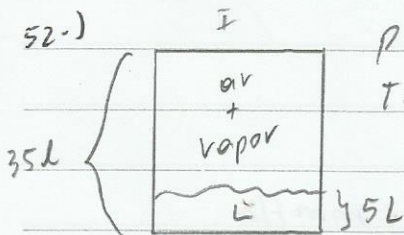
$$a) \%SR = \frac{50}{60} \cdot 100 = 83,33\%$$

$$b) \frac{p_{ar}}{p_v} = \frac{n_{ar}}{n_v} \Rightarrow \frac{650}{50} = \frac{n_{ar}}{n_v} \therefore n_{ar} = 13 n_v \quad (I)$$

$$\frac{n_{ar_2}}{n_{v_2}} = \frac{p_{ar_2}}{p_{v_2}} \Rightarrow \frac{p_{ar_2}}{60} = \frac{13 n_{v_1}}{0,4 n_{v_1}} \therefore p_{ar} = 1950 \text{ mm Hg}$$

$$P_T = 2010 \text{ mm Hg}$$

52.)



$$P_T = 700 \text{ mm Hg}$$

$$T = 27^\circ\text{C}$$

V gasoso = cte

II

$$T = 77^\circ\text{C}$$

$$V_g = 30 \text{ L}$$

$$P_T = 850 \text{ mm Hg}$$

$$I) p_{v, 27} = 20 \text{ mm Hg}$$

$$p_{ar} = 700 - 20 = 680 \text{ mm Hg}$$

$$p_{ar} V_{ar} = n R T$$

$$n_{ar} = \frac{680 \cdot 30}{62,4 \cdot 300} \therefore n_{ar} = 1,0897$$

$$II) p_T V_T = n R T$$

$$n_T = \frac{850 \cdot 30}{62,4 \cdot 350}$$

$$62,4 \cdot 350$$

$$\therefore n_T = 1,1676$$

$$n_{v_2} = 1,1676 - 1,0897 = 0,0778$$

$$p_v = \frac{0,0778 \cdot 62,4 \cdot 350}{30}$$

$$30$$

$$\therefore p_v = 56,67 \text{ mm Hg}$$

ur

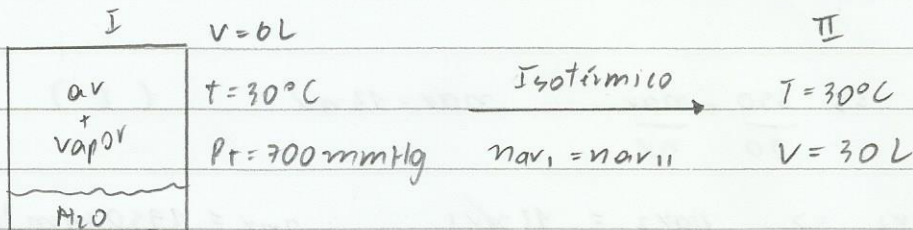


$$p_i v_i = nRT$$

$$n = \frac{700 \cdot 30}{62,9 \cdot 300} = 1,122 \text{ mol} \quad n_v = 1,122 - 1,0893 = 0,032 \text{ mol}$$

$$n_{\text{cond}} = 0,0998 - 0,032 = 0,0678 \text{ mol}$$

53)



$$n_T = \frac{700 \cdot 6}{62,9 \cdot 303} = 0,222 \text{ mol}$$

$$p_{vI} = p_{v,30} = 31,8 \text{ mmHg}$$

$$p_{av} = 668,2 \text{ mmHg}$$

$$n_{av} = \frac{668,2 \cdot 6}{62,9 \cdot 303} = 0,212$$

$$II \quad p_{av} = \frac{0,212 \cdot 62,9 \cdot 303}{30} \therefore p_{av} = 133,64 \text{ mmHg}$$

$$(pTV)_I = (pTV)_II$$

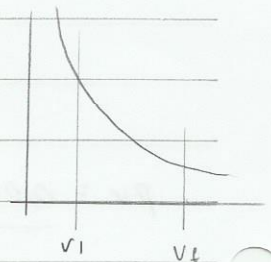
$$700 \cdot 6 = p_{TII} \cdot 30$$

$$p_{TII} = 140 \text{ mmHg}$$

$$\therefore p_v = 140 - 133,64 = 6,36 \text{ mmHg}$$

$$n_T = \frac{140 \cdot 30}{62,9 \cdot 303} = 0,222 \text{ mmHg}$$

$$n_{av} = 0,212 \quad n_v = 0,01$$



$$p_i > p_f$$

$$\% \text{ molar} = \frac{0,01}{0,222} \cdot 100 = 4,5\% \text{ (H}_2\text{O)}$$

$$\% \text{ molar} = \frac{0,212}{0,222} \cdot 100 = 95,5\% \text{ (ar)}$$

54) Cubo  $\left\{ \begin{array}{l} L = 1,2421 \text{ m} \\ V = 1,9163 \text{ m}^3 \approx 1916,3 \text{ L} \end{array} \right.$

18g de vapor
288g de oxig <sup>o</sup>
$p = 105 \text{ mmHg}$

$$\text{H}_2\text{O}: M = 18,0 \text{ g/mol}$$

$$m = 18$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2: M = 32$$

$$m = 288$$

$$n = 9 \text{ mol}$$

$$n_T = 10 \text{ mol}$$

a)  $T = \frac{105 \cdot 1916,3}{62,4 \cdot 10} \therefore T = 322,45 \text{ K} = 49,45 \text{ }^\circ\text{C}$

b)  $p_v = \frac{1}{10} \cdot 105 \therefore p_v = 10,5 \text{ mmHg}$ , logo  $P.O = 120^\circ\text{C}$

c)  $\% \text{ SR} = \frac{10,5}{92,5} \cdot 100 = 11,35\%$

55-)

I		II
13,16% H <sub>2</sub> O	$P_T = 140 \text{ mmHg}$	$V = 10 \text{ L}$
$V = 30 \text{ L}$	$T = 40^\circ\text{C}$	$T = 40^\circ\text{C}$
	$\xrightarrow{T = \text{cte}}$	

$$p_v = 0,1316 \cdot 140 = 18,424 \text{ mmHg}$$

$$\% \text{ SR} = \frac{18,424}{55,3} \cdot 100 \therefore \% \text{ SR} = 33,32\%$$



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$190 \cdot 30 = P_2 \cdot 10 \quad \therefore P_2 = 420 \text{ mm Hg}$$

56.)

av	15R = 50%
T	T = 30°C
vapor	P <sub>T</sub> = 600 mm Hg

$$50 = \frac{P_v}{71,8} \cdot 100 \quad \therefore P_v = 15,9 \text{ mm Hg}$$

$$P_{av} = 584,1 \text{ mm Hg}$$

$$P_v = n_v \cdot P_T$$

$$15,9 = n_v \cdot 600 \quad \therefore \frac{n_v}{n_T} = 0,0265 \text{ mol}$$

$$P_{av} = n_{av} \cdot P_T$$

$$584,1 = n_{av} \cdot 600$$

$$\therefore \frac{n_{av}}{n_T} = 0,9735$$

$$\therefore \text{molar } (H_2O) = 2,65 \quad \text{molar } (O_2) = 97,35\%$$

57.)

$$V = 18,8 \text{ m}^3 = 18800 \text{ cm}^3$$

Jarra

$$\left. \begin{array}{l} V = 1,5 \text{ L} \\ \rho = 0,997 \text{ g/cm}^3 \end{array} \right\}$$

$$T = 25^\circ \text{C}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 0,997 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{m}{1500 \text{ cm}^3} \quad \therefore m = 1495,5 \text{ g}$$

$$n(H_2O) = \frac{1495,5}{18,02} = 82,99$$

$$P_v = nRT$$

$$P = \frac{82,99 \cdot 62,4 \cdot (25 + 273)}{18800} = 82,09 \text{ mm Hg}$$

$$P_v^0 = 23,8 \text{ mm Hg}$$

58-)

$V = 10L$

ar + vapor
---------------

$\%SR = 62,9\%$

Isobarico

$T = 15^{\circ}C$

$T = 30^{\circ}C$

$n_{ar,1} = n_{ar,2}$

$P_T = 700 \text{ mmHg}$

(ar + vapor + água)

$P_T = 700 \text{ mmHg}$

$$a) n_{T,1} = \frac{700 \cdot 10}{62,9 \cdot 303} \quad \therefore n_{T,1} = 0,37 \text{ mol}$$

$$62,9 = \frac{P_v}{31,8} \cdot 100 \quad \therefore P_v = 20 \text{ mmHg}$$

$$n_{ar,1} = \frac{680 \cdot 10}{62,9 \cdot 303} \quad n_{ar,1} = 0,35965 \text{ mol} \quad n_{v,1} = 0,0103 \text{ mol}$$

$$700 V = 0,37 \cdot 62,9 \cdot 288 \quad \therefore V = 9,499 \approx \underline{9,5L}$$

$$b) n_{v,1} = \frac{P_{v,1} \cdot V_1}{R \cdot T_1} = \frac{20 \cdot 10}{62,9 \cdot 303} \quad \therefore n_{v,1} = 0,01058 \text{ mol}$$

$$P_{v,15} = 12,8 \text{ mmHg}$$

$$n_{v,2} = \frac{P_2 \cdot V_2}{R \cdot T_2} = \frac{12,8 \cdot 9,5}{62,9 \cdot 288} \quad \therefore n_{v,2} = 6,76638 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{cond}} = n_{v,1} - n_{v,2} = 3,811 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{V} \quad \therefore m = 3,81 \cdot 10^{-2} \cdot 10,02 = \underline{0,07 \text{ g}}$$



59-)

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

ar
+
vapor

$p = 700 \text{ mmHg}$

$\%SR = 90\%$

$n_{v,1} =$

Isotérmica

(ar + vapor + água)

$p_{ar} = 1800 \text{ mmHg}$

$T = 20^{\circ}\text{C} \quad p_{v,20}^{\circ} = 17,5$

$$90 = \frac{p_v}{17,5} \cdot 100 \quad \therefore p_v = 15,75 \text{ mmHg} \quad p_{ar} = 684,25 \text{ mmHg}$$

$$\frac{p_{ar}}{p_v} = \frac{n_{ar}}{n_v} \Rightarrow \frac{684,25}{15,75} = \frac{n_{ar}}{n_v} \quad \therefore n_{ar} = 43,44 n_v$$

$$\frac{p_{ar,2}}{p_{v,2}} = \frac{n_{ar}}{n_{v,2}} \Rightarrow \frac{1800}{17,5} = \frac{43,44 n_v}{n_{v,2}} \quad \therefore n_{v,2} = 0,4223 n_v$$

$$\% \text{ removida} = \frac{n - 0,4223 n}{n} = \frac{n(1 - 0,4223)}{n} \cdot 100$$

$$\% \text{ removida} = 57,77\%$$

60-)

13 L

Ar + vapor
7 L

$T = 28^{\circ}\text{C}$

$p_{v,28}^{\circ} = 27,3 \text{ mmHg}$

$p_T = 750 \text{ mmHg}$

$V_g = 6 \text{ L}$

$T = 68^{\circ}\text{C}$

$p_T = 920 \text{ mmHg}$

$$p_{ar} = p_T - p_{v,28}^{\circ} = 722,7 \text{ mmHg}$$

$$n_{ar} = \frac{p_{ar} \cdot V_{ar}}{R \cdot T} = \frac{722,7 \cdot 6}{62,4 \cdot 301} \quad \therefore n_{ar} = 0,2309 \text{ mol}$$

$$p_{ar,2} = \frac{n_{ar} R T}{V_{ar}} = \frac{0,2308 \cdot 62,4 \cdot 391}{6} \quad \therefore p_{ar} = 818,74 \text{ mmHg}$$

$$p_v = p_T - p_{ar} = 920 - 818,74 = 101,26 \text{ mmHg}$$

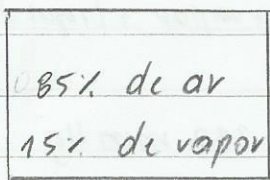
$$b) \quad n_{v1} = \frac{27,3 \cdot 6}{62,9 \cdot 301} \quad \therefore n_{v1} = 8,72 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{v2} = \frac{101,26 \cdot 6}{62,9} \quad \therefore n_{v2} = 0,0285 \text{ mol}$$

$$n_{\text{vda}} = n_{v2} - n_{v1} = 0,0198 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot M = 0,0198 \cdot 17,65 = 0,35 \text{ g}$$

61-)



$$T = 30^\circ\text{C}$$

$$P_T = 700 \text{ mmHg}$$

condensar 55% de vapor

de vapor

$$T = 15^\circ\text{C}$$

(ar + vapor + Líquido)

$$p_v = 50 \text{ mmHg}$$

Dados e anotação:

$$p_{v,15}^0 = 50 \text{ mmHg} \quad p_{v,30}^0 = 120 \text{ mmHg}$$

$$n_{arI} = n_{arII}$$

$$n_{vII} = 0,45 n_{vI}$$

$$a) \quad \%SR = \frac{p_v}{p_{v,t}} \cdot 100 \Rightarrow \%SR = \frac{0,15 \cdot 700}{120} \cdot 100 \quad \therefore \%SR = \underline{87,5\%}$$

$$b) \quad p_{arI} = 0,85 \cdot 700 = 595 \text{ mmHg}$$

$$p_{vI} = 0,15 \cdot 700 = 105 \text{ mmHg}$$

$$\frac{p_{arI}}{p_{vI}} = \frac{n_{arI}}{n_{vI}} \Rightarrow \frac{595}{105} = \frac{n_{arI}}{n_{vI}} \quad \therefore n_{arI} = 5,67 n_{vI}$$

$$\frac{p_{arII}}{p_{vII}} = \frac{n_{arII}}{n_{vII}} \Rightarrow \frac{p_{arII}}{50} = \frac{5,67 n_{vI}}{0,45 n_{vI}} \quad \therefore p_{arII} = 629,63$$

$$\therefore P_T = p_{ar} + p_v = \underline{679,63 \text{ mmHg}}$$



$$\frac{n_{av}}{n_T} = \frac{629,63}{679,63} = 0,9269 \quad \therefore \% av = 92,69\%$$

$$\frac{n_v}{n_T} = \frac{50}{679,63} = 0,07357 \quad \therefore \% vapor = 7,36\%$$

62.)

av	$T = 280^\circ C$	condens. → 40% vapor	$n_{v2} = 0,6 n_{v1}$
+ vapor	$P_T = 750 \text{ mm Hg}$ $\% SR = 70\%$		$P_T = 750 \text{ mm Hg}$ (av + vapor + liquido)

$$\% SR = \frac{p_v}{P_{v,c}} \cdot 100 \Rightarrow 70 = \frac{p_v}{400} \cdot 100 \quad \therefore p_v = 280 \text{ mm Hg}$$

$$\therefore p_{av} = 470 \text{ mm Hg}$$

$$\frac{p_{av}}{p_v} = \frac{n_{av1}}{n_{v1}} \Rightarrow \frac{470}{280} = \frac{n_{av1}}{n_{v1}} \quad \therefore n_{av1} = 1,6786 \cdot n_{v1}$$

$$\frac{p_{av}}{p_v} = \frac{n_{av2}}{n_{v2}} \Rightarrow \frac{p_{av2}}{p_{v2}} = \frac{1,6786 \cdot n_{v1}}{0,6 n_{v1}} \quad \therefore p_{av2} = 2,7977 p_{v2}$$

$$P_T = p_{av} + p_v$$

$$P_T = 2,7977 p_{v2} + p_{v2} = 3,7977 p_{v2}$$

$$750 = 3,7977 p_{v2} \quad \therefore p_{v2} = 197,49 \rightarrow \underline{10^\circ C}$$

63.)

av	$P.O = 15^\circ C$	condensar 60% vapor →	$T = 20^\circ C$
+ vapor	$T = 20^\circ C$ $P_T = 700 \text{ mm Hg}$		$n_{v2} = 0,4 n_{v1}$ $n_{av2} = n_{av1}$

$$a) \%SR = \frac{p_v}{P_{i,t}} \cdot 100 \Rightarrow \%SR = \frac{50}{60} \cdot 100 = \underline{83,33\%}$$

$$b) p_{vI} = 60 \text{ mmHg} \quad p_{vII} = 60 \text{ mmHg}$$

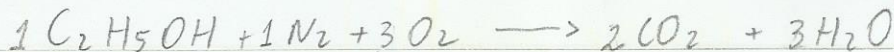
$$p_{arI} = 650 \text{ mmHg}$$

$$\frac{p_{arI}}{p_{vI}} = \frac{n_{arI}}{n_{vI}} \Rightarrow \frac{650}{50} = \frac{n_{arI}}{n_{vI}} \quad n_{arI} = 13 n_{vI}$$

$$\frac{p_{arII}}{p_{vII}} = \frac{n_{arII}}{n_{vII}} \Rightarrow \frac{p_{arII}}{60} = \frac{13 n_{vI}}{0,4 n_{vI}} \quad p_{arII} = 1950 \text{ mmHg}$$

$$P_T = 1950 + 60 = \underline{2010 \text{ mmHg}}$$

64.)



esteq	1	1	3		
alim	1	1	3		
real	- 1	1	3	2	3

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}: M = 46,08 \quad n_T = 10$$

$$m = 46,08$$

$$\therefore n = 1$$

$$\% \text{ CO}_2 = \frac{2}{10} \cdot 100 = 20\%$$



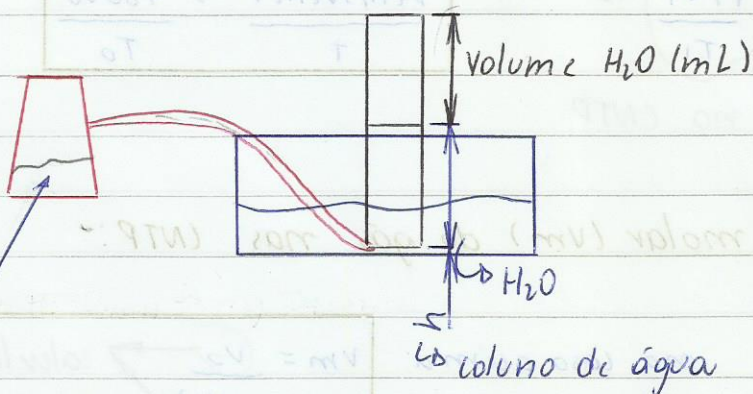
## Laboratório

### - Determinação do Volume Molar Gasoso (TP5)

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP)

$$\text{CNTP: } \begin{cases} t = 0^\circ\text{C} \text{ ou } T = 273 \text{ K} \\ p = 101,325 \text{ kPa} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} \end{cases}$$

"O volume molar de um gás é o volume ocupado por um mol do mesmo numa dada condição e temperatura. Este volume corresponde a 22,4 L"



### Cálculos

→ Que eu quero determinar

$$P_{\text{total}} = P(\text{H}_2) + P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} + p_{\text{coluna}}$$

↑ (gás)      ↓ H<sub>2</sub>O

\* Para determinar o  $p_{\text{coluna}}$ :  $p_{\text{coluna}} = \frac{h}{13,6} (\text{mm H}_2\text{O}) [\text{mm Hg}]$

em mm

- Para determinar a  $P^{\circ}$  (Pressão máxima de vapor) - TABELADO

Cálculo do número de mol " $n(\text{H}_2)$ "

$$pV = nRT \quad \therefore n(\text{H}_2) = \frac{p(\text{H}_2) \cdot V_1}{R \cdot T_1}$$
$$p(\text{H}_2) \cdot V_{\text{H}_2} = n(\text{H}_2) R \cdot T_1$$

Cálculo do volume parcial ocupado pelo gás nas CNTP ( $V_0$ ), utilizando a equação de estado ( $n$  constante)

$$\begin{cases} p_0 V_0 = n R T_0 \\ p_1 V_1 = n R T_1 \end{cases} \quad n = \frac{p_0 V_0}{R T_0} = \frac{p_1 V_1}{R T_1}$$

$$\therefore \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \text{ H}_2$$

$$\frac{p(\text{H}_2) V(\text{H}_2)}{T} = \frac{760 V_0}{T_0}$$

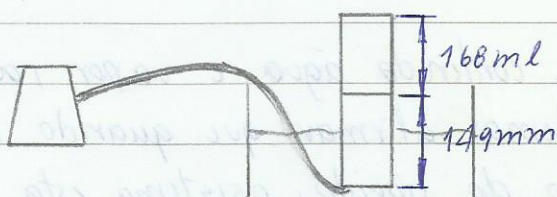
↳ dados na CNTP

Cálculo do volume molar ( $V_m$ ) do gás nas CNTP:

$$V_m = \frac{V_0}{n} \quad \text{no caso acima}$$

$$V_m = \frac{V_0}{n(\text{H}_2)} \rightarrow \text{calculado}$$





Temperatura da água: 296 K  
 h da coluna: 149 mm  
 $P_{local} = 698 \text{ mm Hg}$   
 $P^{\circ} \text{ de } H_2O \text{ (tabelado)} = 21,068 \text{ mm Hg}$

Calcular o volume molar gasoso: ?

$$P_{local} = P(H_2) + P^{\circ} + P_{coluna}$$

$$\therefore P(H_2) = P_{local} - [P^{\circ} + P_{coluna}]$$

$$P_{coluna} = \frac{149 \text{ mm } H_2O}{13,6} = 10,956 \text{ mm Hg}$$

$$\therefore P(H_2) = 698 - (21,068 + 10,956) = 665,976 \text{ mm Hg}$$

$$pV = nRT$$

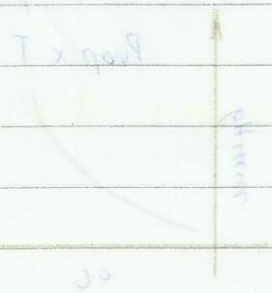
$$n(H_2) = \frac{665,976 \cdot 0,168}{62,4 \cdot 296} \quad \therefore n(H_2) = 0,00606 \text{ mol}$$

Volume na CNTP:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$V_0 = \frac{665,976 \cdot 0,168 \cdot 273}{296 \cdot 760} \quad \therefore V_0(H_2 \text{ na CNTP}) = 0,1358 \text{ L}$$

$$V = \frac{V_0}{n(H_2)} = \frac{0,1358}{0,00606} \quad \therefore V_m = 22,41 \text{ L}$$





## TP6 - Obtenção da Curva de Pressão de Vapor

Em um sistema fechado, contendo água e vapor, a uma temperatura constantes, podemos afirmar que quando a pressão de vapor for igual a pressão do líquido, o sistema está em equilíbrio líquido vapor. Ou seja está em equilíbrio, quando a velocidade de ebulição é igual a velocidade de condensação.

Para a energia passar de um estado líquido para o gasoso é chamado de entalpia de vaporização ( $\Delta H_{vap}$ )

Utilizamos a seguinte fórmula (relação) para determinar a entalpia de vaporização  $\Delta H_v$ , do líquido:

$$\ln p_v = - \frac{\Delta H_v}{RT} + cte$$

ou

$$\ln p_v = - \frac{\Delta H_v}{2,303 RT} + cte$$

↳ Esta pressão é uma reta do tipo:  $y = ax + b$

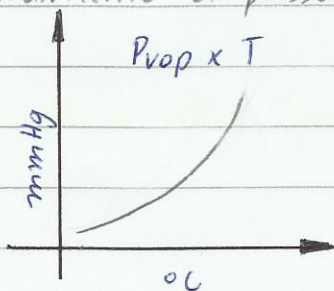
Onde:

$$y = \log p_v \quad a = - \frac{\Delta H_v}{2,303 R} \quad x = \frac{1}{T}$$

- Para determinar a pressão absoluta ( $= p_v$ ) [mm Hg]

Pressão absoluta =  $p_v = p_{atmosférica} + p_{vacuômetro}$

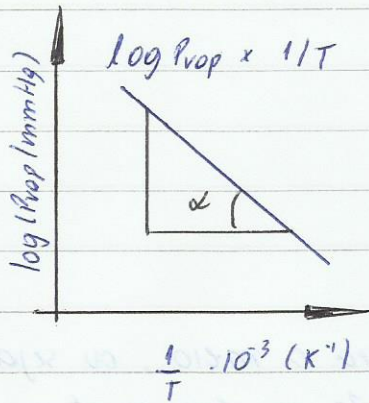
Obs: Geralmente a pressão atmosférica = 760 mm Hg





### TP7 - Determinação da Entalpia de Vaporização

Para determinar a Entalpia de vaporização através do cálculo do coeficiente angular do gráfico  $\log P_{vap} \times \frac{1}{T}$ , devemos apenas igualar ao coeficiente angular da relação da variação de pressão de vapor.

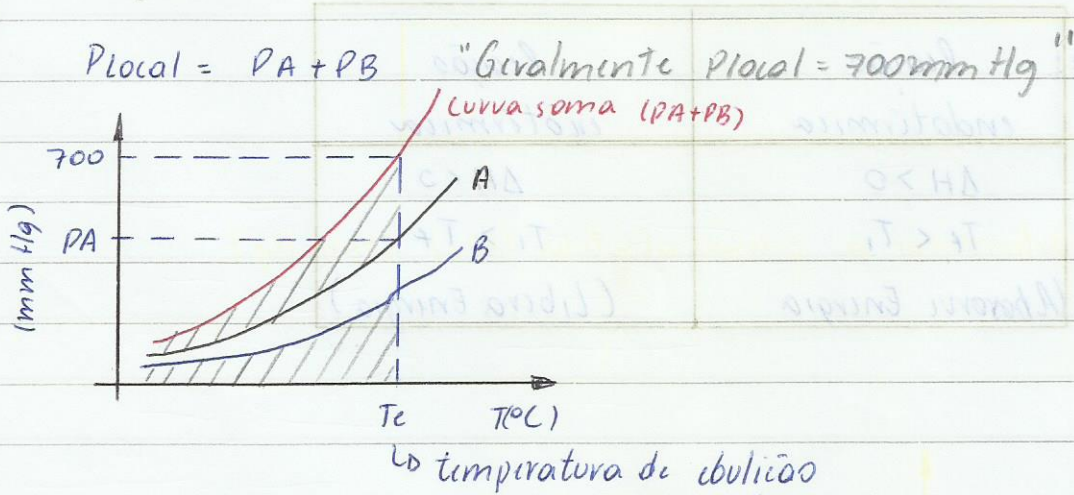


$$\alpha = - \frac{\Delta H_v}{2,303 R}$$

$$\Delta H_v = [KJ]$$

### TP8 - Destilação por Arraste de Vapor para Líquidos Imiscíveis

Esse sistema possibilita a separação de compostos imiscíveis



Cálculo teórico experimental da relação de arraste entre a massa de água e produto orgânico:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{M_A P_v^o(A)}{M_B P_v^o(B)}$$

Cálculo experimental da relação de arraste entre a massa de produto orgânico e água

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{V_A \rho_A}{V_B \rho_B}$$

TP9- Entalpia de Reação

$$q_{sol} = mc \Delta T$$

$$q_r = \Delta H = -q_{sol}$$

Na reação exotérmica, libera energia para o meio, ou seja, o  $q_{sol}^{\Delta H}$  é menor que 0 ( $\Delta H < 0$ ), portanto a temperatura final é maior que a inicial ( $T_f > T_i$ ), também sabemos que  $\Delta H_{prod} - \Delta H_{reag} < 0$ .

Na reação endotérmica, absorve energia, ou seja,  $\Delta H = H_{prod} - H_{reag} > 0$ , portanto  $t_f < t_i$ .

Ou seja:

Reação endotérmica	Reação exotérmica
$\Delta H > 0$	$\Delta H < 0$
$T_f < T_i$	$T_i > T_f$
(Absorve Energia)	(Libera Energia)



## Exercícios de P2

1-) volume da mistura gasosa = 208 mL

temperatura da água = 20°C

pressão atmosférica local = 700 mmHg

altura da coluna d'água = 136 mm

$p_v^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) = 17,5 \text{ mmHg a } 20^{\circ}\text{C}$

Calcule o volume molar experimental e na CNTP

$$p_{\text{local}} = p(\text{H}_2) + p_v^{\circ} + p_{\text{coluna}}$$

$$p_{\text{coluna}} = \frac{136 \text{ mmH}_2\text{O}}{13,6} = 10 \text{ mmHg}$$

$$\therefore p(\text{H}_2) = p_{\text{local}} - [p_v^{\circ} + p_{\text{coluna}}]$$

$$= 700 - [17,5 + 10] \quad \therefore p(\text{H}_2) = 672,5 \text{ mmHg}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{672,5 \cdot 0,208}{62,4 \cdot 293} \quad \therefore n(\text{H}_2) = 7,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Volume na CNTP

$$760 V = 672,5 \cdot 0,208 \quad \therefore V = 0,171 \text{ L}$$

$$V_m = \frac{0,171}{7,65 \cdot 10^{-3}} = 22,415 \text{ L/mol}$$

Volume molar experimental

$$V_{\text{exp}} = \frac{0,208}{7,65 \cdot 10^{-3}} = 27,19 \text{ L/mol}$$

2-)

Pvawomitra	$T^{\circ}\text{C}$	$10^{-3} \text{K}^{-1}$	$P^{\circ}$	$\log P^{\circ}$
-600	53	3,07	107,2	2,03
-570	58	3,02	136,7	2,13
-550	62	2,99	163,8	2,21
-530	67	2,94	205,0	2,31
-480	70	2,92	233,7	2,37
-460	72	2,90	259,6	2,41
-390	78	2,85	327,3	2,51

$$m_x = \frac{3,07 - 2,85}{12} \approx 0,02 \cdot 10^3 \text{K}^{-1} / \text{cm}$$

$$m_y = \frac{2,51 - 2,03}{10} \approx 0,05 \text{ mmHg} / \text{cm}$$

$$\alpha = \frac{2,385 - 2,108}{2,97 - 3,048} = -2,27$$

$$\alpha = - \frac{\Delta H}{2,303 \cdot R} \quad \therefore \Delta H = -1 \cdot (-2,27) \cdot 2,303 \cdot 8,31$$

$$\therefore \Delta H = 42,298 \text{ kJ/mol}$$

3-)

Pvawomitra (mmHg)	0	-50	-100	-150
$T^{\circ}\text{C}$	94,92	93,03	90,90	89,06
	2,718	2,732	2,748	2,762

$$\alpha = \frac{2,84 - 2,74}{2,72 - 2,762} = -2,38$$

$$-2,38 = - \frac{\Delta H}{2,303 \cdot 8,315} \quad \therefore \Delta H = 45,59 \text{ kJ/mol}$$



4)  $T_c = 130^\circ\text{C}$        $M_A = 290 \text{ g/mol}$        $M = \frac{m}{n}$   
 $\frac{m_a}{m_b} = 2,67$        $x_b = 0,428$

$P_v^0(A) = 410 \text{ mm Hg}$

$\frac{m_a}{m_b} = \frac{M_A P_v^0(A)}{M_B P_v^0(B)}$

$P_v^0(B) = x_b \cdot P_T$

$P_T - 410 = 0,428 \cdot P_T$

$P_v^0(B) = 0,428 \cdot 716,78$

$P_T - 0,428 P_T = 410$

$\therefore P_v^0(B) = 306,78 \text{ mm Hg}$

$P_T(1 - 0,428) = 410$

$\therefore P_T = 716,78 \text{ mm Hg}$

$2,67 = \frac{290 \cdot 410}{M_b \cdot 306,78} \quad \therefore M_b = 120,13 \text{ g/mol}$

5-)  $P_{\text{local}} = 700 \text{ mm Hg}$

$\frac{m_a}{m_b} = \frac{4}{3}$        $\frac{M_A}{M_B} = 0,5$        $\frac{m_a}{m_b} = \frac{M_A}{M_B} \cdot \frac{P_v^0(A)}{P_v^0(B)}$

$\frac{4}{3} = 0,5 \cdot \frac{P_v^0(A)}{P_v^0(B)} \quad \therefore \frac{P_v^0(A)}{P_v^0(B)} = \frac{8}{3}$

$P_{\text{local}} = P_A + P_B$

$700 = \frac{8}{3} P_B + P_B$

$P_v^0(A) = \frac{8}{3} P_v^0(B)$

$P_B \left(\frac{8}{3} + 1\right) = 700$

$\therefore P_B = 190,91 \text{ mm Hg}$

$P_A = 700 - 190,91 = 509,09 \text{ mm Hg}$

$\therefore T_c = 150^\circ\text{C}$

6)  $M_A = 120 \text{ g/mol}$        $p_{\text{total}} = 700 \text{ mmHg}$   
 $M_B = 240 \text{ g/mol}$

a) Temperatura de ebulição:  $124^\circ\text{C}$  (Pelo gráfico)

$$P^{\circ}(A) = n_a \cdot P_T$$

$$P^{\circ}(B) = n_b \cdot P_T$$

$$\therefore n_a = \frac{400}{700} \cdot 100 = 57\%$$

$$n_b = \frac{300}{700} \cdot 100 = 43\%$$

ou

$$\frac{m_a}{m_b} = \frac{120 \cdot 400}{240 \cdot 300} \quad \therefore \frac{m_a}{m_b} = \frac{2}{3} \quad \therefore m_a = 0,67 m_b$$

$$\% \text{ molar (B)} = \frac{m_b}{m_b + 0,67 m_b} = \frac{m_b}{1,67 m_b} \cdot 100$$

$$\therefore \% \text{ molar (B)} = 60\%$$

$$\therefore \% \text{ molar (A)} = 40\%$$

7-)



a)

$$18,4 - 1 \quad \therefore n = 13,8 \text{ kJ}$$

$$n - 0,75$$

$$b) \quad n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{150}{74,5} \quad \therefore n = 2,012 \text{ mol}$$

$$18,4 - 1 \quad \therefore n = 37,02 \text{ kJ}$$

$$n - 2,012$$



$$b) m(\text{NaOH}) = 9,55 \text{ g}$$

$$m_{\text{água}} = 100 \text{ g}$$

$$\Delta T = T_f - T_i \Rightarrow \Delta T = 47,4 - 23,6 \therefore \Delta T = 23,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{sis}} = m c \Delta T$$

$$= 109,55 \cdot 4,184 \cdot 23,8$$

$$\therefore q_{\text{sis}} = 10,9 \text{ kJ} \quad \Delta H = -q_{\text{sis}} \therefore \Delta H = -10,9 \text{ kJ}$$

$$-10,9 \text{ kJ} \text{ --- } 9,55 \text{ g} \quad \therefore \underline{\underline{x = -1,14 \text{ kJ/g NaOH}}}$$

$$x \text{ --- } 1 \text{ g}$$

$$\text{NaOH: } M = 40,01$$

$$-10,9 \text{ kJ} \text{ --- } 0,2387 \text{ mol}$$

$$m = 9,55 \text{ g}$$

$$x \text{ --- } 1 \text{ mol}$$

$$n = 0,2387$$

$$\therefore \underline{\underline{x = -45,7 \text{ kJ/mol NaOH}}}$$

### Exercício Treino

Sistema 1: magnésio e ácido

Volume de ácido adicionado: 50 ml

Determinar entalpia: ?

Temperatura da solução ácida: 17°C

$\Delta H$ : ? [J/g] e [J/mol]

Massa de magnésio: 0,16g

de mg

Temperatura final de temperatura atingido: 10°C

$$q_{\text{sis}} = m c \Delta T$$

$$= 50,16 \cdot 4,184 \cdot 10 \quad \therefore q_{\text{sis}} = 2098,69 \text{ J} \quad \Delta H = -2098,69 \text{ J}$$

$$-2098,69 \text{ J} \text{ --- } 0,16 \text{ g} \quad \therefore \underline{\underline{x = -13116,84 \text{ J/g}}}$$

$$x \text{ --- } 1$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{0,16}{24,30} \quad \therefore n = 6,58 \cdot 10^{-3} \quad -2098,69 \text{ J} \text{ --- } 6,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x \text{ --- } 1 \text{ mol}$$

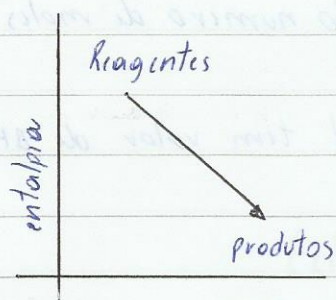
$$\therefore \underline{\underline{x = -318739,21 \text{ J/mol}}}$$

## Termoquímica

Reação Exotérmica é a reação que libera calor para o meio

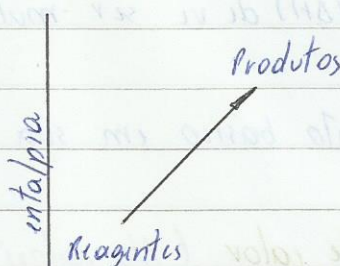
Reação Endotérmica é a reação que absorve calor do meio

Entalpia ou conteúdo térmico está relacionado a troca de calor por o meio



$$\Delta H = H_{\text{prod}} - H_{\text{reg}} < 0$$

(Exotérmica)



$$\Delta H = H_{\text{prod}} - H_{\text{reg}} > 0$$

(Endotérmica)

Para determinar o calor liberado ou absorvido numa reação química, utilizamos:  $Q = mc \Delta T$

### Leis da Termodinâmica

- 1- O valor de  $\Delta H$  é diretamente proporcional à quantidade de reagente ou produto.
- 2- O  $\Delta H$  de uma reação é numericamente igual ao valor de  $\Delta H$  da reação inversa, porém com sinal contrário
- 3- O valor de  $\Delta H$  para uma reação é o mesmo seja calculado em uma reação direta ou em várias etapas, Ou seja,  $\Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_1$ . Esta relação também é conhecida como Lei de Hess



## Calores de formação

O calor de formação de um composto,  $\Delta H_f$ , é igual a variação de entalpia quando um mol de um composto é formado a partir de seus elementos básicos em suas formas mais estáveis a  $25^\circ\text{C}$  e  $1,00\text{ atm}$

$$\Delta H = \sum \Delta H_{f, \text{produtos}} - \sum \Delta H_{f, \text{reagentes}}$$

Obs.: Ao aplicar esta relação, deve atentar para:

- Os valores ( $\Delta H$ ) de reagentes e produtos são multiplicados pelo número de moles utilizados na reação
- Todo elemento básico em sua forma estável tem valor de  $\Delta H = 0$

## Medida de fluxo de calor (No calorímetro simples)

1- Calcule a quantidade de calor,  $q$ , absorvida pela água

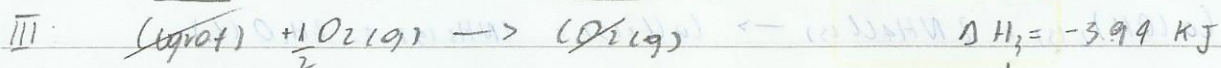
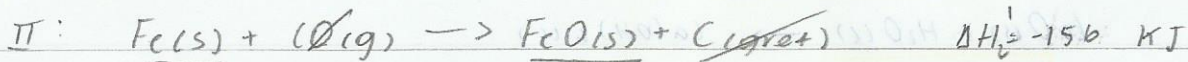
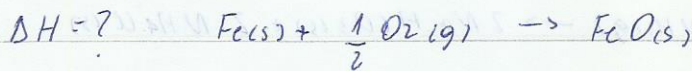
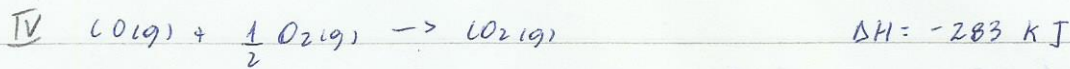
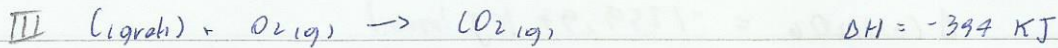
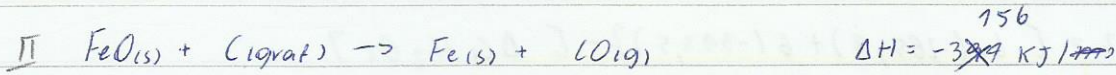
$$q = m c \Delta T$$

Lembrete:  $\frac{1 \text{ cal}}{4,184} = \frac{1 \text{ J}}{4,184}$

2- Calcule o  $\Delta H$  para a reação

$$\Delta H = -q_{\text{água}}$$

# Termoquímica



$$\Delta H = \Delta H_2' + \Delta H_3 + \Delta H_4' \quad \therefore \Delta H = -156 - 394 + 283$$

$$\therefore \Delta H = -267 \text{ KJ}$$



$$-673 \cdot 10^3 \text{ cal} - 1 \text{ mol} \quad \therefore n = -1,4859 \text{ mol}$$

$$1 \text{ cal} - n$$

$$4,184 \text{ J} - -1,4859 \text{ mol} \quad \therefore n = 2815,832 \text{ J}$$

$$n - 1 \text{ mol} = 2815,832 \text{ KJ}$$



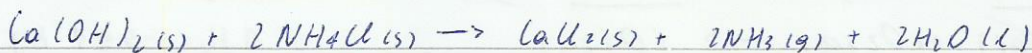
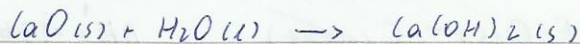
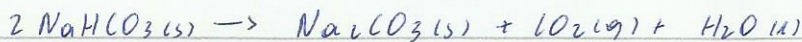
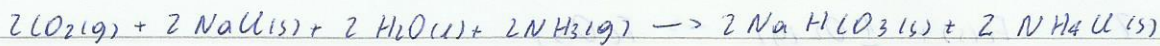


$$\Delta H_r = [6\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} + 6\Delta H_{\text{CO}_2}] - [6\Delta H_{\text{O}_2} + \Delta H_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}]$$

$$-2815,832 = [6 \cdot (-285,8) + 6(-393,5)] - [\Delta H_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}]$$

$$\Delta H_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = -1259,97 \text{ kJ/mol}$$

67.)



Dados:  $\Delta H_f^\circ (\text{Na}_2\text{CO}_3) = -1430,1 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ (\text{NaHCO}_3, \text{s}) = -710,4 \text{ kJ/mol}$

$$\Delta H_1 = [-393,5 + (-635,5)] - (-1207) \therefore \Delta H_1 = 178 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_2 = [2 \cdot (-315,4) + 2 \cdot (-710,4)] - [2 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-411) + 2(-285,6) + 2(-46,2)]$$

$$\therefore \Delta H_2 = 221,4 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_3 = [2(-285,6) + (-393,5) + (-1430,1)] - 2 \cdot (-710,4) \therefore \Delta H_3 = -688,6 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_4 = -986,6 - (-635,5 - 285,6) \therefore \Delta H_4 = -65,3 \text{ J}$$

$$\Delta H_5 = (2 \cdot (-285,6) + 2(-46,2) + (-795)) - (-986,6 + 2 \cdot (-315,4))$$

$$\therefore \Delta H_5 = 158,4 \text{ kJ}$$

$$b) \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$\Delta H = -196,1 \text{ kJ}$$



$$d) \Delta H = (-795 - 1430,7) - (-1207 + 2 \cdot (-911))$$

$$\Delta H = -196,1 \text{ kJ}$$

$$66-) 50 \text{ galões} = 50 \cdot 3,78 \text{ L} \therefore v = 189,25 \text{ L}$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{180} \therefore T_C = \frac{(T_F - 32) \cdot 100}{180}$$

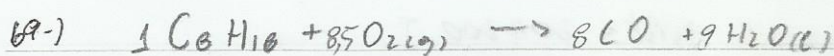
$$T(150) = 65,556^\circ\text{C} \quad T(60) = 15,556^\circ\text{C} \quad 4,184 - 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$q_{\text{sis}} = 189,25 \cdot 10^3 \cdot 4,184 \cdot 50 = 39591,1 \text{ J}$$

$$-526,3 \cdot 10^3 \cdot 4,184 - 1 \text{ mol} \therefore x = 17,979$$

$$39591,1 \text{ J} - x$$

$$x = 17,979 \cdot 0,002 \cdot (25 + 273) \therefore v = 439,39 \text{ L} = 15,52 \text{ fl}^3$$



$$\Delta H = (-9,285,8 - 8 \cdot 110,5) - (-249,7) \therefore \Delta H = -3206,3 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ gal} = 3,785 \text{ L} = 3,785 \cdot 10^3 \text{ mL}$$

$$\therefore m = 2,659 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,659 \cdot 10^{-3}}{114,26}$$

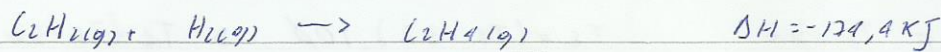
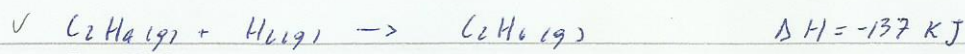
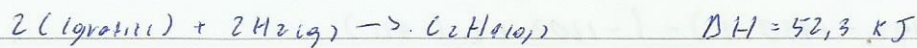
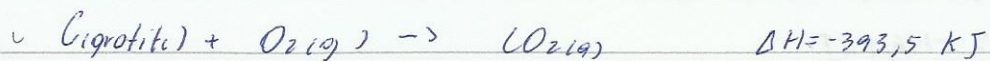
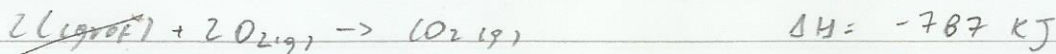
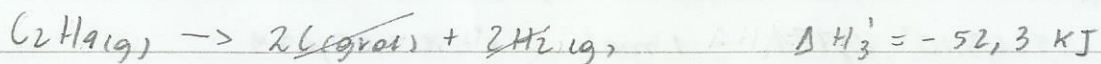
$$n = 0,0233 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$-3206,3 - 1$$

$$n = 0,2 \cdot 10^{-3}$$



70)

a) Determinar  $\Delta H$  para

$$\Delta H = -52,3 - 483,6 - 787 \quad \therefore \Delta H = \underline{-1322,9 \text{ KJ}}$$

$$b) q_{\text{sis}} = 1000 \cdot 4,184 \cdot 50 \quad \therefore q_{\text{sis}} = \underline{209200 \text{ J}}$$

$$\Delta H = -117,5 \text{ KJ} - x$$

$$= 209,2$$

71-)  $Xe(g) + 2 F_2(g) \rightleftharpoons XeF_4(g) \quad \%GC = 60\% \quad (XeF_4)$

esteg	1	2	1	$Xe = 0,5 \text{ mol}$	$K_c = ?$
alim	0,5	1		$F_2 = 1 \text{ mol}$	
real	0,3	0,6	0,3	$V = 2 \text{ L}$	
final	0,2	0,4	0,3		
concent.	$\frac{0,1 \text{ mol}}{2}$	$\frac{0,2 \text{ mol}}{2}$	$\frac{0,15 \text{ mol}}{2}$		

$$60\% = \frac{x}{0,5} \cdot 100 \quad \therefore x = 0,3$$

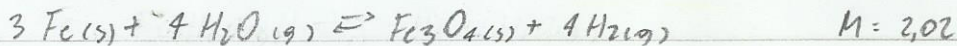
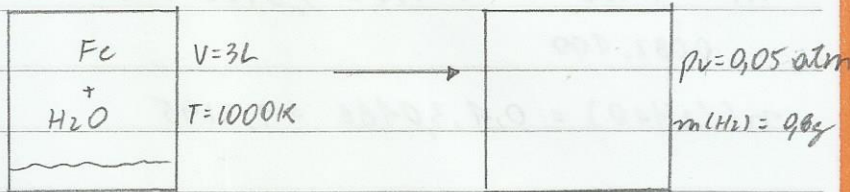
$$K_c = 0,15 = 0,2^2 \cdot 0,1 \quad \therefore K_c = 37,5$$

72-)  $V = 3 \text{ L}$

$T = 1000 \text{ K}$

ao término:  $m(H_2) = 0,6 \text{ g}$

$p_v = 0,05 \text{ atm}$



$$m = 0,6 \quad \therefore n(H_2) = 0,396$$

esteg	3	4	1	4	
alim		0,3978			
real		0,396	0,099		
final		0,0018	0,099	0,396	
conci		0,00061		0,132	(mol/L)

$$p_v = nRT$$

$$n = \frac{0,05 \cdot 3}{0,082 \cdot 1000} = 0,0018$$

$$K_c = \frac{0,132^4}{0,00061^4} = 2,19 \cdot 10^9$$

$$c_i = \frac{0,3978}{3} = 0,133 \text{ mol/L}$$

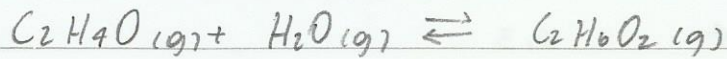


73-) % molar ( $C_2H_4O$ ) = 40%

$p_T = 1 \text{ atm}$

% GC = 80%

$V = 100 \text{ L}$      $T = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$



exteq	1	1	1
alim	1,2195	1,829	
teo			
real	0,976	0,976	0,976
find	0,244	0,853	0,976
concent	0,00244	0,00853	0,00976

$n_T = \frac{1 \cdot 100}{0,082 \cdot 400} \therefore n_T = 3,0488 \text{ mol}$

$n(C_2H_4O) = 0,4 \cdot 3,0488 = 1,2195$

$\%O = \frac{n}{1,2195} \cdot 100 \therefore n = 0,976$

$p_A = \frac{(0,244 + 0,853 - 0,976) \cdot 0,082 \cdot 400}{100} = 0,68 \text{ atm}$

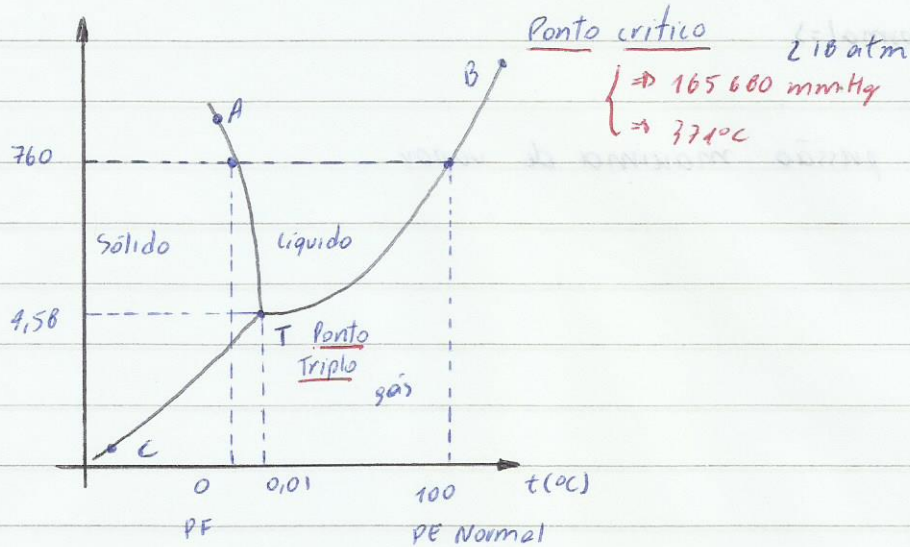
$K_c = \frac{0,00976}{0,00244 \cdot 0,00853} \therefore K_c = 468,93$

$\%GC_{H_2O} = \frac{0,976}{1,829} \cdot 100 \therefore \%GC = 53,36\%$

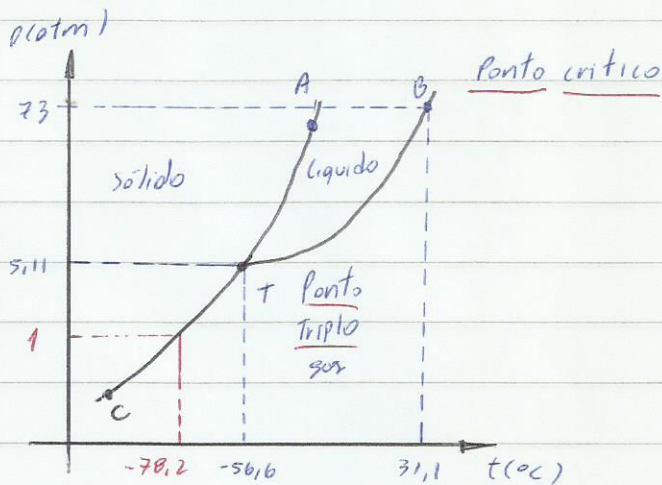
$m = n \cdot M \Rightarrow m = 0,976 \cdot 62,08 \Rightarrow m = 60,59 \text{ g}$

## Aula 1.7 - Diagrama de fases

### Diagrama da $H_2O$



### Diagrama do $CO_2$



Curva T-A: Equilíbrio líquido-sólido (Solid. / fusão)

Curva T-B: Equilíbrio líquido-vapor (Evap. / cond.)

Curva T-C: Equilíbrio sólido-vapor (Sublimação)

Ponto T: Ponto Triplo, condição de  $T$  e  $P$  na qual coexistem os 3 estados físicos.



Ponto B: Ponto crítico, condições de T e P a partir da qual não há diferenciação entre fase líquida e gasosa.

Ebulição  $\Rightarrow P^{\circ v} = P_{\text{sistema}}$

Ebulição Normal  $\Rightarrow$

$P^{\circ v}$  = pressão máxima de vapor

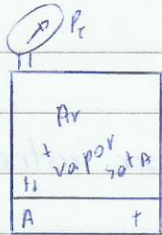
# Aula 19

## Sistema gás-liquido

com componente condensável

Tarefa: LC → 52 ao 57 e 60

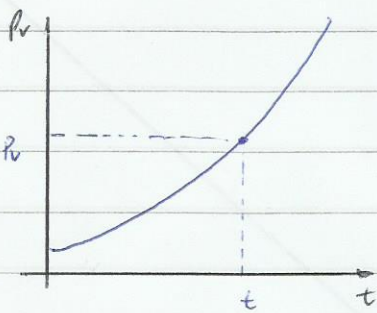
### Sistema Saturado - Vapor Saturado



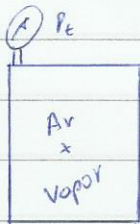
$T = cte$

$$P_T = P_{Ar} + P_v$$

$$P_v = P_{v,t}$$



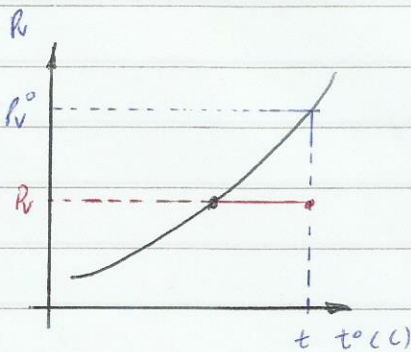
### Sistema não-saturado - Vapor Superaquecido



$T = cte$

$$P_T = P_{Ar} + P_v$$

$$P_v < P_{v,t}$$





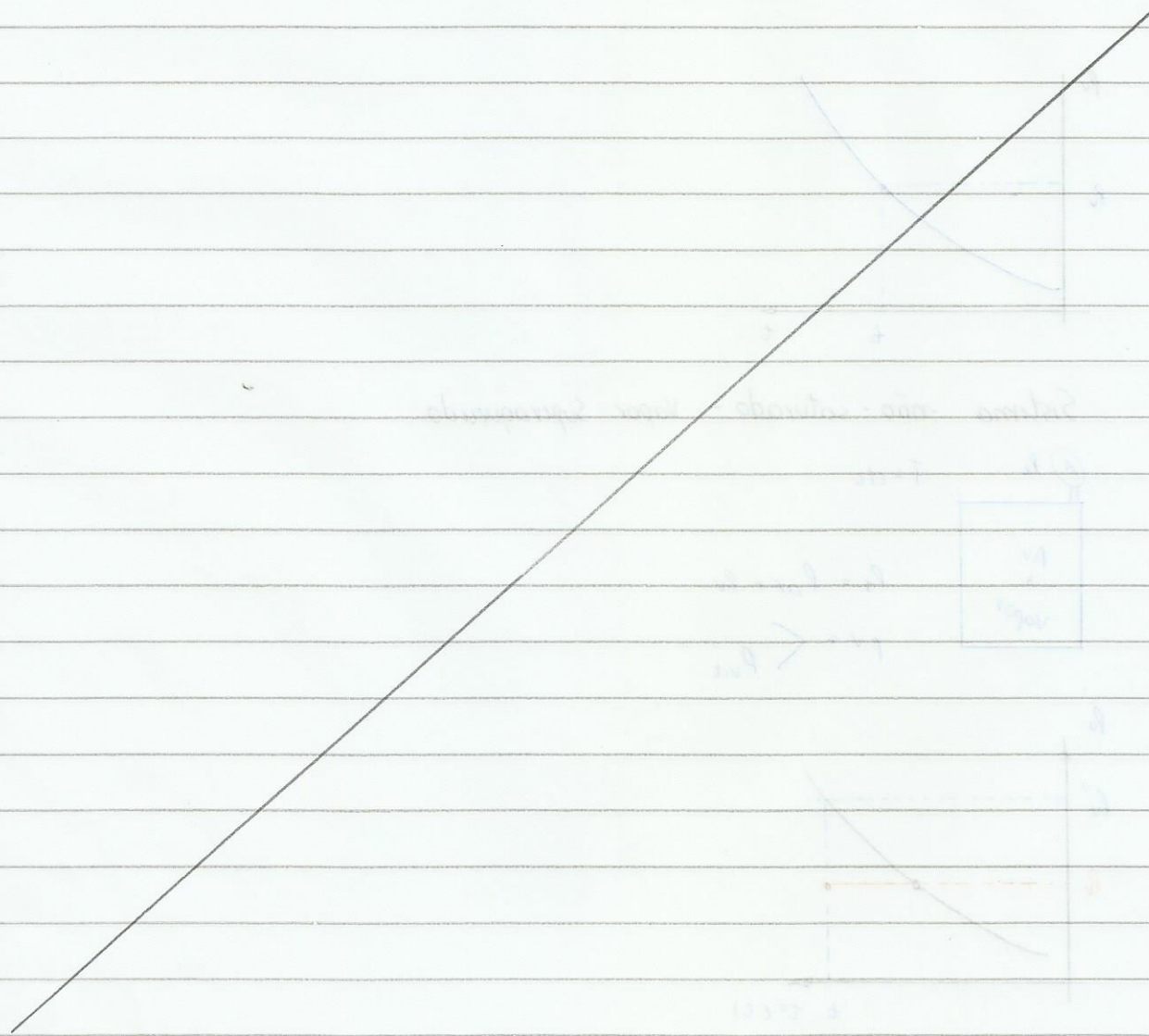
/ /

## Saturação Relativa Percentual

$$SR\% = \frac{P_v}{P_{v,i}} \times 100$$

### Ponto de Orvalho - PO

PO é a mínima temperatura na qual o sistema deve ser resfriado para se tornar saturado.



Exemplo: Sistema contendo 10% vapor  $H_2O$  e 90% ar

$$T = 25^\circ C$$

$$P_T = 175 \text{ mmHg}$$

Lei de Raoult

$$p_i = x_i P_i$$

$$p_v = 0,1 \cdot 175 = 17,5 \text{ mmHg}$$

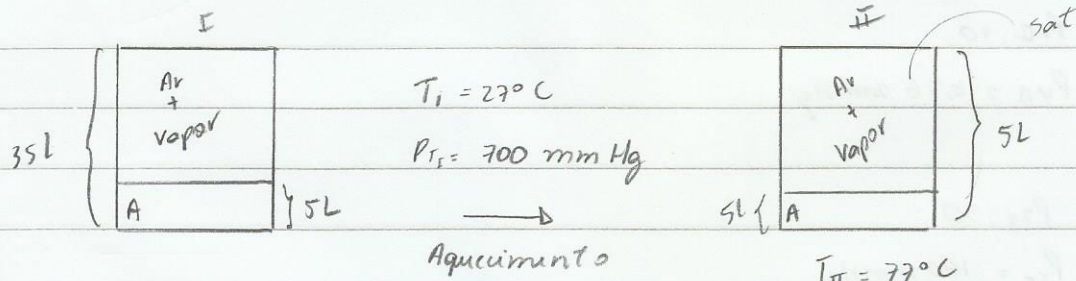
$L_D$  tab pag 7

$$P_0 = 20^\circ C$$

$$SR\% = \frac{17,5}{23,6} \cdot 100 = 75,53\%$$

Ex 52 pag 39 LC

Dado:  $P_{vA}^{\circ}, 27^\circ C = 200 \text{ mmHg}$



$$P_{arI} \cdot 30 = n_{arII} R T_{II}$$

$$P_{T_{II}} = 850 \text{ mmHg}$$

$$P_{T_{II}} = P_{arI} + P_{vI}$$

$$P_{vII} = P_{vA}^{\circ}, 77^\circ C$$

$$P_{vI} = P_{vA}^{\circ}, 27^\circ C = 20 \text{ mmHg}$$

$$P_{T_{II}} = P_{arII} + P_{vII}$$

$$P_{arII} \cdot 30 = n_{ar} R T_{II}$$

$$700 = P_{arI} + 20$$

$$P_{arI} = 680 \text{ mmHg}$$

$$850 = 793,5 + P_{vII}$$

$$680 \cdot 30 = n_{arI} \cdot 62,4 \cdot 300$$

$$P_{vII} = 56,5 \text{ mmHg} = P_{vA}^{\circ}, 77^\circ C$$

$$n_{ar} = 1,09 \text{ mol} = n_{arII}$$

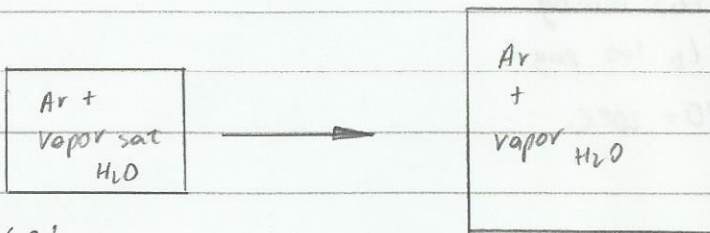
$$P_{arII} \cdot 30 = 1,09 \cdot 62,4 \cdot 350 = 793,5 \text{ mmHg}$$



$$b) \quad n_{V_I} = \frac{20.30}{62,4.300} = 0,032 \text{ mol} \quad n_{V_{II}} = \frac{56,5.30}{62,4.350} = 0,070 \text{ mol}$$

$$n_{A \text{ evapo } v} = n_{V_{II}} - n_{V_I} = 0,046 \text{ mol}$$

Ex 53 pg 90 LC



$$V_I = 6,0 \text{ L}$$

$$T_I = 30^\circ \text{C}$$

$$P_{T_I} = 700 \text{ mmHg}$$

$$P_{V_I} \cdot V_I = P_{V_{II}} \cdot V_{II}$$

$$31,8 \cdot 6 = P_{V_{II}} \cdot 30$$

$$\therefore P_{V_{II}} = 6,36 \text{ mmHg}$$

$$700 \cdot 6 = P_{T_{II}} \cdot 30$$

$$P_{T_{II}} = 140 \text{ mmHg}$$

$$V_{II} = 30 \text{ L}$$

$$T_{II} = T_I = 30^\circ \text{C}$$

$$P_{V_{II}} = ?$$

$$P_{T_{II}} = ?$$

$$c) \quad \text{SR\%} = \frac{6,36}{31,8} \cdot 100 = 20\%$$

$$P_{V_{II}} = 6,36 \text{ mmHg} = P_{V_{II}}^{\circ} = ?$$

Interpolando

$$P_D = 4,8^\circ \text{C}$$

$$i \cdot \text{mol} = x_i \cdot 100$$

$$x_i = \frac{n_i}{n_t} = \frac{p_i}{p_t}$$

$$i \cdot \text{mol} = \frac{6,36}{140} \times 100 = 4,5\% \quad \therefore \text{molar} = 95,5\%$$

Aula 1.10

Mistura gasosa com componente condensável

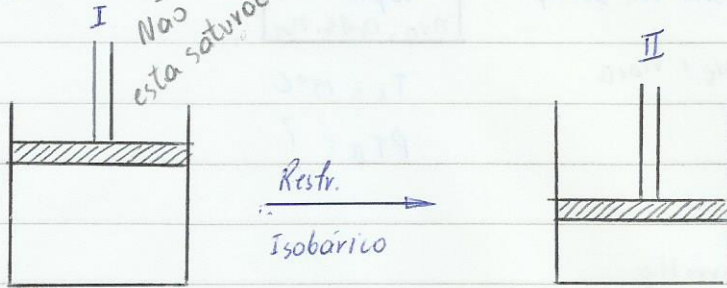
- Quando é saturado

$$p_v = p_{v,i}^{\circ}$$

- Se houver condensação o num. de mols varia

- Pressão parcial é a pressão exercida em um comp. da mistura no recipiente total

Ex 58 pag 40 LC



$$n_{Ar I} = n_{Ar II}$$

$$V_{II} = ?$$

$$V_I = 10L$$

$$P_{T II} = P_{T I} = 700 \text{ mm Hg}$$

$$T_I = 30^{\circ}C$$

$$P_{v II} = P_{v, i, s}^{\circ} = 12,8 \text{ mm Hg}$$

$$P_{T I} = 700 \text{ mm Hg}$$

$$SRX = 62,9\%$$

$$T = 30^{\circ}C \rightarrow p_{v, 30^{\circ}C}^{\circ} = 31,8 \text{ mm Hg}$$

$$SRX = 62,9 = \frac{P_{v i}}{31,8} \cdot 100 \quad P_{v i} = 20 \text{ mm Hg}$$

$$P_{Ar I} = 700 - 20 = 680 \text{ mm Hg}$$

$$PV = nRT$$

$$680 \cdot 10 = n_{Ar I} \cdot 62,4 \cdot 303 \quad \therefore n_{Ar I} = 0,36 \text{ mol} = n_{Ar II}$$

$$P_{Ar II} = 700 - 12,8 = 687,2 \text{ mm Hg}$$

$$687,2 V_{II} = 0,36 \cdot 62,4 \cdot 288 \quad V_{II} = 9,4 L$$

$$n_{v I} = \frac{20 \cdot 10}{62,4 \cdot 303} = 0,0105 \text{ mol} \quad n_{v II} = \frac{12,8 \cdot 9,4}{62,4 \cdot 288} = 0,0067 \text{ mol}$$

$$n_{cond} = n_{v I} - n_{v II} = 0,0038 \text{ mol}$$

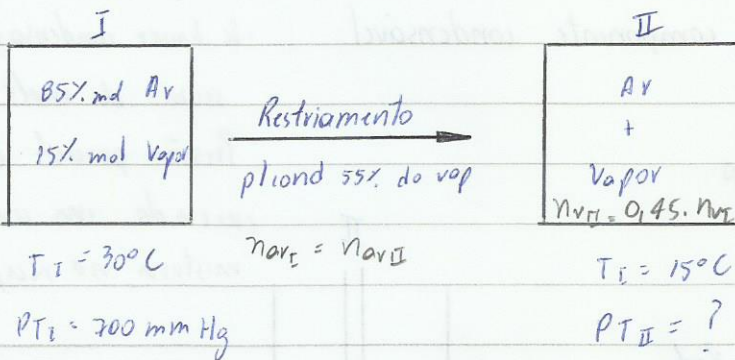
$$m_{cond} = 0,0038 \cdot 18,02 = 0,07g$$



Ex 61 pag 41 LC

Dados:  $p_{v, 15^{\circ}\text{C}}^{\circ} = 50 \text{ mmHg}$

$p_{v, 30^{\circ}\text{C}}^{\circ} = 120 \text{ mmHg}$



$P_{vI} = 0,15 \cdot 700 = 105 \text{ mmHg}$

$\text{SR}\% = \frac{105}{120} \cdot 100 = 87,5\%$

$$\left. \begin{array}{l} p_{Av} = n_{Av} \cdot p_T \\ p_V = n_V \cdot p_T \end{array} \right\} \frac{p_{Av}}{n_{Av}} = \frac{p_V}{n_V} \quad \frac{p_{Av}}{p_V} = \frac{n_{Av}}{n_V} = \frac{n_{Av}/n_T}{n_V/n_T}$$

$$\left| \frac{p_{Av}}{p_V} = \frac{n_{Av}}{n_V} \right| \quad \frac{(700-105)}{105} = \frac{n_{Av I}}{n_{V I}}$$

$n_{Av I} = 5,667 n_{V I} = n_{Av II}$

$\frac{P_{T II} - 50}{50} = \frac{5,667 n_{V I}}{0,95 n_{V I}} \quad P_{T II} = 680 \text{ mmHg}$

$\% \text{ mol vapor} = \frac{50}{680} \cdot 100 = 7,35\%$

$\% \text{ mol av} = 100 - \% \text{ vapor} = 92,65\%$

Isotérmica = temp.

Isobárica =  $P_{res}$  / /

Isóvolum ou Isocoro = volum.

59-)  $T_{av} = 20^{\circ}\text{C} = 293\text{K}$  ("Sistema I")

$P_T = 700\text{mmHg}$

SR% = 90% (Saturação Relativa Percent = umidade relativa)

(Saturado é quando a pressão parcial = a pressão máxima em uma determinada temperatura (tabela))

("Sistema II")

Compressão Isotérmica (é quando a temp. é const)

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

$P_T = 1800\text{mmHg}$

SR% = ?

$$\text{SR\%} = \frac{P_v}{P_v^{\circ}T} \Rightarrow 90 = \frac{P_v}{17,5} \therefore P_v = 1575\text{mmHg (sist. I)}$$

Y  
Pressão parcial

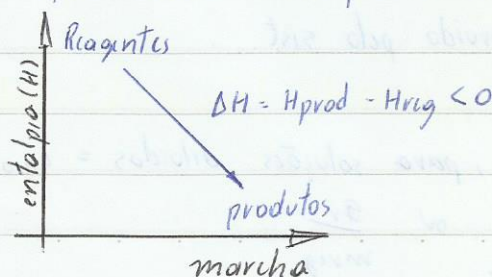
Aula 1.11 - (cap 6 kotz, tarefa 20 ao 42 pars)

Termoquímica

Reações endo e exotérmica

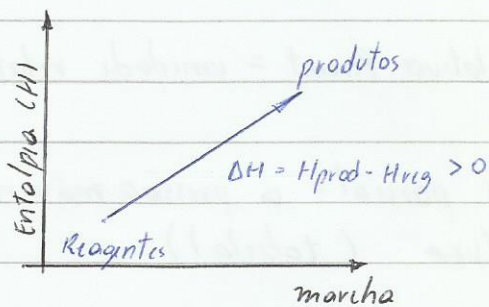
Em relação ao fluxo de calor ( $\Delta H$ ) podemos dividir as reações em:

Exotérmicas: que libera calor para o meio



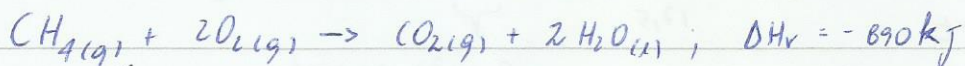


Endotérmicos: que observem calor do meio

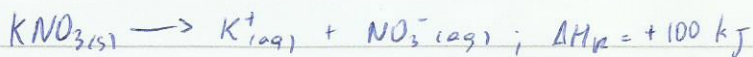


### Equação termoquímica

As reações termoquímicas, mostram, além da estequiometria da reação, o calor trocado como meio ( $\Delta H$ ) proporcional a quantidade de reagentes e produto  $\delta$ , ex:



$$\Delta H_r = [(1 \times -393,5) + (2 \times -285,8)] - [(1 \times -74,6) + (2 \times 0)] \therefore \Delta H_r = -890,3 \text{ kJ}$$



### Determinação do $\Delta H_r$

Existem 3 maneiras de qualificar o valor de  $\Delta H$

\* Através de calorímetros

$$q_{\text{sist}} = m_{\text{sist}} \cdot c_{\text{sist}} \Delta t$$

onde  $q_{\text{sist}}$  = calor liberado/absorvido pelo sist.

$$M_{\text{sist}} = m_{\text{água}} + m_{\text{reag}}$$

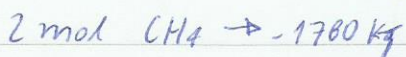
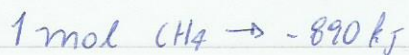
$$c_{\text{sist}} = \text{calor específico, para soluções diluídas} = c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$q_r = -q_{\text{sist}}$$

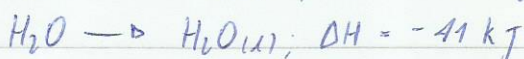
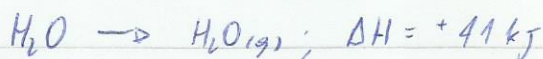
$$\Delta H_r = \frac{q_r}{n_{\text{reag}}} \quad \text{ou} \quad \frac{q_r}{n_{\text{prod}}}$$

- Através de outras Reações  
Usando as leis da Termoquímica

1º O valor de  $\Delta H$  é proporcional as quantidades de reagentes e produtos



2º O valor do  $\Delta H$  da reação inversa é numericamente igual ao da reação direta, porém, com sinal trocado



3º Lei de Hess: O  $\Delta H$  de uma reação pode ser determinado pela soma do  $\Delta H$  das etapas dessa reação ou seja:

$$\Delta H_r = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots + \Delta H_n$$

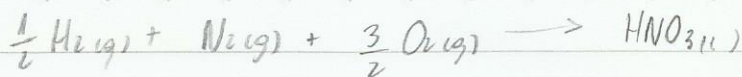
\* Calor de formação

O calor de formação ( $\Delta H_f$ ) de um composto é igual ao  $\Delta H$  da reação de formação de 1 mol deste composto a partir de seus elementos básicos, substâncias simples no estado mais estável a 25°C e 1 atm (para estas o  $\Delta H_f = 0$ )

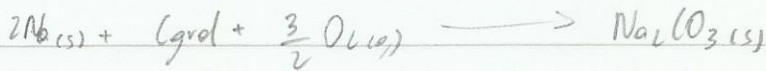
$$\Delta H_r = (\sum \Delta H_{f \text{ prod}}) - (\sum \Delta H_{f \text{ reag}})$$

Calcule o  $\Delta H_f$   $\text{Ag}_2\text{Cl}_2$ , sabendo que o  $\Delta H_r = -127 \text{ kJ}$





5  
 Rômulo monodunio

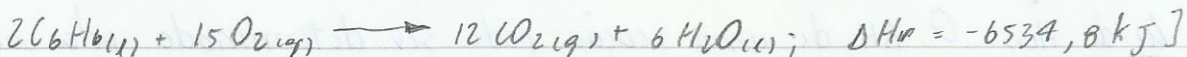


$$-127 = (1 \Delta H_{\text{AgCl}}) - (1 \Delta H_{\text{Ag}} + 0,5 \Delta H_{\text{Cl}_2})$$

$$\Delta H_{\text{AgCl}} = -127 \text{ kJ/mol}$$

40 kotz 10p6

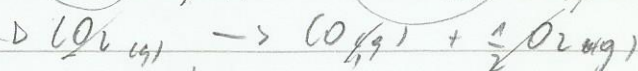
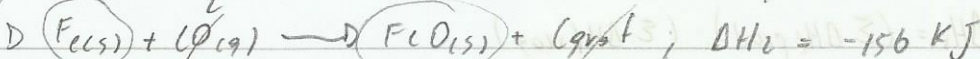
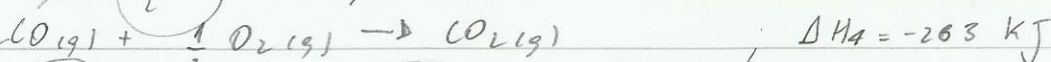
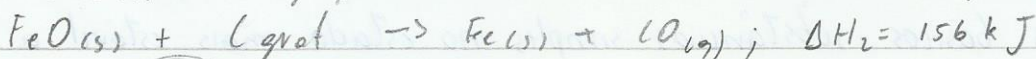
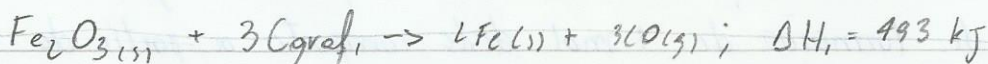
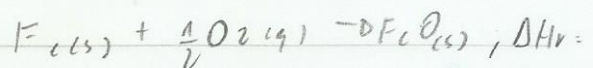
$\Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})) = ?$



$$-6534,8 = [(12 \times -393,5) + (6 \times -285,8)] - [2 \Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_6) + (15 \times 0)]$$

$$\Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})) = +49 \text{ kJ/mol}$$

65 LC pag. 42



$$\Delta H_p = \Delta H_2' + \Delta H_3 + \Delta H_4 = (-156) + (-394) + 283 = -267 \text{ kJ}$$

## Equilíbrio Químico

Para determinar a constante de equilíbrio ( $K_c$ ) da seguinte reação, devemos,

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ , onde A, B, C, D são componentes da reação e a, b, c, d, são os respectivos coeficientes estequiométricos.

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Obs: A constante de equilíbrio só depende da ~~constante de equilíbrio~~ temperatura.

Caso, queira inverter a reação, deve também alterar a constante de equilíbrio.

$$K_c'' = \frac{1}{K_c}$$

(Para calcular a constante  $K_c$ , só serão considerados os comp. gasoso)

- Se o  $K_c$ , muito elevado  $\rightarrow$  probabilidade de formação de produto

- Se o  $K_c$ , for muito pequeno  $\rightarrow$  probabilidade de formação de reagentes

## Quociente Reacional (Q)

O quociente Reacional é determinado, da mesma maneira que a constante de equilíbrio, porém, ela pode ser calculada em qualquer tempo, Sua função é indicar qual sentido a reação avança.



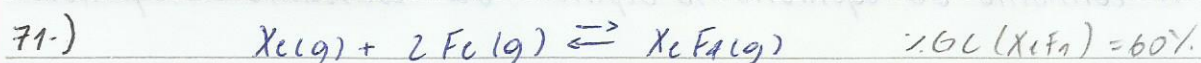
Temos as seguintes situações:

$Q < K_c \rightarrow$  avança no sentido de formação dos produtos, ou seja, se desloca da esquerda para a direita

$Q > K_c \rightarrow$  a reação avança no sentido de formação dos reagentes, ou seja, se desloca da direita para a esquerda

$Q = K_c \rightarrow$  a reação está no equilíbrio

### Exercício



estq 1 2 1  $V = 2L$

alim 0,5 1

tco 0,5 1

real 0,3 0,6 0,3

final 0,2 0,4 0,3

concn  $\frac{0,1 \text{ mol}}{L}$   $\frac{0,2 \text{ mol}}{L}$   $\frac{0,15 \text{ mol}}{L}$

$$60 = \frac{n}{0,5} \cdot 100 \quad \therefore n = 0,3$$

$$K_c = \frac{0,15}{0,1 \cdot 0,2^2} = \underline{\underline{37,5}}$$

73.)

$$p_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V = 100 \text{ L}$$

$$T = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$$

90%  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ 60%  $\text{H}_2\text{O}$ 

exteq	1	1	1
alim	1,22	1,83	
teo	1,22	1,22	
real	0,976	0,976	0,976
final	0,244	0,854	0,976
concent	$0,244 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$0,854 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$	$0,976 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{1 \cdot 100}{0,082 \cdot 400} = 3,05 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 0,4 \cdot 3,05 = 1,22$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 3,05 - 1,22 = 1,83$$

$$80 = \frac{n}{1,22} \cdot 100 \quad \therefore n = 0,976$$

$$a) pV = nRT$$

$$p \cdot 100 = (0,244 + 0,854 + 0,976) \cdot 0,082 \cdot 400$$

$$\therefore p = 0,68 \text{ atm}$$

$$b) K_c = \frac{0,976 \cdot 10^{-2}}{0,244 \cdot 0,854 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}} \quad \therefore K_c = 468,38$$



$$c) \%GC = \frac{0,976}{1,83} \cdot 100 = \underline{53,33\%}$$

$$m = nM$$

$$= 0,976 \cdot 62,08 \quad \therefore m = \underline{60,59g}$$

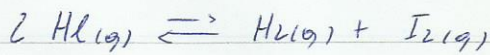
d)

$$n_1 = \frac{0,249}{2,074} = 0,118 \quad (C_2H_4O)$$

$$n_2 = \frac{0,859}{2,074} = 0,412 \quad (H_2O)$$

$$n_3 = \frac{0,976}{2,074} = 0,470 \quad (C_2H_6O_2)$$

74-)  $K_c = 0,0184$  a  $430^\circ C = 703 K$        $\Delta H = -51,8 kJ$



$$V = 2,4 L$$

$$c(HCl) = \frac{0,886}{2,4} = 0,369 \text{ mol/L}$$

$$c(H_2) = \frac{0,714}{2,4} = 0,298 \text{ mol/L}$$

$$c(I_2) = \frac{0,984}{2,4} = 0,41 \text{ mol/L}$$

$$Q = \frac{0,41 \cdot 0,298}{0,369^2} = 0,9 \quad \therefore Q > K_c$$

	$H_2(g)$	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$	
coef	1	1		2	
inicial	0,714	0,984		0,886	$K_c' = \frac{1}{K_c}$
variação	-x	-x		2x	$K_c'$
final	0,714-x	0,984-x		0,886+2x	$\therefore K_c' = 54,35$
concent	$\frac{0,714-x}{2,4}$	$\frac{0,984-x}{2,4}$		$\frac{0,886+2x}{2,4}$	

$$\frac{0,785 + 3,544x + 4x^2}{(2,4)^2} : \frac{0,703 - 1,698x + x^2}{(2,4)^2} = 54,35$$

$$4x^2 - 54,35x^2 + 3,544x + 54,35 \cdot 1,698x + 0,785 - 0,703 \cdot 54,35 = 0$$

$$-50,35x^2 + 95,83x - 34,42 = 0$$

$$x_1 = 0,549 \quad x_2 = 1,255$$

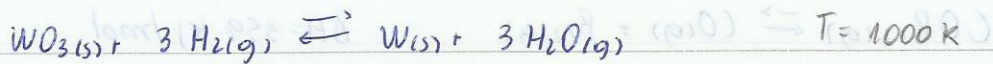
- $[H_2] = 0,069 \text{ mol/L}$
- $[I_2] = 0,181 \text{ mol/L}$
- $[HI] = 0,827 \text{ mol/L}$

b) Nada acontece pois o numero de mols é igual

c) Se houver aumento da temperatura a reação favoreceu a reação endotérmica ( $\Delta H > 0$ ), portanto ela se deslocará para o sentido de formação de HI



75.)



esteg	1	3	1	3	$K_c = 6859$
alim	1	6			
real	-x	-3x	x	3x	Base de calculo:
final	1-x	6-3x	x	3x	$WO_3 = 1 mol$

$K_c = \frac{27x^3}{(6-3x)^3} = \frac{27x^3}{(6-3x)(36-36x+9x^2)} = 6859$

$\frac{27x^3}{(6-3x)^3} = 6859$

$\frac{27x^3}{(6-3x)^3} = 6859$

$27x^3 = 6859(6-3x)^3$

$x^3 = 6859$

$x^3 - 6859 = 0$

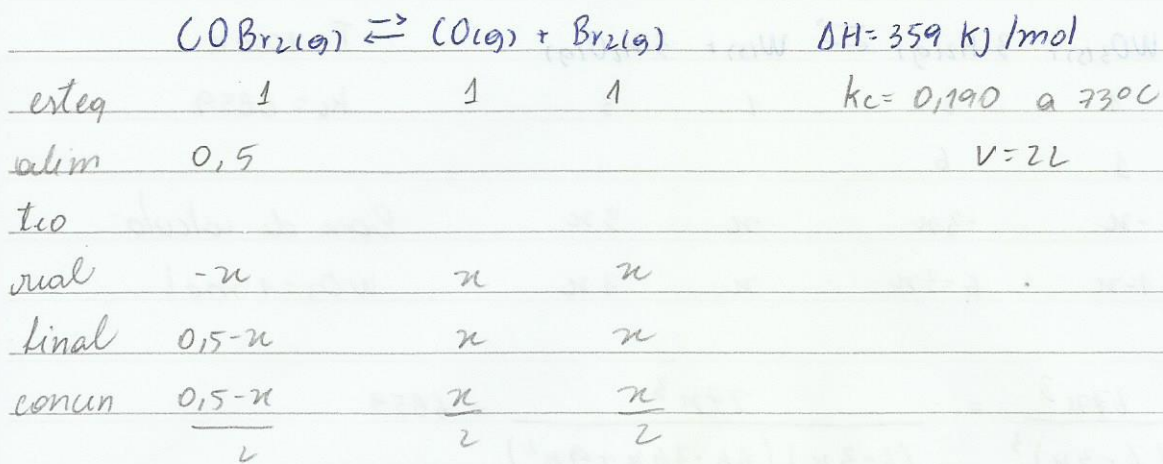
$x^3 - 6859 = 0 \Rightarrow 6860x^3 - 91154x^2 + 82308x - 54892 = 0$

$-x^3 + 6x^2 - 12x + 6 = 0$

$\therefore x_1 = 1,9 \quad x_2 = 2,05 \quad x_3 = 2,05$



76)



$$\frac{x^2}{1-2x} = 0,190$$

$$x^2 = 0,19 \Rightarrow x^2 + 0,38x - 0,19 = 0$$

$$\Delta = 0,9044$$

$$x_1 = 0,2622 \quad x_2 = -0,6422$$

$$a) [\text{COBr}_2] = \frac{0,5 - 0,2622}{2} = 0,119 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{CO}] = \frac{0,2622}{2} = 0,1311 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{Br}_2] = \frac{0,2622}{2} = 0,1311 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$b) \%GC = \frac{0,265}{0,5} \cdot 100 = 53\%$$



	$\text{CO(g)}$	$+$	$\text{Br}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{COBr}_2(\text{g})$
esteq	1		1		1
alim	2,29		0,29		0,22
varal	-x		-x		x
final	2,29-x		0,29-x		0,22+x
const.	$\frac{2,29-x}{2}$		$\frac{0,29-x}{2}$		$\frac{0,22+x}{2}$

$$\frac{0,22+x}{x} : \frac{0,6641-2,58x+x^2}{A^2} = \frac{1}{0,19}$$

$$2(0,22+x) \cdot 0,19 = 0,6641 - 2,58x + x^2$$

$$-x^2 + 2,96x - 0,5805 = 0 \quad \Delta = 2,536$$

$$x_1 = 0,211 \quad x_2 = 2,7488$$

$$[\text{CO}] = 1,04 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Br}_2] = 0,0395 \text{ mol/L}$$

$$[\text{COBr}_2] = 0,216 \text{ mol/L}$$

d) Aumentando a temperatura do sistema a reação favorece a reação endotérmica, ou seja no sentido da formação de CO e Br<sub>2</sub>