



## **Apostilas Curso Mestrado**

### **UFV – 1977 a 1979**

**Balanço de Energia & Materiais**

**Aulas teóricas introdutórias e problemas**

**Celso Foelkel**  
**1977 – 1979**

<b>CENIBRA</b>	<u>Disciplina</u>	TEC - 390
<b>UFV</b>	Balanço de energia e materiais	Nº 1

**ANÁLISE QUÍMICA**

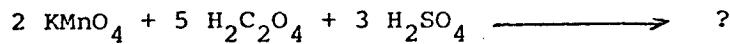
Celso Edmundo B. Foelkel

Agosto, 1977

### ANÁLISE QUÍMICA

#### Problema nº 1

Dada a reação



quantos ml de  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,1 N reagem completamente com 50 ml de  $\text{KMnO}_4$  0,2 M?

Solução:

a) cálculo da normalidade do  $\text{KMnO}_4$

$$1 \text{ M} \dots \dots \dots \dots \dots 5 \text{ N}$$

$$0,2 \text{ M} \dots \dots \dots \dots \dots x$$

$$x = 1 \text{ N}$$

b) cálculo do volume de solução de  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

$$V_1 \text{ N}_1 = V_2 \text{ N}_2$$

$$V_1 \times 0,1 = 50 \times 1$$

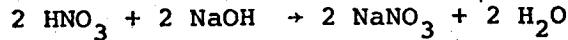
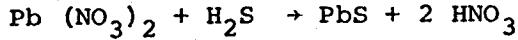
$$V_1 = 500 \text{ ml } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

#### Problema nº 2

Uma solução de nitrato de chumbo foi saturada com ácido sulfúrico. O precipitado foi retirado por meio de um filtro e lavado. O filtrado obtido foi titulado com solução 0,5N de NaOH gastando-se 30 ml para a neutralização, usando-se metil orange como indicador. Pede-se a quantidade de chumbo existente no nitrato

Solução

a) reações



b) cálculo da massa de NaOH 0,5 N utilizada

NaOH 0,5 N

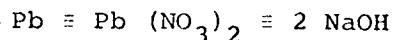
20 g/l

$$20 \text{ g} . . . . . 1000 \text{ cm}^3$$

$$x_1 . . . . . 30 \text{ cm}^3$$

$$x_1 = 0,6 \text{ g}$$

c) cálculo do chumbo existente no nitrato



$$207 \text{ g} . . . . . 80 \text{ g}$$

$$x_2 . . . . . 0,6 \text{ g}$$

$$x_2 = 1,55 \text{ g Pb}$$

Problema nº 3

Faz-se reagir 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1M com NaOH em solução 0,1 N. Qual o volume de soda será utilizado para completa neutralização?

Solução

a) normalidade do  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$M \times pm = N \times eg$$

M = molaridade

pm = fórmula-grama

N = normalidade

eg = equivalente grama

$$0,1 \times 98 = N \times 49$$

$$N = 0,2 \text{ N}$$

b) volume de NaOH 0,1 N

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$5 \times 0,2 = V_2 \times 0,1$$

$$V_2 = 10 \text{ ml}$$

Problema nº 4

Tratando-se 0,5 l de uma solução 0,1 N de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  por excesso de solução de soda cáustica, aquece-se à ebulação até

desprendimento total do gás produzido que é recolhido em 500 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N. Pede-se

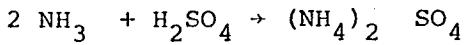
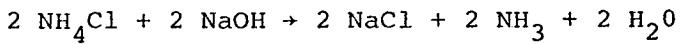
a) reações

b) volume a TPN (CNTP) do gás

c) o número de equivalentes do ácido não neutralizado

### Solução

a) reações:



b) cálculo da massa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$

$$1 \text{ N} \dots \dots \dots \dots \dots 53,5 \text{ g/l}$$

$$0,1 \text{ N} \dots \dots \dots \dots \dots 5,35 \text{ g/l}$$

$$\text{massa} = 0,5 \times 5,35$$

$$\text{massa} = 2,675 \text{ gramas}$$

c) cálculo do volume gasoso a TPN

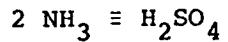


$$53,5 \text{ g} \dots \dots \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$2,675 \text{ g} \dots \dots \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 1,12 \text{ l}$$

d) cálculo da massa de ácido que reage



$$44,8 \text{ l} \dots \dots \dots \dots \dots 98 \text{ g}$$

$$1,12 \text{ l} \dots \dots \dots \dots \dots x_2$$

$$x_2 = 2,45 \text{ g}$$

e) cálculo da massa inicial de  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$x_3 = 0,5 \times 49$$

$$x_3 = 24,5 \text{ g}$$

f) cálculo da massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que não é neutralizada

$$x_4 = x_3 - x_2$$

$$x_4 = 22,05 \text{ g}$$

g) número de equivalentes do  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que não são neutralizados

$$x_5 = \frac{22,05}{49} = 0,45 \text{ eg H}_2\text{SO}_4$$

GENÉRICA	<u>Disciplina</u>	TEC - 390
UFV	Balanço de energia e materiais	Nº 2

CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS APLICADOS À TECNOLOGIA

DA CELULOSE E PAPEL

Celso Edmundo B. Foelkel

Agosto, 1977

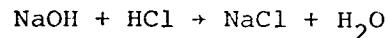
CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS APLICADOS À TECNOLOGIA DA  
CELULOSE E PAPEL

Problema nº 1

Calcular a pureza de uma soda cáustica comercial sabendo-se que uma amostra de 1,00 gramas em solução consumiu 22 ml de uma solução 1N de HCl para completa neutralização. Dados: Na = 23, O = 16 e H = 1.

Solução

a) reação

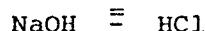


b) fórmula-miligrama do NaOH = 40 mg

c) cálculo do número de equivalentes consumidos (HCl)

$$N.V = 22.1 = 22 \text{ emg}$$

d) cálculo do peso de soda cáustica pura



$$40 \text{ mg} \dots \dots \dots 1 \text{ emg}$$

$$x \dots \dots \dots 22$$

$$x = 880 \text{ mg} = 0,88 \text{ g}$$

e) cálculo da pureza da soda cáustica

$$\% \text{ Pureza} = \frac{0,88}{1,00} \times 100$$

$$= 88 \%$$

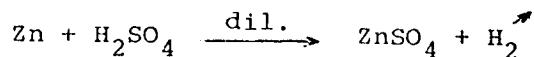
Problema nº 2

Deseja-se produzir 33,6 litros de H<sub>2</sub> a TPN pela adição de fragmentos de zinco em solução de ácido sulfúrico. Qual a quantidade de zinco 80 % puro deve ser adicionada para completa reação.

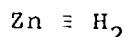
Dados: H = 1, O = 16, S = 32, Zn = 65

Solução

a) reação



b) cálculo da quantidade de zinco puro necessário



$$65 \text{ g} . . . . . 22,4 \text{ l (TPN)}$$

$$x_1 . . . . . 33,6 \text{ l}$$

$$x_1 = 97,5 \text{ gramas Zn}$$

c) cálculo da quantidade de zinco 80 % puro

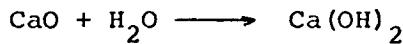
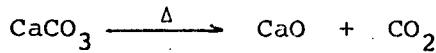
$$x_2 = \frac{97,5}{0,8} = 121,9 \text{ gramas}$$

Problema nº 3

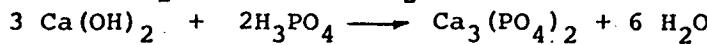
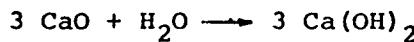
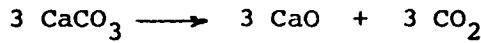
Fez-se a decomposição térmica (aquecimento a seco) do carbonato de cálcio, resultando cal-viva (óxido) com desprendimento de  $\text{CO}_2$ . A cal-viva é, em seguida, "apagada" com água, resultando cal hidratada. Finalmente a cal apagada ou hidratada é tratada com ácido fosfórico resultando fosfato de cálcio. Qual a quantidade de  $\text{CaCO}_3$  deve ser usada para se obter 310g da  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ?

Solução

a) reações



b) acerto de coeficientes



c) cálculo do peso de  $\text{CaCO}_3$



$$3 \text{ mol} \dots \dots \dots 1 \text{ mol}$$

$$300 \text{ g} \dots \dots \dots 310 \text{ g}$$

$$x \dots \dots \dots 310 \text{ g}$$

$$\therefore x = 300 \text{ gramas } \text{CaCO}_3$$

Problema nº 4

Numa fábrica de obtenção de cal-viva praticou-se a decomposição térmica de 2 toneladas de calcário de 90 % em carbonato de cálcio. Pede-se:

- a massa de cal-viva obtida
- volume de gás carbônico a 27°C e 1 atm.
- qual seria a massa de calcário necessário para a obtenção de  $50 \text{ m}^3$  de gás carbônico a TPN (temperatura e pressão normais)

Solução:

a) reações



b) cálculo do carbonato de cálcio puro existente

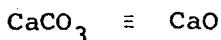
$$\text{impuro} \dots \dots \dots \text{puro}$$

$$100 \text{ ton} \dots \dots \dots 90 \text{ ton}$$

$$2 \text{ ton} \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 1,8 \text{ ton } \text{CaCO}_3$$

c) cálculo da massa de cal-viva obtida



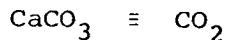
$$100 \text{ ton} \dots \dots \dots 56 \text{ toneladas}$$

$$1,8 \text{ ton} \dots \dots \dots x_2$$

$$x_2 = 1,008 \text{ ton}$$

$$x_2 = 1008 \text{ kg } \text{CaO}$$

d) volume de  $\text{CO}_2$  a TPN



$$100 \text{ g} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$1,8 \times 10^6 \text{ g} \dots \dots \dots x_3$$

$$x_3 = 40,32 \times 10^4 \text{ l de CO}_2$$

$$x_3 = 403,2 \text{ m}^3 \text{ de CO}_2$$

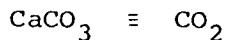
e) cálculo do volume de  $\text{CO}_2$  a 27° C e 1 atm

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

$$\frac{403,2}{273} = \frac{v_2}{300}$$

$$v_2 = 442,8 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

f) massa de calcário puro para 50  $\text{m}^3$  de  $\text{CO}_2$  a TPN



$$100 \text{ g} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$x_4 \dots \dots \dots 50\ 000 \text{ l}$$

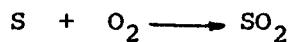
$$x_4 = 223214 \text{ g CaCO}_3 \text{ puro}$$

g) massa de calcário impuro para 50  $\text{m}^3$  de  $\text{CO}_2$  a TPN

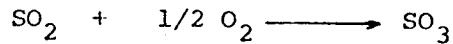
$$x_5 = \frac{223214}{0,90} = 248011 \text{ gramas}$$

Problema nº 5

Durante a combustão do enxofre para produção de  $\text{SO}_3$   
o rendimento da reação



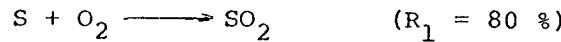
foi de 80 % e o da reação



foi de 70 %. Qual a quantidade de enxofre 90 % puro deve ser usada para a produção de  $44,8 \text{ m}^3$  de trióxido de enxofre a TPN ?

Solução

a) reações e rendimentos



$$R = 56 \%$$

b) quantidade teórica de enxofre elementar puro para  $44,8 \text{ m}^3$  de  $\text{SO}_3$  a TPN

$$\text{S} \equiv \text{SO}_3$$

$$32 \text{ g} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$32 \text{ g} \dots \dots \dots 0,0224 \text{ m}^3$$

$$x_1 \dots \dots \dots 44,8 \text{ m}^3$$

$$x_1 = 64 \times 10^3 \text{ g}$$

$$x_1 = 64 \text{ kg s}$$

c) quantidade prática de enxofre elementar puro para  $44,8 \text{ m}^3$  de  $\text{SO}_3$  a TPN

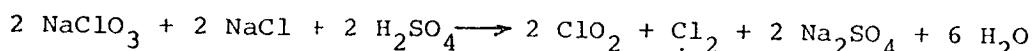
$$y_2 = \frac{64}{0,56} = 114,2 \text{ kg S puro}$$

d) quantidade prática de S 90 % puro

$$x_3 = \frac{114,2}{0,90} = 126,9 \text{ kg S}$$

### Problema nº 6

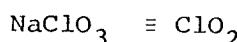
O dióxido de cloro pode ser obtido através da reação mostrada na equação abaixo:



Calcular a quantidade de  $\text{NaClO}_3$  necessária para se obter 25 g de  $\text{ClO}_2$ . Dados: Cl = 35,5, Na = 23, O = 16

## Solução

a) cálculo da quantidade de NaClO<sub>2</sub>



106,5 g : . . . . . : 67,5 g

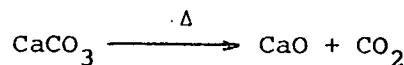
x = 39,44 q

**Problema nº 7**

Calcular a quantidade de CaO que será produzido a partir de 1 tonelada de calcário que apresenta 80 % de  $\text{CaCO}_3$ . Dados: Ca = 40, C = 12, O = 16

## Solução

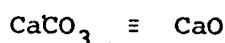
a) reação



b) cálculo da quantidade de  $\text{CaCO}_3$  puro

$$x_1 = 1000 \text{ kg} \times 0,80 = 800 \text{ kg}$$

c) cálculo da quantidade de CaO



800 kg . . . . . x<sub>2</sub>

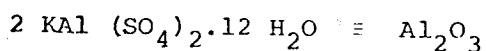
$$x_2 = 448 \text{ kg}$$

Problema nº 8

Calcular a porcentagem de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}$  no alúmen de potássio:  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Dados: K = 39, Al = 27, S = 32, O = 16, H = 1.

Solução

a) cálculo da porcentagem de  $\text{Al}_2\text{O}_3$

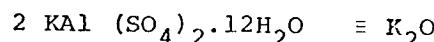


$$2 \times 474 \dots \dots \dots 102$$

$$100 \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 10,76 \%$$

b) cálculo da porcentagem de  $\text{K}_2\text{O}$

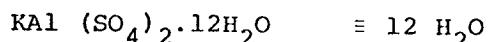


$$2 \times 474 \dots \dots \dots 160$$

$$100 \dots \dots \dots x_3$$

$$x_3 = 33,76 \%$$

c) cálculo da porcentagem de  $\text{H}_2\text{O}$



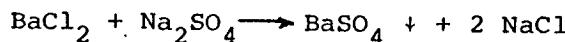
$$474 \dots \dots \dots 216$$

$$100 \dots \dots \dots x_4$$

$$x_4 = 45,57 \%$$

Problema nº 9

Na reação:



9.1 quantas gramas de  $\text{BaCl}_2$  serão necessárias para reagir com 5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

9.2 quantas gramas de  $\text{BaCl}_2$  serão necessárias para a precipitação de 5 g de  $\text{BaSO}_4$ ?

- 9.3 quantas gramas de  $\text{BaCl}_2$  serão necessárias para produzir 5 g de  $\text{NaCl}$ ?
- 9.4 quantas gramas de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  serão necessárias para a precipitação do bário de 5 g de  $\text{BaCl}_2$ ?
- 9.5 quantas gramas de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  serão necessárias adicionar para precipitar 5 g de  $\text{BaSO}_4$ ?
- 9.6 quantas gramas de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  são equivalentes a 5 g de  $\text{NaCl}$ ?
- 9.7 quantas gramas de  $\text{BaSO}_4$  são precipitados por 5 g de  $\text{BaCl}_2$ ?
- 9.8 quantas gramas de  $\text{BaSO}_4$  são precipitados por 5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?
- 9.9 quantas gramas de  $\text{BaSO}_4$  são equivalentes a 5 g de  $\text{NaCl}$ ?
- 9.10 quantas gramas de  $\text{NaCl}$  são equivalentes a 5 g de  $\text{BaSO}_4$ ?  
Dados: Ba = 137, Na = 23, S = 32, O = 16, Cl = 35,5.

Solução

a) fórmulas-gramas:

$$\text{BaCl}_2 = 208 \text{ g}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142 \text{ g}$$

$$\text{BaSO}_4 = 233 \text{ g}$$

$$\text{NaCl} = 58,5 \text{ g}$$

b) equação



c) questão 9.1



$$208 \text{ g} . . . . . 142 \text{ g}$$

$$x_1 . . . . . 5 \text{ g}$$

$$x_1 = 7,32 \text{ g}$$

d) questão 9.2



$$208 \text{ g} . . . . . 233 \text{ g}$$

$$x_2 . . . . . 5 \text{ g}$$

$$x_2 = 4,46 \text{ g}$$

e) questão 9.3

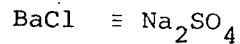


$$208 \text{ g} \dots \dots \dots 2 \times 58,5 \text{ g}$$

$$x_3 \dots \dots \dots 5 \text{ g}$$

$$x_3 = 8,89 \text{ g}$$

f) questão 9.4

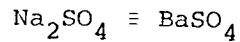


$$208 \text{ g} \dots \dots \dots 142 \text{ g}$$

$$5 \text{ g} \dots \dots \dots x_4$$

$$x_4 = 3,41 \text{ g}$$

g) questão 9.5

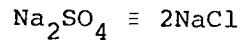


$$142 \text{ g} \dots \dots \dots 233 \text{ g}$$

$$x_5 \dots \dots \dots 5 \text{ g}$$

$$x_5 = 3,05 \text{ g}$$

h) questão 9.6

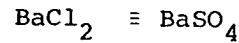


$$142 \text{ g} \dots \dots \dots 2 \times 58,5 \text{ g}$$

$$x_6 \dots \dots \dots 5 \text{ g}$$

$$x_6 = 6,07 \text{ g}$$

i) questão 9.7



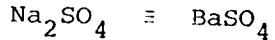
$$208 \text{ g} \dots \dots \dots 233 \text{ g}$$

$$5 \text{ g} \dots \dots \dots x_7$$

$$x_7 = 5,60 \text{ g}$$

- 10 -

j) questão 9.8



$$142 \text{ g} . . . . . 233 \text{ g}$$

$$5 \text{ g} . . . . . x_8$$

$$x_8 = 8,20 \text{ g}$$

l) questão 9.9



$$233 \text{ g} . . . . . 2 \times 58,5 \text{ g}$$

$$x_9 . . . . . 5 \text{ g}$$

$$x_9 = 9,98 \text{ g}$$

m) questão 9.10



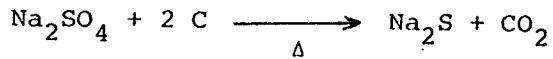
$$233 \text{ g} . . . . . 2 \times 58,5 \text{ g}$$

$$5 \text{ g} . . . . . x_{10}$$

$$x_{10} = 2,52 \text{ g}$$

#### Problema nº 10

Na recuperação do licor negro do processo sulfato, o sulfato de sódio é usado como fonte de sulfeto de sódio. Na fase denominada combustão ou queima do licor negro, ocorre a reação:



Calcular o rendimento da reação sabendo-se que 1kg de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  com 90 % de pureza produz 450 g de  $\text{Na}_2\text{S}$ .  
Dados: Na = 23, S = 32 e O = 16

#### Solução

a) cálculo da quantidade de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  puro

$$x_1 = 1000 \text{ g} \times 0,90 = 900 \text{ g}$$

b) cálculo da quantidade teórica de  $\text{Na}_2\text{S}$  a ser produzida.

$$\begin{array}{rcl} \text{Na}_2\text{SO}_4 & \equiv & \text{Na}_2\text{S} \\ 142 \text{ g} & \dots & 78 \text{ g} \\ 900 \text{ g} & \dots & x_2 \\ & & x_2 = 494 \text{ g} \end{array}$$

c) rendimento da reação

$$R = \frac{450}{494} \times 100$$

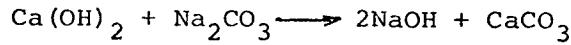
$$R = 91,1 \%$$

Problema nº 11

Calcular a quantidade de CaO com 95 % de pureza necessária para caustificar 100 m<sup>3</sup> de licor verde com uma concentração de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  da ordem de 10 g/l. Admitir como 100 % a eficiência da caustificação. Dados: Ca = 40, C = 12, O = 16, Na=23

Solução

a) reações



b) quantidade de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  no licor verde

$$10 \text{ g} \dots 1 \text{ litro}$$

$$x_1 \dots 100 000 \text{ litros}$$

$$x_1 = 1000 000 \text{ g} = 1 \text{ ton}$$

c) cálculo da quantidade de CaO puro necessário

$$\text{CaO} \equiv \text{Na}_2\text{CO}_3$$

$$56 \text{ ton} \dots 106 \text{ ton}$$

$$x_2 \dots 1 \text{ ton}$$

$$x_2 = 0,528 \text{ ton} = 528 \text{ kg}$$

d) quantidade de CaO 95 % puro

$$x_3 = \frac{528}{0,95} = 556 \text{ kg}$$

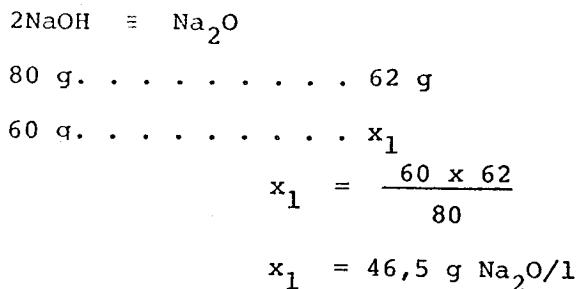
**Problema nº 12**

#### **Converter:**

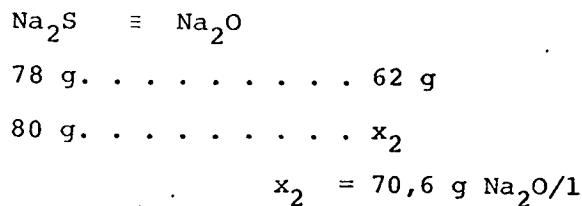
- a) 60 gramas  $\text{Na}_2\text{OH}$ /litro em gramas de  $\text{Na}_2\text{O}$ /litro  
 b) 80 gramas  $\text{Na}_2\text{S}$ /litro em gramas de  $\text{Na}_2\text{O}$ /litro

## Solução

a) conversão de g.NaOH/l em g.Na<sub>2</sub>O/l



b) conversão de g Na<sub>2</sub>S/1 em gNa<sub>2</sub>O/1

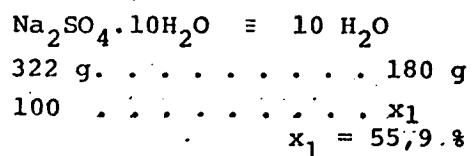


**Problema nº 13**

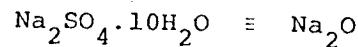
Qual a porcentagem em água no sal  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ?  
Qual a porcentagem de  $\text{Na}_2\text{O}$ ?

## Solução

a) porcentagem de água



b) porcentagem de  $\text{Na}_2\text{O}$



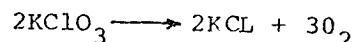
$$322 \text{ g. . . . .} 62 \text{ g}$$

$$100 \text{ g. . . . .} x_2$$

$$x_2 = 19,2 \%$$

Problema nº 14

Oxigênio é preparado de acordo com a equação:



- a) qual a quantidade de oxigênio em litros a TPN é produzida pela decomposição de 7,07 g de  $\text{KClO}_3$  ?
- b) quantas gramas de  $\text{KClO}_3$  devem ser decompostos para liberar 2,0 g de oxigênio ?

Solução

- a) volume de oxigênio a TPN

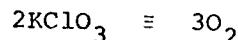


$$2 \times 122,5 \text{ g. . . . .} 3 \times 22,4 \text{ litros}$$

$$7,07 \text{ g. . . . .} x_1$$

$$x_1 = 1,94 \text{ litros O}_2$$

- b) gramas de  $\text{KClO}_3$  a serem decompostas



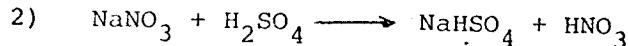
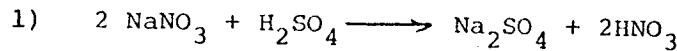
$$2 \times 122,5 \text{ g. . . . .} 3 \times 32 \text{ g}$$

$$x_2 \dots \dots \dots 2,0 \text{ g}$$

$$x_2 = 5,1 \text{ g } \text{KClO}_3$$

Problema nº 15

Quando  $\text{NaNO}_3$  é tratado com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , as duas reações mais importantes que ocorrem são:



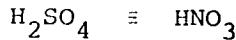
Para um dado peso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , qual reação produz maior quantidade de  $\text{HNO}_3$ ?

Solução

- a) reação (1)



- b) reação (2)



- c) resposta: a reação (1) conduz a obtenção do dobro da quantidade de  $\text{HNO}_3$  para um dado peso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Problema nº 16

Qual a diferença no custo por libra, como fonte de HCN, entre KCN ( 98 % ) a U.S.\$0,50/libra e uma mistura de KCN ( 65 % ) e NaCN ( 25 % ) a U.S.\$0,60/libra para a mistura ?

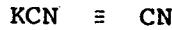
Solução

- a) base<sub>1</sub>: 100 libras de KCN(98 %)

- b) peso de KCN puro

$$x_1 = 98 \text{ lb KCN puro}$$

- c) custo de 1 libra de CN obtido do KCN



$$55. \dots \dots \dots \quad 26$$

$$98. \dots \dots \dots \quad x_2$$

$$x_2 = 46,3 \text{ lb CN}$$

O custo de 1b de CN será:

$$x_3 = \frac{50 \text{ centavos}}{46,3} = 1,08$$

**x<sub>3</sub>** = US \$ 1,08

d) base  $\gamma$  = 100 lb da mistura

65 lb KCN                    25 lb NaCN

e) peso de CN obtido a partir de 100 lb da mistura

$$\text{KCN} \equiv \text{CN}$$

55. . . . . 26

65. . . . . x<sub>4</sub>

$$x_4 = 30,7 \text{ lb CN}$$

$$\text{NaCN} \quad = \quad \text{CN}$$

25 lb. . . . . x<sub>5</sub>

$x_5 = 11,0\text{ lb CN}$

logo

$$x_6 = x_4 + x_E$$

$$x_6 = 41,7 \text{ lb CN}$$

f) custo de 1 lb de CN obtido da mistura

$$x_7 = \frac{60 \text{ centavos}}{41.7} = 1,19$$

x<sub>7</sub> = US \$ 1,17

g) diferença de custo

$$\Delta \text{ custo} = x_7 - x_3$$

A custo = US \$ 0,11

O mistura fornece CN a um custo mais caro que o KCN

Problema nº 17

Para neutralizar 5 litros de licor residual (efluente industrial) foram necessários 1,25 g de NaOH. Qual o peso de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  94 % puro é necessário para neutralizar 1000 litros do mesmo licor ?

Solução

- a) quantidade de NaOH necessário para neutralizar  
1000 litros do efluente

$$\begin{array}{rcl} 5 \text{ l} & \dots & 1,25 \text{ g} \\ 1000 \text{ l} & \dots & x_1 \\ & & x_1 = 250 \text{ g NaOH} \end{array}$$

- b) quantidade de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  puro necessário

$$\begin{array}{rcl} \text{Ca}(\text{OH})_2 & \equiv & 2 \text{ NaOH} \\ 74 \text{ g} & \dots & 80 \text{ g} \\ x_2 & \dots & 250 \text{ g} \\ & & x_2 = 230,7 \text{ g} \end{array}$$

- c) quantidade de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  94 % puro

$$x_3 = \frac{230,7}{0,94} = 245,4 \text{ g}$$

Problema nº 14

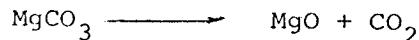
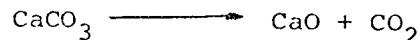
Um calcário dolomítico ao ser analisado acusou a seguinte composição:

$\text{CaCO}_3 \dots 93,12 \%$   
 $\text{MgCO}_3 \dots 5,38 \%$   
material insolúvel . 1,50 %

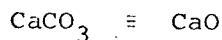
- a) qual o peso de CaO pode ser obtido de 5 ton. do calcário ?
- b) qual o peso de CO<sub>2</sub> pode ser obtido por 5 ton. deste calcário ?

Solução

- a) reações:



- b) peso de CaO por 5 ton. do calcário

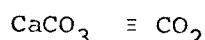


$$100 \text{ ton. . . . .} 56 \text{ ton}$$

$$5 \times 0,9312 \text{ ton. . . . .} x$$

$$x_1 = 2,61 \text{ ton CaO}$$

- c) produção de CO<sub>2</sub> a partir do CaCO<sub>3</sub>

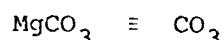


$$100 \text{ ton. . . . .} 44 \text{ ton}$$

$$5 \times 0,9312 \text{ ton. . . . .} x_2$$

$$x_2 = 2,04 \text{ ton CO}_2$$

- d) produção de CO<sub>2</sub> a partir do MgCO<sub>3</sub>



$$84 \text{ ton. . . . .} 44 \text{ ton}$$

$$5 \times 0,0538 \text{ ton. . . . .} x_3$$

$$x_3 = 0,14 \text{ ton CO}_2$$

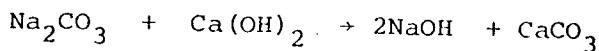
- e) quantidade de CO<sub>2</sub> produzido

$$Q_{\text{CO}_2} = x_2 + x_3$$

$$Q_{\text{CO}_2} = 2,18 \text{ ton CO}_2$$

Problema nº 15

A reação que rege a causticação ou caustificação do licor verde é:



A) se 20 toneladas de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  são causticadas:

- 15.1 - qual a quantidade de NaOH produzida ?  
15.2 - qual a quantidade de CaO necessária para completa reação ?  
15.3 - qual a quantidade de  $\text{CaCO}_3$  é precipitada ?  
  
B) se 20 toneladas de uma solução aquosa de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  15 % é caustificada:  
15.4 - qual a concentração do NaOH em porcentagem de peso, se os produtos forem filtrados e o  $\text{CaCO}_3$  removido em estado seco ? Toda a água permanece na solução de NaOH.

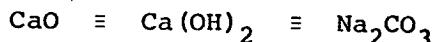
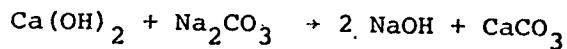
Solução

A) - causticação de 20 ton de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

a) quantidade de NaOH produzida

$$\begin{array}{rcl} \text{Na}_2\text{CO}_3 & \equiv & 2 \text{ NaOH} \\ 106 \text{ ton.} & \dots & 80 \text{ ton} \\ 20 \text{ ton} & \dots & x_1 \\ & & x_1 = 15,1 \text{ ton NaOH} \end{array}$$

b) quantidade de CaO necessária para reação

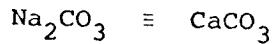


$$56 \text{ ton} \dots 106 \text{ ton}$$

$$x_2 \dots 20 \text{ ton}$$

$$x_2 = 10,57 \text{ ton CaO}$$

c) quantidade de  $\text{CaCO}_3$  precipitada



$$106 \text{ ton} . . . . . 100 \text{ ton}$$

$$20 \text{ ton} . . . . . x_3$$

$$x_3 = 18,87 \text{ ton CaCO}_3$$

B) - causticação de 20 ton de solução aquosa de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  15 %

a) massa de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  presente na solução



$$100 \text{ ton} . . . . . 15 \text{ ton}$$

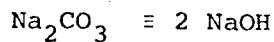
$$20 \text{ ton} . . . . . x_4$$

$$x_4 = 3 \text{ ton Na}_2\text{CO}_3$$

b) massa de água na solução

$$x_5 = 20 - 3 = 17 \text{ ton H}_2\text{O}$$

c) quantidade de NaOH produzida



$$106 \text{ ton} . . . . . 80 \text{ ton}$$

$$3 \text{ ton} . . . . . x_6$$

$$x_6 = 2,26 \text{ ton NaOH}$$

d) concentração do NaOH



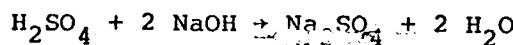
$$(17 + 2,26) \text{ ton} . . . . . 2,26 \text{ ton}$$

$$100 . . . . . x_7$$

$$x_7 = 11,73 \% \text{ NaOH}$$

Problema nº 16

Dada a reação:



- a) se 5 kg de uma solução de NaOH 73,3 % e 10 kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80 % são misturados, quanto de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> será formado ?
- b) qual o reagente limitante ?
- c) qual o reagente em excesso ?

Solução

- a) cálculo da massa de NaOH na solução

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g} & \dots & 73,3 \text{ g} \\ 5000 \text{ g} & \dots & x_1 \\ & & x_1 = 3665 \text{ g NaOH} \end{array}$$

- b) cálculo da massa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na solução

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g} & \dots & 80 \text{ g} \\ 10\,000 \text{ g} & \dots & x_2 \\ & & x_2 = 8000 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \end{array}$$

- c) relação estequiométrica

$$\begin{array}{rcl} \text{H}_2\text{SO}_4 & \equiv & 2 \text{ NaOH} \\ 98 \text{ g} & \dots & 80 \text{ g} \\ x_3 & \dots & 3665 \text{ g} \\ & & x_3 = 4489,6 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \end{array}$$

- d) reagente limitante

NaOH

- e) reagente em excesso

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

O excesso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> é dado pela diferença:

$$E = 8000,0 - 4489,6$$

$$E = 3510,4 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

CETEXFOELKEL	<u>Disciplina</u>	TEC-390
UFV	Balanço de energia e materiais	Nº 3

GASES

Celso Edmundo B. Foelkel

Agosto, 1977

GASES

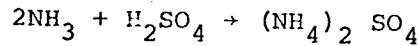
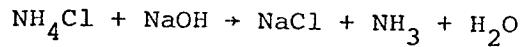
Problema nº 1

Uma quantidade A de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  foi tratada a quente por solução concentrada de  $\text{NaOH}$ . O gás desprendido depois de seco, mediu a TPN 8,96 litros. Calcular:

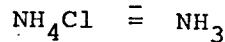
- o valor de A em gramas
- a quantidade de ácido sulfúrico 2N que é neutralizada pelo gás

Solução

a) reações



b) cálculo da massa A

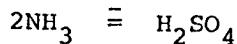


$$53,5 \text{ g} \dots \dots \dots 22\ 400 \text{ cm}^3$$

$$A \dots \dots \dots 8\ 960 \text{ cm}^3$$

$$A = 21,4 \text{ g}$$

c) cálculo da massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$



$$44,8 \text{ g} \dots \dots \dots 98 \text{ g}$$

$$8,96 \text{ l} \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 19,6 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

d) cálculo do volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2N

$$\text{Concentração H}_2\text{SO}_4 \text{ 2N} = 98 \text{ g/l}$$

$$98 \text{ g} \dots \dots \dots 1000 \text{ cm}^3$$

$$19,6 \text{ g} \dots \dots \dots x_2$$

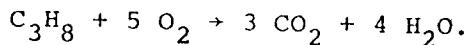
$$x_2 = 200 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ 2N}$$

Problema nº 2

Quantos litros de ar contendo 20 % em volume de O<sub>2</sub> são necessários para queimar completamente 5,6 l de propano ?

Solução

a) reação



b) volume de O<sub>2</sub> necessário

$$5 \text{O}_2 = \text{C}_3\text{H}_8$$

$$5 \times 22,4 \text{ l} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$x_1 \dots \dots \dots 5,6 \text{ l}$$

$$x_1 = 28 \text{ l O}_2$$

c) cálculo do volume de ar

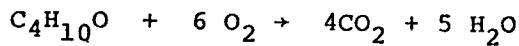
$$\begin{array}{rcl} \text{ar} & & \text{O}_2 \\ 100 \text{ l} & \dots \dots \dots & 20 \text{ l} \\ x_2 & \dots \dots \dots & 28 \text{ l} \\ & & x_2 = 140 \text{ l ar} \end{array}$$

Problema nº 3

Que massa de éter etílico é capaz de sofrer combus<sup>tão</sup> total em presença de 100 l de ar atmosférico? Qual o volu<sup>me</sup> total de substâncias gasosas sob 5 atmosferas de pressão e rendimento de 92 % admitindo-se que a água esteja totalmente em forma de vapor ?

Solução

a) reação



b) cálculo do volume de O<sub>2</sub> no ar

$$100 \text{ l ar} \dots \dots \dots 20 \text{ l O}_2$$

c) cálculo da massa do éter

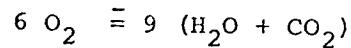


$$74 \text{ g. . . . .} 143,6 \text{ l}$$

$$x_1 \cdot . . . . . 20 \text{ l}$$

$$x_1 = 11 \text{ litros}$$

d) volume de  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  produzidos a TPN



$$6 \times 22,4 \text{ l} \cdot . . . . . 9 \times 22,4 \text{ l}$$

$$20 \text{ l} \cdot . . . . . x_2$$

$$x_2 = 30 \text{ l}$$

e) cálculo do volume de  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  a 5 atm

$$P_1 v_1 = P_2 v_2$$

$$30 \times 1 = 5 \times v_2$$

$$v_2 = 6 \text{ litros}$$

f) cálculo do volume com 92 % de rendimento.

$$100 \cdot . . . . . 92$$

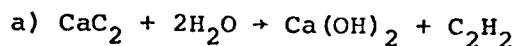
$$6 \text{ l} \cdot . . . . . x_3$$

$$x_3 = 5,52 \text{ l}$$

#### Problema nº 4

No exame de uma amostra de carbureto achou-se que 50 g deste introduzidos em água forneciam 15,75 l de gás a 27°C e 846 mm/Hg. Qual a pureza do carbureto ?

#### Solução



b) cálculo do gás a TPN

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{760 \times 15}{273} = \frac{846 \times 15,75}{300}$$

$$v_1 = 16,06 \text{ l}$$

c) cálculo da massa do  $\text{Cac}_2$

$$\text{CaC}_2 \quad \equiv \quad \text{C}_2\text{H}_2$$

$$x_1 = 46,1 \text{ g}$$

d) cálculo da pureza

50 g . . . . . : : : : : 46,1 g

100 % . . . . . x<sub>2</sub>

$$x_2 = 92\%$$

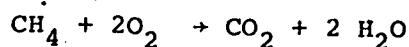
**Problema nº 5**

Queimou-se completamente 64 gramas de metano em ambiente rico em  $O_2$ . Pede-se:

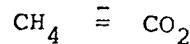
- a) equação de combustão
  - b) peso de  $\text{CO}_2$
  - c) volume do  $\text{CO}_2$
  - d) admite-se rendimento do processo igual a 60 %

### Solução.

- a) reação



b) cálculo do peso de  $\text{CO}_2$  com 100 % do rendimento



$$16 \text{ g} \dots \dots \dots 44 \text{ g}$$

$$64 \text{ g} \dots \dots \dots x_1$$

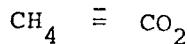
$$x_1 = 176 \text{ g CO}_2$$

c) cálculo do peso de  $\text{CO}_2$  com 60 % de rendimento

$$x_2 = 176 \times 0,60$$

$$x_2 = 106,6 \text{ g CO}_2$$

d) cálculo do volume de  $\text{CO}_2$  (60 % do rendimento)



$$16 \text{ g} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$64 \text{ g} \dots \dots \dots x_3$$

$$x_3 = 89,6 \text{ l (100 % rendimento)}$$

$$x_4 = 0,60 \times 89,6 = 53,76 \text{ l (60 % do rendimento)}$$

Problema nº 6

2,28 g de gás sulfídrico ocupam a TPN o volume de 1,5 dm<sup>3</sup>. Calcular a fórmula-grama deste gás.

Solução

a) fórmula-grama do gás

$$2,28 \text{ g} \dots \dots \dots 1,5 \text{ l}$$

$$x \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$x = 34,04 \text{ g}$$

Problema nº 7

Qual o volume ocupado por 140 g de nitrogênio a 25°C e pressão normal?

Solução

a) volume de N<sub>2</sub> a TPN

$$28 \text{ g} \dots \dots \dots 22,4 \text{ l}$$

$$140 \text{ g} \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 112 \text{ l N}_2$$

b) volume de N<sub>2</sub> a 25°C

$$\frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2}$$

$$\frac{112}{273} = \frac{v_2}{298}$$

$$v_2 = 122,2 \text{ l}$$

Problema nº 8

Tem-se 448 l de pentóxido de iodo a 0°C e 3 atmosferas de pressão. Qual será a massa correspondente a esse gás, sabendo-se que o peso atômico do iodo é 127 e o do oxigênio é 16.

Solução

a) volume de I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a TPN

$$P_1 v_1 = P_2 v_2$$

$$448 \times 3 = 1 \times v_2$$

$$v_2 = 1344 \text{ l}$$

b) massa do  $I_2O_5$

$$\text{fórmula-grama} \equiv 334 \text{ g} \equiv 22,4 \text{ l}$$

$$x \dots 1344 \text{ l}$$

$$x = 2000 \text{ g}$$

Problema nº 9

Tem-se 67,2 l de  $SO_2$  a 273°C e 0,76 m de Hg. Qual a massa correspondente ?

Solução

a) volume de  $SO_2$  a TPN

$$\frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2}$$

$$\frac{67,2}{546} = \frac{v_2}{273}$$

$$v_2 = 33,6 \text{ l } SO_2$$

b) massa de  $SO_2$

$$\text{fórmula-grama} \equiv 64 \text{ g} \equiv 22,4 \text{ l}$$

$$x \dots 33,6 \text{ l}$$

$$x = 95 \text{ g } SO_2$$

Problema nº 10

Qual o volume ocupado por 220 g de  $CO_2$  à temperatura de 25°C e pressão de 780 mm?

Solução

a) volume de CO<sub>2</sub> a TPN

$$\text{fórmula-grama} = 44 \text{ g} = 22,4 \text{ l}$$

$$220 \text{ g} \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 112 \text{ l CO}_2$$

b) volume de CO<sub>2</sub> a 25°C e 780 mm de Hg.

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

$$\frac{760 \times 112}{273} = \frac{780 \times v_2}{298}$$

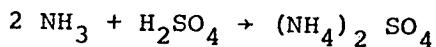
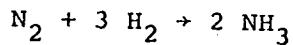
$$v_2 = 115,98 \text{ l CO}_2$$

Problema nº 11

112 litros de nitrogênio a 2 atmosferas de pressão reagem com hidrogenio suficiente e o composto resultante é feito passar sobre solução de ácido sulfúrico de densidade 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Qual o volume necessário de ácido?

Solução

a) reações



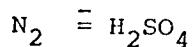
b) cálculo do volume de N<sub>2</sub> a TPN

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

$$v_2 = \frac{112 \times 2}{1}$$

$$v_2 = 224 \text{ l de } N_2$$

c) cálculo da massa de  $H_2SO_4$



$$22,4 \text{ l} \dots \dots \dots 98 \text{ g}$$

$$224 \text{ l} \dots \dots \dots x_1$$

$$x_1 = 980 \text{ g } H_2SO_4$$

d) volume de  $H_2SO_4$

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densidade}} = \frac{980}{1,7}$$

$$\text{Volume} = 500 \text{ ml}$$

Problema nº 12

Sabe-se que  $1m^2$  de folhas de árvores decomponem por hora, sob ação da luz solar,  $1,12 \text{ l de } CO_2$  a TPN. Calcular a massa de carbono assimilado em 6 horas por uma floresta de 1 milhão de árvores, cada uma contendo 40 000 folhas de  $25 \text{ cm}^2$  de superfície.

Solução

a) número de folhas

$$n = 4 \times 10^4 \times 10^6 = 4 \times 10^{10} \text{ folhas}$$

b) área total de folhas

$$A = 4 \times 10^{10} \times 25 = 10^{12} \text{ cm}^2$$

$$A = 10^8 \text{ m}^2$$

c) volume de  $\text{CO}_2$  decomposto/hora.

$$1 \text{ m}^2 \dots \dots \dots \quad 1,12 \text{ l}$$

$$10^8 \text{ m}^2 \dots \dots \dots \quad x_1$$

$$x_1 = 1,12 \times 10^8 \text{ litros}$$

d) volume total de  $\text{CO}_2$  decomposto

$$V = 6 \times 1,12 \times 10^8$$

$$V = 6,72 \times 10^8 \text{ litros}$$

e) massa de carbono

$$\text{CO}_2 \equiv C$$

$$22,4 \text{ l} \dots \dots \dots \quad 12 \text{ g}$$

$$6,72 \times 10^8 \text{ l} \dots \dots \dots \quad x_2$$

$$x_2 = 36 \times 10^7 \text{ g}$$

Problema nº 13

Qual o volume ocupado por 2 moles de nitrogênio a 700 mm Hg e 77 °C? Usar a equação de Clapeyron.

Solução

a) dados

$$P = 700 \text{ mm Hg}$$

$$v = ?$$

$$n = 2$$

$$R = 62,3 \frac{\text{mm Hg} \times \text{l}}{\text{mol} \times \text{°A}}$$

$$T = 350 \text{ °A}$$

b) cálculo do volume

$$Py = nRT$$

$$700 \times v = 2 \times 62,3 \times 350 \therefore v = 62,3 \text{ l}$$

Problema nº 14

Qual é a massa de 820 cm<sup>3</sup> de nitrogênio à temperatura de 79°C e pressão de 2 atmosferas? Utilizar a equação de Clapeyron.

Solução

a) dados

$$P = 2 \text{ atm}$$

$$v = 0,820 \text{ l}$$

$$m = ?$$

$$\text{Mol}_{N_2} = 28 \text{ g}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \times \text{l}}{\text{°A}}$$

b) cálculo da massa

$$Pv = \frac{m}{\text{Mol}} RT$$

$$2 \times 0,820 = \frac{m}{28} \times 0,082 \times 280$$

$$m = 2 \text{ g}$$

Problema nº 15

Calcular a pressão parcial dos dois componentes de uma mistura gasosa que contém 3 moles de N<sub>2</sub> e 1 mol de O<sub>2</sub> num recipiente de 100 litros. A mistura está submetida à pressão de 747,6 mm Hg e 279°C.

Solução

a) cálculos da pressão parcial de N<sub>2</sub>

$$P_{N_2} = ?$$

$$T = 300^{\circ}\text{A}$$

$$v = 100 \text{ l}$$

$$n = 3$$

$$R = 62,3$$

$$Pv = nRT$$

$$P_{N_2} = 560,7 \text{ mm Hg}$$

b) pressão parcial do  $O_2$

$$P_{O_2} = P_{\text{Total}} - P_{N_2}$$

$$P_{O_2} = 747,6 - 560,7$$

$$P_{O_2} = 186,9 \text{ mm Hg}$$

Problema nº 16

Sejam 3 recipientes contendo respectivamente 2 litros de hélio, 5 litros de oxigênio e 10 litros de nitrogênio, submetidos à pressão atmosférica local. Quando dí mistura dos 3 gases, esta também fica submetida à pressão atmosférica. Qual o volume da mistura?

Solução

Aplicando-se a lei de Amagat:

$$v = v_{H_2} + v_{O_2} + v_{N_2}$$

$$v = 2 + 5 + 10 = 17 \text{ litros}$$

Problema nº 17

Seja uma mistura de 3 moles de  $N_2$  e 1 mol de  $O_2$  cujo volume é 100 litros a 27°C. Determinar a pressão total da mistura.

Solução

a) dados

$$P = ?$$

$$v = 100 \text{ l}$$

$$n = 3 + 1 = 4$$

$$R = 62,3$$

$$T = 300^\circ\text{C}$$

b) cálculo do volume

$$Pv = nRT$$

$$P \times 100 = 4 \times 62,3 \times 300$$

$$P = 747,6 \text{ mm Hg}$$

Problema nº 18

Dispõe-se de:

- a) 5 litros de He a 200 mm Hg e - 173°C
- b) 2 litros de O<sub>2</sub> a 500 mm Hg e - 73°C
- c) 10 litros de H<sub>2</sub> a 1000 mm Hg e 123°C

Ao se misturar os 3 gases num recipiente de 20 litros a temperatura final foi de 27°C. Qual a pressão total da mistura?

Solução

a) dado

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} + \frac{P_2 v_2}{T_2} + \dots = \frac{Pv}{T}$$

b) Aplicação

$$\frac{200 \times 5}{100} + \frac{500 \times 2}{200} + \frac{1000 \times 10}{400} = \frac{P \times 20}{300}$$

$$\therefore P = 600 \text{ mm Hg}$$

Problema nº 19

Calcular a fração molar do N<sub>2</sub> e do O<sub>2</sub> na mistura de 4 moles de N<sub>2</sub> e 6 moles de O<sub>2</sub>.

Solução

a) fração molar do  $N_2$

$$f_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{N_2} + n_{O_2}} = \frac{4}{4 + 6}$$

$$f_{N_2} = 0,4$$

b) fração molar do  $O_2$

$$f_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{N_2} + n_{O_2}} = \frac{6}{4 + 6}$$

$$f_{O_2} = 0,6$$

Problema nº 20

Numa mistura gasosa tem-se 100 litros de  $N_2$  e 400 litros de  $O_2$ . Quais as frações volumétricas de ambos os gases?

Solução

a) fração volumétrica do  $N_2$

$$f_1 = \frac{v_{N_2}}{v_{N_2} + v_{O_2}} = \frac{100}{100 + 400}$$

b) fração volumétrica do  $O_2$

$$f_2 = \frac{v_{O_2}}{v_{N_2} + v_{O_2}} = \frac{400}{100 + 400}$$

$$f_2 = 0,8$$

Problema nº 21

O ar é composto de aproximadamente 80 % de N<sub>2</sub> e 20 % de O<sub>2</sub>. Qual é a fração volumétrica de cada um destes gases na mistura atmosférica?

Solução

a) fração volumétrica do N<sub>2</sub>

$$f_1 = \frac{80}{100} = 0,80$$

b) fração volumétrica do O<sub>2</sub>

$$f_2 = \frac{20}{100} = 0,20$$

Problema nº 22:

Calcular a massa molecular média do ar sabendo-se que em análise da sua composição centesimal observou-se: 80 % de N<sub>2</sub> e 20 % de O<sub>2</sub>.

Solução

a) fórmula-gramas

$$N_2 = 28$$

$$O_2 = 32$$

b) massa molecular do ar

$$m = \frac{80 \times 28 + 20 \times 32}{100}$$

$$m = 28,8 \text{ gramas}$$

Problema nº 23

Calcular a massa molecular média do ar sabendo-se que sua densidade é 1,29 g/cm<sup>3</sup>.

Solução

$$M_{ar} = V_{mol} \times d$$

$$M_{ar} = 22\ 400 \times 1,29$$

$$M_{ar} = 28,9 \text{ gramas}$$

Problema nº 24

Um cilindro de nitrogênio contém 1 l do gás a 70° F e 4.100 polegadas de Hg de pressão absoluta. Qual será o volume deste oxigênio num outro recipiente a 90° F e 4 polegadas de H<sub>2</sub>O acima da pressão atmosférica? A pressão atmosférica local é 29,92 polegadas de Hg.

Solução

a) conversão das temperaturas para ° Rankine

$$\Omega R_1 = 460 + 70 = 530^\circ R$$

$$\Omega R_2 = 460 + 90 = 550^\circ R$$

b) pressão atmosférica

$$29,92 \text{ pol Hg} = 760 \text{ mm Hg}$$

c) pressão inicial

$$4.100 \text{ pol Hg} = 104\ 140 \text{ mm Hg}$$

d) pressão final

$$P_f = 760 + \frac{4 \times 25,4}{13,6} = 767,3 \text{ mm Hg}$$

e) volume final

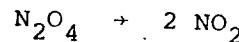
$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{104 \ 140 \ x \ 1}{530} = \frac{767,3 \ v_2}{550}$$

$$v_2 = 141 \text{ litros de } N_2$$

Problema nº 25

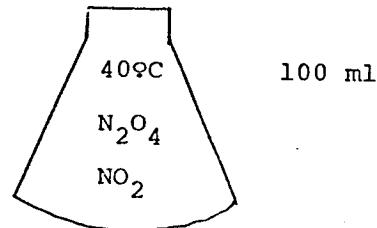
Dada a reação



Se um frasco de 100 ml contém 1 g de  $N_2O_4$  que se dissocia 30 % a 40° C, qual a pressão no interior do frasco, em atmosferas?

Solução

a) condição a que se encontra o frasco



b) número de moléculas iniciais de  $N_2O_4$

$$1 \text{ mol.} \dots \dots \dots 92 \text{ g}$$

$$x_1 \dots \dots \dots 1 \text{ g}$$

$$x_1 = 0,01086$$

c) número de moles finais de  $N_2O_4$

$$x_2 = 0,70 \times 0,01086$$

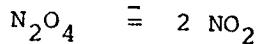
$$x_2 = 0,00760 \text{ moles } N_2O_4$$

d) número de moles de  $N_2O_4$  que se dissociaram

$$x_3 = 0,30 \times 0,01086$$

$$x_3 = 0,00325$$

e) número de moles de  $\text{NO}_2$  produzidas



1 mol . . . . . 2 moles

0,00325 moles : . .  $x_4$

$$x_4 = 0,0065 \text{ moles } \text{NO}_2$$

f) número final de moles

$$n = n_{\text{N}_2\text{O}_4} + n_{\text{NO}_2}$$

$$n = 0,00760 + 0,0065$$

$$n = 0,0141 \text{ moles gases}$$

g) pressão final

$$PV = nRT$$

$$P \times 0,100 = 0,0141 \times 0,08205 \times (243 + 40)$$

$$P = 3,6 \text{ atmosferas}$$

Problema nº 26

Qual a densidade do  $\text{N}_2$  a 26,7°C e 745 mm de Hg?

Solução

a) base: 1 litro de  $\text{N}_2$  a 26,7°C e 745 mm Hg

b) volume de  $\text{N}_2$  a TPN

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{745 \times 1}{299,7}$$

$$V_1 = 0,893 \text{ litros}$$

c) massa de 0,893 l de N<sub>2</sub> a TPN

1 mol. . . . . 22,4 l . . . . . 28 g

0,893 l . . . . . x<sub>1</sub>

$$x_1 = 1,116 \text{ gramas}$$

d) densidade do N<sub>2</sub> a 26,7°C e 745 mm Hg

$$d = 1,116 \text{ g/l}$$

Problema nº 27

Qual o peso específico do N<sub>2</sub> a 26,7°C e 745 mm Hg comparado ao

a) ar a TPN

b) ar a 26,7°C e 745 mm Hg

Solução

a) densidade do ar a TPN

$$1 \text{ mol ar} = 28,9 \text{ gramas}$$

$$1 \text{ mol ar} = 22,4 \text{ litros}$$

$$\therefore d_{\text{ar}} = \frac{28,9}{22,4} = 1,29 \text{ g/l}$$

b) peso específico do N<sub>2</sub> a 26,7°C e 745 mm Hg com parada ao ar a TPN

$$d_{\text{N}_2} = \frac{1,116 \text{ (vide problema anterior)}}{1,29} = 0,865$$

c) peso específico do N<sub>2</sub> comparado ao ar às mesmas condições de temperatura e pressão.

$$d_{\text{N}_2} = \frac{\text{Mol}_{\text{N}_2}}{\text{Molar}} = \frac{28}{28,9} = 0,969$$

Problema nº 28

Um efluente gasoso industrial apresenta a seguinte composição centesimal:  $\text{CO}_2 = 14\%$ ,  $\text{O}_2 = 6\%$ ,  $\text{N}_2 = 80\%$ . Calcular a pressão parcial de cada componente sabendo-se que o gás encontra-se a  $400^\circ \text{F}$  e 765 mm Hg.

Solução

- base: 1 mol do efluente gasoso
- "A pressão parcial é proporcional ao número de moles".

<u>Composição</u>	<u>moles</u>	<u>pressão (mm Hg)</u>
$\text{CO}_2$	0,140	107,1
$\text{O}_2$	0,060	45,9
$\text{N}_2$	<u>0,800</u>	<u>612,0</u>
	1,000	765,0

Problema nº 29

Calcular o peso molecular médio de uma mistura gasosa cuja composição volumétrica é:

$\text{CO}_2$	2 %
$\text{CO}$	10 %
$\text{O}_2$	8 %
$\text{N}_2$	75 %
$\text{H}_2\text{O}$	5 %

Solução

- base:

100 moles da mistura

b) cálculo

Composição	Volume (%)	Moles (%)	Peso molecular	Peso (g)	Peso (%)
$\text{CO}_2$	2	2	44	88	3,12
$\text{CO}$	10	10	28	280	9,95
$\text{O}_2$	8	8	32	256	9,09
$\text{N}_2$	75	75	28	2.100	74,62
$\text{H}_2\text{O}$	5	5	18	90	3,22
	100			2.814	100

c) peso molecular médio

100 moles . . . . . 2 814 g

1 mol . . . . . x

$$x = 28,14 \text{ g}$$

<b>CENIBRA</b>	<u>Disciplina</u> Balanço de energia e materiais	TEC 390
<b>UFV</b>		Nº 4

**CALOR E ENERGIA**

**Celso Edmundo B. Foelkel**

**Outubro , 1977**

## CALOR E ENERGIA

1. Determinar as leituras Fahrenheit que correspondem a:
  - a) -  $273^{\circ}\text{C}$
  - b) -  $40^{\circ}\text{C}$
  - c)  $180^{\circ}\text{C}$
  - d)  $100^{\circ}\text{C}$
  - e)  $0^{\circ}\text{C}$
2. Um equipamento térmico de cobre tem massa igual a 100 kg. O calor específico do cobre é igual a  $0,094 \text{ k cal/kg } ^{\circ}\text{C}$ . Qual a capacidade calorífica do equipamento? Qual a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do mesmo de  $50^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ ?
3. Um corpo homogêneo de massa  $m = 100 \text{ kg}$  recebeu 200 kcal e sua temperatura se elevou de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ . Qual o calor específico deste corpo?
4. É dado um sistema isolado cuja capacidade calorífica é  $100 \text{ cal/g } ^{\circ}\text{C}$ . Graças a uma reação química, sua temperatura varia de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ . O sistema se aquece devido a qual quantidade de calor? Se não houve recebimento de calor, o que justifica este aquecimento.
5. É dada uma fornalha que consome lenha com poder calorífico igual a  $8000 \text{ kcal/kg}$ , a razão de  $1 \text{ kg/seg}$ . Admitindo-se a eficiência térmica da caldeira igual a  $80\%$ , qual a quantidade de calor que esta caldeira fornece por hora para produzir vapor?
6. Um calorímetro de capacidade calorífica igual a  $5 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$  contém 95 g de água a  $20^{\circ}\text{C}$ . Introduzindo nele um corpo X à temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$ , o equilíbrio se estabelece a  $30^{\circ}\text{C}$ . Sendo a massa deste corpo X igual a 50 g, qual o calor específico do corpo?
7. Conceituar calor e quantidade de calor.
8. Confrontar calor e energia.
9. Distinguir entre unidades térmicas e mecânicas de quantidade de calor.
10. Uma fornalha aquece uma serpentina na qual passa água com vazão igual a  $1800 \text{ kg/h}$ . A água entra na serpentina a  $20^{\circ}\text{C}$  e sai a  $80^{\circ}\text{C}$ . A fornalha opera com lenha cujo poder calorífico é  $4000 \text{ kcal/kg}$ . O rendimento do processo de aquecimento da água é  $90\%$ . Qual a quantidade do calor absorvido pela água em uma hora? Qual o consumo horário de lenha?
11. Distinguir gás e vapor.

12. Distinguir vapor saturado de vapor super-aquecido.
13. O que entende por pressão de vapor?
14. Em um aparelho doméstico de calefação o vapor saturado entra sob pressão atmosférica e a água de condensação sai a 60°C. É dado calor latente de vaporização igual a 540 cal/g. Admitindo-se que a quantidade de calor necessário para aquecer o ambiente é de 5000 cal/min. e que o aparelho consome mais 350 cal/min por perdas permanentes, determinar o consumo de vapor em gramas/min.
15. Funde-se 1 kg de gelo mediante o calor cedido por vapor de água a 100°C sob pressão normal, tomado-se deste a quantidade estritamente necessário. Os calores de transição da água sob pressão normal são 80 cal/g para a fusão e 540 cal/g para a vaporização. Qual a massa final que se obtém?
16. O que entende por transmissão do calor e quais os modos pelos quais ela se realiza?
17. Definir corpo negro.
18. Como se determinam temperaturas muito elevadas?
19. Uma caldeira contém água em ebulição sob pressão normal. Comparar as quantidades de calor que ela perde por hora no inverno e no verão, quando as temperaturas no ambiente são 10°C e 30°C respectivamente.
20. Sendo o calor uma forma de energia, estabelecer a equivalência entre ambos, de acordo com o princípio de Joule.
21. Um gás recebe 2400 Joules sob forma de trabalho e cede todo este trabalho na forma de calor. Qual a quantidade de calor cedida?
22. Em um ciclo, um motor térmico retira da fonte quente uma quantidade de calor igual a 100 Joules e realiza trabalho igual a 30 Joules. O calor cedido à fonte fria é 70 Joules. Qual o rendimento térmico?
23. Rendimento industrial ou rendimento prático é o quociente do trabalho disponível no eixo da máquina pelo equivalente mecânico do calor libertado pelo combustível. O poder calorífico da gasolina é 11000 cal/g. Certo motor a explosão consome gasolina à razão de 240 g por calor-vapor.hora. Determinar o rendimento industrial do motor.

Resposta = 24 %.

24. Definir:

- a) trabalho ou energia
- b) energia cinética
- c) energia potencial
- d) energia térmica

25. Certo motor diesel consome combustível à razão de 50 kg/hora. O poder calorífico do óleo 10 000 kcal/kg. O rendimento industrial do motor é 30%. Seja  $J = 427 \text{ kgn/kcal}$ .

- a) qual a quantidade total do calor fornecido ao motor por hora?
- b) qual a quantidade de calor convertida em energia mecânica útil, por hora?
- c) qual é a quantidade de calor dissipada, por hora?
- d) qual é a potência mecânica do motor, em cavalos-vapor?

26. Expressar as fórmulas para se calcular o calor desenvolvido em um condutor quando circula por ele uma corrente durante um tempo  $t$ .

- a) em função da resistência do condutor.
- b) em função da diferença de voltagem aplicada.

27. Um condutor de resistência  $15\Omega$  suporta diferença de potencial de 120 v.

- a) qual a potência consumida?
- b) qual a quantidade de calor libertada em 10 minutos?

28. Quer-se fervor um litro de água em 5 minutos, estando a água a  $20^\circ\text{C}$ . A quantidade de calor deve ser fornecida por uma resistência que ficará sob diferença de potencial de 110 volts. Quanto deve valer esta resistência?

29. Um ferro elétrico tem uma resistência elétrica que, ligada entre 110 v. consome 500 w.

- a) qual o valor desta resistência?
- b) qual a quantidade de calor que produz em uma hora?

30. As lâmpadas que no comércio são conhecidas como de 100 v. consomem a potência de 40 w quando ligadas com diferença de potencial de 110 v.

- a) qual a resistência das lâmpadas?
- b) qual a corrente que passa por ela?

- c) qual a quantidade de calor que elas produzem em meia hora?
- d) qual a massa de água que teria sua temperatura elevada de 20° C a 100° C com essa quantidade de calor?

<b>CENIEBRA</b>	<u>Disciplina</u>	TEC 390
<b>UFV</b>	Balanço de Energia e Material	Nº 1

**PROVA PARCIAL**

Hans Jurgen Kleine

Belo Oriente, MG  
Maio, 1978

TESTE DE BALANÇOS DE MATERIAIS

1. O etileno é hidratado cataliticamente em processo contínuo de modo a fornecer etanol. A reação não se complementa numa única passagem pelo reator, motivo pelo qual a maior parte do etileno é reciclada após a condensação do álcool e da água na saída do reator. A alimentação feita contém 1 mol por cento de gases inertes que não podem ser acumulados no sistema e devem ser purgados em quantidade tal que seu teor na entrada do reator não ultrapasse 2,5 mol por cento. Calcular a purga a ser realizada no sistema (em Kmol por hora) para uma alimentação de 200 kmol/h de etileno e água, com um reciclo de 500 Kmol/h.
2. Em instalações de solda oxiacetilênica, o acetilênio,  $C_2H_2$ , é obtido pela reação entre água e o carbeto de cálcio. Calcular durante quanto tempo poderá funcionar um maçarico desse tipo, sabendo que o gerador de acetileno encerra dois quilos de carbeto comercial, contendo 90% de  $CaC_2$ , e que o gás produzido é queimado à razão de 376 litros por hora, medidos a  $27^\circ C$  e 700 mm de mercúrio.
3. Utilizando-se os dados do problema anterior, calcular qual será a porcentagem de oxigênio no ar após o término da queima, sabendo que a mesma ocorreu em um recinto fechado de  $2 \times 2 \times 3m$ , nas mesmas condições de temperatura e pressão?

<b>CENIBRA</b>	<u>Disciplina</u> <b>BALANÇO DE ENERGIA E MATERIAIS</b>	<b>TEC 390</b>
<b>UFV</b>		<b>Nº 5</b>

**PROBLEMAS**

Celso Edmundo B. Faelkel

Novembro, 1977

PROBLEMAS: CALOR E ENERGIA

- 1 -

1. Quais as modificações que ocorrem quando se aumenta a pressão de um determinado volume de vapor?
2. A pressão indicada em um manômetro de uma linha de vapor é 47 kgf/cm<sup>2</sup>. Qual é a pressão absoluta desse linha?
3. O que ocorre com a transferência de calor entre dois corpos que possuem mesma temperatura mas diferentes quantidades de calor?
4. O que é vapor saturado seco?
5. Definir comburente.
6. Por que se forma água numa combustão de material orgânico?
7. Assinale C (Certo) ou E (Errado):
  - a) Os manômetros marcam sempre a pressão absoluta.
  - b) Um isolante inadequado pode aumentar as perdas de calor.
  - c) A pressão do vapor superaquecido está intimamente ligado à temperatura.
  - d) Trabalhando-se com água quente na alimentação da caldeira diminui-se o consumo de combustível.
  - e) O calor sensível é que produz trabalho.
8. Por que é importante a retirada de condensados numa linha de vapor?
9. Sob pressão atmosférica a água ferve a 100°C. O que deve ser feito para baixar o ponto de ebulição da água?
10. Qual a condição básica para que haja ebulição de um líquido?
11. Que problema decorre da formação de uma película de água sobre a superfície de aquecimento?
12. Que são perdas permanentes de calor?

13. Dissertar sobre as seguintes operações unitárias em Engenharia Química (mínimo de 50 linhas/operação):
- a) Evaporação
  - b) Cristalização
  - c) Destilação
  - d) Umidificação
  - e) Secagem
14. Definir temperatura de saturação de vapor.
15. Numa determinada caldeira está-se produzindo vapor à pressão de 13 atmosferas absolutas. Sabendo-se que a temperatura de saturação é de  $190^{\circ}\text{C}$  e que o calor latente é 472 kcal/kg, calcular a quantidade mínima de calor que é necessário se fornecer, supondo-se que a alimentação da caldeira é feita com água a  $50^{\circ}\text{C}$ .
16. Como se procede o controle de temperatura do vapor super-aquecido?