

Prof. Marcus Ennes
Prof. Felipe Garcia

Química geral

UNIDADE 19: Estequiometria – Pureza

Comumente a perfeição é buscada, com os processos químicos não é diferente. Assim que os aspectos quantitativos das reações começaram a ser estudados, percebeu-se que haviam problemas dos mais diversos. Tais situações causavam perdas com base nas previsões do que seria produzido ou consumido nas reações. Com isso foi novos estudos foram desenvolvidos, para compreender melhor a origem e como mitigar as perdas nos processos.

A questão financeira muitas vezes é um obstáculo, de maneira que reagentes melhores, isto é, com grau de pureza elevado, custam muito mais caro. O que determina a pureza mínima necessária para os reagentes é a sensibilidade do processo, o quanto as impurezas podem prejudicá-lo, ou que utilização terá o produto final.

O minério bauxita, matéria-prima a partir da qual produz-se o alumínio metálico, é um exemplo de reagente no qual existem impurezas. O óxido de alumínio é o que interessa, porém este só compõe cerca de 80% da bauxita, sendo 20% da massa composta por substâncias diferentes.

Na indústria farmacêutica por exemplo foi criado um padrão internacional de pureza, o grau USP.



Pureza dos reagentes

Difícilmente, no cotidiano, os processos químicos irão ocorrer de maneira ideal. Grande parte dos processos ocorre com perdas ao longo da ocorrência, o que pode ser justificado por alguns fatores como impurezas junto dos reagentes, perdas de massa ao longo do processo e outros diversos fatores. Nesse capítulo, o foco será em amostras que contenham impurezas, que por sua vez, deverão ser desconsideradas para que se possa prever com maior precisão as quantidades de produtos que serão formados em um processo.

No processo industrial que envolve a utilização de energia a partir da queima de carvão, por exemplo, o mesmo encontra-se em média com 90% de pureza, ou seja, apenas 90% da massa total de carvão irá participar de maneira ativa do processo, e queimará conforme o previsto. Essa quantidade de 10% de carvão que não participara da reação deve ser desconsiderada para que o cálculo estequiométrico possa ser feito com exatidão.

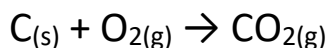
Os problemas podem trazer o dado da pureza para que este seja utilizado, assim como podem pedir para que seja calculada a pureza. Abordaremos as duas formas possíveis de cobrança.

Desconto das impurezas

No primeiro caso, a pureza da amostra é conhecida, e apenas a massa de reagente

puro deve ser considerada para fins de cálculo, desprezando-se as impurezas, conforme pode ser visto nos próximos dois exemplos.

Exemplo 1: Sabe-se que o carvão vegetal (C) possui, em média, 50% de pureza, e sua combustão ocorre de acordo com a seguinte equação:



Qual será a massa de $\text{CO}_{2(g)}$ formado após a combustão de 300g de carvão, supondo que o rendimento reacional seja de 100%?

Dados: Massas Molares (g/mol) C = 12; $\text{CO}_2 = 44$.

Resolução: O primeiro passo a se fazer é o desconto das impurezas, para que se possa trabalhar apenas com a quantidade de $\text{C}_{(s)}$ que de fato irá participar do processo reacional. Assim, teremos:

$$\begin{array}{rcl} 300 \text{ g carvão} & - & 100\% \\ X \text{ g C} & - & 50\% \end{array}$$
$$X = \frac{50 \cdot 300}{100} = 150 \text{ g C}$$

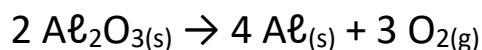
Sabendo-se a massa de carbono que irá, de fato, reagir, podemos realizar a estequiometria.

A proporção estequiométrica entre os compostos de interesse é de 1 mol de C para 1 mol de CO_2 , podemos finalizar da seguinte forma:

$$\begin{array}{rcl} 12 \text{ g C} & - & 44 \text{ g CO}_2 \\ 150 \text{ g C} & - & Y \text{ g CO}_2 \end{array}$$
$$Y = \frac{150 \cdot 44}{12} = 550 \text{ g CO}_2$$

Exemplo 2: Sabe-se que uma amostra de bauxita é constituída por, aproximadamente, 80% de óxido de alumínio (Al_2O_3). O processo de obtenção do alumínio metálico (Al) pode ser feito a partir da eletrólise ígnea do óxido de

alumínio, que pode ser representada pela seguinte equação:



Assim, determine qual será o volume de oxigênio formado, medido nas CNTP, supondo que haja decomposição de todo o óxido de alumínio contido em uma amostra de 1,275 kg de bauxita.

Dados: Massa Molar $\text{Al}_2\text{O}_3 = 102 \text{ g/mol}$
Volume molar nas CNTP = 22,4 l

Resolução: O primeiro passo a se fazer é o desconto das impurezas, para que se possa trabalhar apenas com a quantidade de Al_2O_3 que de fato irá participar do processo reacional. Assim, teremos:

$$\begin{array}{rcl} 1,275 \text{ kg bauxita} & - & 100\% \\ X \text{ kg Al}_2\text{O}_3 & - & 80\% \end{array}$$
$$X = \frac{80 \cdot 1,275}{100} = 1,020 \text{ kg Al}_2\text{O}_3$$

De posse da massa de Al_2O_3 que irá, de fato, participar da reação, podemos realizar a estequiometria. Antes, vale frisar que a massa de 1,020 kg será convertida para gramas, totalizando 1020 g de Al_2O_3 puro. Assim, teremos:

$$\begin{array}{rcl} 2 \cdot 102 \text{ g Al}_2\text{O}_3 & - & 3 \cdot 22,4 \text{ L O}_2 \\ 1020 \text{ g Al}_2\text{O}_3 & - & Y \text{ L O}_2 \end{array}$$
$$Y = \frac{1020 \cdot 3 \cdot 22,4}{2 \cdot 102} = 336 \text{ L O}_2$$

Determinação da pureza da amostra

No segundo caso possível, as quantidades de amostra utilizada na reação e de produto formado serão conhecidas, porém, não se saberá quanto de reagente foi, de fato, consumido, tampouco o percentual real de pureza da amostra. Assim sendo, deve-se, primeiramente, realizar a estequiometria para se determinar qual será a quantidade de

reagente que foi consumido e, em seguida, realizar a comparação dessa quantidade frente à quantidade total de amostra.

Exemplo 1: Sabe-se que o calcário é constituído, em parte, por carbonato de cálcio (CaCO_3). Uma amostra contendo 15 g de calcário foi titulada com ácido sulfúrico, e consumiu uma massa de 9,8 g desse ácido. A reação em questão pode ser representada pela seguinte equação:



De posse dessas informações, determine qual será o percentual de CaCO_3 puro contido na amostra inicial.

Massas Molares (g/mol) $\text{CaCO}_3 = 100$; $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$;

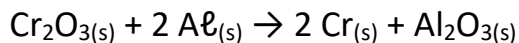
Resolução: O primeiro passo a se fazer é determinar qual será a quantidade de CaCO_3 que de fato foi consumida pelos 9,8g de H_2SO_4 . Pela equação química, podemos perceber que a proporção é de 1 mol de CaCO_3 para 1 mol de H_2SO_4 , assim, podemos montar a seguinte regra de três:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g CaCO}_3 & - & 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \\ X \text{ g CaCO}_3 & - & 9,8 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \end{array}$$
$$X = \frac{9,8 \cdot 100}{98} = 10 \text{ g CaCO}_3$$

Assim, de posse da massa de CaCO_3 na amostra, basta determinar qual será o percentual equivalente. Logo, teremos:

$$\begin{array}{rcl} 15 \text{ g amostra} & - & 100\% \\ 10 \text{ g CaCO}_3 & - & Y\% \end{array}$$
$$Y = \frac{10 \cdot 100}{15} \approx 67\% \text{ pureza}$$

Exemplo 2: O cromo é um metal empregado na produção do aço inox e no revestimento (cromaço) de algumas peças metálicas. Esse metal é produzido por meio da reação abaixo:



Uma amostra impura de 19 kg contendo Cr_2O_3 consumiu o equivalente a 5,4 kg de alumínio. Determine qual será o percentual de Cr_2O_3 na amostra inicial.

Massas Molares (g/mol): $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 152$; $\text{Al} = 27$.

Resolução: O primeiro passo a se fazer é determinar qual será a quantidade de Cr_2O_3 que de fato foi consumida pelos 5,4 kg de Al . Pela equação química, podemos perceber que a proporção é de 1 mol de Cr_2O_3 para 2 mols de Al . Assim, podemos montar a seguinte regra de três:

$$\begin{array}{rcl} 152 \text{ g Cr}_2\text{O}_3 & - & 2 \cdot 27 \text{ g Al} \\ X \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 & - & 5,4 \text{ kg Al} \end{array}$$
$$X = \frac{5,4 \cdot 152}{2 \cdot 27} = 15,2 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3$$

Assim, de posse da quantidade de Cr_2O_3 na amostra, basta determinar qual será o percentual equivalente aos 15,2 kg de Cr_2O_3 dentro dos 19 kg da amostra. Logo, teremos:

$$\begin{array}{rcl} 19 \text{ kg amostra} & - & 100\% \\ 15,2 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3 & - & Y\% \end{array}$$
$$Y = \frac{15,2 \cdot 100}{19} \approx 80\% \text{ pureza}$$

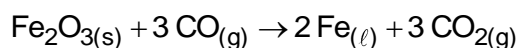
Assim, podemos concluir que a amostra possui um percentual de pureza igual a 80%, o que implica em 20% de impurezas.

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

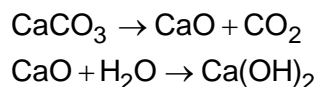
1) Diversos povos africanos apresentavam uma relação especial com os metais, sobretudo o ferro, e, assim, muito do conhecimento que chegou ao Brasil sobre obtenção e forja tinha origem nesse continente. Entre os negros do período colonial, os ferreiros, com seus martelos e bigornas, desempenhavam importante papel político e financeiro. Supondo que mestre ferreiro Taú trabalhava com hematita (Fe_2O_3), quantos quilogramas de ferro aproximadamente seriam produzidos a partir de 500 kg do minério, admitindo uma pureza de 85% do mineral?



Dados: C = 12 g/mol; O = 16 g/mol; Fe = 56 g/mol.

- a) 175 kg
- b) 350 kg
- c) 297 kg
- d) 590 kg
- e) 147 kg

2) Uma reação bastante comum que sugere como ocorre a transformação da matéria é a que transforma o calcário obtido a partir das explorações dos depósitos em hidróxido de cálcio. A reação ocorre em duas etapas conforme equações químicas apresentadas a seguir:



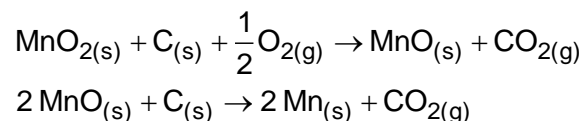
Considerando que na primeira etapa o calcário utilizado tenha 65% de pureza em carbonato de cálcio e que a segunda reação ocorre com 100% de rendimento, qual é a massa aproximada de hidróxido de cálcio produzida a partir de uma tonelada de calcário?

Dados: Ca = 40; C = 12; O = 16; H = 1.

- a) 364 kg.
- b) 385 kg.
- c) 481 kg.

- d) 650 kg.
- e) 800 kg.

3) O manganês utilizado na indústria siderúrgica na fabricação de ferroligas é obtido em um processo, cujo rendimento global apresenta 100%, no qual a pirolusita (MnO_2), com pureza de 43,5%, é tratada com carvão coque e ar atmosférico, formando o monóxido de manganês. Em uma segunda etapa, o manganês contido no monóxido continua sendo reduzido, formando, por fim, o manganês metálico, de acordo com as equações abaixo:

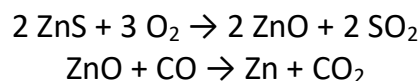


Considerando as informações anteriores, como também as duas etapas do processo, afirma-se que a massa de manganês formada, a partir de 8 toneladas de pirolusita, é igual a

Dados: massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) O = 16 e Mn = 55.

- a) $5,06 \cdot 10^6$ g.
- b) $3,03 \cdot 10^6$ g.
- c) $2,20 \cdot 10^6$ g.
- d) $1,32 \cdot 10^6$ g.
- e) $1,06 \cdot 10^6$ g.

4) Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido a partir de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tenha rendimento de 100% nesta sequência de equações químicas:



Considere as massas molares.: ZnS (97g/mol), O_2 (32g/mol), ZnO (81g/mol), SO_2 (64g/mol), CO (28g/mol), CO_2 (44g/mol), e Zn (65g/mol).

Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido a partir de 100 kg de esfalerita?

- a) 25
- b) 33
- c) 40
- d) 50
- e) 64

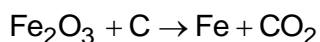
5) Fitas de magnésio podem ser queimadas quando em contato com fogo e na presença de gás oxigênio. Durante a reação, pode-se observar a formação de um sólido branco e a liberação de uma luz intensa.

Suponha que uma fita de magnésio de 3 g, com 80% de pureza em massa, seja queimada.

A massa aproximada, em gramas, do sólido branco será igual a

- a) 3.
- b) 4.
- c) 5.
- d) 6.

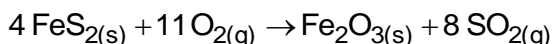
6) O ferro metálico é obtido do minério de ferro, sendo que o mais abundante é a hematita, Fe_2O_3 . Uma empresa possui uma tonelada desse minério com 10% de impurezas, e todo o material deve ser usado para obtenção de Fe, conforme descreve a equação não balanceada seguinte.



A massa aproximada, em kg, de ferro metálico produzido será

- a) 315.
- b) 350.
- c) 630.
- d) 700.

7) A reação de ustulação da pirita (FeS_2) pode ser representada pela equação a seguir:



Considerando que o processo de ustulação ocorra nas CNTP, é correto afirmar que o volume de SO_2 produzido na reação de 600 g de pirita que apresente 50% de pureza é de

Dados: massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) $\text{FeS}_2 = 120$

- a) 56,0 L.
- b) 112,0 L.
- c) 168,0 L.
- d) 224,0 L.
- e) 280,0 L.

8) A origem do personagem Coringa, inimigo do Batman, tem uma relação com a química. Ao cair em um tanque de ácido sulfúrico, um ladrão, conhecido como Capuz Vermelho, teve sua estrutura física modificada, ficando mais forte e desfigurado. Para destruir algumas evidências da origem de sua transformação, o vilão buscou neutralizar as 200 toneladas de ácido sulfúrico (98% de pureza) restantes no tanque.



Qual a massa, em toneladas, de hidróxido de sódio (100% puro) que Coringa precisou usar?

Dados: Massas atômicas (u): H = 1; O = 16; Na = 23; S = 32.

- a) 40
- b) 80
- c) 160
- d) 200
- e) 400

9) O cobre, muito utilizado em fios da rede elétrica e com considerável valor de mercado, pode ser encontrado na natureza na forma de calcocita, $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$, de massa molar 159 g/mol. Por meio da reação $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Cu}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)}$, é possível obtê-lo na forma metálica.

A quantidade de matéria de cobre metálico produzida a partir de uma tonelada de calcocita com 7,95% (m/m) de pureza é

- a) $1,0 \times 10^3$ mol.
- b) $5,0 \times 10^2$ mol.
- c) $1,0 \times 10^0$ mol.
- d) $5,0 \times 10^{-1}$ mol.
- e) $4,0 \times 10^{-3}$ mol.

10) O Brasil, em todas as participações nos Jogos Olímpicos, ganhou 23 medalhas de ouro; enquanto, até hoje, jamais obteve um prêmio Nobel. Uma medalha de ouro entregue na premiação do Nobel pesa 175 g e tem 80% de pureza em ouro, já a medalha de ouro olímpica pesa 150 g com 4% de pureza.

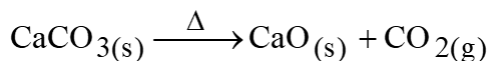
Independentemente da valoração social do esporte e da ciência, analise as afirmativas sobre a quantidade da massa de ouro puro contida, aproximadamente, nessas medalhas.

- I. Todas as medalhas de ouro olímpicas já obtidas apresentam massa de ouro puro aproximadamente equivalente a uma única medalha de ouro Nobel.
- II. Se o Brasil, nas olimpíadas 2016, ganhar mais 12 medalhas de ouro, o resultado corresponderia a uma massa de ouro puro, aproximadamente equivalente a 2 medalhas de ouro Nobel.
- III. Se o Brasil, em 2016, ganhar um prêmio Nobel, a medalha equivaleria, em massa de ouro puro, aproximadamente a 46 medalhas de ouro olímpico.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

11) O óxido de cálcio é obtido segundo a equação representada abaixo e gera durante sua produção grande quantidade de dióxido de carbono.



A massa de dióxido de carbono formada partindo-se de 200,0 kg de carbonato de cálcio com 90% de pureza é:

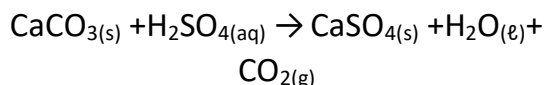
Dados: Massas molares (g mol^{-1}) Ca = 40; C = 12; O = 16.

- a) 7,9 kg.
- b) 8,8 kg.
- c) 79,2 kg.
- d) 88,0 kg.
- e) 96,8 kg.

12) A geração de lixo é inerente à nossa existência, mas a destinação do lixo deve ser motivo de preocupação de todos. Uma forma de diminuir a grande produção de lixo é aplicar os três R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar). Dentro desta premissa, o Brasil lidera a reciclagem do alumínio, permitindo economia de 95% no consumo de energia e redução na extração da bauxita, já que para cada kg de alumínio são necessários 5 kg de bauxita. A porcentagem do óxido de alumínio (Al_2O_3) extraído da bauxita para produção de alumínio é aproximadamente igual a

- a) 20,0%.
- b) 25,0%.
- c) 37,8%.
- d) 42,7%.
- e) 52,9%.

13) Oitenta gramas de calcário (grau de pureza é de 90% em CaCO_3) reagem com ácido sulfúrico, segundo a equação química:

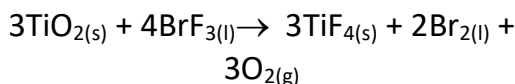


Qual o volume aproximado de gás carbônico formado nas CNTP, na reação acima?

(Massas atômicas (u): Ca = 40; O = 16; C = 12; S = 32; H = 1 e volume molar = 22,4L).

- a) 16,13 L
- b) 17,92 L
- c) 1,61 L
- d) 161,3 L
- e) 22,4 L

14) A porcentagem de TiO_2 em um minério pode ser determinada através da seguinte reação:



Se 12,0 g do minério produzem 0,96 g de O_2 , a porcentagem aproximada de TiO_2 nesse minério é de:

- a) 10%
- b) 20%
- c) 30%
- d) 40%
- e) 50%

15) O azoteto de chumbo, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, é um explosivo facilmente detonável que libera um grande volume de nitrogênio gasoso quando golpeado. Sua decomposição produz chumbo e gás nitrogênio.

Partindo-se de 7,76 g de azoteto de chumbo contendo 25% de impurezas, o volume de nitrogênio recolhido nas condições ambientes é:

(volume molar nas condições ambientes = 24 L)

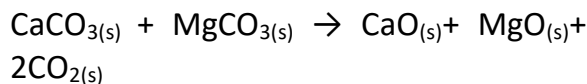
- a) 0,48 L
- b) 1,08 L
- c) 2,4 L
- d) 1,44 L
- e) 24 L

16) Um caminhão tanque carregando $9,8 \times 10^3$ kg de ácido sulfúrico concentrado tomba e derrama sua carga. Se a solução é 95% de H_2SO_4 em massa, quantos quilogramas de carbonato de cálcio (CaCO_3) são necessários para neutralizar o ácido?

- a) 9800 kg
- b) 9500 kg
- c) 10000 kg

- d) 9120 kg
- e) 10500 kg

17) Uma amostra de calcário dolomítico, contendo 60% de carbonato de cálcio e 21% de carbonato de magnésio, sofre decomposição quando submetida a aquecimento, segundo a equação abaixo:

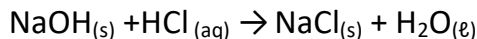


A massa de óxido de cálcio e a massa de óxido de magnésio, em gramas, obtidas com a queima de 1 quilo de calcário são, respectivamente,

Dados: Ca = 40; C = 12; O = 16; Mg = 24.

- a) 60; 21
- b) 100; 84
- c) 184; 96
- d) 336; 100
- e) 600; 210

18) Quarenta gramas de hidróxido de sódio em escamas (grau de pureza é de 80% em NaOH) reagem com ácido clorídrico, segundo a equação química:



Qual a massa de cloreto de sódio formado na reação acima?

Massas atômicas (u):

Na = 23; O = 16; H = 1; Cl = 35,5

- a) 58,5 g
- b) 46,8 g
- c) 38,7 g
- d) 23,4 g
- e) 29,3 g

19) 1,0 g de uma amostra de ferro de massa 8,0 g foi convenientemente analisada, encontrando-se $7,525 \cdot 10^{21}$ átomos de ferro.

A pureza no ferro desta amostra é:

- a) 70%
- b) 30%
- c) 90%

- d) 85%
- e) 60%

20) Uma amostra de prata de massa 6,0 g foi totalmente dissolvida em ácido nítrico. O químico responsável pelo processo de dissolução constatou posteriormente que o número de átomos de prata resultante da dissolução da amostra era igual a $3,0 \cdot 10^{22}$ átomos. O teor de prata na amostra é de aproximadamente:

Dado: massa molar Ag = 108g/mol

- a) 100%
- b) 90%
- c) 80%
- d) 70%
- e) 10%



GABARITOS

- 1) C
- 2) C
- 3) C
- 4) D
- 5) B
- 6) C
- 7) B
- 8) C
- 9) A
- 10) A
- 11) C
- 12) C
- 13) A
- 14) B
- 15) D
- 16) B
- 17) D
- 18) B
- 19) A
- 20) B