

QUÍMICA

A Química está presente em toda atividade humana, mesmo quando não damos a devida atenção a isso... Esta história narra um episódio no qual está envolvido um casal de policiais técnicos, nossos heróis, famosos pela sagacidade, o casal Mitta: Dina Mitta, mais conhecida como "Estrondosa" e Omar Mitta, vulgo "Rango". A narrativa que se segue é ficção. Qualquer semelhança com a realidade é pura coincidência.

Os textos em itálico NÃO são essenciais para a resolução das questões.

1

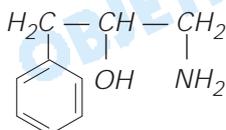
Seis horas da manhã. A noite fora chuvosa. Tremenda tempestade abatera-se sobre a cidade. O telefone toca e Estrondosa atende, sonolenta. É um chamado para averiguarem um incêndio ocorrido numa indústria farmacêutica. Rango abre os olhos preguiçosamente, resmunga e pega um descongestionante nasal, porque acordou resfriado.

– Esse não! – grita Estrondosa. – Já cansei de dizer que esse descongestionante contém fenilpropanolamina, substância proibida por aumentar o risco de derrame! Use o soro fisiológico!

- Escreva a representação química e o nome de uma função orgânica existente na fenilpropanolamina.
- Escreva o nome químico e a fórmula da substância iônica dissolvida no soro fisiológico.

Resolução

- Um dos isômeros possíveis com o nome fenilpropanolamina é:



Apresenta as funções álcool (–OH em C saturado) e amina primária



R é um radical.

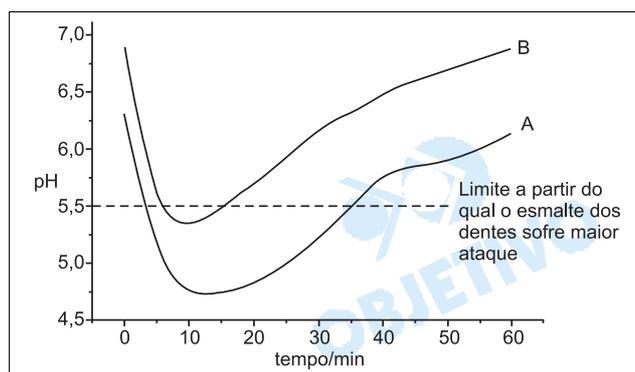
- O soro fisiológico é uma solução aquosa de cloreto de sódio 0,9%

NaCl → cloreto de sódio.

2

Após tomar rapidamente o café da manhã, os dois escovam os dentes. O creme dental que usam contém Na_2CO_3 . Esta escolha deve-se ao fato deles terem visto, numa revista especializada, um artigo que tratava de cáries dentárias. Ali constava um gráfico, abaixo reproduzido, mostrando o pH bucal, logo após uma refeição, para dois grupos de pessoas que não escovaram os dentes. Os Mitta identificaram-se com um dos grupos.

- Considerando o creme dental escolhido, com qual dos grupos o casal se identificou? Justifique.
- Que outra substância poderia ser usada no creme dental, em lugar de carbonato de sódio? Escreva a fórmula e o nome.



Resolução

a) Pelo gráfico, observa-se que pessoas do grupo A, que não escovam os dentes, têm um intervalo de tempo compreendido entre 5 e 35 minutos em que ocorrerá maior ataque ao esmalte dos dentes. Esse ataque ocorre em meio de pH ácido inferior a 5,5. Essas pessoas devem escovar os dentes com creme dental contendo substância que neutralize a acidez.

Pessoas do grupo B, após a refeição, são menos susceptíveis à cárie dentária (apenas no intervalo de 7 a 12 minutos, aproximadamente). Verifica-se que o pH bucal desse grupo após as refeições é maior que os do grupo A em todos os instantes.

Se o casal "Mitta" usa creme dental contendo Na_2CO_3 , que é um sal derivado de ácido fraco e base forte, cuja finalidade é aumentar o pH bucal no processo de escovação dos dentes (esse sal apresenta caráter básico), conclui-se que o casal "Mitta" se identifica com pessoas do grupo A.

b) Deve-se usar no creme dental uma substância de caráter básico, por exemplo, bicarbonato de sódio (hidrogenocarbonato de sódio), cuja fórmula é NaHCO_3 .

3

Ainda sonolentos, saem em direção ao local da ocorrência e resolvem parar num posto de combustível.
– Complete! – diz Rango ao frentista. Assim que o rapaz começa a colocar álcool no tanque, Estrondosa grita: – Pare! Pare! Este carro é a gasolina! – Ainda bem que você percebeu o engano – disse Rango. –

Amigo! Complete o tanque com gasolina. O nosso herói procedeu assim porque calculou que, com o volume de álcool anidro colocado no tanque, adicionando a gasolina contendo 20% (volume/volume) de etanol, obteria um combustível com 24% de etanol (volume/volume), igual àquele vendido nos postos até pouco tempo atrás.

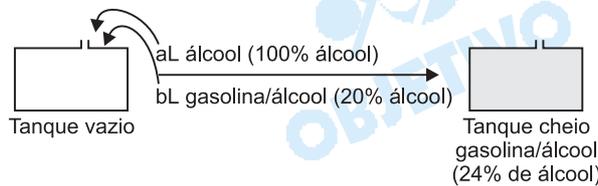
- a) Sabendo-se que o volume total do tanque é 50 litros, qual é a quantidade total de álcool, em litros, no tanque agora cheio?
 b) Que volume de etanol anidro o frentista colocou por engano no tanque do carro?

Resolução

a) Quantidade total de álcool na gasolina com 24% de etanol.

$$\left. \begin{array}{l} 50L \longrightarrow 100\% \\ x \longrightarrow 24\% \end{array} \right\} \boxed{x = 12L}$$

b) Volume de álcool colocado por engano, considerando o tanque inicialmente vazio:



$$\begin{array}{rcl} aL & + & bL & = & 50L \\ 100\% & & 20\% & & 24\% \\ \text{álcool} & & \text{álcool} & & \text{álcool} \end{array}$$

Cálculos

$$100a + 20b = 24 \cdot 50$$

$$100(50 - b) + 20b = 1200$$

$$\boxed{b = 47,5L}, \text{ portanto } \boxed{a = 2,5L}$$

Volume de etanol anidro colocado por engano: 2,5L.

Outra Resolução

Quantidade de gasolina no tanque cheio é igual a:
 $50L - 12L = 38L$ que corresponde a 80% da mistura gasolina - álcool (20%). Portanto temos:

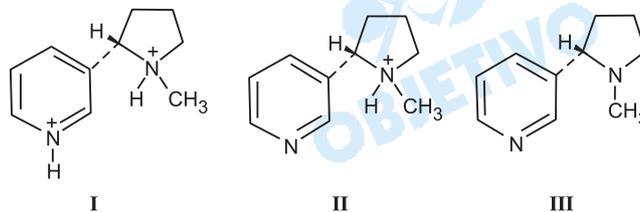
$$\begin{array}{rcl} 38L & \text{-----} & 80\% \\ x & \text{-----} & 100\% \end{array} \quad x = 47,5L$$

$$\text{Volume de álcool anidro: } 50L - 47,5L = 2,5L$$

Finalmente, nossos heróis chegam ao local. O guarda noturno da empresa, meio estonteado, estava algegado num canto da sala, detido para averiguações. Estrondosa e Rango cumprimentam a todos e ouvem cuidadosamente os relatos. Uma explosão, seguida de incêndio e de outras explosões, destruiu o almoxarifado onde estava um lote de certo fármaco caríssimo, recém-chegado da matriz. As evidências indicavam que o produto fora trocado e haviam tentado eliminar as provas. O vigia, mesmo alegando inocência, fora detido como possível cúmplice de uma suposta quadrilha.

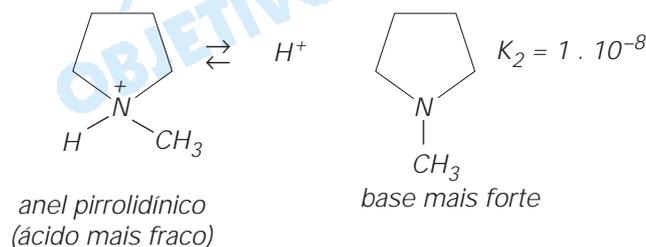
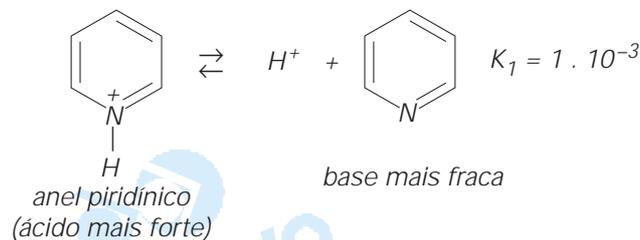
A sala não era grande e nela havia muitos fumantes. O inspetor, com seu charuto, era o campeão da fumaça. – Quanta nicotina! – pensou Rango. Ele sabia muito bem dos malefícios do cigarro; sabia que as moléculas de nicotina, dependendo do meio em que se encontram, podem se apresentar segundo as formas I, II e III, abaixo representadas, e que sua absorção no organismo é favorecida pela reação delas com uma base, por exemplo, amônia.

- a) A constante de dissociação para o próton ligado ao nitrogênio do anel piridínico (anel maior) é $K_1 = 1 \times 10^{-3}$. Para o próton ligado ao nitrogênio do anel pirrolidínico, essa constante é $K_2 = 1 \times 10^{-8}$. Qual dos dois nitrogênios é mais básico? Justifique.
- b) Qual das formas, I, II ou III, está presente em maior quantidade em meio amoniacal (bastante amônia)? Justifique.



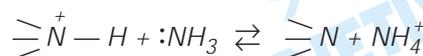
Resolução

- a) Temos as seguintes equações de dissociação:



Pelo exposto, o nitrogênio do anel pirrolidínico é mais básico, pois faz parte da base conjugada mais forte

- b) A forma III está em maior quantidade, pois, devido ao excesso de amônia no meio, as formas I e II dissociam liberando prótons para a amônia, produzindo a forma III.

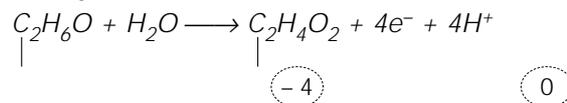


Como o vigia estava sob forte suspeita, nossos heróis resolveram fazer um teste para verificar se ele se encontrava alcoolizado. Para isso usaram um bafômetro e encontraram resultado negativo. Os bafômetros são instrumentos que indicam a quantidade de etanol presente no sangue de um indivíduo, pela análise do ar expelido pelos pulmões. Acima de 35 microgramas ($7,6 \times 10^{-7}$ mol) de etanol por 100 mL de ar dos pulmões, o indivíduo é considerado embriagado. Os modelos mais recentes de bafômetro fazem uso da reação de oxidação do etanol sobre um eletrodo de platina. A semi-reação de oxidação corresponde à reação do etanol com água, dando ácido acético e liberando prótons. A outra semi-reação é a redução do oxigênio, produzindo água.

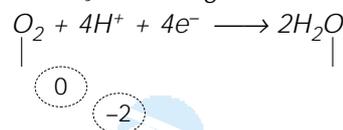
- a) Escreva as equações químicas que representam essas duas semi-reações.
- b) Admitindo 35 microgramas de etanol, qual a corrente i (em ampères) medida no instrumento, se considerarmos que o tempo de medida (de reação) foi de 29 segundos?
 Carga do elétron = $1,6 \times 10^{-19}$ coulombs;
 Constante de Avogadro = 6×10^{23} mol $^{-1}$;
 $Q = i \times t$ (tempo em segundos e Q = carga em coulombs).

Resolução

a) *Oxidação do etanol*



Redução do oxigênio



Reação Global



b) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de etanol} \text{ ----- } 4 \text{ mol de e}^- \\ 1 \text{ mol} \text{ ----- } 4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C} \\ 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \text{ ----- } x \\ x = 0,292 \text{C} \end{array}$$

$$Q = i \cdot t$$

$$0,292 \text{C} = i \cdot 29 \text{s}$$

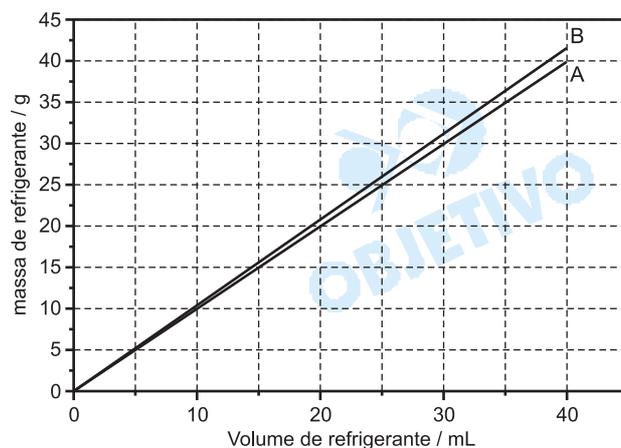
$$i = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{A}$$

6

Enquanto estudavam a ficha cadastral do vigia, Estrondosa e Rango resolveram tomar um refrigerante. Numa tina com água e gelo havia garrafinhas plásticas de um mesmo refrigerante "diet" e comum. O refrigerante comum contém sacarose. O "diet" é adoçado com substâncias que podem ser até 500 vezes mais doces do que a sacarose. Sem se preocupar com os

rótulos, que haviam se soltado, Rango pegou duas garrafas que estavam bem à tona, desprezando as que estavam mais afundadas na água. Considere que um refrigerante é constituído, essencialmente, de água e de um adoçante, que pode ser sacarose ou outra substância, já que, para um mesmo refrigerante, todos os outros constituintes são mantidos constantes. A figura mostra os dados relativos à massa de refrigerante em função do seu volume. Sabe-se, também, que em 100 mL de refrigerante comum há 13 g de sacarose.

- Qual das curvas, A ou B, corresponde ao tipo de refrigerante escolhido por Rango? Justifique.
- Calcule a porcentagem **em massa** de sacarose no refrigerante comum. Explícite como obteve o resultado.



Resolução

a) Pelo gráfico fornecido, podemos determinar a densidade dos dois refrigerantes; basta pegar um ponto qualquer da curva.

Curva A

$$d = \frac{m}{V} \cong \frac{40 \text{ g}}{40 \text{ mL}} \cong 1,0 \text{ g/mL}$$

Curva B

$$d = \frac{m}{V} \cong \frac{42 \text{ g}}{40 \text{ mL}} \cong 1,05 \text{ g/mL}$$

Como o refrigerante estava bem à tona da água, provavelmente é o que apresenta menor densidade.

⇒ Curva A representa o refrigerante "diet".

b) Cálculo da massa de refrigerante comum existente em 100 mL.

$$d = \frac{m}{V} \quad 1,05 \text{ g/mL} = \frac{m}{100 \text{ mL}} \quad m = 105 \text{ g}$$

Cálculo da porcentagem em massa de sacarose no refrigerante.

$$\begin{array}{l} 105 \text{ g de refrigerante} \text{ ----- } 100\% \\ 13 \text{ g de sacarose} \text{ ----- } x \\ x = 12,4\% \end{array}$$

Na sala de vigilância onde permanecia o guarda, não muito longe do depósito, podia-se observar um copo com café pela metade, outro copo contendo restos de café com leite e uma garrafa térmica sobre a mesa. Num dos cantos da sala havia um pires com um pouco de leite. Havia ainda uma cadeira caída, uma leiteira com leite sobre o fogão e, em cima de um armário, uma velha lanterna de carbureto.

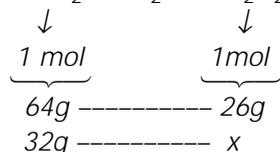
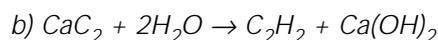
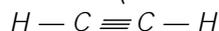
7

Que saudades sentiu Rango ao ver a lanterna! Lembrou-se dos tempos de criança quando ia explorar cavernas na sua região natal com seu pai, um espeleologista amador. A lanterna de carbureto funciona pela queima de um gás, que é o mais simples da série dos alcinos (ou alquinos). Esse gás é gerado pela reação entre a água, oriunda de um reservatório superior, que é lentamente gotejada sobre carbeto de cálcio (carbureto), CaC_2 , na parte inferior. O gás gerado sai por um bico colocado no foco de um refletor, onde é queimado, gerando luz.

- Escreva o nome e a fórmula estrutural do gás formado pela reação entre carbeto de cálcio e água.
- Supondo o uso de 32 g de carbeto de cálcio, quantos gramas de gás serão formados?

Resolução

a) O gás formado é o etino (acetileno), de estrutura:

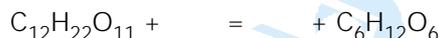


$x = 13\text{g}$

8

Os nossos heróis estranharam a presença dos dois copos sobre a mesa, indicando que teria passado mais alguém por ali. Além disso, havia leite e, pela ficha cadastral, eles sabiam que o guarda não podia tomá-lo, pois sofria de deficiência de lactase, uma enzima presente no intestino delgado. Portanto, se o guarda tomasse leite, teria diarreia. Na presença de lactase, a lactose, um dissacarídeo, reage com água dando glicose e galactose, monossacarídeos.

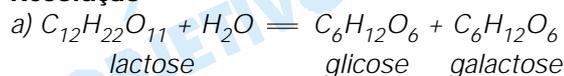
- Complete a equação a seguir, que representa a transformação do dissacarídeo em glicose e galactose:



- Se, com a finalidade de atender as pessoas deficientes em lactase, principalmente crianças, um leite for tratado com a enzima lactase, ele terá o seu "índice de doçura" aumentado ou diminuído? Justifique. Lembre-se que o "poder edulcorante" é uma propriedade aditiva e que traduz quantas vezes uma

substância é mais doce do que o açúcar, considerando-se massas iguais. A lactose apresenta "poder edulcorante" 0,26, a glicose 0,70 e a galactose 0,65.

Resolução

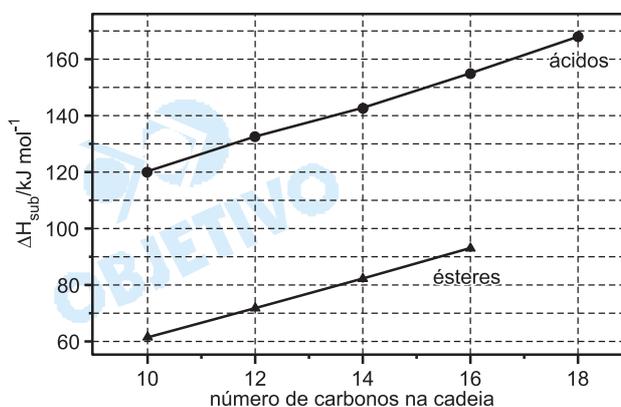


b) A presença de lactase favorece a transformação da lactose (0,26 de "índice de doçura") para glicose (0,70 de "índice de doçura") e galactose (0,65 de "índice de doçura"), logo, terá o índice de doçura aumentado.

9

Examinando os copos com restos de café e de café com leite, Rango observa que apenas o de café apresenta impressões digitais, as quais coincidem com as do guarda. – Estranho! – disse ele. – Este outro copo não apresenta impressões! Talvez alguém usando luvas... – Ou talvez uma criança! – emendou Estrondosa.

A observação de Estrondosa se baseou no fato de que a impressão digital de uma criança é composta principalmente por ácidos graxos (ácidos orgânicos) de cadeia contendo até 13 átomos de carbono, enquanto as dos adultos se compõem, principalmente, de ésteres contendo 32 átomos de carbono. O gráfico a seguir mostra a entalpia de sublimação de ésteres e de ácidos orgânicos em função do número de átomos de carbono na cadeia.



- a) Considerando o mesmo número de átomos de carbono na molécula, os ácidos apresentam maior entalpia de sublimação. Que tipo de interação entre suas moléculas poderia justificar esse fato? Explique.
- b) Determine a entalpia de sublimação do éster contendo 32 átomos de carbono, admitindo que as curvas se comportam do mesmo modo para moléculas contendo maior número de átomos de carbono.

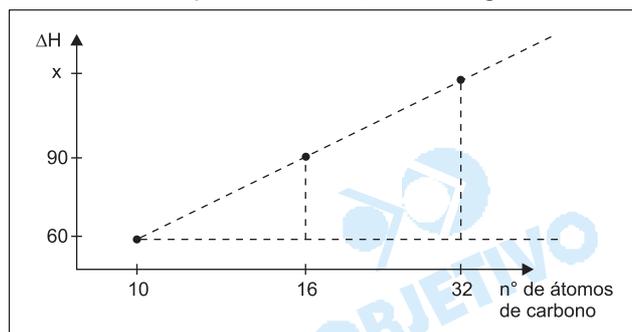
Resolução

a) Pontes (ligações) de hidrogênio. Os ácidos carboxíli-

cos apresentam o grupamento $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$,

portanto, podem estabelecer as pontes de hidrogênio entre as suas moléculas, o que requer maior energia para sua sublimação, pois as moléculas estão presas mais fortemente. No éster, as forças intermoleculares são mais fracas (forças de van der Waals).

b) Admitindo-se variação linear do ΔH , este pode ser determinado por semelhança de triângulos:



Aproximadamente temos:

$$\frac{16 - 10}{32 - 10} = \frac{90 - 60}{x - 60} \quad \therefore x = 170 \text{ kJ/mol}$$

10

Observando o local do incêndio, nossos heróis perceberam que aquele não era o lugar ideal para guardar nem medicamentos, nem reagentes destinados ao laboratório de análises da empresa. Apesar disso, o local era considerado o mais seguro e, como também era refrigerado, fora o escolhido. Destruição geral! Como a explosão fora seguida de incêndio e de outras explosões, o teto e as janelas foram destruídos, e a chuva, apesar de ajudar a extinguir o fogo, também causou estragos. Examinando com cuidado o local, Rango observou várias garrafas e garrafões quebrados além de uma estante metálica caída e uma geladeira destruída... Preso aos cacos de um garrafão de 5 litros, pôde ler num rótulo: "Éter etílico". O volume do almojarifado foi estimado em 82 metros cúbicos. — E se o éter de 5 garrafões, contendo 4 kg de éter, cada um, houvesse se evaporado naquela sala?... — perguntou-se Rango.

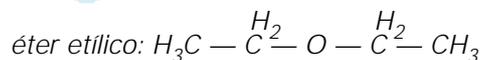
- a) Considerando o conteúdo de cinco garrafões, qual a pressão parcial aproximada do éter ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) que evaporou no almojarifado, supondo que ele tivesse se distribuído uniformemente e considerando as propriedades de gás ideal? Constante universal dos gases = $0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Temperatura = 27°C .
- b) Se apenas 10% do vapor de éter tivesse se queimado, qual a energia liberada em joules?

Dado: $\Delta H = -2530 \text{ kJ mol}^{-1}$ (combustão do éter).

Resolução

a) Cálculo da quantidade de matéria (mols) de "éter etílico" existente em 5 garrações

$$\begin{array}{l} 1 \text{ garrafão} \text{ ----- } 4 \text{ kg de éter} \\ 5 \text{ garrações} \text{ ----- } x \\ x = 20 \text{ kg de éter} \end{array}$$



$$\begin{aligned} \text{massa molar do éter} &= (4 \cdot 12,01 + 10 \cdot 1,0079 + \\ &+ 1 \cdot 15,999) \text{ g/mol} = (48,04 + 10,079 + 15,999) \text{ g/mol} = \\ &= 74,118 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \text{ ----- } 74,118 \text{ g} \\ y \text{ ----- } 20 \cdot 10^3 \text{ g} \end{array}$$

$$y \cong 270 \text{ mol}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1000 \text{ L} \\ 82 \text{ m}^3 \text{ ----- } y \end{array}$$

$$y = 82.000 \text{ L}$$

$$27^\circ\text{C} \Rightarrow 300\text{K}$$

Cálculo da pressão parcial do éter

$$P V = n R T$$

$$P \cdot 82.000 = 270 \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$P = 0,081 \text{ atm}$$

b) Cálculo da energia liberada, admitindo a queima de 10% de vapor do éter.

$$\begin{array}{l} 270 \text{ mol} \text{ ----- } 100\% \\ x \text{ ----- } 10\% \end{array}$$

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

Como $\Delta H = -2530 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, temos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \text{ ----- } \overset{\text{libera}}{2530 \text{ kJ}} \\ 27 \text{ mol} \text{ ----- } y \end{array}$$

$$y = 68.310 \text{ kJ}$$

11

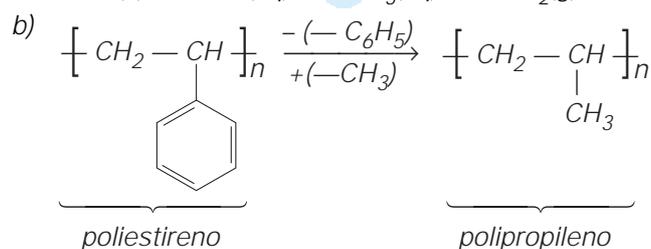
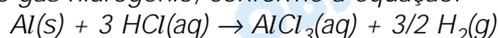
O fármaco havia sido destruído pela explosão e pelo fogo. O que, porventura, tivesse sobrado, a chuva levaria embora. Para averiguar a possível troca do produto, Estrondosa pegou vários pedaços dos restos das embalagens que continham o fármaco. Eram sacos de alumínio revestidos, internamente, por uma película de polímero. Ela notou que algumas amostras eram bastante flexíveis, outras, nem tanto. No laboratório da empresa, colocou os diversos pedaços em diferentes

frascos, adicionou uma dada solução, contendo um reagente, e esperou a dissolução do metal; quando isso ocorreu, houve evolução de um gás. Com a dissolução do alumínio, o filme de plástico se soltou, permitindo a Estrondosa fazer testes de identificação. Ela tinha a informação de que esse polímero devia ser polipropileno, que queima com gotejamento e produz uma fumaça branca. Além do polipropileno, encontrou poliestireno, que queima com produção de fumaça preta. Tudo isso reforçava a idéia da troca do fármaco, ou de uma parte dele, ao menos, incriminando o vigia.

- a) Escreva a equação que representa a reação de dissolução do alumínio, admitindo um possível reagente utilizado por Estrondosa.
- b) Pode-se dizer que a diferença entre o poliestireno e o polipropileno, na fórmula geral, está na substituição do anel aromático por um radical metila. Se o poliestireno pode ser representado por $[\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)]_n$, qual é a representação do polipropileno?

Resolução

a) O reagente usado pode ser um ácido, por exemplo: ácido clorídrico, que "dissolve" o alumínio, produzindo o gás hidrogênio, conforme a equação:



12

Diante dos resultados dos testes feitos por Estrondosa, Rango resolveu falar novamente com o vigia e pediu-lhe para esvaziar os bolsos. Entre outras coisas, havia um pequeno envelope plástico, contendo um misterioso pó branco. — Que pó é esse? — perguntou Rango.

— É óxido de ferro que o técnico do laboratório me deu para adicionar ao leite do meu gato que estava anêmico. — respondeu o vigia.

— Óxido de ferro?! — exclamou Estrondosa. — Este pó branquinho?! Nem na China!

Diante da explicação, Rango resolveu que iria examinar o pó no laboratório, mais tarde.

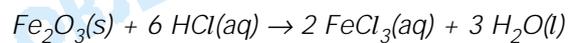
- a) Por que, só de ver o pó, Estrondosa pôde ter certeza de que não se tratava de óxido de ferro?
- b) O óxido de ferro ingerido dissolve-se no estômago, devido ao baixo pH. Escreva a equação química que representa a dissolução do óxido de ferro III no estômago.

Resolução

a) O óxido de ferro não apresenta coloração branca. O

óxido de ferro III é vermelho ferrugem.
A cor é uma propriedade organoléptica, não sendo critério para identificar uma substância, mas poderá ser usada como critério de exclusão.

b) A equação química da reação é:



Utilizando equação iônica, temos:

