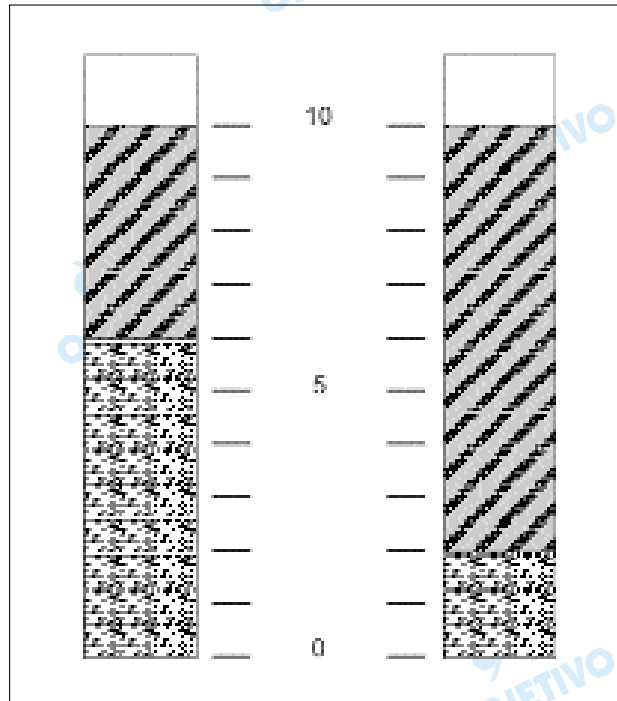




As "margarinas", muito usadas como substitutos da manteiga, contêm gorduras vegetais hidrogenadas. A diferença fundamental entre uma margarina "light" e outra "normal" está no conteúdo de gordura e de água.

Colocou-se em um tubo de ensaio uma certa quantidade de margarina "normal" e, num outro tubo de ensaio, idêntico ao primeiro, colocou-se a mesma quantidade de margarina "light".

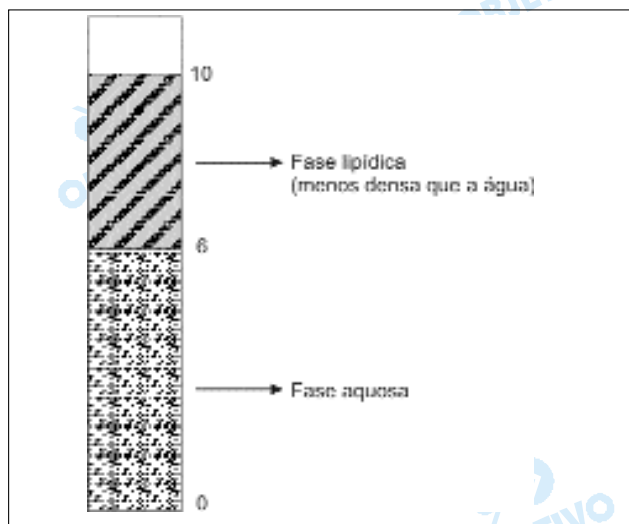
Aqueceram-se em banho-maria os dois tubos contendo as margarinas até que aparecessem duas fases, como esquematizado na figura.



- Reproduza, na resposta, a figura do tubo correspondente à margarina "light", identificando as fases lipídica e aquosa.
- Admitindo que as duas margarinas tenham o mesmo preço e considerando que este preço diz respeito, apenas, ao teor da gordura de cada uma, em qual delas a gordura custa mais e quantas vezes (multiplicação) este preço é maior do que na outra?

#### Resolução

- A margarina "light" contém menos gorduras vegetais hidrogenadas do que a margarina "normal". O tubo que corresponde à margarina "light" é:



b) Margarina "light": fase lipídica: 4 unidades de volume.

Margarina "normal": fase lipídica: 8 unidades de volume.

A gordura da margarina "light" custa mais que a gordura da margarina "normal". O preço é duas vezes maior.

### 3

Os alimentos, além de nos fornecerem as substâncias constituintes do organismo, são também fontes de energia necessária para nossas atividades.

Podemos comparar o balanço energético de um indivíduo após um dia de atividades da mesma forma que comparamos os estados final e inicial de qualquer processo químico.

O gasto total de energia (em kJ) por um indivíduo pode ser considerado como a soma de três usos corporais de energia:

1 – gasto metabólico de repouso (4,2 kJ/kg por hora)

2 – gasto energético para digestão e absorção dos alimentos, correspondente a 10% da energia dos alimentos ingeridos.

3 – atividade física, que para uma atividade moderada representa 40% do gasto metabólico de repouso.

a) Qual seria o gasto energético total de um indivíduo com massa corporal de 60 kg, com atividade moderada e que ingere o equivalente a 7600 kJ por dia?

b) Considerando-se que 450 g de massa corporal correspondem a aproximadamente 15000 kJ, qual é o ganho (ou perda) deste indivíduo por dia, em gramas?

#### Resolução

a) • Cálculo do gasto metabólico de repouso:

$$\left. \begin{array}{l} 1\text{kg} \text{ ----- } 4,2\text{kJ/h} \\ 60\text{kg} \text{ ----- } x \end{array} \right\} x = 252 \text{ kJ/h}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1\text{h} \text{ ----- } 252\text{kJ} \\ 24\text{h} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \boxed{y = 6048\text{kJ/dia}}$$

• Cálculo do gasto energético para digestão e

absorção dos alimentos:

$$\left. \begin{array}{l} 7600\text{kJ} \text{ ----- } 100\% \\ z \text{ ----- } 10\% \end{array} \right\} z = 760\text{kJ}$$

• Cálculo do gasto para atividade física (moderada):

$$\left. \begin{array}{l} 6048\text{kJ} \text{ ----- } 100\% \\ w \text{ ----- } 40\% \end{array} \right\} w = 2419,2\text{kJ}$$

• Cálculo do gasto energético total:

$$6048\text{kJ} + 760\text{kJ} + 2419,2\text{kJ} = 9227,2\text{kJ}$$

b) • Cálculo do balanço energético:

$$\begin{array}{r} \text{Quantidade ingerida: } 7600,0\text{kJ} \\ \text{Quantidade gasta: } 9227,2\text{kJ} \\ \hline - 1627,2\text{kJ} \end{array} \ominus$$

Como o gasto energético é maior que a quantidade ingerida, há perda de massa corporal.

• Cálculo da perda deste indivíduo

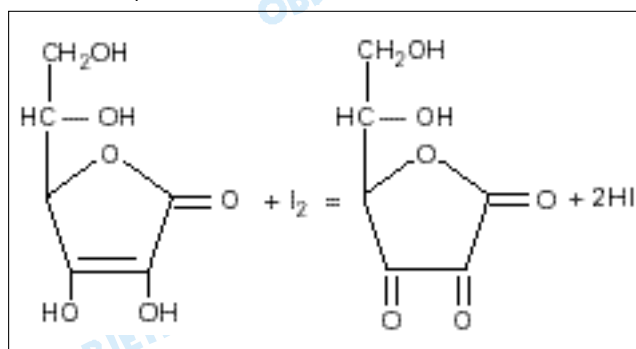
$$\begin{array}{l} 15000\text{kJ} \text{ ----- } 450\text{g de massa corporal} \\ 1627,2\text{kJ} \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = 48,816\text{g de massa corporal}$$

**4**

A vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico, é um composto orgânico, hidrossolúvel, estável ao aquecimento moderado apenas na ausência de oxigênio ou de outros oxidantes. Pode ser transformada em outros produtos pelo oxigênio do ar, em meio alcalino ou por temperaturas elevadas. Durante processos de cozimento, alimentos que contêm vitamina C apresentam perdas desta vitamina, em grande parte pela solubilização na água e, também, por alterações químicas. Em função disto, para uso doméstico, deve-se evitar o cozimento prolongado, altas temperaturas e o preparo do alimento com muita antecedência ao consumo.

A análise quantitativa do ácido ascórbico em sucos e alimentos pode ser feita por titulação com solução de iodo,  $\text{I}_2$ . A seguinte equação representa a transformação que ocorre nesta titulação.



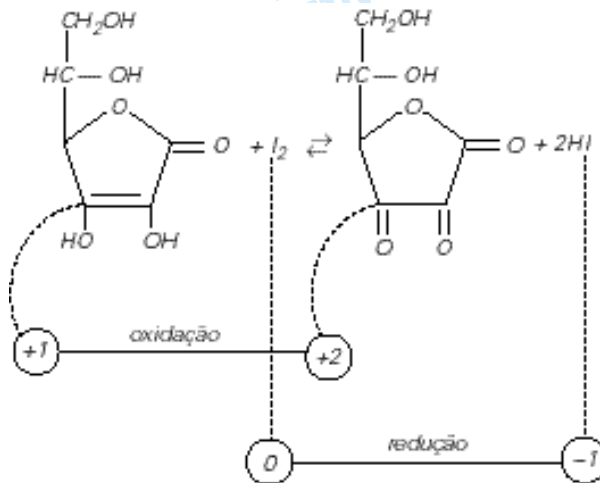
a) Esta reação é de oxidorredução? Justifique. Diferentemente da maioria dos ácidos orgânicos, a

vitamina C não apresenta grupo carboxílico em sua molécula.

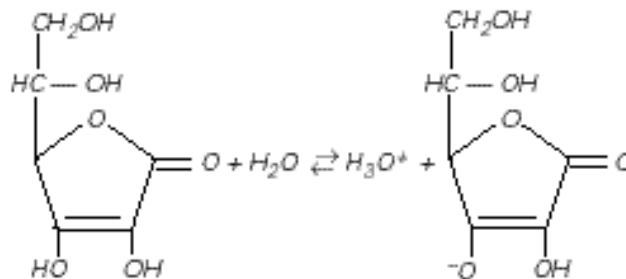
- b) Escreva uma equação química correspondente à dissociação iônica do ácido ascórbico em água, que justifique o seu caráter ácido.

**Resolução**

- a) Sim, trata-se de uma reação de oxidorredução. O carbono sofre oxidação e o iodo sofre redução. Portanto, ocorre variação do número de oxidação, ou seja, uma transferência de elétrons.



- b) A hidroxila ligada a carbono de dupla apresenta caráter ácido. Uma possível dissociação iônica do ácido ascórbico pode ser expressa por:



**5**

A ingestão de cloreto de sódio, na alimentação, é essencial. Excessos, porém, causam problemas, principalmente de hipertensão.

O consumo aconselhado para um adulto situa-se na faixa de 1100 a 3300 mg de sódio por dia.

Pode-se preparar uma bela e apetitosa salada misturando-se 100 g de agrião (33 mg de sódio), 100 g de iogurte (50 mg de sódio) e uma xícara de requeijão cremoso (750 mg de sódio), consumindo-a acompanhada com uma fatia de pão de trigo integral (157 mg de sódio):

- a) Que percentual da necessidade diária mínima de sódio foi ingerido?  
 b) Quantos gramas de cloreto de sódio deveriam ser adicionados à salada, para atingir o consumo diário máximo de sódio aconselhado?

### Resolução

a) Massa de sódio ingerido na salada com o pão:

$$m = 33\text{mg} + 50\text{mg} + 750\text{mg} + 157\text{mg} = 990\text{mg}$$

Cálculo da porcentagem de sódio ingerida (considerando o mínimo de 1100mg de sódio)

$$1100\text{mg} \text{ ----- } 100\%$$

$$990\text{mg} \text{ ----- } x$$

$$x = 90\%$$

O percentual da necessidade diária mínima de sódio será de 90%.

b) Massa de sódio que deve ser acrescentada para satisfazer a necessidade máxima de 3300mg:

$$m' = 3300\text{mg} - 990\text{mg} = 2310\text{mg} = 2,310\text{g de Na}$$

$$\text{Massa molar de NaCl} = (22,990 + 35,453)\text{g/mol} = 58,443\text{g/mol}$$

$$58,443\text{g de NaCl} \text{ ----- } 22,990\text{g de Na}$$

$$x \text{ ----- } 2,310\text{g de Na}$$

$$x = 5,872\text{g de NaCl}$$

### Observação

Admitindo que o pão não seja ingerido (não faz parte da salada), deveríamos adicionar mais 157mg de sódio.

Massa total de sódio que deve ser adicionada:

$$m'' = 2310\text{mg} + 157\text{mg} = 2467\text{mg de Na}$$

$$58,443\text{g de NaCl} \text{ ----- } 22,990\text{g de Na}$$

$$y \text{ ----- } 2,467\text{g de Na}$$

$$y = 6,271\text{g de NaCl}$$

## 6

Fontes vegetais de lipídios contêm moléculas de ácidos graxos (ácidos carboxílicos poli-insaturados) que apresentam estrutura *cis*. O processo de hidrogenação parcial destas gorduras, como por exemplo na fabricação de margarinas, pode conduzir à formação de isômeros *trans*, que não são desejáveis, visto que estes são suspeitos de elevarem o teor de colesterol no sangue.

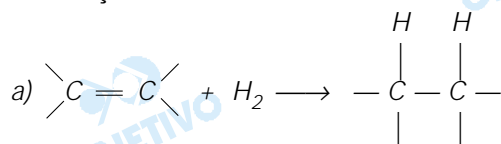
a) Escreva a equação química que representa, genericamente, a hidrogenação de uma dupla ligação carbono-carbono



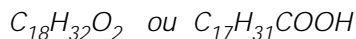
O ácido linoléico pode ser representado pela fórmula  $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$ .

b) Quantas duplas ligações  $\left( \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \right)$  contém uma molécula deste ácido? Justifique.

### Resolução



b) Podemos representar o ácido linoléico pelas seguintes fórmulas moleculares:



A fórmula de um alcano (hidrocarboneto saturado) é  $C_nH_{2n+2}$ . Um radical monovalente saturado tem fórmula  $C_nH_{2n+1}$ .

As fórmulas gerais dos ácidos graxos são:

$C_nH_{2n+1}COOH$  – saturado

$C_nH_{2n-1}COOH$  – uma dupla ligação

$C_nH_{2n-3}COOH$  – duas duplas ligações

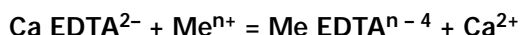
**Conclusão:** o ácido linoléico apresenta em sua cadeia carbônica duas duplas ligações.

$C_{17}H_{31}COOH$  corresponde a  $C_nH_{2n-3}COOH$

## 7

Íons como  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  e  $Fe^{2+}$ , presentes em certos alimentos, como por exemplo maionese, podem causar a sua deterioração através da formação de peróxidos. Para evitar este problema, em alguns alimentos industrializados pode ser adicionada uma substância que complexa (reage com) estes íons, impedindo a sua ação. Esta substância, genericamente conhecida como "EDTA", é adicionada na forma de seu sal de sódio e cálcio.

A reação que ocorre entre os íons "indesejáveis" e o "EDTA" adicionado pode ser representada pela equação:



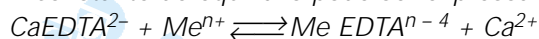
Os valores dos logaritmos das constantes de equilíbrio para as reações de complexação desses íons com EDTA são:

$Me^{n+}$	$\log K_{eq}$
$Fe^{2+}$	14,4
$Cu^{2+}$	18,8
$Fe^{3+}$	25,1

- a) Qual dos íons  $Me^{n+}$  será removido com mais eficiência? Justifique.
- b) Escreva a equação química que representa a reação entre  $CaEDTA^{2-}$  e o íon escolhido no **item a** da questão.

### Resolução

a) A constante de equilíbrio pode ser expressa por:

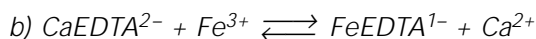


$$K_{eq} = \frac{[Me EDTA^{n-4}] \cdot [Ca^{2+}]}{[Ca EDTA^{2-}] \cdot [Me^{n+}]}$$

O íon  $Me^{n+}$  que será removido com maior eficiência será aquele cujo equilíbrio estará mais deslocado para a direita (formação de íons  $Ca^{2+}$  e consumo de íons  $Me^{n+}$ ) e conseqüentemente apresentará maior valor para a constante de equilíbrio  $K_{eq}$ .

Como foi dado o valor do logaritmo das constantes de equilíbrio para as reações de complexação de cada íon, quanto maior o valor da constante, maior o valor do logaritmo e mais facilmente esse íon será removido.

Podemos concluir que o íon mais facilmente removido é o  $Fe^{3+}$ .

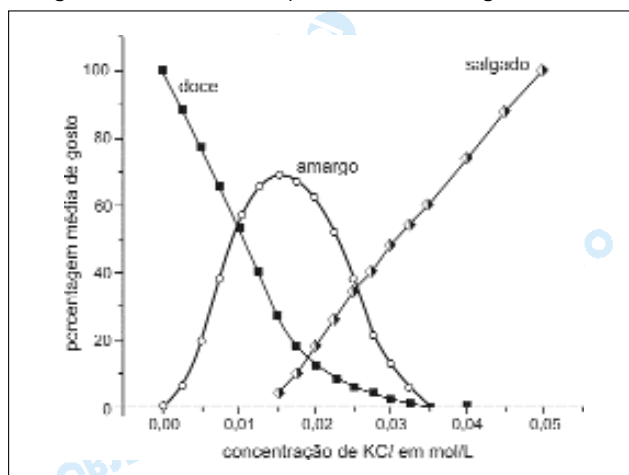


**8**

O cloreto de potássio é muitas vezes usado em dietas especiais como substituto de cloreto de sódio.

O gráfico abaixo mostra a variação do sabor de uma solução aquosa de cloreto de potássio em função da concentração deste sal.

Ao se preparar uma sopa (1,5 litro), foi colocada a quantidade mínima de KCl necessária para se obter sabor "salgado", sem as componentes "amargo" e "doce".



- a) Qual a quantidade, em gramas, de KCl adicionado à sopa?
- b) Qual a pressão osmótica  $\pi$ , a  $57^{\circ}C$ , desta solução de KCl?  $\pi = c R T$ , onde  $c$  é a concentração de partículas em mol/L,  $R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $T$  é a temperatura absoluta.

### Resolução

a) Da leitura do gráfico, temos  $0,035 \text{ mol/L}$  de KCl (mínimo necessário para se obter o sabor salgado, sem os componentes amargo e doce).

\* Cálculo da quantidade, em mol, de KCl, em 1,5L:

$$1 \text{ L} \text{ ----- } 0,035 \text{ mol de KCl}$$

$$1,5 \text{ L} \text{ ----- } x$$

$$x = 0,0525 \text{ mol de KCl}$$

\* Cálculo da massa, em gramas, de KCl:

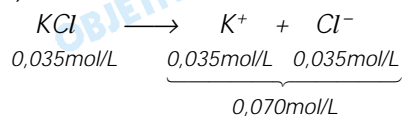
$$\text{Massa molar do KCl} = (39,098 + 35,453) \text{ g/mol} = 74,551 \text{ g/mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ ----- } 74,551 \text{ g}$$

$$0,0525\text{mol} \text{ ----- } y$$

$$y = 3,914\text{g}$$

$$b) \pi = c R T$$



$$\pi = 0,070 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,082\text{L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 330\text{K}$$

$$\pi = 1,894\text{atm}$$

**9**

A expressão "omega-3" ( $\omega 3$ ) parece ter sido definitivamente incorporada ao vocabulário moderno. Ela se refere a ácidos orgânicos de cadeia longa encontrados em óleos de peixes marinhos. Já foi comprovado que estas substâncias protegem os esquimós da Groenlândia contra doenças cardiovasculares. Surge daí o estímulo que hoje se faz para que as populações ocidentais incluam, pelo menos uma vez por semana, peixe no seu cardápio.

O ácido eicosapentaenóico, EPA, é um ácido graxo poli-insaturado do tipo  $\omega 3$ , podendo ser representado por  $\text{C}_{20}:\text{5}\omega 3$ . Esta fórmula indica que a molécula do mesmo possui 20 átomos de carbono e 5 duplas ligações, e que a primeira dupla ligação localiza-se no carbono 3 da cadeia (linear), enumerando-se a partir da extremidade oposta do radical carboxila.

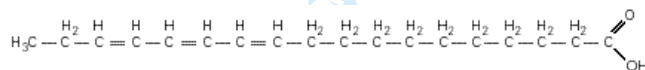
a) Represente uma fórmula estrutural possível do ácido graxo representado por  $\text{C}_{18}:\text{3}\omega 3$ .

Sabe-se que compostos orgânicos que contêm duplas ligações podem reagir com iodo,  $\text{I}_2$ , adicionando-o às duplas ligações.

b) Quantos moles de  $\text{I}_2$  reagem, por completo, com 5,56 g do ácido  $\text{C}_{18}:\text{3}\omega 3$  do item a)?

### Resolução

a) Uma fórmula estrutural possível do ácido graxo representado por  $\text{C}_{18}:\text{3}\omega 3$  é:



A primeira dupla ligação localiza-se no carbono 3 a partir da extremidade oposta do radical carboxila. As outras duplas ligações podem estar localizadas em outros carbonos diferentes do exemplo acima.

b) A fórmula molecular do ácido em questão é:

$$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2, \text{ com massa molar} = 278\text{g/mol}$$

Para cada mol do ácido, temos um consumo de 3mol de  $\text{I}_2$ , pois o ácido tem três duplas ligações em sua cadeia.

$$\begin{array}{r} \text{ácido} \quad \quad \quad \text{I}_2 \\ 278\text{g} \text{ ----- } 3\text{mol} \\ 5,56\text{g} \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = 0,06 \text{ mol}$$

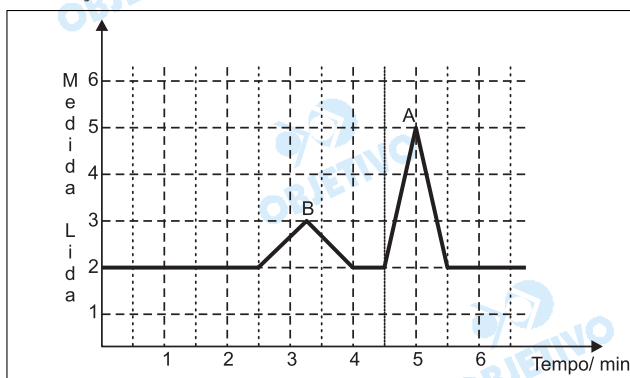
**10**

10,0 g de um fruto de uma pimenteira foram colocados em contato com 100 mL de acetona para extrair as substâncias capsaicina e di-hidrocapsaicina, dois dos compostos responsáveis pela pungência (sensação de quente) da pimenta.

A mistura resultante foi filtrada e o líquido obtido teve seu volume reduzido a 5,0 mL, por aquecimento. Estes 5,0 mL foram diluídos a 50 mL pela adição de etanol anidro. Destes 50 mL, uma porção de 10 mL foi diluída a 25 mL. A análise desta última solução, num instrumento apropriado, forneceu o gráfico representado na figura.

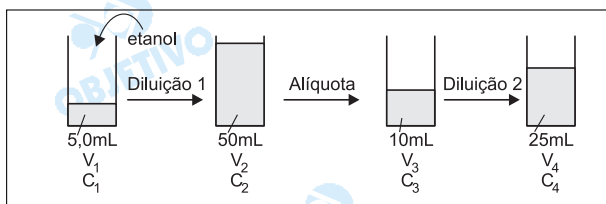
Observou-se que a concentração da capsaicina é metade da di-hidrocapsaicina.

- Qual a relação entre as concentrações da capsaicina, na solução de 5,0 mL e na solução final? Justifique.
- Identifique o "triângulo" que corresponde à capsaicina e o "triângulo" que corresponde à di-hidrocapsaicina. Mostre claramente como você fez esta correlação.



**Resolução**

a)



Na diluição 1, o volume aumentou 10 vezes e a concentração de capsaicina ficou 10 vezes menor.

Na diluição 2, o volume aumentou 2,5 vezes e a concentração de capsaicina ficou 2,5 vezes menor.

A concentração de capsaicina na solução de 5,0 mL será  $10 \times 2,5 = 25$  vezes maior que na solução final.

$$V_1 C_1 = V_2 C_2 \therefore 5,0 \cdot C_1 = 50 \cdot C_2 \therefore C_2 = 0,1 \cdot C_1$$

$$C_2 = C_3 = 0,1 C_1$$

$$V_3 C_3 = V_4 C_4 \therefore 10 \cdot 0,1 \cdot C_1 = 25 \cdot C_4$$

$$C_1 = 25 C_4$$

b) A quantidade de cada soluto presente no sistema é determinada a partir da área sob cada pico.

$$\text{Pico A} \Rightarrow A = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{1 \cdot 3}{2} = 1,5 \text{ unidades arbitrárias}$$

$$\text{Pico B} \Rightarrow A' = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{1,5 \cdot 1}{2} = 0,75 \text{ unidade arbitrária}$$

Como foi dito no texto que a concentração da capsaicina é a metade da de di-hidrocapsaicina, temos:

A → di-hidrocapsaicina

B → capsaicina

O instrumento utilizado poderia ser um cromatógrafo.

**11**

Uma receita de biscoitinhos Petit Four de laranja leva os seguintes ingredientes :

Ingrediente	Quantidade/ gramas	Densidade aparente g/cm <sup>3</sup>
Farinha de trigo	360	0,65
Carbonato ácido de amônio	6	1,5
Sal	1	2,0
Manteiga	100	0,85
Açúcar	90	0,90
Ovo	100 (2 ovos)	1,05
Raspas de casca de laranja	3	0,50

A densidade aparente da "massa" recém preparada e antes de ser assada é de 1,10 g/cm<sup>3</sup>. Entende-se por densidade aparente a relação entre a massa da "massa" ou do ingrediente, na "forma" em que se encontra, e o respectivo volume ocupado.

- Qual o volume ocupado pela "massa" recém preparada, correspondente a uma receita?
- Como se justifica o fato da densidade aparente da "massa" ser diferente da média ponderada das densidades aparentes dos constituintes?

**Resolução**

a) Cálculo da "massa" recém-preparada para uma receita:

$$360g + 6g + 1g + 100g + 90g + 100g + 3g = 660g$$

Como a densidade aparente da "massa" recém-preparada é 1,10g/cm<sup>3</sup>, temos:

$$\begin{array}{l} 1\text{cm}^3 \text{ ----- } 1,10\text{g} \\ x \text{ ----- } 660\text{g} \end{array}$$

$$x = 600\text{cm}^3$$

b) A densidade aparente da "massa" recém-preparada não é a média das densidades aparentes dos constituintes, porque o ingrediente isolado

está em uma certa "forma" e na massa está em uma "forma" diferente. Quando os ingredientes são misturados, aparecem novas interações intermoleculares que podem fazer variar o volume total.

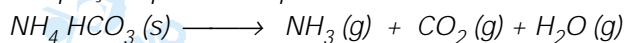
**12**

Considerando a questão anterior, se o carbonato ácido de amônio (hidrogenocarbonato de amônio) se decompõe totalmente pela ação do calor formando amônia, água e gás carbônico, todos no estado gasoso:

- a) Escreva a equação química que representa esta reação.
- b) Determine o volume total de gases produzidos pela decomposição do carbonato ácido de amônio em um forno a 227°C, à pressão ambiente de 1atm. Massa molar do carbonato ácido de amônio = 79 g / mol.

**Resolução**

a) A equação química do processo:



b) Cálculo da quantidade em mol de gases na decomposição de 6g de  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ :

$$\begin{array}{l} 79\text{g} \text{ ----- } 3\text{mol de gases} \\ 6\text{g} \text{ ----- } x \\ x = 0,23\text{mol} \end{array}$$

Cálculo do volume total de gases utilizando a equação de estado (Clapeyron):

$$pV = n R T$$

$$1 \text{ atm} \cdot V = 0,23 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 500\text{K}$$

$$V = 9,43\text{L}$$