

49. (PUC-MG) Das soluções abaixo, a que ferverá mais rapidamente é:

- a) 100 mL de solução aquosa de sulfato de cobre 0,1 mol/L.
- b) 100 mL de solução aquosa de cloreto de cálcio 0,1 mol/L.
- c) 100 mL de solução aquosa de bicarbonato de sódio 0,1 mol/L.
- ☒ d) 100 mL de solução aquosa de glicose 0,1 mol/L.
- e) 100 mL de solução aquosa de soda cáustica 0,1 mol/L.

ANALISANDO as opções, todas as moléculas são eletrólitos, exceto pela glicose, já que eletrólitos se dissociam, tem um número de partículas dissociadas maior que 1, e a glicose que não é um eletrólito não se dissocia  $\rightarrow$  1 partícula

A solução com menor número de partículas dissociadas ferverá mais rápido

# Explicação

Conceito de Fervura e Propriedades Coligativas

## 1. Fervura: O Que Significa Ferver?

- **Ferver** significa que a solução está atingindo seu **ponto de ebulição**, onde a pressão de vapor do líquido iguala a pressão atmosférica, resultando na formação de vapor visível (bolhas) dentro do líquido.
- **Fervura mais rápida** implica que a solução atinge seu ponto de ebulição em menos tempo quando comparada a outras soluções.

## 2. Propriedades Coligativas

As propriedades coligativas são características de soluções que dependem apenas do **número de partículas de soluto** presentes na solução, não da natureza química dessas partículas. As principais propriedades coligativas são:

- **Abaixamento do ponto de congelamento**
- **Elevação do ponto de ebulição**
- **Pressão osmótica**
- **Abaixamento da pressão de vapor**

## 3. Elevação do Ponto de Ebulição

- Quando um soluto é dissolvido em um solvente, o ponto de ebulição da solução **aumenta** em relação ao solvente puro. Esse fenômeno é conhecido como **elevação do ponto de ebulição**.
- A magnitude dessa elevação depende da **concentração efetiva** de partículas na solução, que é dada por:

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$$

Onde:

- $\Delta T_b$  = Elevação do ponto de ebulição
- $K_b$  = Constante ebulliométrica do solvente
- $m$  = Molalidade da solução (aproximadamente igual à molaridade para soluções diluídas)
- $i$  = Fator de Van't Hoff (número de partículas em que o soluto se dissocia)

#### 4. Fator de Van't Hoff ( $i$ )

- Representa o número de partículas em que o soluto se dissocia na solução.
  - Não Eletrolitos (Ex.: Glicose):  $i = 1$  (não se dissociam)
  - Eletrolitos Fortes:
    - NaCl:  $Na^+ + Cl^- \rightarrow i = 2$
    - CaCl<sub>2</sub>:  $Ca^{2+} + 2 Cl^- \rightarrow i = 3$
    - AlF<sub>3</sub>:  $Al^{3+} + 3 F^- \rightarrow i = 4$
    - ZnSO<sub>4</sub>:  $Zn^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow i = 2$
-

## Análise das Alternativas da Questão 49

Vamos calcular a **concentração efetiva** ( $i \times C$ ) para cada solução para determinar qual delas terá a maior elevação do ponto de ebulição.

Alternativa	Soluto	Concentração (C)	Fator $i$	Concentração Efetiva ( $i \times C$ )
a)	Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L
b)	Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )	0,1 mol/L	3	0,3 mol/L
c)	Bicarbonato de Sódio ( $\text{NaHCO}_3$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L
d)	Glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )	0,1 mol/L	1	0,1 mol/L
e)	Soda Cáustica ( $\text{NaOH}$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L

### Cálculo da Concentração Efetiva:

$$\text{Concentração Efetiva} = i \times C$$

- Glicose:  $1 \times 0,1 = 0,1$  mol/L
- $\text{CaCl}_2$ :  $3 \times 0,1 = 0,3$  mol/L
- Outras soluções eletrolíticas:  $i \times C$  varia conforme o fator  $i$

## Interpretação dos Resultados

### 1. Maior Concentração Efetiva → Maior Elevação do Ponto de Ebulição

- Soluções com maior  $i \times C$  terão maior elevação do ponto de ebulição, ou seja, precisarão de mais energia para atingir a fervura.

### 2. Menor Concentração Efetiva → Menor Elevação do Ponto de Ebulição

- A solução com a menor  $i \times C$  terá uma elevação mínima no ponto de ebulição, ficando mais próxima do ponto de ebulição do solvente puro (água, que ferve a 100°C).

### 3. Aplicação na Questão:

- Glicose (Alternativa d):  $i \times C = 0,1$  mol/L (menor entre todas)
- Outras Soluções:
  - $\text{CaCl}_2$ : 0,3 mol/L
  - $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ : 0,2 mol/L

### 4. Conclusão:

- A solução de glicose possui a **menor concentração efetiva de partículas**, resultando na **menor elevação do ponto de ebulição**.
  - Isso significa que a solução de glicose atinge seu ponto de ebulição mais próximo do da água pura, necessitando de **menos tempo e energia** para ferver comparada às outras soluções.
- 

## Efeito da Concentração na Fervura

- Soluções com Alta Concentração de Solute (Alta  $i \times C$ ):
    - **Maior Elevação do Ponto de Ebulição:** Precisam de mais calor para atingir a fervura.
    - **Tempo Maior para Ferver:** Requer mais tempo para fornecer a energia necessária.
  - Soluções com Baixa Concentração de Solute (Baixa  $i \times C$ ):
    - **Menor Elevação do Ponto de Ebulição:** Ponto de ebulição mais próximo ao da água pura.
    - **Tempo Menor para Ferver:** Menos energia necessária para atingir o ponto de ebulição.
-

## Por Que a Glicose Ferverá Mais Rápido?

- Glicose é um Não Eletrolito:
    - Não se Dissocia em Íons: Mantém-se como moléculas intactas na solução.
    - Fator  $i = 1$ : Apenas uma partícula por molécula de glicose.
  - Comparação com Eletrolitos:
    - Eletrolitos Fortes (Ex.:  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ): Dissociam-se em múltiplas partículas, aumentando o fator  $i$ .
    - Maior Número de Partículas → Maior Elevação do Ponto de Ebulição → Mais Tempo para Ferver
  - Glicose, com  $i \times C = 0,1 \text{ mol/L}$ :
    - Menor Elevação do Ponto de Ebulição: Aproxima-se mais do ponto de ebulição da água pura.
    - Menor Energia Necessária: Alcança a fervura mais rapidamente.
- 

**Por que aumentar a contração aumenta a temperatura de ebulição**

## Elevação do Ponto de Ebulição

A elevação do ponto de ebulição ocorre quando um soluto não-volátil (como a glicose ou NaCl) é adicionado a um solvente (como a água). A presença do soluto interfere nas interações intermoleculares do solvente, exigindo uma **temperatura mais alta** para que a pressão de vapor do solvente iguale a pressão atmosférica, permitindo a fervura.

### Fórmula da Elevação do Ponto de Ebulição

A elevação do ponto de ebulição ( $\Delta T_b$ ) pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$$

Onde:

- $\Delta T_b$  = Elevação do ponto de ebulição
- $K_b$  = Constante ebulliométrica do solvente
- $m$  = Molalidade da solução (moles de soluto por quilograma de solvente)
- $i$  = Fator de Van't Hoff (número de partículas em que o soluto se dissocia)

### Impacto da Concentração de Soluto

- **Aumento da Concentração ( $m$ ):** Conforme a concentração de soluto aumenta, a molalidade  $m$  aumenta. Isso resulta em uma maior elevação do ponto de ebulição.
- **Aumento do Fator de Van't Hoff ( $i$ ):** Se o soluto é um eletrólito que se dissocia em múltiplas partículas (como NaCl que se dissocia em  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ,  $i = 2$ ), a elevação do ponto de ebulição também aumenta.

## Aplicação na Questão 49

Vamos revisar a **Questão 49** com esse entendimento:

**Enunciado:** Das soluções abaixo, a que ferverá mais rapidamente é:

- a) 100 mL de solução aquosa de sulfato de cobre 0,1 mol/L.
- b) 100 mL de solução aquosa de cloreto de cálcio 0,1 mol/L.
- c) 100 mL de solução aquosa de bicarbonato de sódio 0,1 mol/L.
- d) 100 mL de solução aquosa de glicose 0,1 mol/L.
- e) 100 mL de solução aquosa de soda cáustica 0,1 mol/L.

### Resolução Simplificada:

#### 1. Determinar a Concentração Efetiva ( $i \times C$ ) para Cada Solução:

Alternativa	Soluto	Concentração (C)	Fator $i$	Concentração Efetiva ( $i \times C$ )
a)	Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L
b)	Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )	0,1 mol/L	3	0,3 mol/L
c)	Bicarbonato de Sódio ( $\text{NaHCO}_3$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L
d)	Glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )	0,1 mol/L	1	0,1 mol/L
e)	Soda Cáustica ( $\text{NaOH}$ )	0,1 mol/L	2	0,2 mol/L

#### 2. Interpretação:

- Glicose (Alternativa d):  $i \times C = 1 \times 0,1 = 0,1$  mol/L (menor entre todas)
- Outras Soluções Eletrolíticas: Possuem  $i \times C$  igual ou maior que 0,2 mol/L

#### 3. Conclusão:

- Glicose, por ter a menor concentração efetiva de partículas, apresenta a menor elevação do ponto de ebulição.
- Menor Elevação = Ponto de Ebulição mais próximo do Solvente Puro (Água)
- Portanto, a solução de glicose atinge o ponto de ebulição mais rapidamente porque não precisa elevar tanto a temperatura como as soluções com maior concentração de soluto.

- **Maior Concentração de Solute (maior  $i \times C$ ):**
  - **Maior Elevação do Ponto de Ebulição:** Precisa de mais calor para ferver.
  - **Demora Mais para Ferver:** Mais energia e tempo são necessários.
- **Menor Concentração de Solute (menor  $i \times C$ ):**
  - **Menor Elevação do Ponto de Ebulição:** Aproxima-se mais do ponto de ebulição do solvente puro.
  - **Ferve Mais Rapidamente:** Menos energia e tempo são necessários para atingir a fervura.

### O Que o Enunciado Quer Dizer com "Ferver Mais Rápido"?

No contexto da **Questão 49**, "ferver mais rapidamente" significa que a solução atinge seu ponto de ebulição em **menos tempo**. Isso ocorre porque a solução com a **menor elevação do ponto de ebulição** precisa de **menos calor** para atingir a temperatura de ebulição. Como a **glicose** possui a menor concentração efetiva de partículas, ela apresenta a menor elevação do ponto de ebulição, atingindo a fervura mais próximo do ponto de ebulição da água pura (100°C) e, portanto, ferverá mais rapidamente em comparação com as soluções de eletrólitos que elevam significativamente o ponto de ebulição.

## Questão 50

**Enunciado:** Tem-se 25 mL de cada uma das seguintes soluções 0,1 M:  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Apresentará maior pressão osmótica, a solução de:

### Alternativas:

- $\text{MgCl}_2$
- $\text{NaCl}$
- $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- $\text{AlF}_3$



## Conceitos Fundamentais

Para resolver esta questão, é essencial compreender o conceito de **pressão osmótica** e como as propriedades coligativas influenciam essa pressão.

### 1. Pressão Osmótica ( $\pi$ )

- Definição:
  - A pressão osmótica é a pressão necessária para impedir o fluxo de solvente através de uma membrana semipermeável que separa duas soluções com diferentes concentrações de soluto.
- Fórmula da Pressão Osmótica:

$$\pi = i \cdot C \cdot R \cdot T$$

Onde:

- $\pi$  = Pressão osmótica
- $i$  = Fator de Van't Hoff (número de partículas em que o soluto se dissocia)
- $C$  = Concentração molar da solução (mol/L)
- $R$  = Constante universal dos gases (0,0821 L·atm·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>)
- $T$  = Temperatura absoluta (em Kelvin)
- Interpretação:
  - Para uma dada temperatura ( $T$ ) e quantidade de soluto ( $C$ ), a pressão osmótica é diretamente proporcional ao produto  $i \cdot C$ .
  - Maior  $i \cdot C \rightarrow$  Maior Pressão Osmótica

### 2. Fator de Van't Hoff ( $i$ )

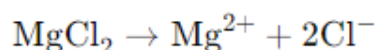
- Representa o número de partículas em que um soluto se dissocia em solução.
  - Importância:
    - Solutos que se dissociam em mais partículas aumentam o valor de  $i$ , elevando, conseqüentemente, a pressão osmótica.
-

### Passo 1: Identificar o Solute e seu Comportamento em Solução

Analisar cada soluto para determinar como ele se dissocia em solução aquosa:

#### 1. $\text{MgCl}_2$ (Cloreto de Magnésio)

- Dissociação:



- Fator  $i$ : 3 (1 íon  $\text{Mg}^{2+}$  + 2 íons  $\text{Cl}^-$ )

#### 2. $\text{NaCl}$ (Cloreto de Sódio)

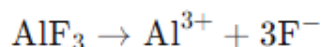
- Dissociação:



- Fator  $i$ : 2 (1 íon  $\text{Na}^+$  + 1 íon  $\text{Cl}^-$ )

#### 3. $\text{AlF}_3$ (Fluoreto de Alumínio)

- Dissociação:



- Fator  $i$ : 4 (1 íon  $\text{Al}^{3+}$  + 3 íons  $\text{F}^-$ )

#### 4. $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (Sacarose)

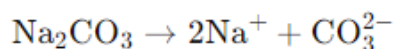
- Dissociação:

- Sacarose é um não eletrólito, ou seja, não se dissocia em íons em solução aquosa.

- Fator  $i$ : 1

#### 5. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (Carbonato de Sódio)

- Dissociação:



- Fator  $i$ : 3 (2 íons  $\text{Na}^+$  + 1 íon  $\text{CO}_3^{2-}$ )

**Passo 2: Calcular a Concentração Efetiva ( $i \cdot C$ ) para Cada Solução**

Usando a fórmula da pressão osmótica e considerando que todas as soluções têm a mesma concentração ( $C = 0,1 \text{ mol/L}$ ) e o mesmo volume (25 mL), a pressão osmótica será proporcional a  $i$ .

$$\text{Concentração Efetiva} = i \cdot C$$

Vamos calcular para cada soluto:

1.  $\text{MgCl}_2$ :

$$i \cdot C = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ mol/L}$$

2.  $\text{NaCl}$ :

$$i \cdot C = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ mol/L}$$

3.  $\text{AlF}_3$ :

$$i \cdot C = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ mol/L}$$

4.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (Sacarose):

$$i \cdot C = 1 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ mol/L}$$

5.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :

$$i \cdot C = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ mol/L}$$

**Passo 3: Comparar as Concentrações Efetivas**

Alternativa	Soluto	$i$	$C$ (mol/L)	$i \cdot C$ (mol/L)
a)	MgCl <sub>2</sub>	3	0,1	0,3
b)	NaCl	2	0,1	0,2
c)	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (Sacarose)	1	0,1	0,1
d)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3	0,1	0,3
e)	AlF <sub>3</sub>	4	0,1	0,4

**Passo 4: Identificar a Solução com Maior  $i \cdot C$** 

Analisando a tabela:

- AlF<sub>3</sub> (Alternativa e):  $i \cdot C = 4 \cdot 0,1 = 0,4$  mol/L (maior valor)
- MgCl<sub>2</sub> e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Alternativas a e d):  $i \cdot C = 0,3$  mol/L
- NaCl (Alternativa b):  $i \cdot C = 0,2$  mol/L
- Sacarose (Alternativa c):  $i \cdot C = 0,1$  mol/L

Portanto, AlF<sub>3</sub> possui a maior concentração efetiva de partículas na solução, resultando na **maior** pressão osmótica.

**Resposta Correta:**

**e) AlF<sub>3</sub>**

---