

# Pressão de Vapor

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## Pressão de Vapor

1. Origem da pressão de vapor.
2. Volatilidade e forças intermoleculares.
3. Pressão de vapor e temperatura.
4. Equação de Clausius Clapeyron:

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

5. Ebulição.

### 1.0.1 Habilidades

- a. **Calcular** a pressão de vapor em uma dada temperatura utilizando a Equação de Clausius Clapeyron.
- b. **Calcular** a temperatura de ebulição utilizando a Equação de Clausius Clapeyron.

## Equilíbrio de Fase Multicomponente

1. Pressão de vapor de misturas
2. Lei de Raoult:  
$$P_A = x_A P_A^*$$
3. Misturas líquidas binárias.
4. Destilação.
5. Azeótropos.

### 2.0.2 Habilidades

- a. **Calcular** a pressão de vapor de solvente utilizando a Lei de Raoult.
- b. **Calcular** a pressão e composição do vapor para misturas binárias utilizando a Lei de Raoult.

## Nível I

### PROBLEMA 2.1

2D01

**Assinale** a alternativa com a substância com *menor* pressão de vapor.

- |   |  |
|---|--|
| <b>A</b> CCl <sub>4</sub>                 | <b>B</b> CHCl <sub>3</sub>               |
| <b>C</b> C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>   | <b>D</b> CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> |
| <b>E</b> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl |  |

### PROBLEMA 2.2

2D02

**Assinale** a alternativa com a substância com *maior* pressão de vapor.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> Butano   | <b>B</b> Octano   |
| <b>C</b> Propanol | <b>D</b> Glicerol |
| <b>E</b> Água     |                   |

### PROBLEMA 2.3

2D03

**Assinale** a alternativa com a ordem de pressão de vapor.

- |   |   |
|---|---|
| <b>A</b> CO <sub>2</sub> > Br <sub>2</sub> > Hg | <b>B</b> CO <sub>2</sub> ≈ Br <sub>2</sub> > Hg |
| <b>C</b> CO <sub>2</sub> ≈ Br <sub>2</sub> ≈ Hg | <b>D</b> Br <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> > Hg |
| <b>E</b> Br <sub>2</sub> > CO <sub>2</sub> ≈ Hg |   |

### PROBLEMA 2.4

2D04

Considere as substâncias.

1. 2-metil-pentano
2. 3-metil-pentano
3. 2,2-dimetil-butano
4. 2,3-dimetil-butano

**Assinale** a alternativa com a ordem de pressão de vapor.

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| <b>A</b> 1 > 2 > 3 > 4 | <b>B</b> 2 > 1 > 3 > 4 |
| <b>C</b> 3 > 4 > 1 > 2 | <b>D</b> 4 > 3 > 1 > 2 |
| <b>E</b> 2 > 1 > 4 > 3 |                        |

**PROBLEMA 2.5**

2D05

Um tambor selado contém ar seco e uma quantidade muito pequena de acetona líquida em equilíbrio com a fase vapor. A pressão parcial da acetona é de 180 Torr e a pressão total no tambor é de 760 Torr. Em uma queda durante seu transporte, o tambor foi danificado e seu volume interno diminuiu para 80% do volume inicial, sem que tenha havido vazamento.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão total após a queda.

- A** 760 Torr                      **B** 832 Torr  
**C** 905 Torr                      **D** 950 Torr  
**E** 1175 Torr

**PROBLEMA 2.6**

2D06

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor do  $\text{CCl}_4$  a  $25^\circ\text{C}$ .

- A** 107 Torr                      **B** 216 Torr  
**C** 325 Torr                      **D** 434 Torr  
**E** 543 Torr

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{330\text{K}}(\text{CCl}_4) = 405 \text{ Torr}$
- $H_{\text{vap}}(\text{CCl}_4) = 33$

**PROBLEMA 2.7**

2D07

A dependência da pressão de vapor do cloro-difluoreto de fosforila,  $\text{OPClF}_2$  foi medida em função da temperatura.

$T/\text{K}$	190	228	250	273
$P_{\text{vap}}/\text{Torr}$	3,2	68	240	672

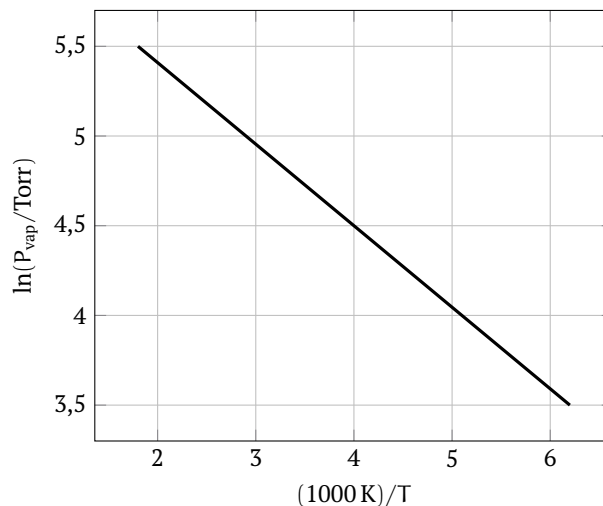
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização.

- A**  $14 \text{ kJ mol}^{-1}$                       **B**  $28 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**C**  $42 \text{ kJ mol}^{-1}$                       **D**  $56 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**E**  $70 \text{ kJ mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.8**

2D08

A dependência da pressão de vapor da arsina,  $\text{AsH}_3$ , foi medida em função da temperatura.



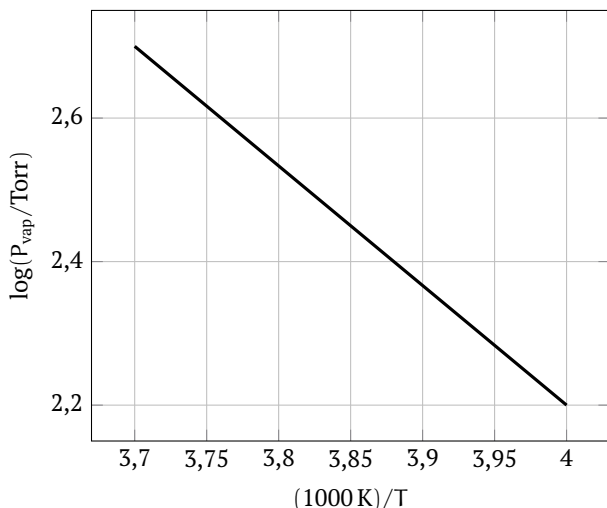
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização do  $\text{AsH}_3$ .

- A**  $10 \text{ kJ mol}^{-1}$                       **B**  $18 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**C**  $42 \text{ kJ mol}^{-1}$                       **D**  $64 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**E**  $92 \text{ kJ mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.9**

2D09

A dependência da pressão de vapor do dióxido de cloro foi medida em função da temperatura.



**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entropia de vaporização do ClO<sub>2</sub>.

- |  |  |
|--|--|
| <b>A</b> 100 J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> | <b>B</b> 200 J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> |
| <b>C</b> 300 J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> | <b>D</b> 400 J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> |
| <b>E</b> 500 J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> |  |

**PROBLEMA 2.10**

2D10

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do ponto de ebulição do etanol sob 2 atm.

- |                |                |
|----------------|----------------|
| <b>A</b> 273 K | <b>B</b> 367 K |
| <b>C</b> 458 K | <b>D</b> 592 K |
| <b>E</b> 671 K |                |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{308\text{ K}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 13,3\text{ kPa}$
- $H_{\text{vap}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 43,5$

**PROBLEMA 2.11**

2D11

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima do ponto de ebulição do BCl<sub>3</sub>.

- |                |                |
|----------------|----------------|
| <b>A</b> 287 K | <b>B</b> 325 K |
| <b>C</b> 412 K | <b>D</b> 545 K |
| <b>E</b> 638 K |                |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{500\text{ K}}(\text{BCl}_3) = 17\text{ kPa}$
- $\Delta H_{\text{vap}}(\text{BCl}_3) = 23,8\text{ kJ mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.12**

2D12

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão necessária para destilar o ácido tricloroacético a 100 °C.

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| <b>A</b> 1,2 kPa | <b>B</b> 2,4 kPa |
| <b>C</b> 3,6 kPa | <b>D</b> 4,8 kPa |
| <b>E</b> 6,0 kPa |                  |

**Dados**

- $\Delta H_{\text{vap}}(\text{CCl}_3\text{COOH}) = 57,8\text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta S_{\text{vap}}(\text{CCl}_3\text{COOH}) = 124\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$

**PROBLEMA 2.13**

2D13

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor do benzeno a 298 K.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 10,5 kPa | <b>B</b> 13,5 kPa |
| <b>C</b> 16,5 kPa | <b>D</b> 19,5 kPa |
| <b>E</b> 21,5 kPa |                   |

**Dados**

- $\Delta G_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_6, \text{g}) = 130\text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta G_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_6, \text{l}) = 124\text{ kJ mol}^{-1}$

**Nível II**
**PROBLEMA 2.14**

2D14

Uma solução aquosa de sacarose possui fração molar 0,1 a 100 °C. **Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor dessa solução.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 624 Torr | <b>B</b> 660 Torr |
| <b>C</b> 684 Torr | <b>D</b> 760 Torr |
| <b>E</b> 784 Torr |                   |

**PROBLEMA 2.15**

2D15

Uma solução é preparada pela dissolução de 10 g de sacarose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , em 100 g de água a  $20^\circ\text{C}$ .

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor dessa solução.

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>A</b> 7,5 Torr | <b>B</b> 6,4 Torr |
| <b>C</b> 5,3 Torr | <b>D</b> 4,3 Torr |
| <b>E</b> 3,1 Torr |                   |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{293\text{K}}(\text{H}_2\text{O}) = 17,5 \text{ Torr}$

**PROBLEMA 2.16**

2D16

Uma solução é preparada pela adição de um soluto não volátil a 0,3 mol de benzeno líquido a  $25^\circ\text{C}$ . A pressão de vapor do benzeno nessa solução é 75 Torr.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da quantidade de soluto nessa solução.

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| <b>A</b> 45 mmol | <b>B</b> 56 mmol |
| <b>C</b> 67 mmol | <b>D</b> 78 mmol |
| <b>E</b> 89 mmol |                  |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$

**PROBLEMA 2.17**

2D17

Uma solução é preparada pela dissolução de 8,05 g de um composto desconhecido em 100 g de benzeno líquido a  $25^\circ\text{C}$ . A pressão de vapor do benzeno nessa solução é 75 Torr.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da massa molar do composto desconhecido.

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A</b> $115 \text{ g mol}^{-1}$ | <b>B</b> $145 \text{ g mol}^{-1}$ |
| <b>C</b> $175 \text{ g mol}^{-1}$ | <b>D</b> $205 \text{ g mol}^{-1}$ |
| <b>E</b> $235 \text{ g mol}^{-1}$ |                                   |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$

**PROBLEMA 2.18**

2D18

Um reator contém 1 bar de uma mistura de etanol e metanol em equilíbrio com o líquido. A temperatura do sistema é levemente aumentada mantendo a pressão em 1 bar.

**Assinale** a alternativa *correta*.

- A** A fração de metanol aumenta na fase líquida e diminui na fase gasosa.
- B** A fração de metanol aumenta na fase líquida e aumenta na fase gasosa.
- C** A fração de metanol não se altera em nenhuma das fases.
- D** A fração de metanol diminui na fase líquida e diminui na fase gasosa.
- E** A fração de metanol diminui na fase líquida e aumenta na fase gasosa.

**PROBLEMA 2.19**

2D19

Uma solução é preparada pela mistura de 1 mol de benzeno e 0,4 mol de tolueno.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor da mistura.

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| <b>A</b> 58 Torr | <b>B</b> 67 Torr |
| <b>C</b> 76 Torr | <b>D</b> 85 Torr |
| <b>E</b> 94 Torr |                  |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_7\text{H}_8) = 29,1 \text{ Torr}$

**PROBLEMA 2.20**

2D20

Em uma solução de benzeno em tolueno a  $25^\circ\text{C}$ , um terço das moléculas do líquido é de benzeno.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração molar de benzeno no vapor.

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| <b>A</b> 0,35 | <b>B</b> 0,44 | <b>C</b> 0,53 |
| <b>D</b> 0,62 | <b>E</b> 0,71 |               |

**Dados**

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_7\text{H}_8) = 29,1 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.21

2D21

Uma solução é preparada pela mistura de pentano e hexano. As frações molares de pentano e hexano são iguais no vapor. **Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração de pentano na fase líquida.

- A 0,23      B 0,34      C 0,50  
D 0,56      E 0,77

## Dados

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 512 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 151 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.22

2D22

Uma solução é preparada pela mistura de 15 g de benzeno e 64,3 g de tolueno.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração molar de benzeno no vapor.

- A 0,46      B 0,48      C 0,50  
D 0,52      E 0,54

## Dados

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 512 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 151 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.23

2D23

Uma solução de 1,2-dibromoeteno e 2,3-dibromopropeno a  $85^\circ\text{C}$  possui fração molar de 1,2-dibromoeteno 0,40.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração molar de 2,3-dibromopropeno no vapor.

- A 0,40      B 0,42      C 0,48  
D 0,52      E 0,60

## Dados

- $P_{\text{vap}}^{360\text{K}}(1,2\text{-dibromoeteno}) = 173 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{360\text{K}}(2,3\text{-dibromopropeno}) = 127 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.24

2D24

Uma solução de benzeno em tolueno apresenta 50 Torr de pressão de vapor.

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da fração de benzeno no vapor.

- A 10%      B 35%      C 60%  
D 85%      E 95%

## Dados

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_7\text{H}_8) = 29,1 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.25

2D27

Considere um dispositivo constituído por dois balões de vidro, **A** e **B**, cada um com capacidade de 894 mL conectados por uma torneira. Dois ensaios independentes foram realizados a 298 K.

1. Os balões foram inicialmente evacuados e, logo a seguir, com a torneira fechada, foram introduzidos 0,3 g de benzeno e 20 g de tolueno em **A** e **B**, respectivamente.
2. Os balões foram novamente evacuados e, na sequência, uma quantidade de benzeno foi introduzida em **A** e outra quantidade de tolueno foi introduzida em **B**. A torneira é aberta e o equilíbrio líquido vapor é atingido. A pressão interna no dispositivo é 76,2 Torr.

- a. **Determine** a pressão em cada balão, no primeiro ensaio, após o sistema ter atingido o equilíbrio;
- b. **Determine** a fração molar de tolueno na fase líquida no equilíbrio.

## Dados

- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 94,6 \text{ Torr}$
- $P_{\text{vap}}^{298\text{K}}(\text{C}_7\text{H}_8) = 29,1 \text{ Torr}$

## PROBLEMA 2.26

2D28

Considere um dispositivo constituído por dois balões de vidro, **A** e **B**, cada um com capacidade de 1 L conectados por uma torneira. Ao balão **A** são adicionados 1,50 g de dietiléter,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ . A pressão de vapor do dietiléter é 57 Torr em  $-45^\circ\text{C}$ , 185 Torr em  $0^\circ\text{C}$ , 534 Torr em  $25^\circ\text{C}$ , e desprezível abaixo de  $-86^\circ\text{C}$ .

- a. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira permanece fechada e a temperatura é mantida em  $-45^\circ\text{C}$
- b. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira permanece fechada e a temperatura é mantida em  $25^\circ\text{C}$
- c. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira é aberta e a temperatura é mantida em  $-45^\circ\text{C}$

Em uma indústria petroquímica deseja-se evaporar a água de uma corrente de  $10\text{ m}^3$  de petróleo contendo 15% de água em volume. Para isso a corrente é alimentada em um tambor para a destilação flash. O tambor é equipado com um sistema de aquecimento, que mantém a temperatura constante em 300 K.

- Determine** o volume mínimo do tambor para que toda a água evapore.
- Determine** o calor fornecido pelo sistema de aquecimento.

Dois frascos abertos **A** e **B**, contendo mesmo volume de água líquida e de uma solução aquosa concentrada em sacarose, respectivamente, são colocados em um recipiente que, a seguir, é devidamente fechado.

**Assinale** a alternativa *correta*

- Os volumes dos líquidos nos frascos **A** e **B** não apresentam alterações visíveis.
- O volume do líquido no frasco **A** aumenta, enquanto que o do frasco **B** diminui.
- O volume do líquido no frasco **A** diminui, enquanto que o do frasco **B** aumenta.
- O volume do líquido no frasco **A** permanece o mesmo, enquanto que o do frasco **B** diminui.
- O volume do líquido no frasco **A** diminui, enquanto que o do frasco **B** permanece o mesmo.

## Nível II

- C**
- C**
- D**
- A**
- D**
- C**
- D**
- A**
- B**
- D**
- C**
- A, 80 Torr e B, 29,1 Torr
  - 0,134
- 57 Torr
  - 380 Torr
  - 57 Torr
- 68, 5m<sup>3</sup>
  - 3120MJ
- C**

## Gabarito

### Nível I

- |              |              |              |             |              |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 1. <b>C</b>  | 2. <b>A</b>  | 3. <b>A</b>  | 4. <b>C</b> | 5. <b>C</b>  |
| 6. <b>A</b>  | 7. <b>B</b>  | 8. <b>B</b>  | 9. <b>A</b> | 10. <b>B</b> |
| 11. <b>A</b> | 12. <b>B</b> | 13. <b>B</b> |             |              |