

# Pressão de Vapor

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensí, Coordenação de Química



## 1 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.

### 1.1 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.

## 2 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.

### 2.1 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.

- A**  $\text{CCl}_4$
- B**  $\text{CHCl}_3$
- C**  $\text{C}_2\text{Cl}_6$
- D**  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$
- E**  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$

### PROBLEMA 2.2

2D02

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

- A** Butano
- B** Octano
- C** Propanol
- D** Glicerol
- E** Água

### PROBLEMA 2.3

2D03

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

- A**  $\text{CO}_2 > \text{Br}_2 > \text{Hg}$
- B**  $\text{CO}_2 \approx \text{Br}_2 > \text{Hg}$
- C**  $\text{CO}_2 \approx \text{Br}_2 \approx \text{Hg}$
- D**  $\text{Br}_2 > \text{CO}_2 > \text{Hg}$
- E**  $\text{Br}_2 > \text{CO}_2 \approx \text{Hg}$

### 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.

- A**  $1 > 2 > 3 > 4$
- B**  $2 > 1 > 3 > 4$
- C**  $3 > 4 > 1 > 2$
- D**  $4 > 3 > 1 > 2$
- E**  $2 > 1 > 4 > 3$

### 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 cloreto-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

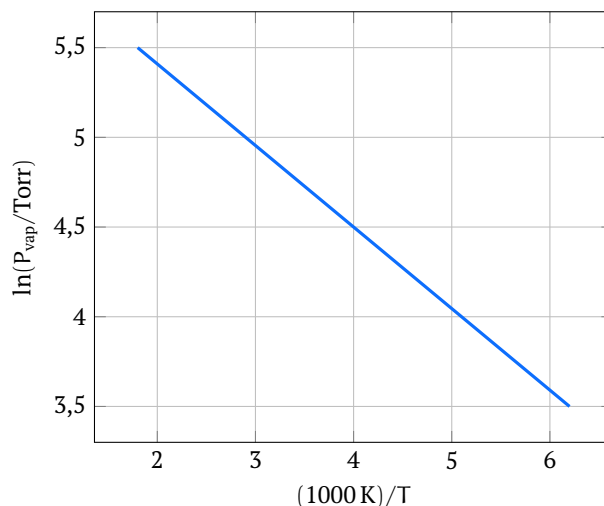
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização.

- 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.



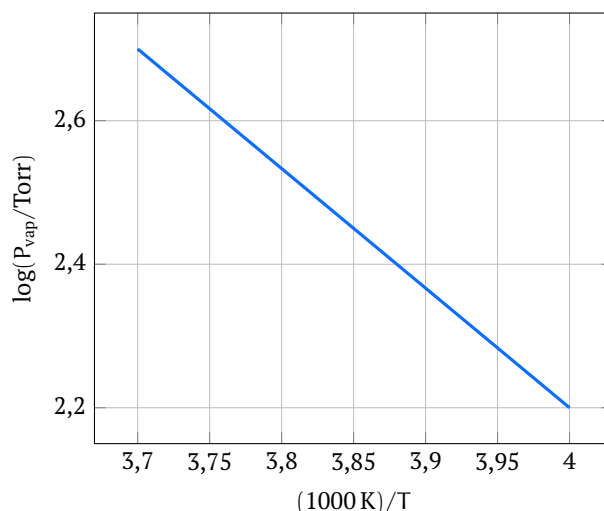
**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização do  $\text{AsH}_3$ .

- 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  $\text{ClO}_2$ .

- A**  $100 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- B**  $200 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- C**  $300 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- D**  $400 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- E**  $500 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

## PROBLEMA 2.10

2D10

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

- A 273 K
- B 367 K
- C 458 K
- D 592 K
- E 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  $\text{BCl}_3$ .

- A 287 K
- B 325 K
- C 412 K
- D 545 K
- E 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  $100^\circ\text{C}$ .

- A 1,2 kPa
- B 2,4 kPa
- C 3,6 kPa
- D 4,8 kPa
- E 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.

- A 10,5 kPa
- B 13,5 kPa
- C 16,5 kPa
- D 19,5 kPa
- E 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  $100^\circ\text{C}$ .

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

- A 624 Torr
- B 660 Torr
- C 684 Torr
- D 760 Torr
- E 784 Torr

## PROBLEMA 2.15

2D15

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

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

- A 7,5 Torr
- B 6,4 Torr
- C 5,3 Torr
- D 4,3 Torr
- E 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.

- A 45 mmol
- B 56 mmol
- C 67 mmol
- D 78 mmol
- E 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 °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.

- A 115 g mol<sup>-1</sup>
- B 145 g mol<sup>-1</sup>
- C 175 g mol<sup>-1</sup>
- D 205 g mol<sup>-1</sup>
- E 235 g mol<sup>-1</sup>

## 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.

- A 58 Torr
- B 67 Torr
- C 76 Torr
- D 85 Torr
- E 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 °C, um terço das moléculas do líquido é de benzeno.

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

- A 0,35
- B 0,44
- C 0,53
- D 0,62
- E 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  $-45^\circ\text{C}$

## PROBLEMA 2.27

2D29

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  $300\text{ K}$ .

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

## PROBLEMA 2.28

2D30

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*

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

## 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> |             |              |

### Nível II

1. **C**
2. **C**
3. **D**
4. **A**
5. **D**
6. **C**
7. **D**
8. **A**
9. **B**
10. **D**
11. **C**
12. a. A, 80 Torr e B, 29,1 Torr  
b. 0,134
13. a. 57 Torr  
b. 380 Torr  
c. 57 Torr
14. a. 68,5m<sup>3</sup>  
b. 3120MJ
15. **C**