

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.

1.0.1 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.

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.

2.0.1 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 CCl ₄ | B CHCl ₃ |
| C C ₂ Cl ₆ | D CH ₂ Cl ₂ |
| E C ₂ H ₅ 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 CO ₂ > Br ₂ > Hg | B CO ₂ ≈ Br ₂ > Hg |
| C CO ₂ ≈ Br ₂ ≈ Hg | D Br ₂ > CO ₂ > Hg |
| E Br ₂ > CO ₂ ≈ 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
C 905 Torr
E 1175 Torr

- B 832 Torr
D 950 Torr

PROBLEMA 2.6

2D06

Assinale a alternativa que mais se aproxima da pressão de vapor do CCl_4 a 25°C .

- A 107 Torr
C 325 Torr
E 543 Torr

- B 216 Torr
D 434 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 cloroeto-difluoreto de fosforila, OPClF_2 foi medida em função da temperatura.

T/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.

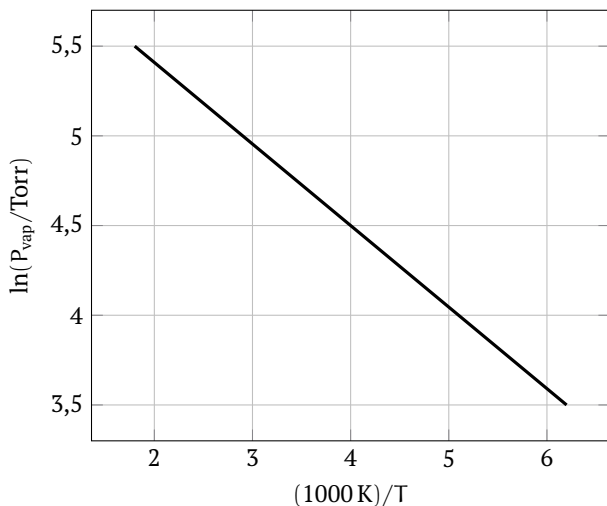
- A 14 kJ mol^{-1}
C 42 kJ mol^{-1}
E 70 kJ mol^{-1}

- B 28 kJ mol^{-1}
D 56 kJ mol^{-1}

PROBLEMA 2.8

2D08

A dependência da pressão de vapor da arsina, AsH_3 , foi medida em função da temperatura.



Assinale a alternativa que mais se aproxima da entalpia de vaporização do AsH_3 .

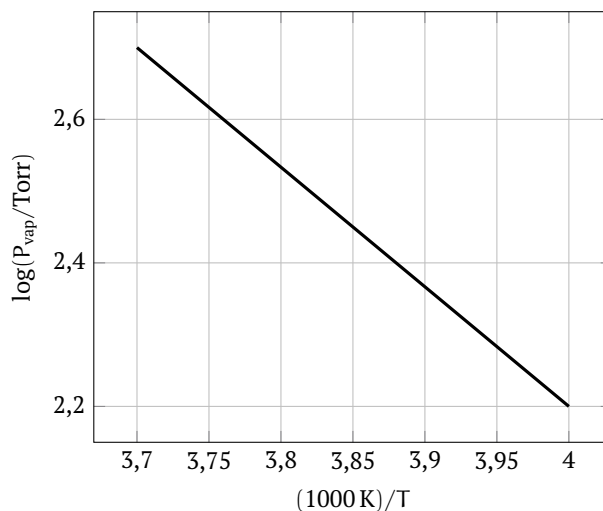
- A 10 kJ mol^{-1}
C 42 kJ mol^{-1}
E 92 kJ mol^{-1}

- B 18 kJ mol^{-1}
D 64 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_2 .

- A $100 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
C $300 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
E $500 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

- B $200 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
D $400 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PROBLEMA 2.10

2D10

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

- A 273 K
C 458 K
E 671 K

- B 367 K
D 592 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_3 .

- A 287 K
C 412 K
E 638 K

- B 325 K
D 545 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 .

- | | |
|------------------|------------------|
| 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°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°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°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^{-1} | B 145 g mol^{-1} |
| C 175 g mol^{-1} | D 205 g mol^{-1} |
| E 235 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.

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°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°C , 185 Torr em 0°C , 534 Torr em 25°C , e desprezível abaixo de -86°C .

- a. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira permanece fechada e a temperatura é mantida em -45°C
- b. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira permanece fechada e a temperatura é mantida em 25°C
- c. **Determine** a pressão no dispositivo se a torneira é aberta e a temperatura é mantida em -45°C

PROBLEMA 2.27

2D29

Em uma indústria petroquímica deseja-se evaporar a água de uma corrente de 10 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.

- 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. C | 2. A | 3. A | 4. C | 5. C |
| 6. A | 7. B | 8. B | 9. A | 10. B |
| 11. A | 12. B | 13. 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, 5m3
b. 3120MJ

 15. **C**