



# **PMT 3205**

## **Físico-Química para Metalurgia e Materiais I**

# Para escala de atividade *Henriana*

$$\%(h_B)$$

$$\log f_B(\%B, \%C, \%D, \%E \dots) = \log f_{B, LeiHenry} +$$
$$+\%B \cdot \frac{\partial \log f_B}{\partial \%B} + \%C \cdot \frac{\partial \log f_B}{\partial \%C} + \%D \cdot \frac{\partial \log f_B}{\partial \%D} + \%E \cdot \frac{\partial \log f_B}{\partial \%E} + \dots$$

$$\frac{\partial \log f_B}{\partial \%i} = e_B^i$$

Parâmetro de Interação de "i" sobre "B"

-De 1ª ordem-

$$\begin{aligned} \log f_B(\%B, \%C, \%D, \%E \dots) &= \log f_{B,LeiHenry} + \\ &+ \%B \cdot e_B^B + \%C \cdot e_B^C + \%D \cdot e_B^D + \%E \cdot e_B^E + \dots \\ &+ \%B^2 \cdot r_B^B + \\ &+ \%B \cdot \%C \cdot r_B^{B,C} + \%B \cdot \%D \cdot r_B^{B,D} + \%B \cdot \%E \cdot r_B^{B,E} + \dots \end{aligned}$$

Mas, onde vale a Lei de Henry:

$$\begin{aligned} f_B &= 1 \\ \log f_{B,LeiHenry} &= 0 \end{aligned}$$

Então:

$$\log f_B = \%B \cdot e_B^B + \%C \cdot e_B^C + \%D \cdot e_B^D + \%E \cdot e_B^E$$

$$\log f_B = \%B \cdot e_B^B + \%C \cdot e_B^C + \%D \cdot e_B^D + \%E \cdot e_B^E$$

Novamente:

Esta expressão fornece a função *Coefficiente de Atividade* através dos *Parâmetros de Interação* dos demais solutos sobre o soluto de interesse ponderados pela composição química do sistema.

Experimentalmente, basta a determinação dos *Parâmetros de Interação em função da temperatura e do solvente.*

A partir de  $\varepsilon_i^j$  calcula-se  $e_i^j$  através das relações:

$$X_j = \frac{\%j \cdot M_A}{100 \cdot M_j}$$

$$\varepsilon_i^j = \frac{230,3 \cdot M_j}{M_A} \cdot e_i^j + \frac{M_A - M_j}{M_A}$$

$$\varepsilon_i^j = \varepsilon_j^i$$

$$M_j \cdot e_i^j = M_i \cdot e_j^i$$

A é o solvente

- Dados termodinâmicos disponíveis para o solvente Fe:
  - Referência: SIGWORTH, ELLIOTT - The thermodynamics of liquid dilute iron alloys. Metal Science, vol.8, 1974, p.298-310.
  - Apresenta as equações anteriores, com simbologia semelhante as aqui utilizadas.
  - Reúne dados da literatura para os Parâmetros de Primeira Ordem ( $e_i^j$ ) e Segunda Ordem ( $r_i^j$ ).
  - Também apresenta a função  $\gamma^0$  e  $\Delta G$  para a mudança de estado de referência.
  - Alguns trechos estão reproduzidos a seguir.

TABLE I  
First Order Interaction Coefficients,  $e_i^j$ , in Liquid Iron

1600°C

$i \rightarrow j \rightarrow$	Ag	Al	As	Au	B	C	Ca	Ce
Ag	(-0.04)	-0.08	—	—	—	0.22	—	—
Al	-0.017	0.045*	—	—	—	0.091	-0.047	—
As	—	—	—	—	—	0.25	—	—
Au	—	—	—	—	—	—	—	—
B	—	—	—	—	0.038	0.22	—	—
C	0.028	0.043	0.043	—	0.24	0.14*	-0.097	—
Ca	—	-0.072	—	—	—	-0.34	(-0.002)	—
Ce	—	—	—	—	—	—	—	—
Cr	(-0.002)	—	—	—	—	0.021	—	—
Cu	—	—	—	—	—	-0.12	—	—
Ge	—	—	—	—	—	0.066	—	—
H	—	—	—	—	—	(0.03)	—	—
Ia	—	0.013	—	—	0.05	0.06	—	0.0
Ia	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg	—	—	—	—	—	(0.15)	—	—
Mn	—	—	—	—	—	-0.07	—	—
Mo	—	—	—	—	—	-0.097	—	—
Nb	—	-0.028*	0.018	—	0.094*	0.13	—	—
Nd	—	—	—	—	—	-0.49	—	—
Ni	—	—	—	—	—	0.042	-0.067	—
O	—	-3.9*	—	-0.005	-2.6	-0.45	—	(-3)
Pb	—	—	—	—	—	0.13	—	—
Pb	—	0.021	—	—	—	0.066	—	—
Pd	—	—	—	—	—	—	—	—
Pd	—	—	—	—	—	—	—	—
Rh	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	0.035	0.0041	0.0042	0.13	0.11	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—
Se	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	—	0.058	—	—	0.20	0.18*	-0.067	—
Sn	—	—	—	—	—	0.37	—	—

# Significado do sinal do Parâmetro de Interação

$e_B^j$ : valor positivo na expressão de  $f_B$

$$\log f_B = \%B \cdot e_B^B + \%C \cdot e_B^C + \%D \cdot e_B^D + \%E \cdot e_B^E$$

$$\uparrow \log f_B \Rightarrow \uparrow f_B$$

$$\text{Como: } h_B = f_B \cdot \%B$$

- $e_B^j$  positivo aumenta a atividade de B;
- desvio positivo:  $\Delta H_m > 0$ ;
- ligações mais fracas;
- maior reatividade de B...

# Efeito da temperatura em $e$

TABLE II  
First-Order Interaction Coefficients,  $e_i^j$ , in Liquid Iron as a Function of Temperature

$i \rightarrow j$	Al	B	C	Cr	N	Nb
Al	$63/T + 0.011$	—	—	—	$1650/T - 0.94$	—
B	—	—	—	—	$714/T - 0.307$	—
C	—	—	$158/T + 0.0581$	—	—	—
Cr	—	—	—	—	—	—
N	$859/T - 0.487$	$975/T - 0.4$	—	—	—	$-260/T + 0.0796$
Nb	—	—	—	—	$-1720/T + 0.503$	—
O	$-20600/T + 7.15$	—	—	—	—	—
S	—	—	—	$-94.2/T + 0.0396$	—	—
Si	—	—	$380/T - 0.023$	—	—	—
Ta	—	—	—	—	$-1960/T + 0.581$	—
Ti	—	—	—	—	$-13900/T + 5.61$	—
V	—	—	—	—	$-1270/T + 0.33$	—
$i \rightarrow j$	O	S	Si	Ta	Ti	V
Al	$-34740/T + 11.95$	—	—	—	—	—

TABLE III

Second-Order Interaction Coefficients,  $r_i^j$ , Liquid Iron



$i \ j \rightarrow$	Al	As	Au	B	C	Ce	Co	Cr	Cu
Ag	0.0008	—	—	—	-0.008	—	—	—	—
Al	-0.001*	—	—	0	-0.004	—	—	—	—
B	—	—	—	—	0	—	—	0	0
C	-0.0007	-0.0001	—	—	0.0074*	—	—	—	—
Ca	0.0007	—	—	—	0.012	—	0	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	0	0	—
Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Cu	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0001
H	0	—	—	0	0	0	0	0	0
Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	0	0	—	0	0	—	0	-0.0004	0
Ni	—	—	—	—	—	—	—	—	—
O	1.7	—	0	0	0	(0)	0	0	0
P	—	—	—	—	—	—	—	0.0008	0
Pb	0	—	—	—	0	—	0	0	0
S	0.0009	0	0	0.0074	0.0058	—	0	0	0
Si	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	0	—
Ti	—	—	—	—	—	—	—	—	—
U	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Note that  $r_{Al}^{Al} = 0.17/T - 0.0011$

$r_C^C = 8.94T + 0.0026$

$r_{Co}^{Si} = 1.94T - 0.0003$

$r_{Si}^{Si} = 6.5T - 0.0055$

$i \ j \rightarrow$	Ge	H	La	Mn	Mo	N	Nb	Nd	Ni	O	P	Pd
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	0	0	—	0	—	0	—	0.0041	—
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cr	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—	0.0025	—
Cu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Parâmetro de Interação de 2ª ordem

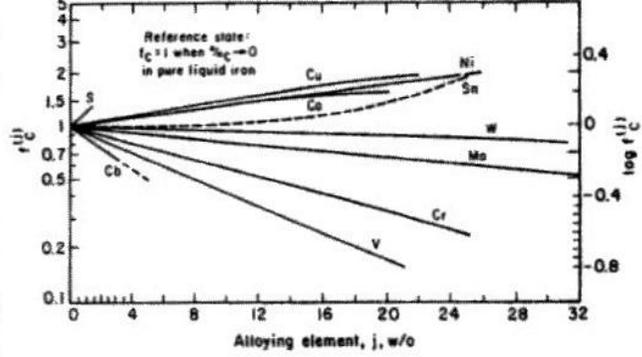


FIG. 21-13. Effect of alloying elements on the activity coefficient of carbon in liquid iron, 1560°C (2840°F).<sup>(26)</sup>

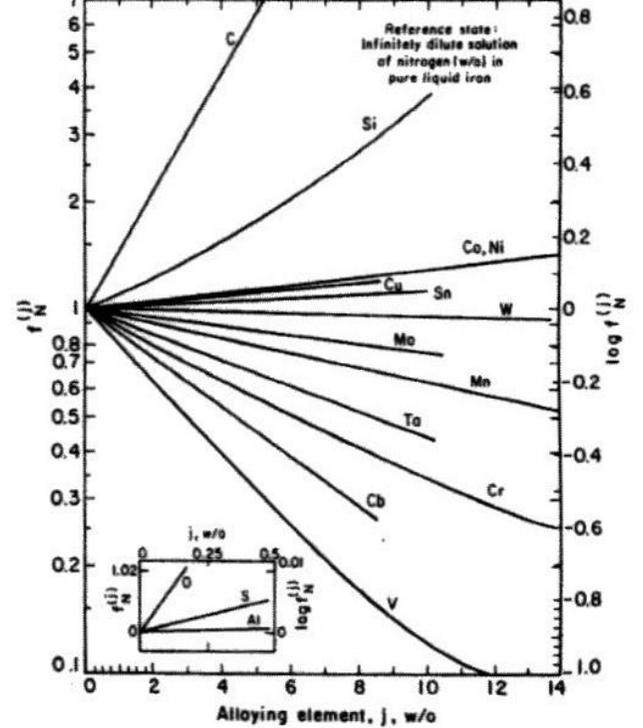
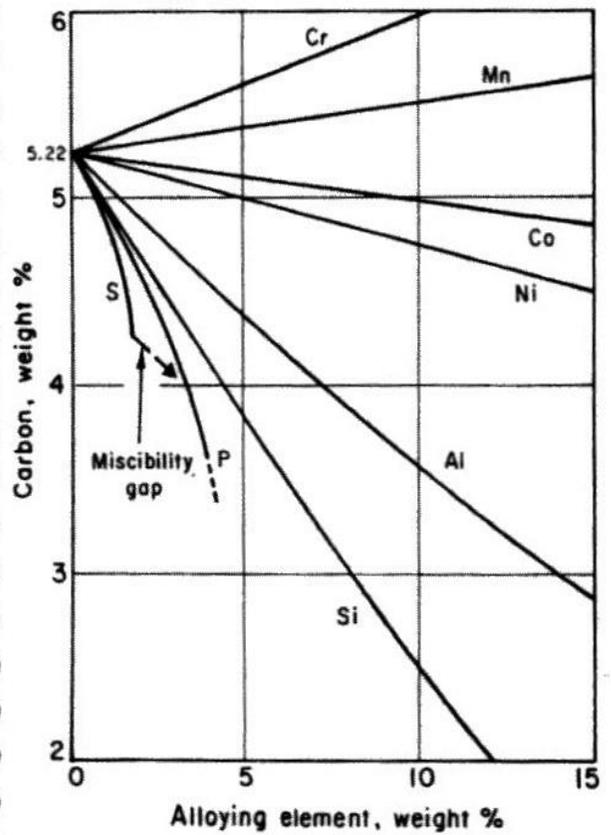


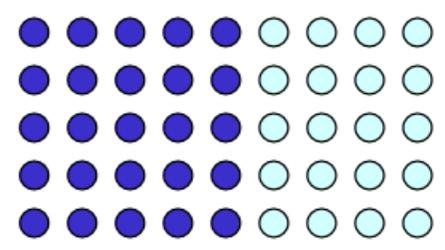
FIG. 21-15. Effect of alloying elements on the activity coefficient of nitrogen in liquid iron, 1600°C (2912°F). (Pehlke and Elliott,<sup>(3)</sup> and Schenck et al.<sup>(4)</sup>)



## Efeitos do 3º soluto no C e N

coefficient of nitrogen in liquid iron have been reported by many investigators. This is to be seen in Tables 21-V and 21-VI and in Figure 21-15. The equations for obtaining the activity coefficient of nitrogen in these ternary systems (Fe-N-i) are based on Equation (21.9) and follow the method

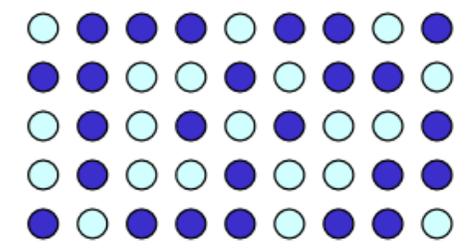
# Formação da Solução



A puro  
 $x_A$

B puro  
 $x_B$

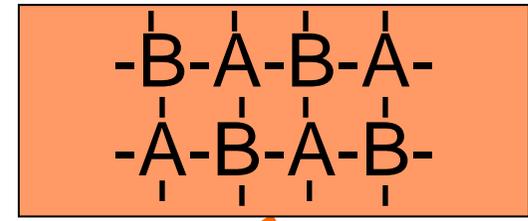
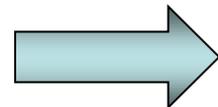
$\Delta J_m = ?$



Solução A-B  
1 mol

A-A

B-B

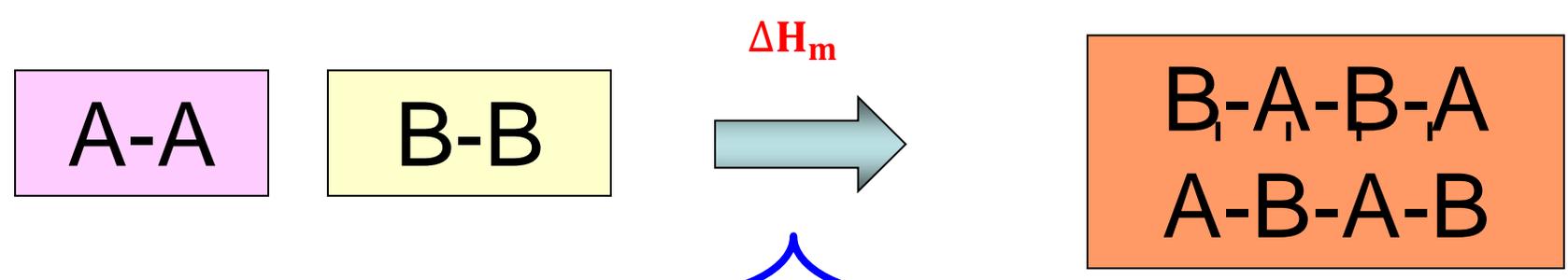


É necessário fornecer energia para quebrar ligações  
 $\Delta H > 0$



Energia é liberada na formação das novas ligações  
 $\Delta H < 0$

# Formação da Solução



É necessário fornecer energia para quebrar ligações  
 $\Delta H > 0$

Energia é liberada na formação das novas ligações  
 $\Delta H < 0$

Balanço

*Entalpias de ligação semelhantes ou próximas*  
Solução Ideal  
**Não há Interação**

$\Delta H < 0$  **Exotérmico**  
 $\Delta H = 0$   
 $\Delta H > 0$  **Endotérmico**

A energia da **nova** ligação é **maior**, ou seja, a **nova** ligação é mais **forte**  $\Rightarrow a_A$  e  $a_B$  são **menores** na solução em relação ao caso Ideal.

A energia da **nova** ligação é **menor**, ou seja, a **nova** ligação é mais **fraca**  $\Rightarrow a_A$  e  $a_B$  são **maiores** na solução em relação ao caso Ideal.





$a_B$  é proporcional à reatividade de B ou à atividade de B.

– SOLUÇÃO IDEAL:

- reatividade de B:  $a_B = a_{B,ideal}$
- $\Delta H_m = 0$ .
- *A-B, A-A e B-B tem energias de ligação próximas.*

– SOLUÇÃO COM DESVIO POSITIVO:

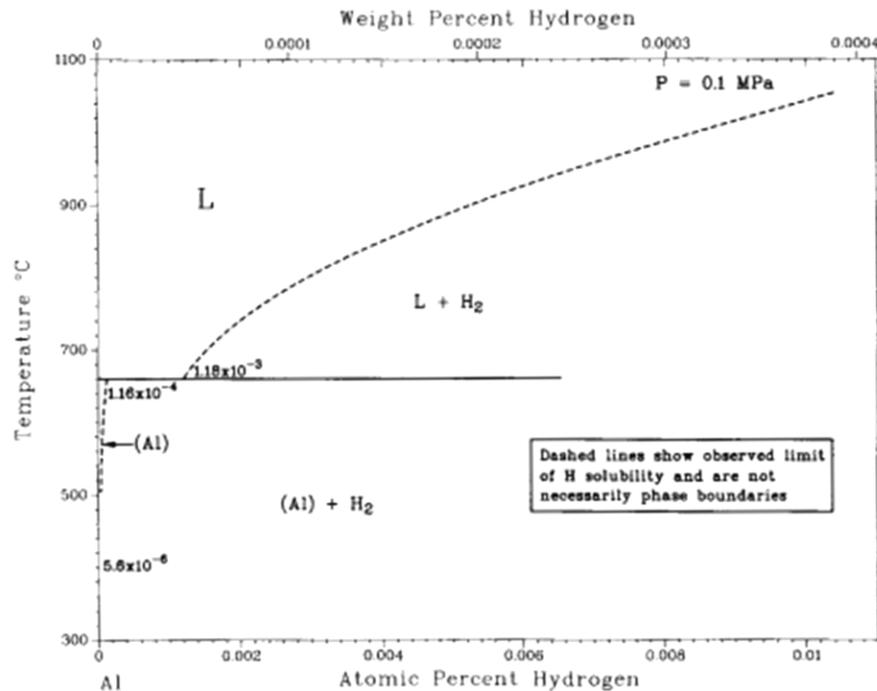
- reatividade de B é **maior** do que no modelo ideal:  $a_B > a_{B,ideal}$
- $\Delta H_m > 0$ ; processo endotérmico.
- *A-B tem energia de ligação fraca.*

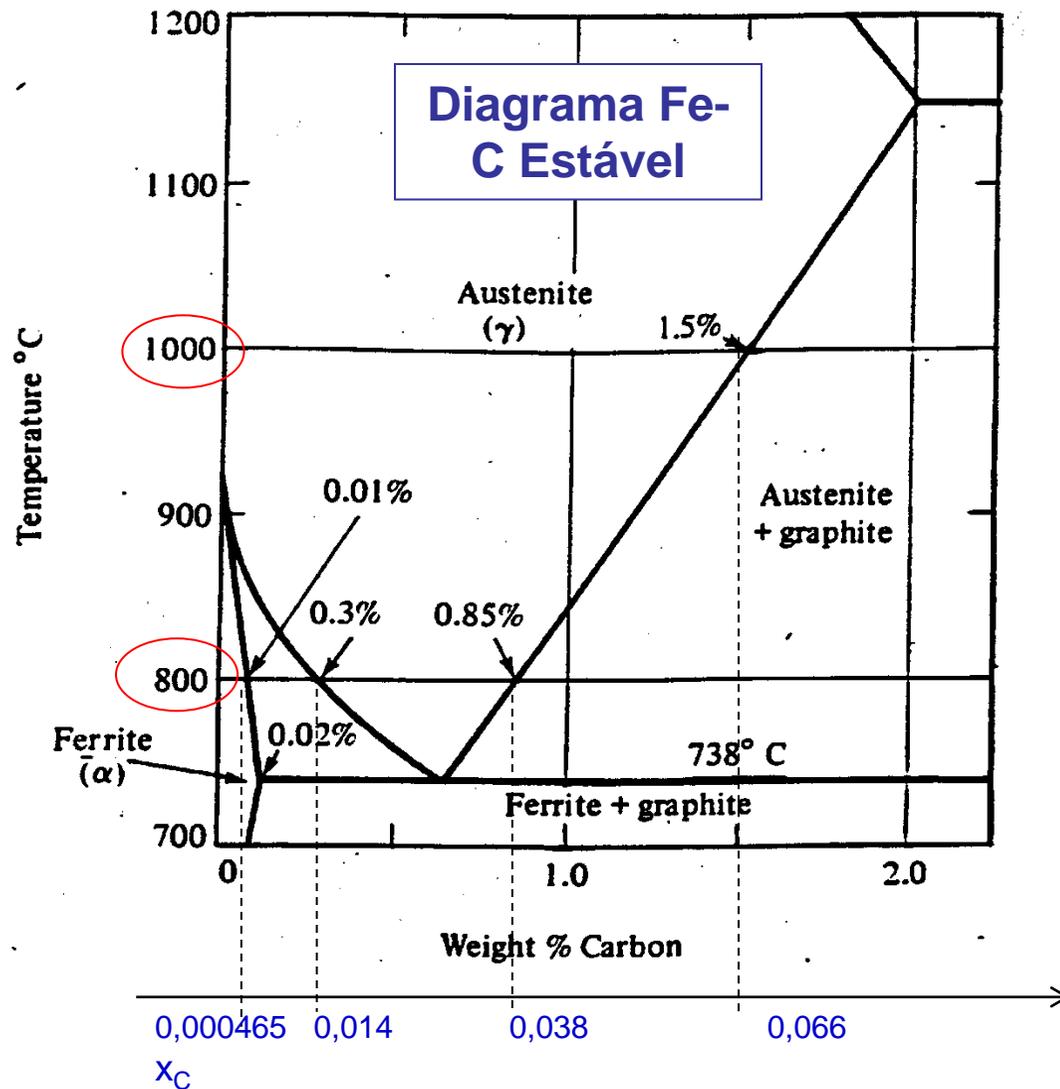
– SOLUÇÃO COM DESVIO NEGATIVO:

- reatividade de B é **menor** do que no modelo ideal:  $a_B < a_{B,ideal}$
- $\Delta H_m < 0$ ; processo exotérmico.
- *A-B tem energia de ligação forte.*

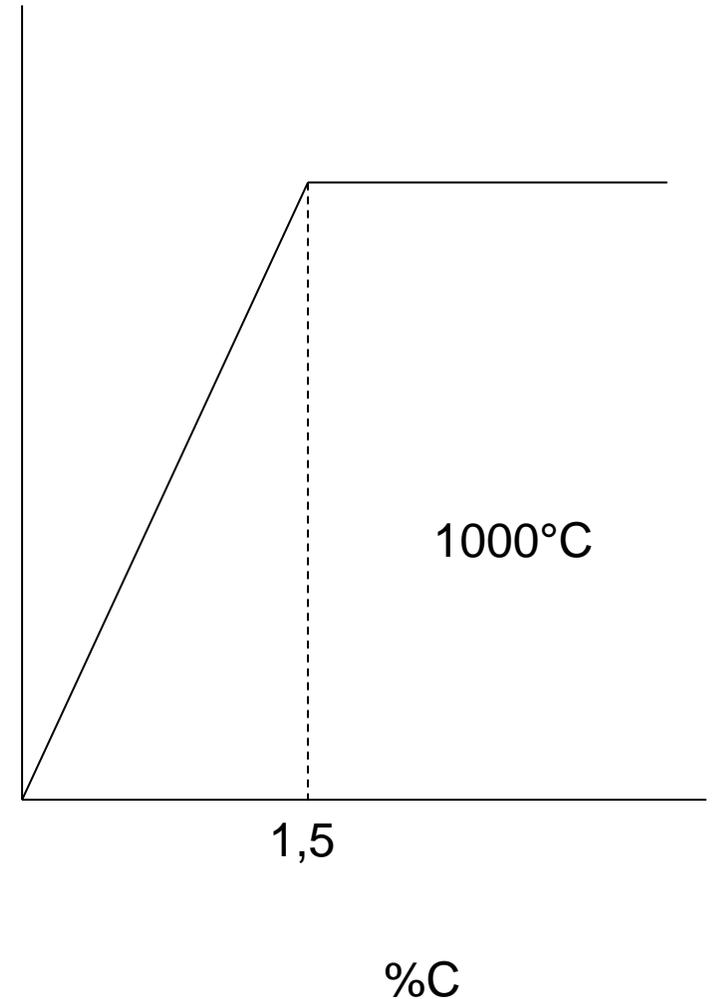
# Para casa

Considerando o diagrama de equilíbrio Al-H, calcule o valor do  $\Delta G^\circ$  de dissolução do  $H_2$  em função da temperatura num banho de Al (suponha variação linear). Faça as hipóteses necessárias. [65]



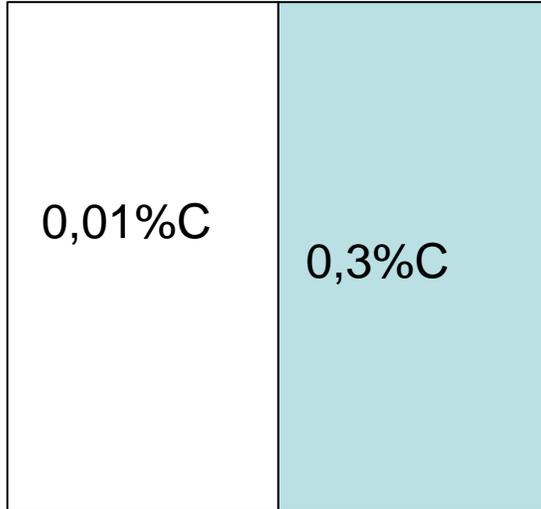


a

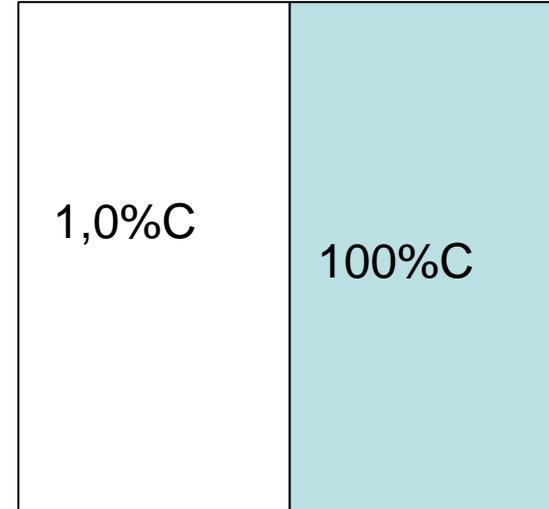


- No campo monofásico: atividade cresce com a concentração
- No campo bifásico: atividade é sempre constante; fases sem variação de composição química

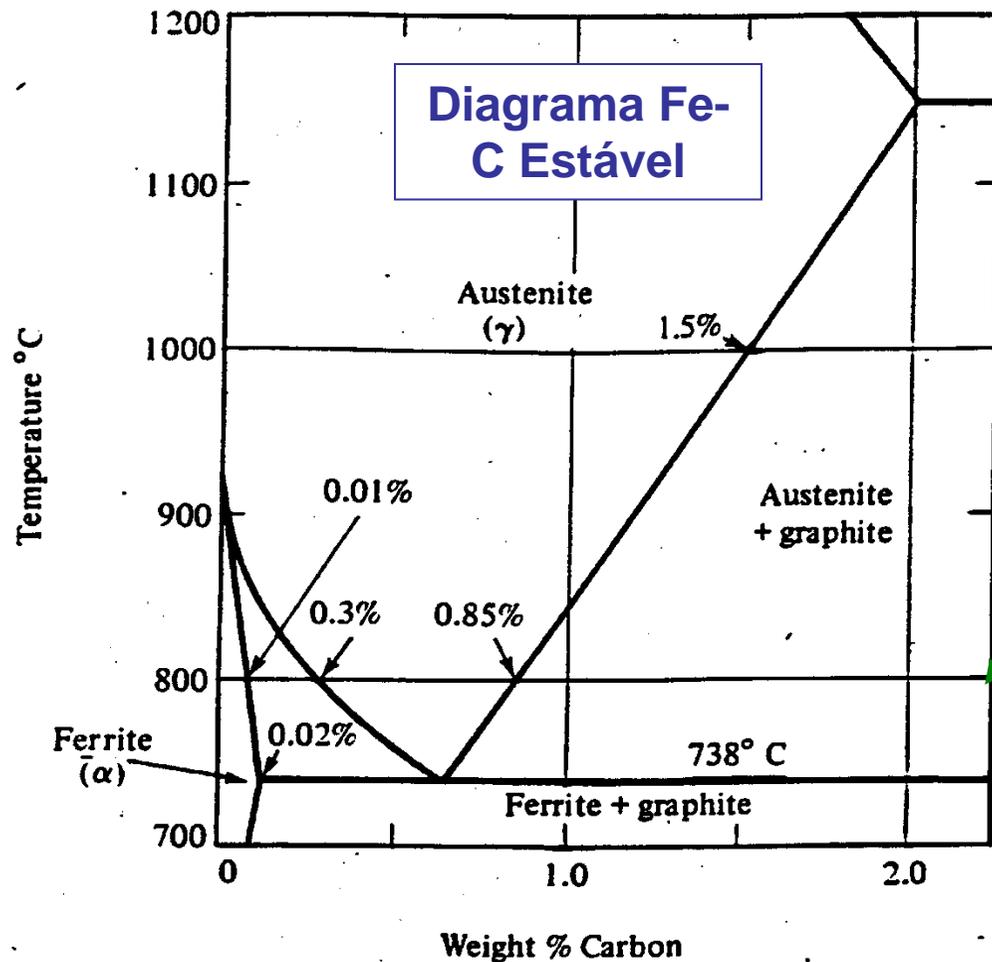
800°C



1000°C



Os sistemas acima estão em equilíbrio? Por que?



A 1000°C a liga Fe-C apresenta as fases  $\gamma$  ou mistura de  $\gamma$  com  $C_{\text{grafite}}$ .

A 800°C a liga Fe-C apresenta as fases  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $C_{\text{grafite}}$ , ou misturas delas.

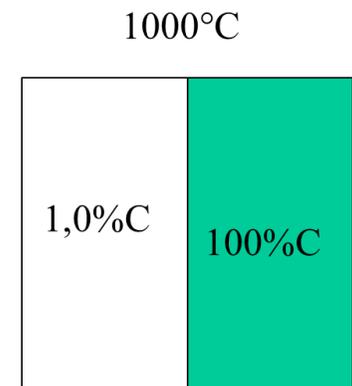
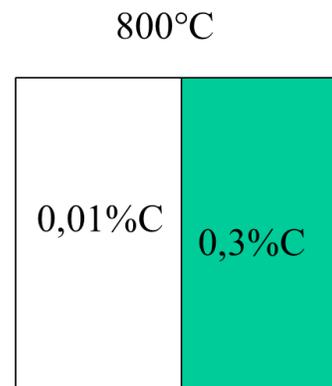
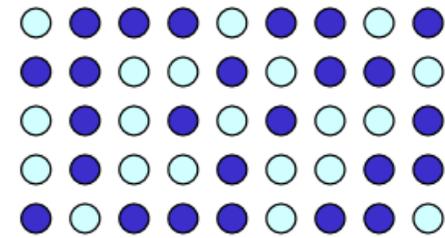
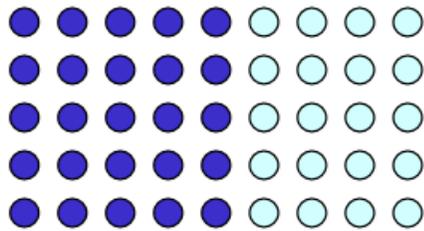


Diagrama de fases estáveis para o sistema Fe-C. A escala para o campo de ferrita está expandida. Referência: ROSENQVIST, T. *Principles of Extractive Metallurgy*. Tokyo, MacGraw-Hill Kogakusha, LTD., 1974, Figure 4-13, p.112.

# Solução Ideal



$H_{MM}$

=

$H_{sol}$

Interações A-A, B-B e A-B semelhantes

$S_{MM}$

≠

$S_{sol}$

Configuração diferente

## Para casa

- Determinar a relação entre a composição química (segundo soluto) e a solubilidade do C no Fe líquido a  $1600^{\circ}\text{C}$ . Calcule a solubilidade do C no Fe líquido a  $1600^{\circ}\text{C}$  quando a  $\% \text{Cr} = 1\%$ . (2-83)

1. Comparar a atividade do S na liga Fe-0,05% S com a atividade do S no gusa: Fe-0,05% S - 1% Si - 3% C - 2% Mn

Dados:

$$e_S^S = -0,028$$

$$e_S^{Si} = +0,066$$

$$e_S^C = +0,24$$

$$e_S^{Mn} = -0,025$$

$$h_{S,liga} = ?$$

$$h_{S,gusa} = ?$$

Fe-0,05% S

Fe-0,05% S - 1% Si - 3% C -  
2% Mn

$$h_{S,liga} = f_S \cdot \%S$$

Se vale a Lei de Henry:  $f_S = 1$

$$\Rightarrow h_{S,liga} = \%S$$

$$\Rightarrow h_{S,liga} = 0,05$$

$$h_{S,liga} = 0,05$$

$$h_{S,gusa} = ?$$

Fe-0,05% S

Fe-0,05% S - 1% Si - 3% C -  
2% Mn

$$h_{S,gusa} = f_S \cdot \%S$$

$$mas, f_S = f(\%S, \%Si, \%C, \%Mn)$$

$$\log f_S = \%S \cdot e_S^S + \%Si \cdot e_S^{Si} + \%C \cdot e_S^C + \%Mn \cdot e_S^{Mn}$$

$$\log f_S = 0,05 \cdot (-0,028) + 1 \cdot (+0,066) + 3 \cdot (+0,24) + 2 \cdot (-0,025)$$

$$\log f_S = 0,73 \Rightarrow f_S = 5,43$$

$$\Rightarrow h_{S,gusa} = 5,43 \times 0,05 \Rightarrow h_{S,gusa} = 0,27 \gg 0,05$$



Calcule a %N dissolvida no Fe em equilíbrio com ar a 1600°C. Considere válida a lei de Henry para o N no Fe. Qual é o efeito dos elementos de liga nesse teor?



$$p_{\text{N}_2} = 0,79 \text{ atm}$$

$$K_{1873 \text{ K}} = 0,0448$$

$$K = h_{\text{N}} / (p_{\text{N}_2})^{1/2}$$

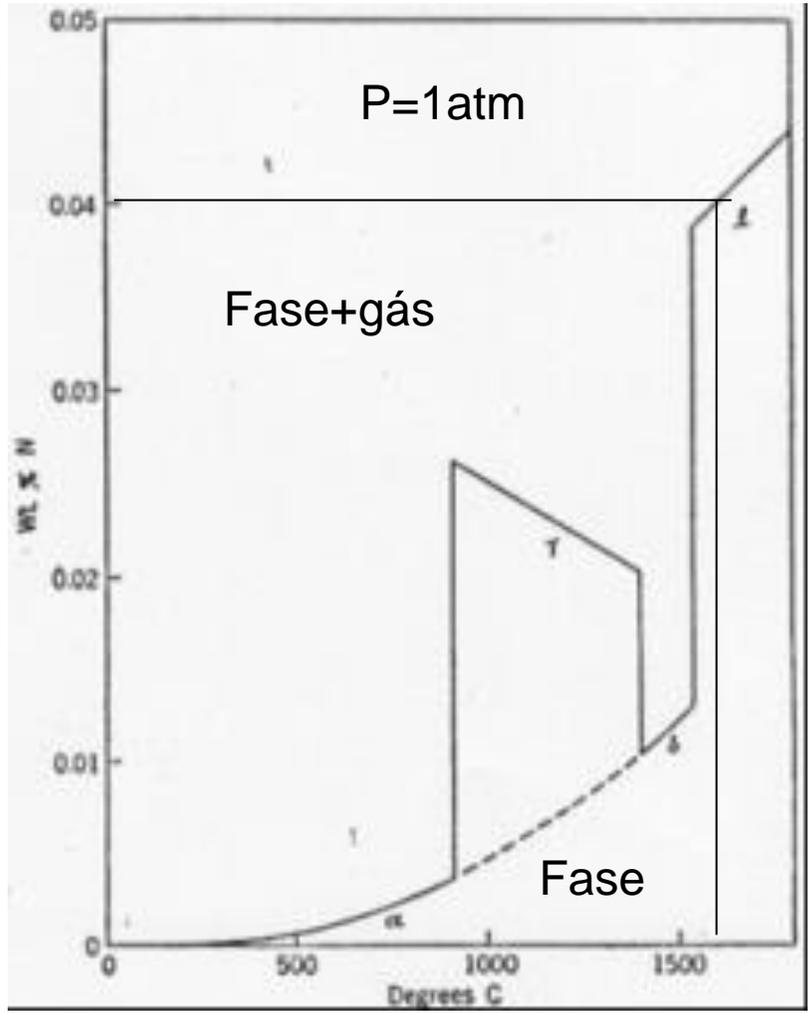
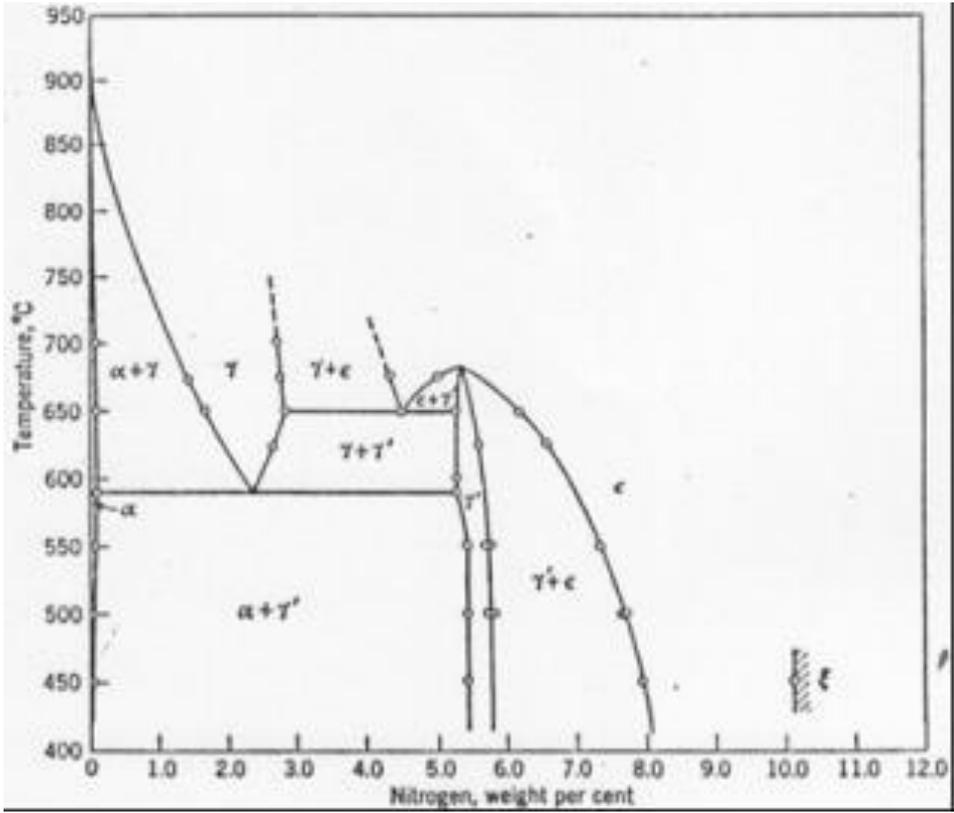
$$f_{\text{N}} = 1$$

$$\% \text{N} = K \cdot (p_{\text{N}_2})^{1/2} \dots \dots \dots \text{(Lei de Sievert)}$$

$$\% \text{N} = 0,0448 \times (0,79)^{1/2}$$

$$\% \text{N} = 0,0399 \text{ ou } 399 \text{ ppm}$$

# SISTEMA Fe-N



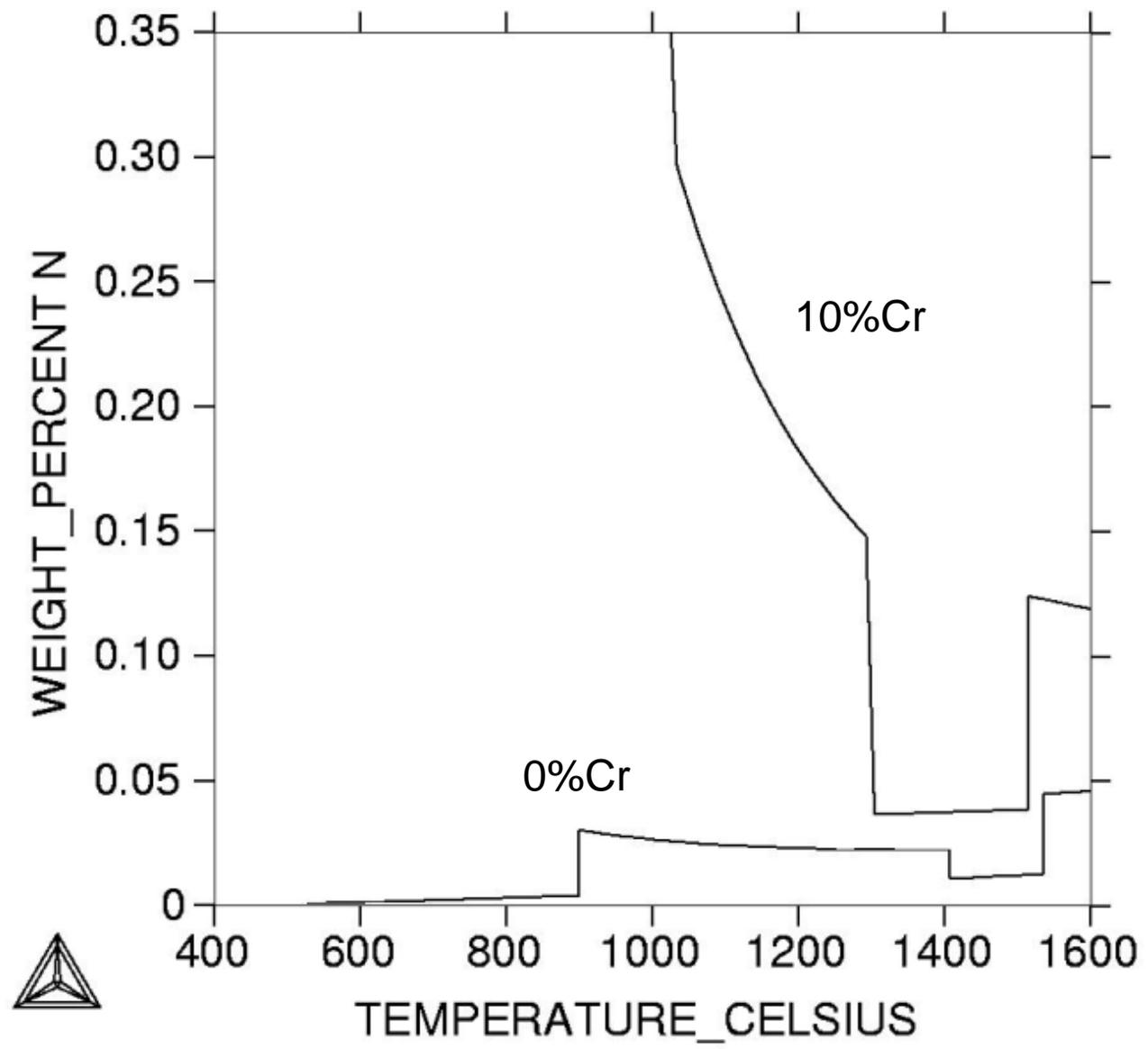
Qual é o efeito dos elementos de liga nesse teor?

$$K = \frac{h_N}{p_{N_2}^{0,5}} = \frac{f_N \cdot \%N}{p_{N_2}^{0,5}}$$

$$\%N = \frac{K \cdot p_{N_2}^{0,5}}{f_N}$$

$\uparrow f_N \rightarrow \downarrow \%N$  ( $e_i^j > 0$ ) : C, Cu...

$\downarrow f_N \rightarrow \uparrow \%N$  ( $e_i^j < 0$ ) : Cr, Al, ...



2. Deseja-se saber se a atmosfera 99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S é capaz de dessulfurar o banho de aço líquido a 1600°C de composição: 0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S.

Dados:

$$e_S^S = -0,028;$$

$$e_S^C = +0,24;$$

$$e_S^{Si} = +0,066;$$



99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S  
banho de aço líquido - 1600°C  
0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S  
 $e_S^S = -0,028$ ;  $e_S^C = +0,24$ ;  $e_S^{Si} = +0,066$ ;  
 $H_{2(g)} + \underline{S} = H_{2S(g)} \quad \Delta G^\circ = 9840 + 6,54.T \text{ (cal)}$

Há três soluções para este exercício:

1. Calcular  $\Delta G$  da reação de formação de H<sub>2</sub>S.
2. Comparar as atividades do S no banho e do equilíbrio com a atmosfera.
3. Determinar o teor de S de equilíbrio com essa atmosfera e comparar com o teor de S do banho.

99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S  
banho de aço líquido - 1600°C  
0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S  
 $e_S^S = -0,028$ ;  $e_S^C = +0,24$ ;  $e_S^{Si} = +0,066$ ;  
 $H_{2(g)} + \underline{S} = H_{2S(g)} \quad \Delta G^\circ = 9840 + 6,54.T \text{ (cal)}$

Há três soluções para este exercício:

1. Calcular  $\Delta G$  da reação de formação de H<sub>2</sub>S.
2. Comparar as atividades do S no banho e do equilíbrio com a atmosfera.
3. Determinar o teor de S de equilíbrio com essa atmosfera e comparar com o teor de S do banho.

$$h_{S,banho} = ?$$

$$h_{S,banho} = f_S \cdot \%S = f_S \cdot 0,1$$

$$\log f_S = \%S \cdot e_S^S + \%C \cdot e_S^C + \%Si \cdot e_S^{Si}$$

$$\log f_S = 0,1 \cdot (-0,028) + 0,9 \cdot (+0,24) + 1,3 \cdot (+0,066)$$

$$\log f_S = 0,2990 \Rightarrow f_S = 1,99$$

$$\therefore h_{S,banho} = f_S \cdot \%S = 1,99 \times 0,1$$

$$h_{S,banho} = 0,199 \cong 0,2$$



$$\Delta G_{\text{reação}} = ?$$

$$\Delta G_{\text{reação}} = \Delta G^{\circ} + RT \ln \frac{P_{H_2S}}{P_{H_2} x h_{S,\text{banho}}}$$

$$\Delta G_{\text{reação}} = 9840 + 6,54 \times 1873 + 1,987 \times 1873 \times \frac{0,01/100}{99,99/100 \times h_{S,\text{banho}}}$$

$$\Delta G_{\text{reação}} = 9840 + 6,54 \times 1873 + 1,987 \times 1873 \times \ln \frac{0,01/100}{99,99/100 \times 0,2}$$

$$\Delta G_{\text{reação}} = -6198 \text{ cal}$$

Como a variação de energia livre para a formação de  $H_2S$  é negativa – a P,T constantes – **a dessulfuração ocorre.**

99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S

banho de aço líquido - 1600°C

0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S

$e_S^S = -0,028$ ;  $e_S^C = +0,24$ ;  $e_S^{Si} = +0,066$ ;

$H_{2(g)} + \underline{S} = H_2S_{(g)} \quad \Delta G^\circ = 9840 + 6,54.T \text{ (cal)}$

Há três soluções para este exercício:

1. Calcular  $\Delta G$  da reação de formação de H<sub>2</sub>S.
2. Comparar as atividades do S no banho e do equilíbrio com a atmosfera.
3. Determinar o teor de S de equilíbrio com essa atmosfera e comparar com o teor de S do banho.

99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S  
 banho de aço líquido - 1600°C  
 0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S  
 e<sub>S</sub><sup>S</sup> = -0,028; e<sub>S</sub><sup>C</sup> = +0,24; e<sub>S</sub><sup>Si</sup> = +0,066;  
 H<sub>2(g)</sub> + S = H<sub>2</sub>S<sub>(g)</sub> ΔG° = 9840 + 6,54.T (cal)

*h<sub>S,EQ,atm</sub> vs h<sub>S,banho</sub>?*

*h<sub>S,EQ,atm</sub> = ?*

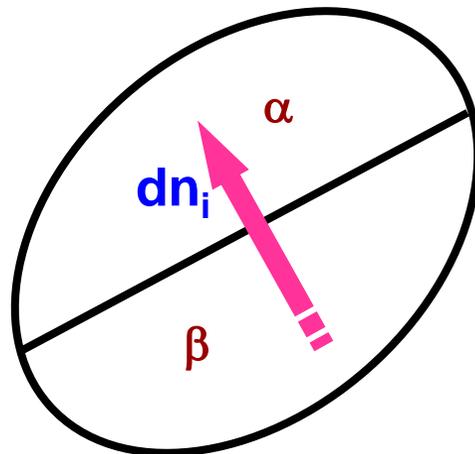
$$K_{1873K} = \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right) = \exp\left(\frac{-9840 - 6,54 \times 1873}{1,987 \times 1873}\right) = 2,644 \times 10^{-3}$$

$$2,644 \times 10^{-3} = \frac{P_{H_2S}}{P_{H_2} \cdot h_{S,EQ,atm}} = \frac{0,01/100}{99,99/100 \cdot h_{S,EQ,atm}}$$

$$\Rightarrow h_{S,EQ,atm} = 3,783 \times 10^{-2} \cong 0,04$$

Portanto, a atividade do S no banho é maior do que aquele em equilíbrio com a atmosfera:  $0,2 > 0,04$ .

Como maior atividade corresponde a maior potencial químico, isso significa que o elemento S do banho inicial está com maior potencial químico do que o elemento S na atmosfera, ou seja, o S desloca-se para a atmosfera, promovendo a dessulfuração.



$$\mu_S^{\%} = \mu_S^{0,\%} + RT \ln h_S$$
$$\uparrow h_S \Rightarrow \uparrow \mu_S$$

99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S

banho de aço líquido - 1600°C

0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S

$e_S^S = -0,028$ ;  $e_S^C = +0,24$ ;  $e_S^{Si} = +0,066$ ;

$H_{2(g)} + \underline{S} = H_2S_{(g)} \quad \Delta G^\circ = 9840 + 6,54.T \text{ (cal)}$

Há três soluções para este exercício:

1. Calcular  $\Delta G$  da reação de formação de H<sub>2</sub>S.
2. Comparar as atividades do S no banho e do equilíbrio com a atmosfera.
3. Determinar o teor de S de equilíbrio com essa atmosfera e comparar com o teor de S do banho.

99,99% H<sub>2</sub> e 0,01% H<sub>2</sub>S  
banho de aço líquido - 1600°C  
0,9% C; 1,3% Si; 0,1% S  
 $e_S^S = -0,028$ ;  $e_S^C = +0,24$ ;  $e_S^{Si} = +0,066$ ;  
 $H_{2(g)} + \underline{S} = H_2S_{(g)} \quad \Delta G^\circ = 9840 + 6,54.T \text{ (cal)}$

$S_{eq,banho} = ?$

$$K_{1873K} = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) = \exp\left(\frac{-9840 - 6,54 \times 1873}{1,987 \times 1873}\right) = 2,644 \times 10^{-3}$$

$$2,644 \times 10^{-3} = \frac{P_{H_2S}}{P_{H_2} \cdot h_S} = \frac{0,01/100}{99,99/100 \cdot h_S}$$
$$\Rightarrow h_S = 3,783 \times 10^{-2}$$

$$f_S = ?$$

$$\log f_S = \%S \cdot e_S^S + \%C \cdot e_S^C + \%Si \cdot e_S^{Si}$$

$$\log f_S = \%S \cdot (-0,028) + 0,9 \cdot (+0,24) + 1,3 \cdot (+0,066)$$

$$\log f_S = -0,028\%S + 0,3018$$

$$h_S = 3,783 \times 10^{-2}$$

$$f_S \cdot \%S = 3,783 \times 10^{-2}$$

$$\%S = \frac{3,783 \times 10^{-2}}{f_S}$$

$$\%S = \frac{3,783 \times 10^{-2}}{f_S} \Rightarrow \log \%S$$

$$= \log 3,783 \times 10^{-2} - \log f_S$$

como:

$$\log f_S = -0,028\%S + 0,3018$$

$$\Rightarrow \log \%S = \log 3,783 \times 10^{-2} + 0,028\%S - 0,3018$$

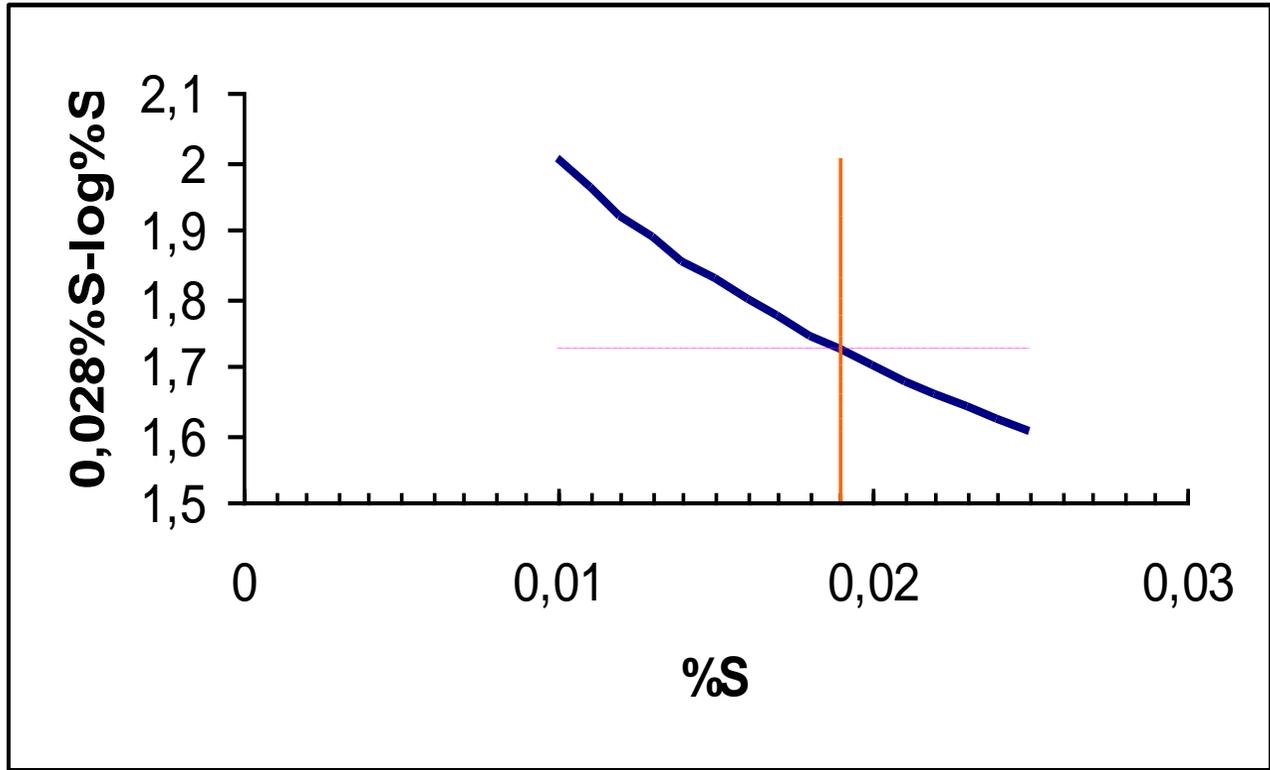
$$\log \%S = -1,7240 + 0,028\%S$$

ou:

$$1,7240 = 0,028\%S - \log \%S$$

$$1,7240 = 0,028\%S - \log\%S$$

%S	0,028% S-log%S
0,01	2,000
0,015	1,824
0,016	1,796
0,018	1,745
0,0181	1,743
0,0185	1,733
<b>0,0188</b>	1,726
<b>0,0189</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018902</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018904</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018906</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018908</b>	<b>1,724</b>
<b>0,01891</b>	<b>1,724</b>
0,019	1,722
0,02	1,700
0,021	1,678
0,022	1,658
0,025	1,603
0,03	1,524





<b>%S</b>	<b>0,028% S-log% S</b>
0,01	2,000
0,015	1,824
0,016	1,796
0,018	1,745
0,0181	1,743
0,0185	1,733
0,0188	1,726
<b>0,0189</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018902</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018904</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018906</b>	<b>1,724</b>
<b>0,018908</b>	<b>1,724</b>
<b>0,01891</b>	<b>1,724</b>
0,019	1,722
0,02	1,700
0,021	1,678
0,022	1,658
0,025	1,603
0,03	1,524

$$1,7240 = 0,028\%S - \log\%S$$

Portanto, o banho estará em equilíbrio com a atmosfera considerada quando o teor de enxofre no banho apresentar o valor de **0,0189%S**.

Como o banho contém **0,1%S**, ocorrerá a dessulfuração.