

- 1) Quantidades equimolares de A e B são alimentadas num tanque a 25 °C. Sabendo-se que as pressões de vapor dos componentes puros a 25 °C são iguais a $P_A^{sat} (bar) = 1$ e $P_B^{sat} (bar) = 3$, que a fase gasosa se comporta como gás ideal e que a fase líquida forma uma mistura **não ideal**, descrita através do modelo de Margules ($\ln \gamma_A = 4x_B^2$ e $\ln \gamma_B = 4x_A^2$), calcule a pressão de ponto de bolha desta mistura.
- 2) Utilizando as informações correspondentes à Questão 1, mostre como se calcularia as composições das fases correspondentes para que o sistema apresente 50% de vapor no interior do tanque.
- 3) Quantidades equimolares de A e B são alimentadas num tanque a 25 °C. Sabendo-se que as pressões de vapor dos componentes puros a 25 °C são iguais a $P_A^{sat} (bar) = 1$ e $P_B^{sat} (bar) = 2$, que a fase gasosa se comporta como gás ideal e que os componentes são imiscíveis na fase líquida, calcule a pressão e as composições de equilíbrio.
- 4) Uma corrente contendo 1 mol de A e 1 mol de inerte (I) entra num reator catalítico de leito fixo para formar B através da seguinte reação: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$, onde $\Delta G_{298K} = 600 cal/mol$ e $\Delta H_{298K} \cong \Delta H_{596K} = 1200 cal/mol$. Considerando o comportamento de gás ideal, onde a constante universal dos gases é $R = 2 cal/gmolK$, calcule as composições de A e B (y_A e y_B) em equilíbrio quando o reator opera a 596K e 2 bar.
- 5) Sabendo-se que os componentes A e B formam uma mistura ideal com composição equimolar, calcule o calor molar de mistura (ΔH), o volume molar de mistura (ΔV), a entropia molar de mistura (ΔS) e a energia livre de Gibbs molar de mistura (ΔG).

1) (40 pontos) Uma mistura contendo 40%, em mols, de dissulfureto de carbono (1) e o restante de acetona (2) escoam numa tubulação industrial a 35 °C. Calcule a maior pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase vapor.

Dados:

- O comportamento da mistura é bem descrito pelo modelo de Margules ($\frac{G^E}{RT} = A x_1 x_2$).
- O sistema forma azeótropo a 35 °C na composição de $y_1^{AZ} = 0,67$.
- As pressões de vapor a 35 °C são: $P_1^{SAT} = 0,7\text{bar}$ e $P_2^{SAT} = 0,5\text{bar}$.

2) (30 Ptos) Uma mistura equimolar de A e B entra num reator e os componentes participam das seguintes reações a 450 K e 2 atm: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ e $B(g) \rightleftharpoons 2 D(g)$. Considerando o comportamento de gás ideal e que só existem A, B e D dentro do sistema, calcule a composição de equilíbrio na saída do reator.

Dados: Energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal.

Compostos	ΔG_f^0 (cal/gmol)	ΔH_f^0 (cal/gmol)
A	20	40000
B	25	30000
D	15	50000

3) (30 Ptos) O esquema abaixo representa o ciclo de Rankine utilizado para produção de energia elétrica de uma fábrica.

Dados: i- Corrente 1: 1000 °F e 1000 Psia; Corrente 2: 20 psia; Corrente 3: 212 °F

ii- A turbina trabalha com 80 % de eficiência.

- Calcule as propriedades P, T, H e S das correntes.
- Calcule a potência elétrica produzida quando são gastos 30000 Btu/min na caldeira.

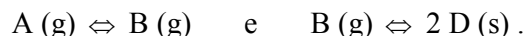
1) (40 pontos) Uma corrente industrial contém 30 % (em mols) de propano(1), 40 % (em mols) de n-hexano e o restante de um solvente especial (líquido iônico, cuja pressão de vapor pode ser considerada igual a zero) escoando a 300K.

Dados: $P_1^{\text{sat}}(300\text{K}) = 68 \text{ kPa}$ e $P_2^{\text{sat}}(300\text{K}) = 45 \text{ kPa}$ e $P_3^{\text{sat}}(300\text{K}) = 0 \text{ kPa}$

a) Calcule a menor pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase líquida.

b) Calcule as composições molares das fases para que a corrente apresente 30% de vapor.

2) (30 Pontos) Uma mistura de 20% de A, 30% de B e o restante de inerte I entra num reator e os componentes participam das seguintes reações a 500 K e 4 atm:



Considerando o comportamento de gás ideal e que D é sólido dentro do sistema, calcule a composição da fase gasosa de equilíbrio na saída do reator.

Dados: Energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal para os compostos A e B e no estado de sólido puro para D.

Compostos	$\Delta G_f^0(\text{cal/gmol})$	$\Delta H_f^0(\text{cal/gmol})$
A	200	4000
B	250	3000
D	150	2500

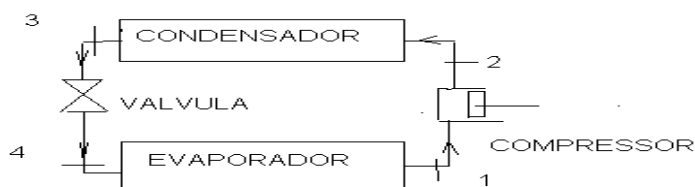
3) (30 Pontos) O esquema abaixo representa o ciclo de refrigeração utilizado para produção de uma corrente de refrigerante.

Dados: i- o compressor trabalha com 80% de eficiência.

ii- a corrente 1 é vapor saturado.

iii- o ciclo trabalha com freon 12.

CORRENTES	1	2'	2	3	4
T (°F)	-30			60	
P (Psia)			90,3		
H (Btu/lbm)					
S (Btu/lbm°F)					



a) Calcule as propriedades P, T, H e S das correntes.

b) Calcule a potência elétrica consumida para uma produção de 50000 Btu/min de refrigeração.

SEGUNDA PROVA DE TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS (EQE-363)

Prof. Frederico W. Tavares

1) (40 pontos) Uma corrente industrial contém 30 % (em mols) de propano(1), 40 % (em mols) de n-hexano e o restante de um solvente especial (líquido iônico, cuja pressão de vapor pode ser considerada igual a zero) escoado a 300K.

Dados: $P_1^{\text{sat}}(300\text{K}) = 68 \text{ kPa}$ e $P_2^{\text{sat}}(300\text{K}) = 45 \text{ kPa}$ e $P_3^{\text{sat}}(300\text{K}) = 0 \text{ kPa}$

a) Calcule a menor pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase líquida.

b) Calcule as composições molares das fases para que a corrente apresente 30% de vapor.

2) (40 Ptos) Uma mistura equimolar de A e I (inerte) entra num reator e onde ocorrem as seguintes reações a 500 K e 3 atm: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ e $B(g) \rightleftharpoons D(g)$. Considerando o comportamento de gás ideal e que só existem A, B, D e I dentro do sistema, calcule a composição de equilíbrio na saída do reator.

Dados: Capacidade calorífica média, energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal.

Compostos	$\Delta G_f^0(\text{cal/gmol})$	$\Delta H_f^0(\text{cal/gmol})$	$\langle C_p \rangle (\text{cal/gmolK})$
A	20	40000	8
B	25	30000	8
D	15	50000	8
I	10	50000	10

3) (20 Ptos) Sabendo-se que os componentes A e B formam uma mistura ideal com composição equimolar, calcule o calor molar de mistura (ΔH), o volume molar de mistura (ΔV), a entropia molar de mistura (ΔS) e a energia livre de Gibbs molar de mistura (ΔG).

Sabe-se que: $\Delta G = RT \left(\sum_i x_i \ln \hat{a}_i \right)$ onde $\hat{a}_i = \hat{f}_i / f_i^0$

SEGUNDA PROVA DE TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS

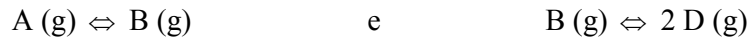
(EQE-363)

Prof. Frederico W. Tavares

1) (40 pontos) Uma mistura contendo 40%, em mols, de dissulfureto de carbono (1) e o restante de acetona (2) escoam numa tubulação industrial a 35 °C. Calcule a maior pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase vapor.

Dados: modelo de Margules ($G^E / RT = 1,2x_1x_2$) e as pressões de vapor a 35 °C ($P_1^{SAT} = 0,7\text{bar}$ e $P_2^{SAT} = 0,5\text{bar}$).

2) (40 Ptos) Uma mistura contendo 1 mol de A e 2 mols de B entra num reator e os componentes participam das seguintes reações a 450 K e 3 atm:



Considerando o comportamento de gás ideal e que só existem A, B e D dentro do sistema, calcule a composição de equilíbrio na saída do reator.

Dados: Capacidade calorífica média, energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal.

Compostos	ΔG_f^0 (cal/gmol)	ΔH_f^0 (cal/gmol)	$\langle C_p \rangle$ (cal/gmolK)
A	20	4000	8
B	25	3000	10
D	15	4000	5

3) (20 Ptos) Misturam-se quantidades iguais de duas correntes em um tanque. Uma de água pura a 21,1 °C e outra de solução aquosa contendo 80%(p/p) de ácido sulfúrico a 37,8 °C. Qual o calor envolvido no processo para que a temperatura da corrente de saída do tanque seja de 37,8 °C?

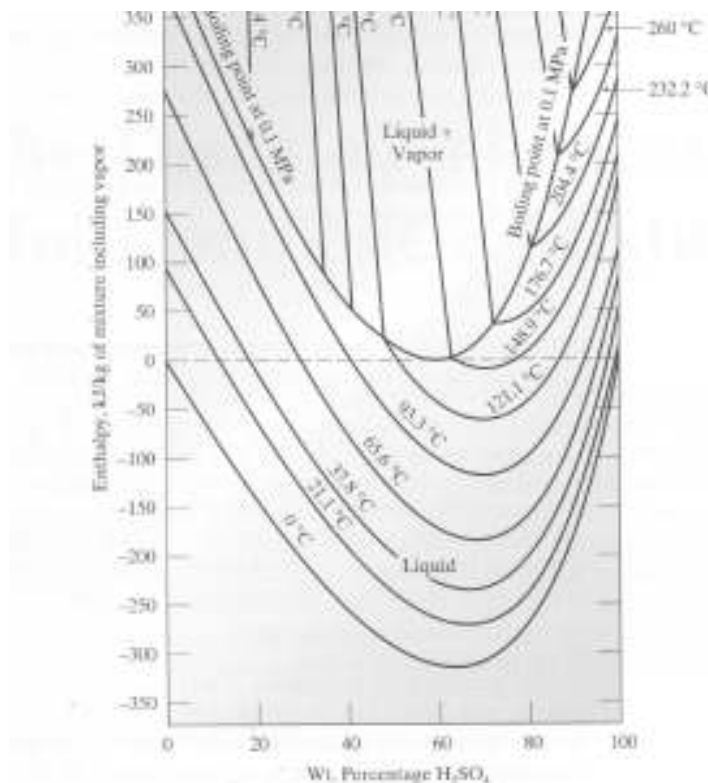


Figure 6.1-1 Enthalpy-concentration diagram for aqueous sulfuric

1) (40 pontos) Um tanque fechado contém 40%, em mols, de n-octano(1), 20%, em mols, de n-decano(2) e 40%, em mols, de água(3) a 190 °F e 15 psia. Calcule as composições das fases presentes no tanque sabendo-se que a água é completamente imiscível na fase líquida e que os compostos orgânicos (n-octano e n-decano) formam mistura ideal na fase líquida. Na fase vapor, os três componentes se comportam como gases ideais.

Dados: $P_1^{\text{SAT}}(190^\circ\text{F}) = 7\text{psia}$ $P_2^{\text{SAT}}(190^\circ\text{F}) = 1\text{psia}$ $P_3^{\text{SAT}}(190^\circ\text{F}) = 10\text{psia}$

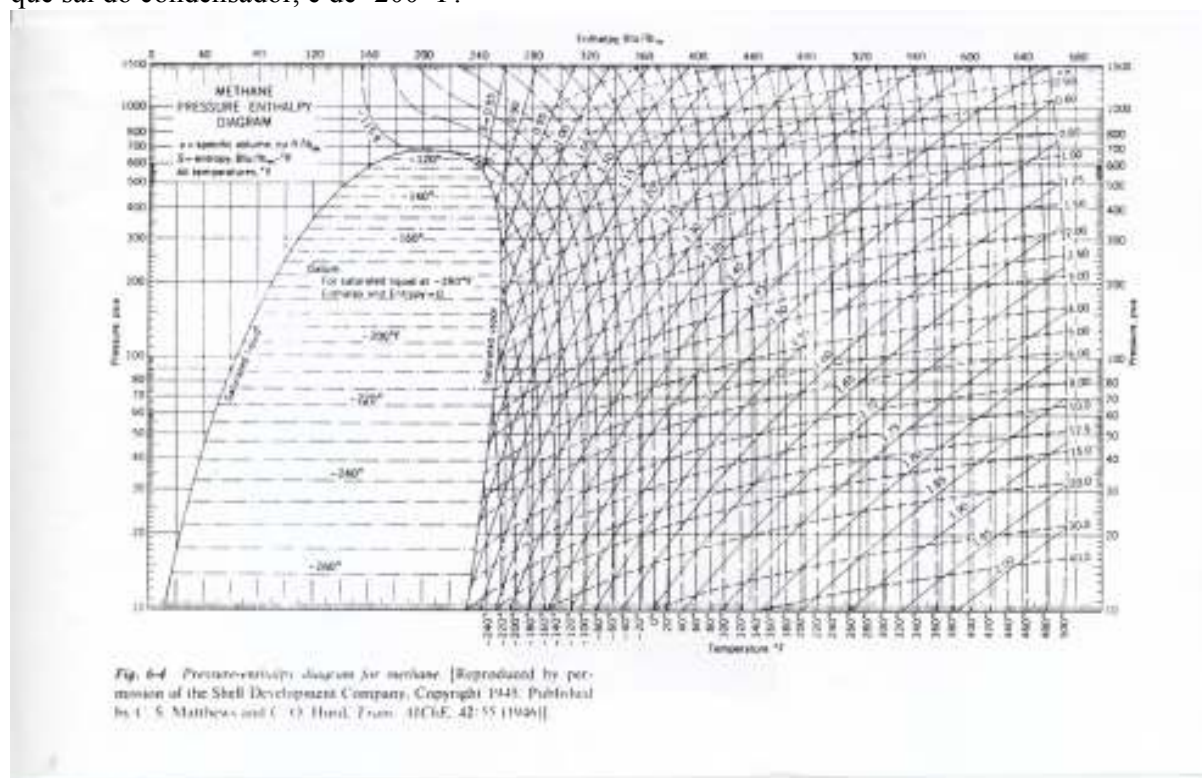
2) (30 Pontos) Uma mistura de 20% de A, 30% de B e o restante de inerte I entra num reator e os componentes participam das seguintes reações a 500 K e 4 atm: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ e $B(g) \rightleftharpoons 2D(s)$.

Considerando o comportamento de gás ideal e que D é sólido dentro do sistema, calcule a composição da fase gasosa de equilíbrio na saída do reator.

Dados: Energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal para os compostos A e B e no estado de sólido puro para D.

Compostos	$\Delta G_f^0(\text{cal/gmol})$	$\Delta H_f^0(\text{cal/gmol})$
A (gás)	200	4000
B (gás)	250	3000
D (sólido)	150	2500
I (gás)	200	2500

3) (30 Pontos) Metano é utilizado como refrigerante em um ciclo de refrigeração. Dados: i) a eficiência do compressor é de 70%; ii) a corrente que entre no compressor, corrente 1, é de vapor saturado a 40 psia; iii) a pressão da corrente que sai do compressor, corrente 2, é de 200 psia; iv) a temperatura da corrente 3, corrente que sai do condensador, é de -200 °F.



A partir do diagrama do metano:

- Encontre as propriedades P, T, H e S das quatro correntes existentes.
- Mostre o ciclo real no diagrama fornecido.
- Calcule a potencia frigorífica, sabendo-se que 200 lbm/s de metano circulam na máquina.

1) (40 pontos) Uma mistura, em estado de líquido saturado, contendo 60%, em mols, de n-butano, 20%, em mols, de n-hexano e 20%, em mols, de n-octano é alimentada a unidade de flash a 1 atm. O tanque de flash trabalha a 1 atm e 50 °C. Fazendo-se as suposições pertinentes, calcular as composições das correntes de saída e o calor (aproximado) envolvido no processo. Dados: $R = 1,987 \text{ cal}/(\text{gmolK}) = 82,05(\text{atmcm}^3)/(\text{gmolK})$

Compostos	$T_c(\text{K})$	$P_c(\text{atm})$	w	$\langle C_p \rangle^v$ (cal / gmolK)	$\langle C_p \rangle^L$ (cal / gmolK)
n-butano	425,2	38,0	0,166	28	35
n-hexano	507,5	30,0	0,295	20	25
n-octano	568,8	24,5	0,394	19	22

$$P^{\text{SAT}} = P_c \exp[5,4(w+1)(1 - T_c / T)]$$

$$\Delta S_n^{\text{VAP}} (\text{cal} / \text{gmolK}) = 8,0 + 1,897 \ln(T_n)$$

2) (30 pontos) Duas correntes de amônia, corrente 1 (2 lbm/s de líquido saturado a 10 psia) e corrente 2 (10 lbm/s nas condições de 10 psia e 120 °F), são misturadas em um trocador de calor de contato direto, produzindo uma corrente 3. A corrente 3 passa por um compressor (com eficiência de compressão de 70%) e produz uma corrente 4 a 100 psia. Encontre as propriedades termodinâmicas (T, P, H e S) das correntes e calcule a potência envolvida no processo.

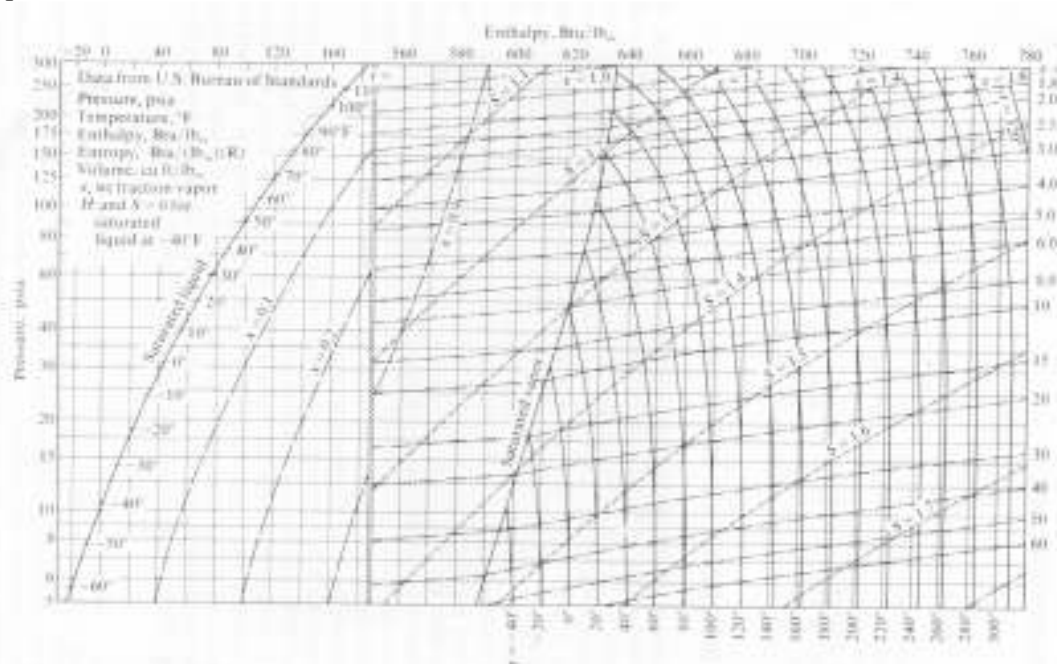


Figure 9-4 Pressure-enthalpy diagram for ammonia.

3) (20 pontos) O diagrama abaixo representa dados experimentais no plano T-P do sistema metano- CO_2 .

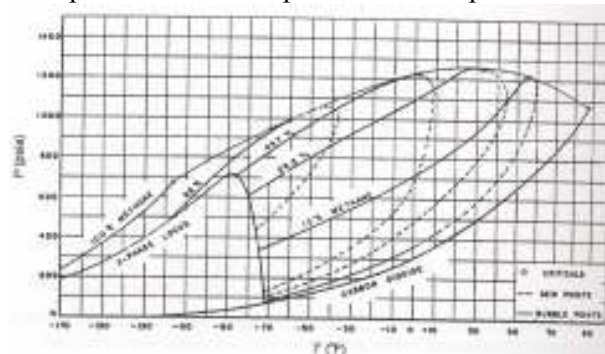


Figure P15.37(b) Pressure-temperature projections for the $\text{CH}_4\text{-CO}_2$ binary [Donnelly and Katz (1954)].

- Usando o diagrama, explique o fenômeno de condensação retrógrada a 1200 psia.
- Mostre o diagrama PXY para o sistema binário a 10 °F.

SEGUNDA PROVA DE TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS
(EQE-363)

Prof. Frederico W. Tavares

1) (30 pontos) Uma corrente de 1 kg/s de água líquida pura a 0°C é misturada continuamente com outra de igual vazão de solução contendo 90% (p/p) de ácido sulfúrico a 0°C . Qual a taxa de calor que deve ser usada no misturador de modo que a temperatura da corrente de saída seja líquida e com temperatura igual a $37,8^{\circ}\text{C}$? O calor é adicionado ou removido do misturador?

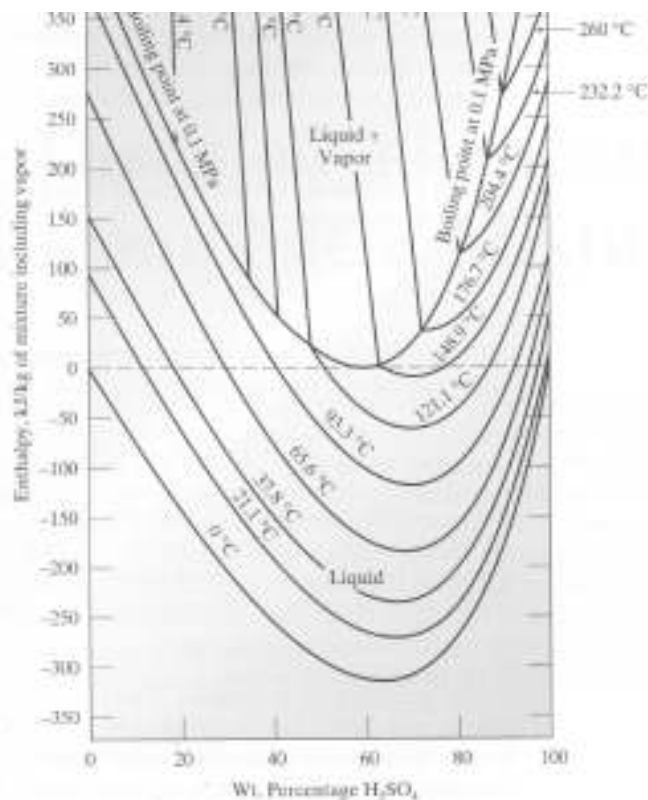


Figure 6.1-1 Enthalpy-concentration diagram for aqueous sulfuric

2) (30 pontos) Uma mistura contendo 40%, em mols, de éter (1) e o restante de acetona (2) escoam numa tubulação industrial a 50°C . Calcule a maior pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase vapor. Nesta pressão de operação, calcule as composições em equilíbrio.

Dados: modelo de Margules ($\ln \gamma_1 = x_2^2$ e $\ln \gamma_2 = x_1^2$) e as pressões de vapor a 50°C ($P_1^{SAT} = 1,7\text{bar}$ e $P_2^{SAT} = 0,8\text{bar}$).

3) (40 Pontos) Uma mistura de 10% de A, 20% de B e o restante de inerte I entra num reator a 400K e 1atm e os componentes participam das seguintes reações a 500K e 4atm : $\text{A (g)} \rightleftharpoons \text{B (g)}$ e $\text{B (g)} \rightleftharpoons 2\text{D (s)}$.

Considerando o comportamento de gás ideal e que D é sólido dentro do sistema, calcule:

- As composições de equilíbrio da fase gasosa na saída do reator.
- O calor envolvido no processo.

Dados: Energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400K e 1atm no estado de referência de gás ideal para os compostos A, B e I e no estado de sólido puro para D. As capacidades caloríficas médias são também relacionadas.

Compostos	ΔG_f^0 (cal/gmol)	ΔH_f^0 (cal/gmol)	$\langle C_p \rangle$ (cal/gmolK)
A (gás)	200	4000	10
B (gás)	250	3000	10
D (sólido)	150	2500	5
I (gás)	200	2500	10

PROVA SUBSTITUTIVA DE TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS (EQE-363)
Prof. Frederico W. Tavares

1) (20 pontos) Uma corrente de 1 kg/s de água líquida pura a 0°C é misturada continuamente com outra de igual vazão de solução contendo 90% (p/p) de ácido sulfúrico a $21,1^{\circ}\text{C}$. Qual a taxa de calor que deve ser usada no misturador de modo que a temperatura da corrente de saída seja líquida e com temperatura igual a $37,8^{\circ}\text{C}$? O calor é adicionado ou removido do misturador?

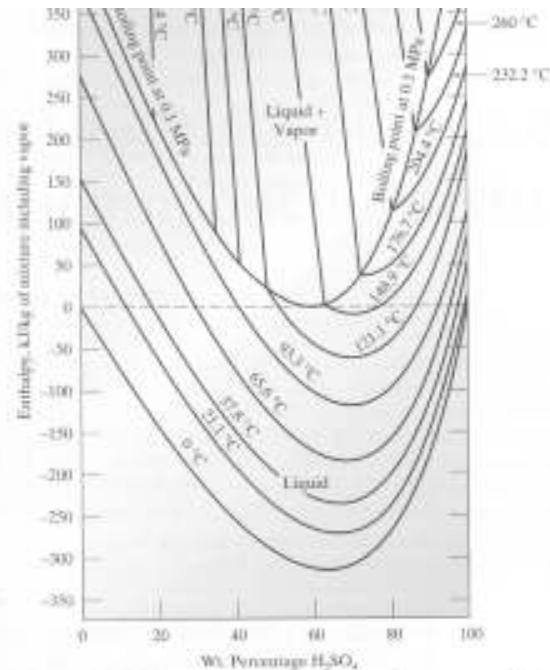


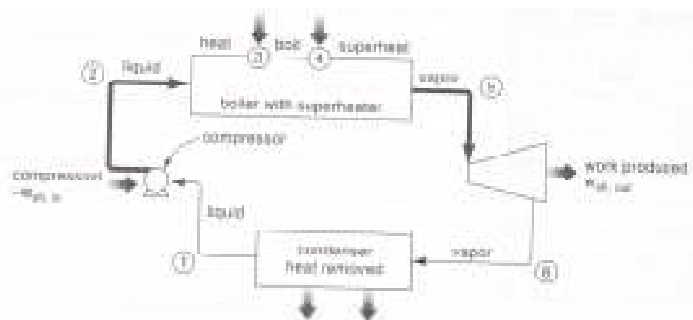
Figure 6.1-1 Enthalpy-concentration diagram for aqueous sulfuric acid.

2) (30 pontos) Uma mistura contendo 40%, em mols, de éter (1) e o restante de acetona (2) escoam numa tubulação industrial a 50°C . Calcule a maior pressão de operação para que o sistema apresente apenas fase vapor. Nesta pressão de operação, calcule as composições em equilíbrio.

Dados: modelo de Margules ($\ln \gamma_1 = Ax_2^2$ e $\ln \gamma_2 = Ax_1^2$) e as pressões de vapor a 50°C ($P_1^{\text{SAT}} = 1,7\text{bar}$ e $P_2^{\text{SAT}} = 0,8\text{bar}$). Sabe-se, também, que $\gamma_1^{\infty} = \gamma_2^{\infty} = 2,72$.

3) (30 Ptos) O esquema abaixo representa o ciclo de Rankine utilizado para produção de energia elétrica de uma fábrica. Sabendo-se os seguintes dados das correntes: Corrente 5: 450°F e 100 psia; Corrente 6: 15 psia; Corrente 1: é líquido saturado, e que a turbina trabalha com 80 % de eficiência, calcule:

- as propriedades P, T, H e S das correntes.
- a potência elétrica produzida quando são gastos 30000 Btu/min na caldeira.



4) (20 Ptos) Duas correntes de água, corrente 1 (15 lbm/s de líquido 15 psia e 162°F) e corrente 2 (10 lbm/s nas condições de 15 psia e 500°F), são misturadas em um trocador de calor de contato direto, produzindo uma corrente 3. Encontre as propriedades termodinâmicas (T, P, H e S) da corrente 3.

PROVA FINAL DE TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS
Prof. Frederico W. Tavares

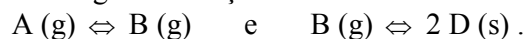
ALUNO:

1) (40 pontos) Uma corrente industrial contém 30 % (em mols) de n-butano (1), 40 % (em mols) de n-hexano (2) e o restante de polipropileno (3) (cuja pressão de vapor pode ser considerada igual a zero) escoam a 2atm.

Dados: $P_1^{\text{SAT}}(\text{atm}) = 38 \exp\left(6,296 - \frac{2677}{T(\text{K})}\right)$, $P_2^{\text{SAT}}(\text{atm}) = 30 \exp\left(6,993 - \frac{3549}{T(\text{K})}\right)$ e $P_3^{\text{SAT}}(\text{atm}) = 0,0$

- a) Calcule a maior temperatura de operação para que o sistema apresente apenas fase líquida.
b) Calcule a temperatura e as frações molares das fases para que a fração molar de polipropileno na fase líquida seja de 80% .

2) (30 Pontos) Uma mistura de 20% (em mols) de A, 30% (em mols) de B e o restante de inerte I entra num reator e os componentes participam das seguintes reações a 500 K e 3 atm:



Considerando o comportamento de gás ideal e que D é sólido dentro do reator, calcule a composição de equilíbrio da fase gasosa na saída do reator.

Dados: Energias livres de Gibbs e calores de formação dos componentes a 400 K e 1 atm no estado de referência de gás ideal para os compostos A e B e no estado de sólido puro para D.

Compostos	$\Delta G_f^0(\text{cal/gmol})$	$\Delta H_f^0(\text{cal/gmol})$
A	200	4000
B	250	3000
D	150	1500

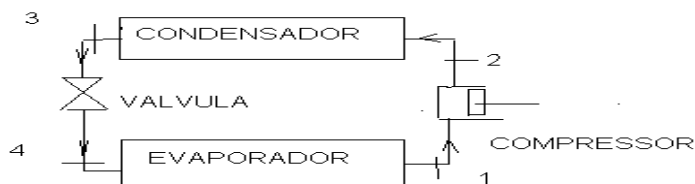
3) (30 Pontos) O esquema abaixo representa o ciclo de refrigeração por compressão.

Dados: i- o compressor trabalha com 80% de eficiência.

ii- a corrente 1 é vapor saturado.

iii- o ciclo trabalha com amônia.

CORRENTES	1	2'	2	3	4
T (°F)				0,0	
P (Psia)	10		60		
H (Btu/lbm)					
S (Btu/lbm°F)					



- a) Apresente o ciclo no diagrama em anexo.
b) Calcule as propriedades P, T, H e S das correntes.
c) Calcule a potência elétrica consumida para uma produção de 80000 Btu/min de refrigeração.

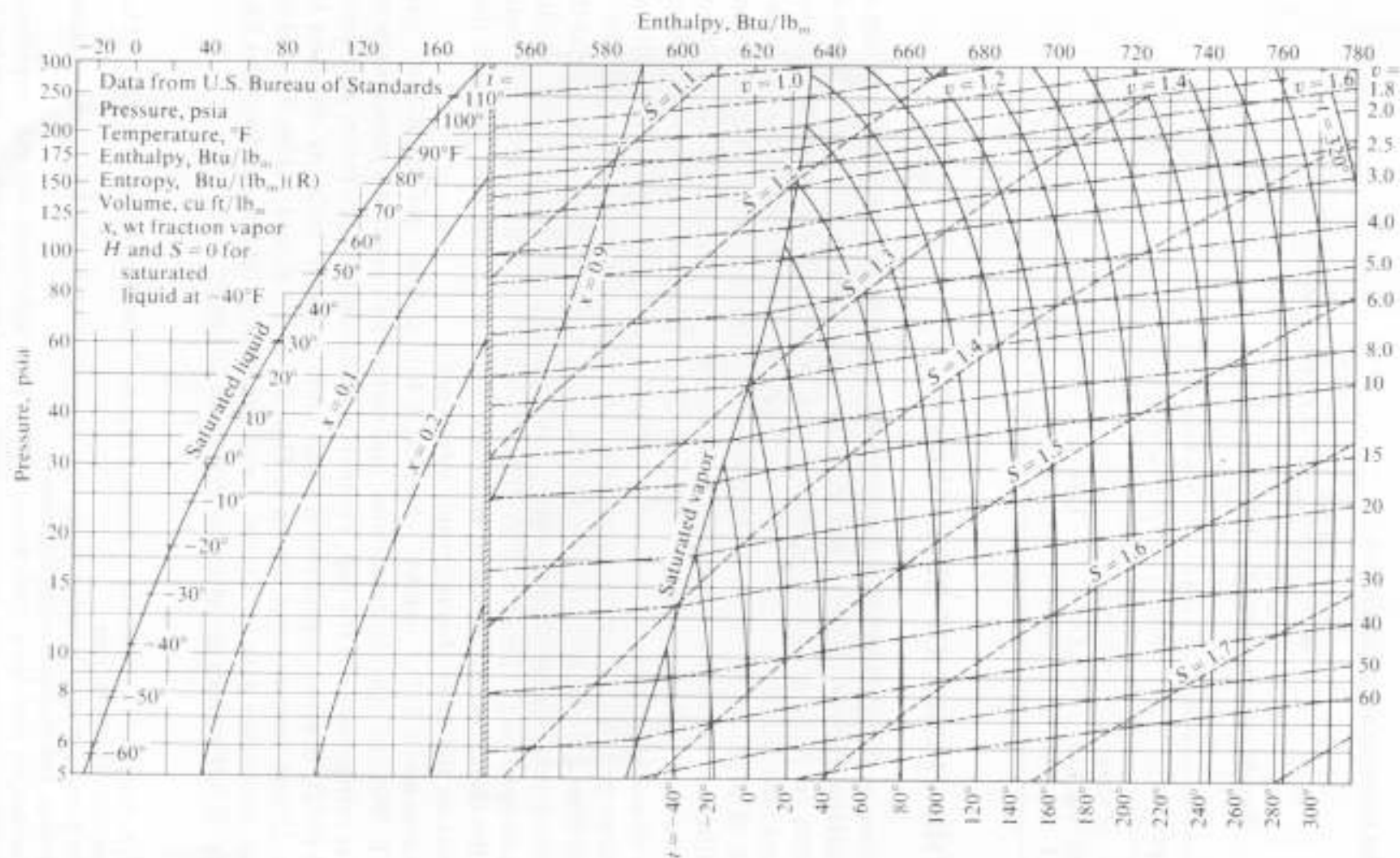


Figure 9.4 Pressure/enthalpy diagram for ammonia.