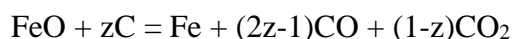


EXERCÍCIOS DE FÍSICO-QUÍMICA

ESTEQUIOMETRIA/BALANÇO DE MASSA

- A análise de uma mistura gasosa redutora, em base volumétrica, é 70% H₂, 15% CO, 5% CO₂, 5% H₂O e 5% N₂. Expresse a composição da mistura gasosa em:
 - Porcentagem molar;
 - Porcentagem em peso.
- Uma amostra de minério de ferro contém Fe, Si e O. Sua análise mostra que o ferro está presente a 68%. Assumindo que todo o oxigênio presente está na forma de Fe₂O₃ e SiO₂, pede-se:
 - Calcule a % de SiO₂ do minério;
 - Expresse a composição do minério em % molar.
- A composição do ar seco é 78,09% N₂, 20,94% O₂, 0,93% Ar, 0,0018% Ne, 5,2x10⁻⁴% He, 1x10⁻⁴% Kr e 5x10⁻⁵% H₂. Encontre a massa molecular média do ar assim como a sua densidade média. Supor que o ar comporta-se como gás ideal.
- A solubilidade do nitrogênio no ferro líquido a 1600°C e 1 atm de pressão é 0,0451%. Calcule o volume de N dissolvido em 1 kg de Fe líquido nas condições especificadas. Expresse o volume em cm³.
 - CNTP;
 - 1600°C e 750 mmHg.
- Os depósitos de minério de Cu nos EUA no início da década de 90 continham em média 0,5% Cu. O consumo de Cu neste período foi de 2,7 milhões de t. Assumindo que 2/3 da demanda de Cu é proveniente de minério, calcule a quantidade de minério que deve ser processado por ano. Assuma que a recuperação é de 84%
- Pirita, FeS₂, Ocorre naturalmente com uma pureza de 93,6%. Quantos kg de enxofre estão presentes em 1 t deste minério. Se a pirita é completamente oxidada a Fe₂O₃ e SO₂, quais são as quantidades desses produtos por t de pirita?
- Ferro pode ser produzido pela redução da wüstita(Fe_{0,94}) com CO. Calcule a massa de wüstita necessária e o volume de CO consumido para produzir 1 t de Fe.
- Um alto-forno produz 2400 t de gusa por dia. A análise química do gusa é: 92,9% Fe;4% C;1,38% Si;0,9% P;0,8% Mn; 0,02% S. O minério carregado contém 72,2% Fe₂O₃, 9,6% SiO₂, 7,8% Al₂O₃, 6,2% H₂O, 3,1% MnO e 1,1% P₂O₅. O coque contém 89% C, 8% SiO₂, 2% Al₂O₃ e 1% FeS. O calcário contém 96,5% CaCO₃ e 3,5% SiO₂. O alto-forno é alimentado com 1800 e 1200 t de coque e calcário por dia, respectivamente. Adicionalmente, 98,5% de todo o Fe que entra, sai efetivamente como gusa. Calcular:
 - O consumo diário de minério;
 - A geração diária de escória e a sua composição química, supondo que ela não contenha carbono.
- A wüstita(FeO) é reduzida diretamente a Fe metálico por carbono sólido. A estequiometria da reação é:



O produto gasoso contém 75% de CO e 25% de CO₂. Calcular:

- O valor de z;

b. A quantidade de C necessário para produzir 1 t de Fe

10. Calcário é calcinado num forno rotativo queimando gás natural. O forno produz 280 t de cal virgem por dia. O calcário tem uma composição de 96% CaCO_3 , 2% SiO_2 , 1% Fe_2O_3 e 1% H_2O . Calcular:

a. O consumo diário de calcário;

b. A análise química da cal produzida.

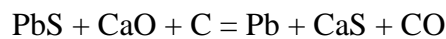
11. Um conversor de cobre é carregado com 100 t de mate contendo 55% FeS e o resto em Cu_2S . Os sulfetos são oxidados, soprando ar no conversor, a FeO e Cu . Calcular:

a. O volume necessário de ar;

b. O volume de SO_2 formado;

c. A massa de Cu e faialita ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) da escória formada.

12. Sulfeto de Pb pode ser reduzido diretamente a Pb de acordo com a seguinte reação química:



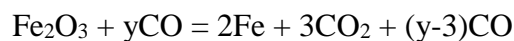
Calcular, por tonelada de Pb :

a. A massa de PbS , CaO e C necessários;

b. A massa de CaS produzida;

c. O volume de CO formado.

13. Num alto-forno ideal, hematita (Fe_2O_3) é reduzida a Fe por CO . O CO é produzido pela combustão do C com ar. Para conseguir uma redução completa da Fe_2O_3 , um excesso de CO deve estar presente. A reação que representa o processo é:



A relação CO/CO_2 da mistura gasosa é igual a 1,6, em volume. O forno produz 2000 t por dia.

a. Determinar o valor de y ;

b. Calcule os volumes, em Nm^3 , de CO em excesso e CO_2 produzidos diariamente;

c. Calcule o consumo de coque, por t de Fe , sabendo que ele contém 88% de C ;

d. Encontre o volume, em Nm^3 , do ar necessário para a produção de CO , por t de Fe ;

e. Se o forno foi carregado com calcário em $\frac{1}{4}$ do Fe_2O_3 reduzido, qual é a relação final CO/CO_2 do gás de saída.

14. Deseja-se preparar 100 kg de uma liga $\text{Cu}35\%\text{Zn}$. Para tanto dispõe-se de 60 kg de Cu_2O , 20 kg de Cu eletrolítico, 48 kg de ZnS , 6,93 kg de Si metalúrgico, 47 kg de grafita e 10 kg de Zn eletrolítico. Para o barateamento da produção da liga, os componentes de Cu e Zn foram totalmente utilizados. Todo o Cu_2O foi reduzido com Si e o ZnO , produzido pela ustulação do ZnS , foi reduzido pelo Si restante e pelo carbono. Pede-se:

a. O volume de oxigênio utilizado na ustulação do ZnS (Nm^3);

b. O volume e a composição química do gás de saída da ustulação, sabendo que o oxigênio foi fornecido pelo ar (80% N_2 e 20% O_2);

c. A massa e a composição química da escória formada após a produção da liga, sabendo que a sílica (SiO_2) é neutralizada com fluorita (CaF_2) numa relação de 10/1 ($\text{CaF}_2/\text{SiO}_2$);

d. A massa das matérias primas que sobraram após a produção da liga.

15. A carga de um alto-forno contém 160 kg de Fe_2O_3 , 54 kg de SiO_2 , 20 kg de Al_2O_3 , 78 kg de C além de uma quantidade estequiométrica de ar (80% N_2 e 20% O_2). O gusa

- produzido contém 4% C e 1% Si. Os óxidos remanescentes formam uma escória sem Fe e C. O carbono está presente no gás de saída na forma de CO₂. Calcular:
- A massa de gusa;
 - A massa e a composição química da escória;
 - O volume e a composição química do gás de saída.
16. Carrega-se de um conversor a oxigênio contendo com 200t de gusa contendo 92,9% Fe;4% C;1,38% Si;0,9% P;0,8% Mn; 0,02% S, 50t de sucata de aço contendo 0,1% C e 10t de cal. O aço produzido contém 0,05% C, 0,03% P, 0,2% Mn e 0,03% S. Determinar:
- O volume de O₂ soprado;
 - A massa e a composição química da escória formada
17. Um conversor a oxigênio é carregado com 200t de gusa contendo 4,2% C;1,5% Si;0,4% P;0,8% Mn e 20 t de sucata contendo 0,2% C. A carga foi soprada com oxigênio (98% puro) a uma taxa de 1t/min. O sopro oxidava inclusive o Fe da carga (4% do gusa) na forma de FeO. Os gases continham CO e CO₂ numa proporção de 9:1. Assuma que foi adicionada cal para formar uma escória contendo 38%CaO. Calcule:
- A quantidade de oxigênio utilizado;
 - A massa e a composição da escória
18. Um concentrado de Zn contendo 68% ZnS, 4% PbS, 2% CdS, 5% FeS, 4% FeS₂, 10 % SiO₂ e 7% H₂O é ustulado num reator de leito fluidizado. O produto ustulado contém CdO, Fe₂O₃, PbO, PbSO₄, SiO₂, ZnO e ZnO.Fe₂O₃. O Pb está dividido igualmente em PbO e PbSO₄. Pede-se:
- A necessidade teórica de ar;
 - O volume e a composição química do gás de ustulação quando se utiliza 15% de excesso de ar;
 - Idem para o ar enriquecido com O₂ (28% de O₂) e 10% em excesso.
- Utilize como base de cálculo 1 t de concentrado.
19. Calcário com 56% de CaO e 49% de CO₂ é calcinado em um forno rotativo. Para cada kg de calcário, 150 g de óleo combustível com 85% de C e 15% de H₂ são usados e o volume do ar de combustão é de 2,10 Nm³. O combustível queima completamente a CO₂ e H₂O os quais se misturam ao CO₂ gerado pela calcinação. Calcule, em Nm³, o volume do gás de calcinação assim como a sua composição química na base úmida e seca. Supõe-se que o ar contenha 21% O₂ e 79% N₂.
20. Um minério de Cu contém 1,5% de Cu. Após a sua preparação, 4,5% de concentrado, com 30% de Cu são obtidos a partir de 100kg de minério. Calcular:
- A razão de concentração;
 - A recuperação;
 - A massa e a %Cu da ganga
21. Expresse em fração atômica a composição química de um ferro fundido cinzento comum.
22. Calcule a quantidade de oxigênio por tonelada de aço necessária para descarburar um aço de 0,3% para 0,04% de C.
23. Deseja-se produzir 50lb de Zn reduzindo carbotermicamente um minério contendo 56% ZnO. O redutor contém 90% de C fixo e 10% de cinzas. É usado redutor com um excesso de 400%. Pede-se calcular:
- A massa de minério da carga;

- b. A % de redutor na carga;
c. O volume de CO gerado em ft^3 .
24. Um conversor recebe 6 t de mate contendo 54% FeS, onde o FeS é oxidado por sopro de ar conforme a reação:
- $$2\text{FeS} + 3\text{O}_2 = 2\text{FeO} + 2\text{SO}_2$$
- a. Qual o volume de ar necessário? (Nm^3)
b. Volume de SO_2 formado?
c. Quantos kg FeO formado?
d. Peso da escória formada (t), FeO = 65% de escória
25. Óxido de ferro é reduzido para Fe em forno elétrico de acordo com a reação:
- $$4\text{Fe}_2\text{O}_3 + 9\text{C} = 8\text{Fe} + 6\text{CO} + 3\text{CO}_2$$
- a. kg de Fe_2O_3 para 1 t de Fe
b. kg de C
c. kg de CO e CO_2
d. m^3 de CO e CO_2 formados (CNTP)
26. Calcular o volume de O_2 necessário para descarburar 100 toneladas de gusa contendo 4,5%C, 0,4%Si e 0,1%P assim como a composição química da escória sabendo que ela contém cerca de 20% do Fe do gusa vai para a escória. Os teores finais do aço produzido são: 0,01%C, 0,03%Si e 0,03%P.
27. Calcular a quantidade anual de carepa necessária para abaixar o teor de Si do gusa de 0,4% para 0,01% sabendo que a produção do AF é de 5 milhões de toneladas e que o rendimento de dessiliciação é de 80%.
28. Calcular a quantidade de CaC_2 necessário para dessulfurar 100 t de gusa de 0,06% para 0,005%S.
29. Um conversor a oxigênio é carregado com 200 t de gusa líquido e 20 t de sucata. A composição química da carga é:
- Gusa líquido: 4,2%C; 1,5%Si; 0,8%Mn; 0,4%P
 - Sucata: 0,2%C

A carga foi soprada com O_2 com pureza de 98% a uma taxa de 1t/min. O sopro oxidou todo C, Mn, Si e P assim como 4% do Fe do gusa líquido. Todo o FeO assim formado foi para a escória. Os gases continham CO e CO_2 na proporção de 9:1. Assuma que foi adicionada cal para que a escória contivesse 38% de CaO. Calcule:

- a. A quantidade de O_2 utilizada;
b. O tempo de sopro;
c. A massa e a composição química da escória

1ª LEI DA TERMODINÂMICA - BALANÇO TÉRMICO

30. Estudando-se a variação de c_p para o ouro sólido, chegou-se à conclusão que, entre 298 e 1336 K é válida a relação:

$$c_p = 5,66 + 1,24 \cdot 10^{-3} T \text{ (cal/mol.K)}$$

- Calcular a capacidade calorífica média do ouro, entre 298 e 1000 K; (6,46 cal/mol.K)
- Com os dados acima, calcular a variação de entalpia de 100 g de ouro, quando aquecido entre 25°C a 700°C. (2869 cal)

31. Medidas calorimétricas efetuadas com prata sólida pura resultaram nos seguintes valores:

T(K)	c_p (cal/mol.K)
298	6,103
400	6,131
500	6,254

Deduzir uma expressão do tipo $c_p = a + bT + cT^{-2}$ para a prata sólida, no intervalo 298-500 K.

32. Sabendo-se que a capacidade calorífica do cobre sólido é dada pela equação:

$$c_p = 5,41 + 1,50 \cdot 10^{-3} T \text{ (cal/mol.K) - (298-1356 K)}$$

Determinar:

- Capacidade calorífica média do cobre entre 25 e 500°C;
 - Idem entre 25 e 1000°C.
33. Calcular a energia necessária para fundir 100 t de aço a 1650°C.
34. Determinar a quantidade de sucata de aço necessária para resfriar 200t de aço líquido de 1700°C a 1650°C.
35. Em uma panela contendo 1 t de aço são injetados 1000 NI/min de argônio durante 40 min. Admitindo que a temperatura do aço inicial é 1600°C e que o argônio sai da panela a 1000°C, calcule a temperatura do aço após tratamento. Despreze as perdas térmicas.
36. Determinar a quantidade de energia necessária para fundir 100 kg de aço com a seguinte composição química: 2%C, 2%Mn, 1%Si, 5%Cr, 5%Mo e 5%W sabendo que a sua $T_{\text{fusão}} = 1320^\circ\text{C}$.
37. Um recipiente adiabático contém 1000 g de alumínio líquido a 700°C. Calcular a massa de Cr_2O_3 a 25°C que, ao ser adicionado ao alumínio líquido, eleva a temperatura da mistura resultante para 1000°C. (181 g).
38. Determinar o calor de reação de Na_2O sólido puro com HCl gasoso a 1 atm, formando NaCl e água a 25°C. Os calores de formação a 25°C em kcal/mol são: (-120,82 kcal/mol Na_2O)

$\langle \text{NaCl} \rangle$	-98,6	(HCl)	-22,00
$\langle \text{Na}_2\text{O} \rangle$	-100,7	{ H_2O }	-68,32

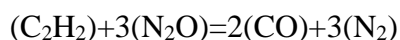
39. Calcular o calor de formação de PbO_2 sólido a partir de chumbo sólido e oxigênio a 1 atm de pressão e 25°C. (-66,1kcal)

Reação	ΔH°_{298} (kcal)
$\langle \text{Pb} \rangle + (\text{O}_2) = \langle \text{PbO} \rangle$	-52,4
$3\langle \text{PbO} \rangle + (\text{O}_2) = \langle \text{Pb}_3\text{O}_4 \rangle$	-18,4



40. Avaliar a entalpia da reação de formação de Cr_2O_3 a 1900°C e o calor necessário para elevar a temperatura de 1 mol deste óxido de 10 a 1900°C . (-215.150 kcal/mol; 57.800 kcal/mol).
41. Um banho de Cu líquido é superesfriado a 5°C abaixo do seu ponto de fusão. A nucleação de cobre sólido e o restante da solidificação ocorrem sob condições adiabáticas. Qual é a % do banho que se solidifica? (1,21% molar)
42. Encontre o calor de reação quando a austenita é oxidada por oxigênio puro formando FeO sólido a 1350°C . (a 25°C , $\Delta H = -46979$ cal/mol).
43. Um gás de alto forno a 600°C é reaproveitado num forno de aquecimento de placas pela sua queima estequiométrica com ar a 25°C . Os fumos saem a 1050°C . A composição volumétrica do gás de alto forno é: 20% CO , 10% CO_2 e 70% N_2 . Supondo que a composição do ar seja 20% O_2 e 80% N_2 . Fazer o balanço térmico. ($\Delta H_{\text{útil}} = -572669,4$ cal)
44. Um gás de alto forno a 600°C é reaproveitado num forno de aquecimento de placas pela sua queima estequiométrica com ar a 25°C . A composição volumétrica do gás de alto forno é: 20% CO , 10% CO_2 e 70% N_2 . Supondo que a composição do ar seja 20% O_2 e 80% N_2 . Calcular a temperatura teórica de chama. (1478°C).
45. Cr_2O_3 puro reage com uma quantidade estequiométrica de Al, ambos inicialmente a 25°C , produzindo alumina e cromo líquido puro. Se a máxima temperatura obtida no cadinho foi de 1900°C , calcular o calor perdido para o meio por kg de Al. ($\Delta H = -41668,4$ cal/mol ou perdas de $7,72 \times 10^5$ cal/kg Al; a temperatura dos produtos seria de $2235,1^\circ\text{C}$).
46. Vapor a 100°C é borbulhado em uma piscina com água a 15°C de dimensões de $25 \times 9 \times 1,5$ m. A temperatura da água é elevada para 20°C . Encontre a massa de vapor utilizado ($m_{\text{vapor}} = 4,69 \times 10^4$ kg).
47. Um rapaz deseja tomar banho de banheira com água a temperatura de 30°C misturando água quente com água fria. Inicialmente ele coloca na banheira 100L de água fria a 20°C . Desprezando a capacidade térmica da banheira e a perda de calor de água pergunta-se:
- Quantos litros de água quente a 50°C deve colocar na banheira?
 - Se a vazão da torneira de água quente é $0,20\text{L/s}$ durante quanto tempo a torneira de água quente deve ficar aberta?
48. Cinquenta gramas de vapor a 100°C passam em um calorímetro adiabático contendo 200 g de gelo e 100 g de água a 0°C . Encontre a temperatura final da água.
49. Um banho de Al puro é resfriado em direção ao seu ponto de fusão numa velocidade constante de $5^\circ\text{C}/\text{min}$. Assumindo que a velocidade de perda de calor permaneça constante e que o equilíbrio é mantido durante o processo de solidificação, calcule o tempo para a solidificação isotérmica do banho e a velocidade de resfriamento logo após a solidificação.

50. Durante o esmerilhamento de aços, fagulhas são geradas como um resultado do lançamento de partículas de ferro líquido a altas velocidades reagindo com o oxigênio do ar formando FeO líquido. Assumindo que a ação de esmerilhamento aumenta a temperatura das partículas de Fe a 1600°C, qual é a máxima temperatura atingida pela fagulha em ar a 25°C? Que hipóteses foram feitas para os cálculos?
51. Um gás com 5% CO₂, 25% CO, 2% H₂O, 14% H₂ e 54% N₂ é alimentado em um forno a 700°C. É desejado aquecer o forno tão rápido quanto possível, mas a máxima temperatura da chama não deve exceder 1600°C ou o refratário do forno se amoleceria. Qual é o volume mínimo de ar a ser alimentado no forno para cada 28,32 Nm³ de gás para tanto? Assuma que as capacidades térmicas variem linearmente com a temperatura.
52. Se FeO é aquecido a 1000°C e exposto a uma mistura de CO e H₂ em proporções adequadas, ele pode ser reduzido a metal sem qualquer suprimento de energia (ou seja, o processo é autógeno ou termicamente auto-suportado). Encontre a relação ótima p_{CO}/p_{H₂} (onde p_{CO}+p_{H₂}=1) para o gás de redução de maneira conseguir esta condição, assumindo que a perda de calor para o meio é de 11.023,11 cal/kg de óxido reduzido.
53. Provoca-se a combustão do acetileno com óxido nitroso como oxidante a 25°C em um espectrofotômetro de chama. Calcule a máxima temperatura alcançada se a melhor mistura corresponde a seguinte reação:(4207K)



	ΔH°_{298} (kcal/mol)	cp (cal/mol.K)
C₂H₂	54,23	
N₂O	19,70	
CO	26,42	$6,8+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot T-0,11 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}$
H₂O	57,80	$7,17+2,56 \cdot 10^{-3} \cdot T-0,08 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}$
N₂		$6,5+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot T$

54. Considera-se que o carbureto de cálcio é um combustível em potencial em um conversor básico a oxigênio. Dependendo das condições se supõe que ele se queimar transformando-se em CaO e CO ou CO₂. Se o calor necessário para aumentar a temperatura de uma corrida de aço a 1600°C é de 333 kcal/kg, calcule quantos kg de aço deveriam ser carregados para cada 1000 kg de CaC₂ quando:
- Todo CaC₂ se consome como CO; (8940kg)
 - Todo o CaC₂ se consome como CO₂; (15285kg)
 - 60% do CaC₂ se transforma em CO₂ e o resto em CO. (12745 kg)
- Supor que a reação ocorra a 25°C.
55. Na redução aluminotérmica dos óxidos de manganês a carga é misturada fria e uma vez entrando em ignição ela deve se auto-sustentar alcançando 2000°C no final do processo. Se os calores necessários para elevar a 2000°C 1 mol de Mn e Al₂O₃ são, respectivamente, 24 kcal e 85 kcal, calcule a relação Al₂O₃/óxido de Mn mínima da carga necessária para que a reação seja auto-sustentada, sabendo que:

$$\Delta H^{\circ}_{298,(\text{MnO})} = -92 \quad \text{kcal/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298,(\text{Mn}_3\text{O}_4)} = -331,4 \quad \text{"}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298,(\text{MnO}_2)} = -124,3 \quad \text{“}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298,(\text{Al}_2\text{O}_3)} = -400 \quad \text{“}$$

56. Deseja-se aquecer 100 kg de Fe de 1000 a 1200°C através da queima de uma mistura gasosa contendo 10% CO, 10% H₂, 50% CO₂ e 30% N₂ a 500°C. O ar disponível está a 300°C e os fumos saem do forno a 900°C. Calcular o volume necessário de gás em Nm³/100 kg de Fe.(12,24Nm³/100kg Fe)
57. Calcule a entalpia da reação de redução do NiO pelo CO sabendo que ambos reagem em quantidades estequiométricas a 500°C e os produtos saem a 1000°C.
58. Calcule a temperatura teórica de chama da zona das ventaneiras de um alto-forno a partir dos seguintes dados:
- Coque pré-aquecido a 1550°C;
 - volume de sopro: 6,2.106 m³/dia (ar com 12 g de umidade por m³);
 - Coque com 89% de C (desprezar efeito das cinzas no balanço final);
 - Ar a 900°C;
 - 1/5 do C do coque é trocado por óleo contendo 86% C e 12% H₂.
59. Um grama de carvão contendo 80% C, 5% H₂, 5% de umidade e 10% de cinzas é queimado completamente num calorímetro. O carvão sofre ignição por meio de uma corrente elétrica e um total de 1500 W.seg foram usados. Após a combustão, a temperatura do calorímetro aumentou de 24 para 26°C. O calorímetro foi calibrado eletricamente quando se constatou que para uma entrada de 18000 W.seg a temperatura aumentou 1°C. Calcular:
- a. A capacidade térmica do calorímetro;
 - b. O calor de combustão do carvão.
- (1 cal = 4,19 W.seg)
60. Cem (100 kg) de Cu são fundidos em um forno a indução em 1 hora a 1200°C. As perdas médias por irradiação são de 30% do calor necessário para fundir o Cu. Adicionalmente, passam pelas bobinas de indução cerca de 10 l/min de água. Calcular:
- a) As perdas térmicas em relação à energia total utilizada;
 - b) A potência total necessária para o processo.

Dados: Temperatura de entrada da água: 25°C;

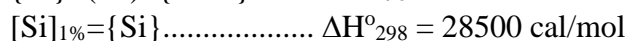
Temperatura de saída da água: 80°C;

Desprezar o aquecimento do revestimento refratário;

1 cal = 4,184 J

1 W = 1 J/seg

61. Qual é o calor associado à queima do silício do gusa líquido (1% Si) no conversor LD formando sílica dissolvida na escória? (-220900 cal/mol)



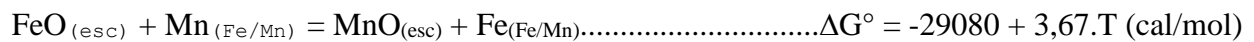
62. Calcule o consumo de energia elétrica por tonelada de ferro quando se deseja aquecer ferro puro a 25°C até a temperatura de 1700°C supondo que as perdas térmicas sejam 10% do calor cedido ao forno. (1 kwh = 860 cal) (444,4 kWh)
63. Considerando o exemplo anterior, ao invés de se utilizar energia elétrica como fonte de calor, queima-se carbono puro carregado a 200°C com ar pré-aquecido a 450°C. Qual seria o consumo de carbono neste caso supondo o ar em quantidade estequiométrica e os gases saindo do forno a 1227°C? (62,75kg)
64. Determinar qual é o valor total envolvido quando se adiciona 10 kg de Si a 1600°C de tal modo que a liga resultante tenha 0,8 molar de Fe. (-10.451,45 kcal)
65. Determinar o calor total associado à mistura de 10 kg de Si líquido em 99 kg de Fe líquido a 1600°C. (-11.416,47 kcal)
66. Em um reator utiliza-se nitrogênio (N₂) para fazer o aquecimento de um minério de Fe contendo 5% de SiO₂. O minério entra no reator a 25°C e sai a 627°C. O N₂ entra a 827°C e sai a 127°C. Considerando que são consumidos 700 Nm³ de N₂ por tonelada de minério, determinar as perdas térmicas. (36.581,93 kcal)
67. Calcular a energia necessária para aquecer 1 t de gusa de 25°C até 1400°C sabendo que nesta temperatura ele se encontra líquido. Composição do gusa: 4,5%C; 0,5%Si; 0,5%Mn; 0,1%P; 0,02%S e 94,38%Fe

CÁLCULOS DE EQUILÍBRIO

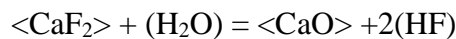
68. Verificar se uma mistura gasosa contendo 10% CO₂, 10% CO, 20% H₂O e 60% H₂ está em equilíbrio a 1000K. Se não, qual é a composição de equilíbrio?
69. Um gás contendo 10%CO, 20%CO₂, 20% H₂, 40%H₂O e 10% N₂ é colocado num forno a 900°C. Qual é a composição de equilíbrio?
70. Um mol de uma mistura gasosa constituída de 50% CO, 25% CO₂ e 25% H₂ é introduzida em um forno a 800°C e 1 atm. Determinar a composição de equilíbrio em %.
71. Calcular a composição de equilíbrio de uma mistura gasosa ideal de H₂, H₂O, CO e CO₂ a 1600°C, sabendo que inicialmente havia no sistema 10 moles de CO e 10 moles de H₂O.
72. Em relação à reação $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$, pergunta-se:
 a. Em que direção o equilíbrio se desloca quando a temperatura é aumentada;
 b. e quando a pressão total do sistema é aumentada?
73. Calcular a composição química de equilíbrio a 1000K da reação para uma mistura gasosa com 1 mol de SO₂ e 0,5 mol de O₂:
- $$\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{SO}_3$$
74. Verificar se a reação de redução do FeO pelo CO é espontânea a 900°C.
75. Determinar a temperatura a partir da qual se torna viável a redução do FeO pelo C.

76. Considerando a reação de redução da magnetita pelo CO formando Fe (reação hipotética), determinar o sentido da reação quando a magnetita e o ferro são colocados em contato com uma mistura gasosa contendo 20% de CO e 80% de CO₂ a 500°C. (não é possível pois $\Delta G = 35100 \text{ J/mol} > 0$)
77. A 1800°C, a pressão de dissociação da alumina é de 10^{-16} atm enquanto que a 1400°C é de 10^{-22} atm. Calcule a energia livre de formação da alumina a 1800 e a 1400°C assumindo que o oxigênio está a pressão atmosférica e os constituintes sólidos estão no estado puro. Calcule também a entropia de formação da alumina naquela faixa de temperatura, sabendo que a sua entalpia de formação permanece constante.
78. Demonstre que a constante de equilíbrio depende somente da temperatura, como ela varia com a temperatura e como varia a composição de um sistema gasoso com a alteração da pressão total do sistema.
79. Deseja-se produzir TiO₂ a partir da ilmenita (FeO.TiO₂) utilizando um gás redutor contendo H₂O e H₂. Calcular o teor máximo de H₂ do gás para que este processo a 1000°C seja possível.
80. Determine a temperatura que o óxido de Cu (Cu₂O) pode dissociar a 10^{-5} mmHg.
81. Em qual temperatura o MgCO₃ deve ser aquecido numa atmosfera contendo uma pressão parcial de CO₂ de 1 atm e 10^{-2} atm de maneira que a decomposição do carbonato ocorra?
82. Em qual temperatura o MgCO₃ contendo 10% de SiO₂ deve ser aquecido numa atmosfera contendo uma pressão parcial de CO₂ de 1 atm e 10^{-2} atm de maneira que a decomposição do carbonato ocorra?
83. Determinar a pressão parcial de O₂ mínima necessária para oxidar a FeO uma chapa de aço a 1000°C quando:
- A chapa é de Fe puro; ($263,4 \times 10^{-18}$ atm)
 - A chapa contém 8% de Ni.
84. Uma peça de Cu laminada a frio deve ser recozida a 650°C. Para evitar a oxidação, o tratamento térmico deve ser realizado sob vácuo. Determine qual é a pressão máxima que a peça pode ser recozida sem sofrer oxidação. Determine também em qual temperatura um vácuo de 10^{-2} mmHg pode ser utilizado. ($2,64 \times 10^{-12}$ atm)
85. Calcule a temperatura a partir da qual Ag₂O puro decompõe-se numa atmosfera de O₂ puro e numa atmosfera contendo ar. (463,8K e 417,7K)
86. Determine a máxima pressão de vapor de água no hidrogênio para que Cr seja aquecido a 1500°C sem oxidação. A oxidação do Cr pelo vapor de água é endo ou exotérmica?
87. Uma mistura contendo argônio (Ar) e H₂ a 1 atm de pressão total é passada através de uma câmara de reação a 900°C contendo Sn e SnCl₂ líquidos. A composição do gás de saída é 50% H₂, 7% HCl e 43% Ar. O equilíbrio foi obtido na câmara de reação?

88. Qual é a máxima pressão de CO₂ que pode ser admitida numa mistura contendo CO e CO₂ a 1 atm de pressão total sem que a oxidação do Ni ocorra a 1500°C?
89. As soluções líquidas de MnO em FeO e Mn em Fe podem ser consideradas ideais a 1600°C. Calcule a concentração de MnO na escória (em % peso) que se encontra em equilíbrio com uma liga com 25% Mn (99%MnO e 1%FeO).
90. As soluções líquidas de MnO em FeO e Mn em Fe podem ser consideradas ideais a 1600°C. Calcule a concentração de Mn em Fe (em % peso) que se encontra em equilíbrio com uma escória com 40% MnO (99%Fe e 1%Mn). Dados:

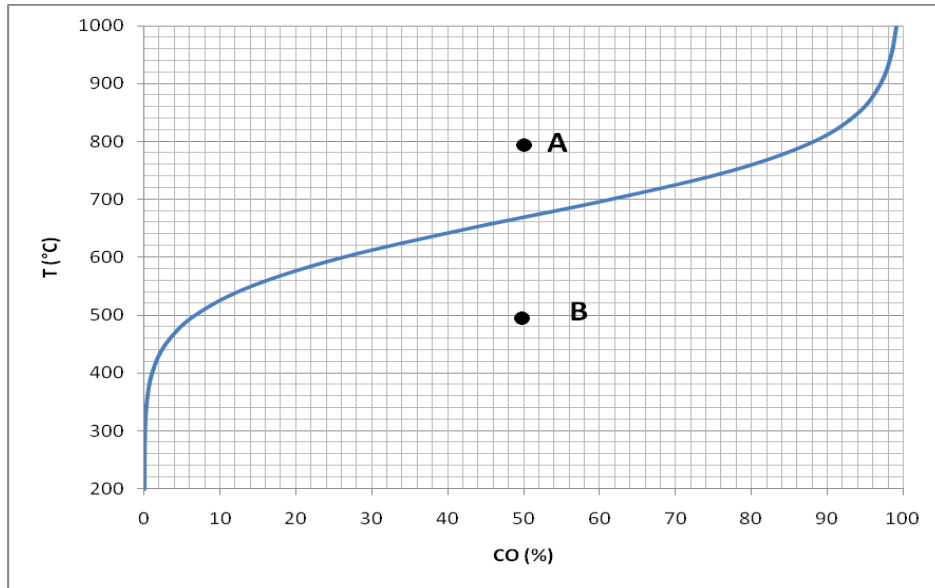


91. Verificar se uma atmosfera contendo CO e CO₂ a 1000K com a relação $p_{(\text{CO})}/p_{(\text{CO}_2)} = 1,23$ é oxidante ou redutora em relação a:
- Alumínio, líquido, puro (oxidante)
 - Cobre, sólido, puro (redutora)
92. Um grama de CaCO₃ é colocado num reator rígido e evacuado com um volume de 1 L à temperatura ambiente. O sistema é então aquecido. Calcule (a) a maior temperatura que o carbonato está presente, (b) a pressão dentro do reator a 1000K e (c) a pressão dentro do reator a 1500K.
93. Uma mistura gasosa Ar-H₂O com uma $p_{\text{H}_2\text{O}}=0,9$ atm (P=1atm) passa através de CaF₂ e como resultado forma-se CaO de acordo com a reação a seguir:



A reação prossegue até o equilíbrio e as fases condensadas são imiscíveis. Quando o fluxo gasoso é de 1L/min (25°C e 1 atm), as perdas de massa da amostra são de $1,47 \times 10^{-4}$ g/h e $4,53 \times 10^{-3}$ g/h a 900 e 1100K, respectivamente. Através desses dados calcular o ΔG° com a temperatura da reação. ($\Delta G^\circ = 67390 - 29T$ cal)

94. Um lingote de aço formaria carepa (FeO) em um forno poço a 1300°C contendo gases com a seguinte composição: 62% N₂; 36% CO₂ e 2% CO ?
95. Determinar o potencial de oxigênio em do gás do exercício anterior utilizando o diagrama de Ellingham.
96. A curva da figura abaixo apresenta o equilíbrio da reação de Boudouard (C + CO₂ = 2 CO) para pressão total de 1 atm ($p_{\text{CO}} + p_{\text{CO}_2}$).



- Que característica da reação de Boudouard faz com que a relação %CO/%CO₂ aumente com o aumento da temperatura?
 - O que acontece com a composição do gás quando uma mistura 50% CO/50%CO₂ é mantida na temperatura de 800°C (ponto A)? E na temperatura de 500°C (ponto B)? Explique.
 - Responda a mesma pergunta do item (b) para o caso em que há excesso de carbono no sistema.
97. Num diagrama de Ellingham é possível estimar graficamente a pressão parcial de equilíbrio da formação dos óxidos e ao mesmo tempo estimar a estabilidade relativa desses compostos. Demonstre a razão.
98. Deseja-se reduzir 100 g de pó de MnO a Mn metálico passando um fluxo de H₂ numa vazão de 100 Ncm³/min numa temperatura de 1000K e uma pressão de 1 atm. Assumindo que a cinética de redução é muito alta, estime o tempo total de redução. Dados: $\Delta G^\circ_{\text{MnO}} = -74.550 \text{ cal/mol}$ e $\Delta G^\circ_{\text{H}_2\text{O}} = -46.040 \text{ cal/mol}$
99. Os seguintes dados foram obtidos para os potenciais de O₂ (p_{O2}) do equilíbrio entre os óxidos CuO e Cu₂O:

T(K)	1173	1223	1273	1303	1350
p_{O2}(atm)	0,0208	0,0498	0,1303	0,225	0,504

Estime os valores de ΔH° e ΔS° da seguinte reação: $2\text{CuO} = \text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2$

100. Através de medidas de equilíbrio entre H₂ e HCl, ambos gasosos, com Na e NaCl, ambos líquidos, a pressão parcial de Cl₂ em equilíbrio com as duas fases condensadas foi calculada como sendo igual a $2,2 \times 10^{-48} \text{ atm}$ a 500°C. Se $\Delta H^\circ_{298, \text{NaCl}}$ é igual a -98,6 kcal/mol e é independente da temperatura, calcule a pressão parcial de Cl₂ a 600°C. ($5,3 \times 10^{-40} \text{ atm}$)
101. Sabe-se que uma mistura gasosa CO-CO₂ contendo 1,95% CO está em equilíbrio com Ni e NiO sólidos a 1500°C e 1 atm. Calcule a p_{O2} de equilíbrio entre as duas fases

- condensadas e o ΔG° de formação do NiO nesta temperatura. ($6,62 \times 10^{-5}$ atm; -17000 cal/mol)
102. Determine se o Cr_2O_3 pode ser reduzido por C sólido a 1000°C sem a formação de Cr_2C_6 .
103. Na oxidação da maioria das ligas Fe-Ni a 840°C forma-se FeO puro. Calcule a atividade do Fe numa liga que é equilibrada com uma mistura gasosa contendo H_2 - H_2O com 57,5% de H_2 na mesma temperatura.
104. As densidades do Bi líquido e sólido são $10,0$ e $9,673 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. O calor de fusão é de $2,633 \text{ kcal/mol}$ e sua temperatura normal de fusão de 271°C . Calcule o ponto de fusão do Bi se submetido a uma pressão de 100 atm . ($256,74^\circ\text{C}$)
105. O ponto de fusão do Ga é de 30°C a 1 atm . As densidades do Ga sólido e líquido são $5,885$ e $6,08 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. O calor de fusão do Ga é de $18,5 \text{ cal/g}$. Calcule a variação do ponto de fusão do Ga quando a pressão é aumentada em 1 atm . ($-2,16 \times 10^{-3}^\circ\text{C}$)
106. Deseja-se aumentar o ponto de fusão do In em 5°C . Mostre, qualitativamente o que deve ser feito. Dados: densidades do sólido e do líquido são $7,303$ e $7,025 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.
107. O carbono tem duas alotropias, grafita e diamante. A 25°C e 1 atm de pressão, a grafita é a fase estável. Calcule a pressão que deve ser aplicada à grafita a 25°C de maneira a transformá-la em diamante.
 Dados: $H_{298,\text{grafita}} - H_{298,\text{diamante}} = -454 \text{ cal/mol}$; $S_{298,\text{grafita}} = 1,37 \text{ eu}$; $S_{298,\text{diamante}} = 0,58 \text{ eu}$;
 $d_{25^\circ\text{C},\text{grafita}} = 2,22 \text{ g/cm}^3$; $d_{25^\circ\text{C},\text{diamante}} = 3,515 \text{ g/cm}^3$
108. A pressão de vapor do Zn sólido varia com a temperatura pela equação: $\log[p(\text{mmHg})] = -6850/T - 0,755 \log T + 11,24$; e a do líquido pela equação: $\log[p(\text{mmHg})] = -6620/T - 1,255 \log T + 12,34$. Calcule:
 a. O ponto normal de ebulição; (1181K)
 b. A temperatura do ponto triplo; (708K)
 c. A entalpia de evaporação no ponto normal de ebulição; (27340 cal/mol)
 d. A entalpia de fusão no ponto triplo; (1756 cal/mol)
 e. A diferença entre as capacidades térmicas do sólido e do líquido. ($0,933 \text{ cal/mol.K}$)
109. A pressão de vapor do NaF sólido varia com a temperatura pela equação: $\ln[p(\text{atm})] = -34450/T - 2,01 \ln T + 33,74$; e a do líquido pela equação: $\ln[p(\text{atm})] = -31090/T - 2,52 \ln T + 34,66$. Calcule:
 a. O ponto normal de ebulição; (2006K)
 b. A temperatura e a pressão do ponto triplo; (1239K ; $2,29 \times 10^{-4} \text{ atm}$)
 c. A entalpia de evaporação no ponto normal de ebulição; (216.500J)
 d. A entalpia de fusão no ponto triplo; (33.150J)
 e. A diferença entre as capacidades térmicas do sólido e do líquido. ($4,24 \text{ J/mol.K}$)

110. O calor de vaporização do Mn é 53,7 kcal/mol, seu ponto ebulição é 2095°C. Determinar a pressão de vapor do Mn a 1600°C. O que aconteceria com a pressão de vapor do Mn se ele estivesse em solução? (0,04899 atm)
111. No refino de aço sob vácuo utilizam-se pressões da ordem de 10^{-4} torr. Qual é a variação no ponto de fusão do aço?