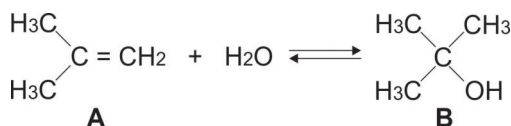


Exercícios Dissertativos

1. (2000) Considere o equilíbrio:



- (a) Calcule, usando as energias de ligação, o valor do ΔH da reação de formação de 1 mol de **B**, a partir de **A**.
- (b) **B** é obtido pela reação de **A** com ácido sulfúrico diluído à temperatura ambiente, enquanto **A** é obtido a partir de **B**, utilizando-se ácido sulfúrico concentrado a quente. Considerando as substâncias envolvidas no equilíbrio e o sinal do ΔH , obtido no item a, justifique a diferença nas condições empregadas quando se quer obter **A** a partir de **B** e **B** a partir de **A**.

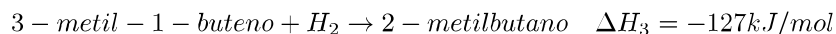
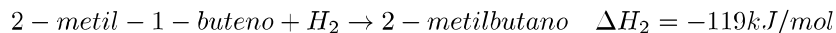
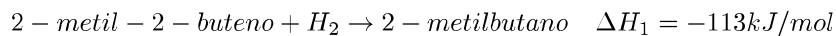
Dados:

Ligação	Energia (kJ/mol)
$(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{OH}$	389
$\text{HO} - \text{H}$	497
$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2 - \text{H}$	410
$\text{C} = \text{C}$ (transformação de ligação dupla em simples)	267

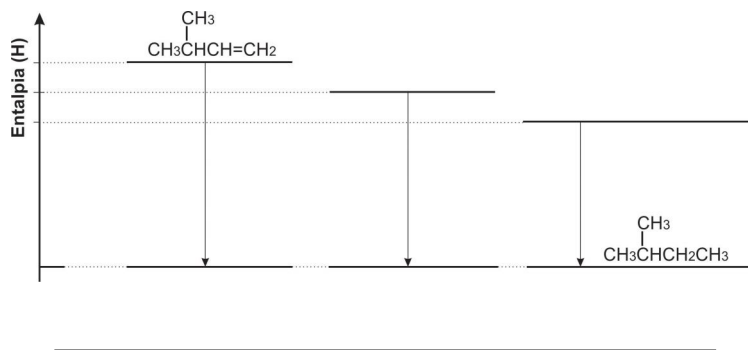
2. (2001) Passando acetileno por um tubo de ferro, fortemente aquecido, forma-se benzeno (um trímico do acetileno). Pode-se calcular a variação de entalpia dessa transformação, conhecendo-se as entalpias de combustão completa de acetileno e benzeno gasosos, dando produtos gasosos. Essas entalpias são, respectivamente, -1256 kJ/mol de C_2H_2 e -3168 kJ/mol de C_6H_6 .

- (a) Calcule a variação de entalpia, por mol de benzeno, para a transformação de acetileno em benzeno (ΔH_1).
O diagrama ao lado mostra as entalpias do benzeno e de seus produtos de combustão, bem como o calor liberado na combustão (ΔH_2).
- (b) Complete o diagrama ao lado para a transformação de acetileno em benzeno, considerando o calor envolvido nesse processo (ΔH_1).
Um outro trímico do acetileno é o 1,5-hexadiino. Entretanto, sua formação, a partir do acetileno, não é favorecida. Em módulo, o calor liberado nessa transformação é menor do que o envolvido na formação do benzeno.
- (c) No mesmo diagrama, indique onde se localizaria, aproximadamente, a entalpia do 1,5-hexadiino.
- (d) Indique, no mesmo diagrama, a entalpia de combustão completa (ΔH_3) do 1,5-hexadiino gasoso, produzindo CO_2 e H_2O gasosos. A entalpia de combustão do 1,5-hexadiino, em módulo e por mol de reagente, é maior ou menor do que a entalpia de combustão do benzeno?

3. (2003) O 2-metilbutano pode ser obtido pela hidrogenação catalítica, em fase gasosa, de qualquer dos seguintes alcenos isoméricos:



- (a) Complete o esquema da página ao lado com a fórmula estrutural de cada um dos alcenos que faltam. Além disso, ao lado de cada seta, coloque o respectivo ΔH de hidrogenação.
- (b) Represente, em uma única equação e usando fórmulas moleculares, as reações de combustão completa dos três alcenos isoméricos.
- (c) A combustão total de cada um desses alcenos também leva a uma variação negativa de entalpia. Essa variação é igual para esses três alcenos? Explique.



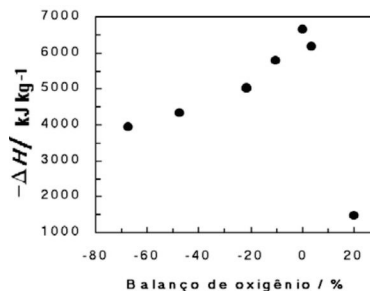
4. (2004) O Veículo Lançador de Satélites brasileiro emprega, em seus propulsores, uma mistura de perclorato de amônio sólido (NH_4ClO_4) e alumínio em pó, junto com um polímero, para formar um combustível sólido.

- (a) Na decomposição térmica do perclorato de amônio, na ausência de alumínio, formam-se quatro produtos. Um deles é a água e os outros três são substâncias simples diatômicas, duas das quais são componentes naturais do ar atmosférico. Escreva a equação balanceada que representa essa decomposição.
- (b) Quando se dá a ignição do combustível sólido, todo o oxigênio liberado na decomposição térmica do perclorato de amônio reage com o alumínio, produzindo óxido de alumínio (Al_2O_3). Escreva a equação balanceada representativa das transformações que ocorrem pela ignição do combustível sólido.
- (c) Para uma mesma quantidade de NH_4ClO_4 , haverá uma diferença de calor liberado se sua decomposição for efetuada na presença ou na ausência de alumínio. Quanto calor a mais será liberado se 2 mols NH_4ClO_4 de forem decompostos na presença de alumínio? Mostre o cálculo.

Dado: Calor de formação do óxido de alumínio = $-1,68 \times 10^3$ kJ/mol.

5. (2005)

Define-se balanço de oxigênio de um explosivo, expresso em percentagem, como a massa de oxigênio faltante (sinal negativo) ou em excesso (sinal positivo), desse explosivo, para transformar todo o carbono, se houver, em gás carbônico e todo o hidrogênio, se houver, em água, dividida pela massa molar do explosivo e multiplicada por 100. O gráfico ao lado traz o calor liberado na decomposição de diversos explosivos, em função de seu balanço de oxigênio.



Um desses explosivos é o tetranitrato de pentaeritritol (PETN, $C_5H_8N_4O_{12}$). A equação química da decomposição desse explosivo pode ser obtida, seguindo-se as seguintes regras:

- Átomos de carbono são convertidos em monóxido de carbono.
- Se sobrar oxigênio, hidrogênio é convertido em água.
- Se ainda sobrar oxigênio, monóxido de carbono é convertido em dióxido de carbono.
- Todo o nitrogênio é convertido em nitrogênio gasoso diatômico.

- (a) Escreva a equação química balanceada para a decomposição do PETN.
- (b) Calcule, para o PETN, o balanço de oxigênio.
- (c) Calcule o ΔH de decomposição do PETN, utilizando as entalpias de formação das substâncias envolvidas nessa transformação.
- (d) Que conclusão é possível tirar, do gráfico apresentado, relacionando calor liberado na decomposição de um explosivo e seu balanço de oxigênio?

Substância	O	PETN
massa molar (g/mol)	16	316

Substância	PETN(s)	$CO_2(g)$	$CO(g)$	$H_2O(g)$
Entalpia de formação (kJ/mol)	-538	-394	-110	-242



6. (2007) Existem vários tipos de carvão mineral, cujas composições podem variar, conforme exemplifica a tabela a seguir.

Tipo de carvão	umidade (%emmassa)	material volátil* (%emmassa)	carbono não volátil (%emmassa)	outros constituintes** (%emmassa)
antracito	3,9	4,0	84,0	8,1
betuminoso	2,3	19,6	65,8	12,3
sub-betuminoso	22,2	32,2	40,3	5,3
lignito	36,8	27,8	30,2	5,2

*Considere semelhante a composição do material volátil para os quatro tipos de carvão.

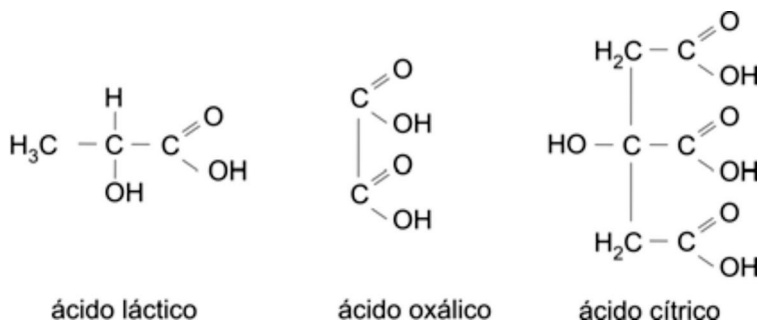
**Dentre os outros constituintes, o principal composto é a pirita, $Fe^{2+}S_2^{2-}$.

- (a) Qual desses tipos de carvão deve apresentar menor poder calorífico (energia liberada na combustão por unidade de massa de material)? Explique sua resposta.
- (b) Qual desses tipos de carvão deve liberar maior quantidade de gás poluente (sem considerar CO e CO_2) por unidade de massa queimada? Justifique sua resposta.
- (c) Escreva a equação química balanceada que representa a formação do gás poluente a que se refere o item b (sem considerar CO e CO_2).
- (d) Calcule o calor liberado na combustão completa de $1,00 \times 10^3$ kg de antracito (considere apenas a porcentagem de carbono não volátil).

Dados:

Entalpia de formação do dióxido de carbono gasoso = -400 kJ/mol
massa molar do carbono = 12 g/mol

7. (2008) Em um exame, para o preenchimento de uma vaga de químico, as seguintes fórmulas estruturais foram apresentadas ao candidato:



A seguir, o examinador pediu ao candidato que determinasse, experimentalmente, o calor liberado ao fazer-se a mistura de volumes definidos de duas soluções aquosas, de mesma concentração, uma de hidróxido de sódio e outra de um dos três ácidos carboxílicos apresentados, sem revelar qual deles havia sido escolhido. Foi informado ao candidato que, quando o ácido e a base reagem na proporção estequiométrica, o calor liberado é máximo.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Volume da solução de base/mL	0	15	30	35	40	45	50
Volume da solução de ácido/mL	50	35	20	15	10	5	0
Calor liberado/J	0	700	1400	1500	1000	500	0

Diante dos resultados obtidos, o examinador pediu ao candidato que determinasse qual dos ácidos havia sido utilizado no experimento. Para responder, o candidato construiu uma tabela e um gráfico do calor liberado versus x_{base} , definido como:

$$x_{base} = \frac{V_{base}}{V_{base} + V_{ácido}}, \text{ equivalente a } x_{base} = \frac{n_{base}}{n_{base} + n_{ácido}}, \text{ onde:}$$

n = quantidade de ácido ou de base (em mols)

V = volume da solução de ácido ou de base (em mL)

- Reproduza, na página ao lado, a tabela e o gráfico que devem ter sido obtidos pelo candidato. Pelos pontos do gráfico, podem ser traçadas duas retas, cujo cruzamento corresponde ao máximo calor liberado.
- Determine o valor de x_{base} que corresponde ao ponto de cruzamento das retas em seu gráfico.
- Qual foi o ácido escolhido pelo examinador? Explique.
- Indique qual é o reagente limitante para o experimento em que o calor liberado foi 1400 J e para aquele em que o calor liberado foi 1500 J. Explique.

8. (2012) Um aluno efetuou um experimento para avaliar o calor envolvido na reação de um ácido com uma base. Para isso, tomou 8 tubos de ensaio e a cada um deles adicionou 50 mL de uma mesma solução aquosa de HCl e diferentes volumes de água. Em seguida, acondicionou esses tubos em uma caixa de isopor, para minimizar trocas de calor com o ambiente. A cada um desses tubos, foram adaptados uma rolha e um termômetro para medir a temperatura máxima atingida pela respectiva solução, após o acréscimo rápido de volumes diferentes de uma mesma solução aquosa de NaOH. O volume final da mistura, em cada tubo, foi sempre 100 mL. Os resultados do experimento são apresentados na tabela.

Tubo	Volume de $HCl(aq)$ (mL)	Volume de H_2O (mL)	Volume de $NaOH(aq)$ (mL)	Temperatura máxima ($^{\circ}C$)
1	50	50	0	23,0
2	50	45	5	24,4
3	50	40	10	25,8
4	50	35	15	27,2
5	50	30	20	28,6
6	50	25	25	30,0
7	50	10	30	30,0
8	50	15	35	30,0

- (a) Construa um gráfico, no quadriculado apresentado na página de resposta, que mostre como a temperatura máxima varia em função do volume de solução aquosa de NaOH acrescentado.
- (b) A reação do ácido com a base libera ou absorve calor? Justifique sua resposta, considerando os dados da tabela.
- (c) Calcule a concentração, em mol L⁻¹, da solução aquosa de HCl, sabendo que a concentração da solução aquosa de NaOH utilizada era 2,0 mol L⁻¹.

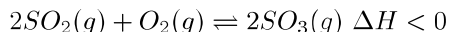
9. (2015) O hidrogênio tem sido apontado como possível fonte de energia do futuro. Algumas montadoras de automóveis estão construindo carros experimentais que podem funcionar utilizando gasolina ou hidrogênio líquido como combustível.

Considere a tabela a seguir, contendo dados obtidos nas mesmas condições, sobre a energia específica (quantidade de energia liberada pela combustão completa de 1 g de combustível) e o conteúdo de energia por volume (quantidade de energia liberada pela combustão completa de 1 L de combustível), para cada um desses combustíveis:

Combustível	Energia específica (kJ/g)	Conteúdo de energia por volume (10 ³ kJ/L)
Gasolina líquida	47	35
Hidrogênio líquido	142	10

- (a) Com base nos dados da tabela, calcule a razão entre as densidades da gasolina líquida e do hidrogênio líquido ($d_{gasolina(l)}/d_{hidrogenio(l)}$). Mostre os cálculos.
- (b) Explique por que, embora a energia específica do hidrogênio líquido seja maior do que a da gasolina líquida, o conteúdo de energia por volume do hidrogênio líquido é menor do que o da gasolina líquida.

10. (2016) A oxidação de SO_2 a SO_3 é uma das etapas da produção de ácido sulfúrico.



Em uma indústria, diversas condições para essa oxidação foram testadas. A tabela a seguir reúne dados de diferentes testes:

Número do teste	Reagentes	Pressão (atm)	Temperatura ($^{\circ}C$)
1	$SO_2(g)$ + excesso de $O_2(g)$	500	400
2	excesso de $SO_2(g)$ + $O_2(g)$	500	1000
3	excesso de $SO_2(g)$ + ar	1	1000
4	$SO_2(g)$ + excesso de ar	1	400

- (a) Em qual dos quatro testes houve maior rendimento na produção de SO_3 ? Explique.
- (b) Em um dado instante t_1 , foram medidas as concentrações de SO_2 , O_2 e SO_3 em um reator fechado, a $1000^{\circ}C$, obtendo-se os valores: $[SO_2] = 1,0 \text{ mol/L}$; $[O_2] = 1,6 \text{ mol/L}$; $[SO_3] = 20 \text{ mol/L}$. Considerando esses valores, como é possível saber se o sistema está ou não em equilíbrio? No gráfico da página de resposta, represente o comportamento das concentrações dessas substâncias no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 , considerando que, em t_2 , o sistema está em equilíbrio químico.

Note e adote:
Para a reação dada, $K_C = 250$ a $1000^{\circ}C$

