

Lista de Exercícios – Termoquímica (Entalpia de Ligação)

01 - (UNCISAL)

No processo de Haber-Bosch, a amônia é obtida em alta temperatura e pressão, utilizando ferro como catalisador. Essa amônia tem vasta aplicação como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizante e como gás de refrigeração. Dadas as energias de ligação, $H - H \rightarrow 436 \text{ kJ/mol}$, $N \equiv N \rightarrow 944 \text{ kJ/mol}$ e $H - N \rightarrow 390 \text{ kJ/mol}$, a entalpia de formação de 1 mol de amônia é

- a) -88 kJ/mol .
- b) -44 kJ/mol .
- c) $+44 \text{ kJ/mol}$.
- d) $+88 \text{ kJ/mol}$.
- e) $+600 \text{ kJ/mol}$.

02 - (UniCESUMAR SP)

A ligação covalente que mantém os átomos de nitrogênio e oxigênio unidos no óxido nítrico, NO, não é explicada pela regra do octeto, mas a sua energia de ligação pode ser calculada a partir dos dados fornecidos abaixo.

Dados:

Energia de ligação $N \equiv N$: $950 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$;

Energia de ligação $O=O$: $500 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$;

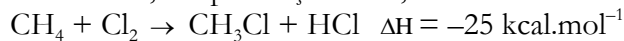
Entalpia de formação do NO: $90 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

A partir dessas informações, é possível concluir que a energia de ligação entre os átomos de nitrogênio e oxigênio no óxido nítrico é

- a) $90 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- b) $635 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- c) $765 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- d) $1360 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- e) $1530 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

03 - (UFRGS RS)

A reação de cloração do metano, em presença de luz, é mostrada abaixo.



Considere os dados de energia das ligações abaixo.

$C-H = 105 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$

$Cl-Cl = 58 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$

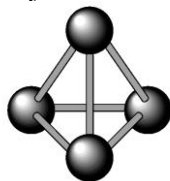
$H-Cl = 103 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$

A energia da ligação C-Cl, no composto CH_3Cl , é

- a) $33 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- b) $56 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- c) $60 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- d) $80 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- e) $85 \text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$.

04 - (UFTM MG)

O fósforo branco e o fósforo vermelho são alótropos do elemento fósforo. O arranjo estrutural dessas moléculas é tetraédrico, com átomos de P em cada vértice. A energia de dissociação do fósforo branco, P₄, é 1 260 kJ/mol. O valor médio previsto para a energia de ligação P-P no fósforo branco é, em kJ/mol,



Fósforo Branco (P₄)

- a) 210.
- b) 252.
- c) 315.
- d) 420.
- e) 630.

05 - (UNIFESP SP)

Com base nos dados da tabela:

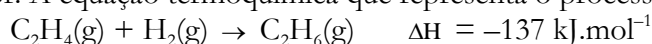
Ligação	Energia média de ligação (kJ/mol)
O – H	460
H – H	436
O = O	490

pode-se estimar que o ΔH da reação representada por: $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \square 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, dado em kJ por mol de H₂O(g), é igual a:

- a) + 239.
- b) + 478.
- c) + 1101.
- d) – 239.
- e) – 478.

06 - (PUC SP)

A reação de hidrogenação do etileno ocorre com aquecimento, na presença de níquel em pó como catalisador. A equação termoquímica que representa o processo é



Dado:

Energia de ligação	C-H	C-C	H-H
	413 kJ.mol ⁻¹	346 kJ.mol ⁻¹	436 kJ.mol ⁻¹

A partir dessas informações, pode-se deduzir que a energia de ligação da dupla ligação que ocorre entre os átomos de C no etileno é igual a

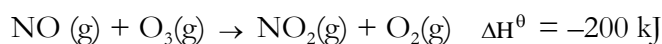
- a) 186 kJ.mol⁻¹.
- b) 599 kJ.mol⁻¹.
- c) 692 kJ.mol⁻¹.
- d) 736 kJ.mol⁻¹.

07 - (PUC SP)

Dados:

Entalpia de formação padrão do O₃: 143 kJ.mol⁻¹

Entalpia de ligação O=O: 498 kJ.mol⁻¹



Diversas reações ocorrem na atmosfera devido à ação da luz solar e à presença de poluentes. Uma das reações relevantes é a decomposição do dióxido de nitrogênio em óxido nítrico e oxigênio atômico.

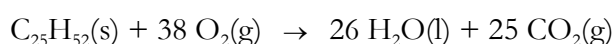


A partir dos dados é possível concluir que essa reação é

- endotérmica, absorvendo 306 kJ a cada mol de NO_2 decomposto.
- endotérmica, absorvendo 441 kJ a cada mol de NO_2 decomposto.
- exotérmica, absorvendo 306 kJ a cada mol de NO_2 decomposto.
- exotérmica, liberando 441 kJ a cada mol de NO_2 decomposto.

08 - (UFJF MG)

A parafina é um hidrocarboneto ($\text{C}_{25}\text{H}_{52}$, massa molar = 352 g mol^{-1}) derivado do petróleo que compõe as velas. A sua reação de combustão está representada a seguir:



Considerando os dados de energia de ligação apresentados abaixo, calcule a energia liberada, em kJ, na combustão completa de uma vela de 35,2 g.

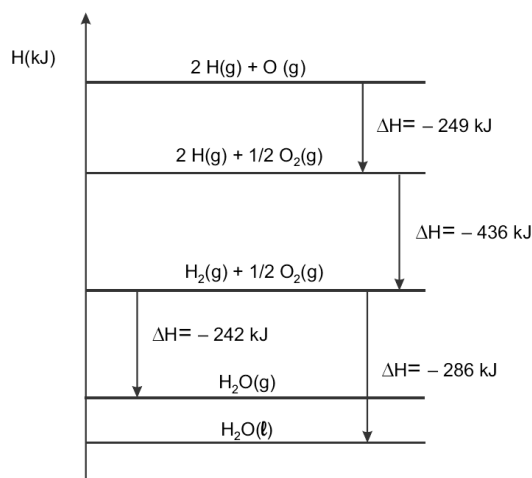
Dados: Energias de Ligação ($\Delta H_L / \text{kJ mol}^{-1}$):

Ligação	C-H	C-C	O=O	C=O	O-H
$\Delta H_L / \text{kJ mol}^{-1}$	412	348	496	743	463

- 1 260.
- 12 600.
- 61 226.
- 48 624.
- 50.

09 - (PUC SP)

O diagrama de entalpia a seguir representa a energia envolvida em uma série de transformações nas quais participam os elementos hidrogênio e oxigênio.



Em um caderno foram encontradas algumas afirmações a respeito desse diagrama.

- I. O calor de formação da água líquida no estado padrão é de 971 kJ/mol.
- II. A combustão de um mol de gás hidrogênio gerando água no estado líquido libera 286 kJ.
- III. A energia de ligação O=O é de 498 kJ/mol.
- IV. A vaporização de um mol de água libera 44 kJ.

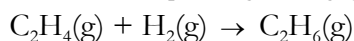
Estão corretas apenas as afirmações

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) I e IV.
- e) II, III e IV.

10 - (UEFS BA)

Ligação química	Valor médio de entalpia de ligação (kJmol ⁻¹)
C – C	348
C – H	413
H – H	436
C = C	614

Tabela: Valor médio da entalpia de algumas ligações químicas

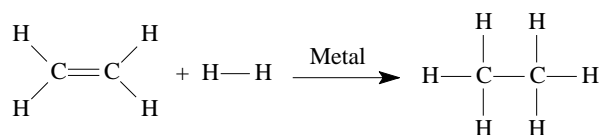


Os valores médios de entalpias de ligação, a exemplo dos mencionados na tabela, podem ser utilizados para estimar a entalpia de uma reação química envolvendo substâncias gasosas, a exemplo da reação de hidrogenação do eteno que leva à obtenção do etano. Considerando-se as informações do texto e da tabela e que o valor da entalpia-padrão de formação do etano, ΔH_f° , é -84 kJ,ol^{-1} , é correto concluir:

- a) A energia absorvida na formação de 1,0 mol de ligações covalentes entre átomos de hidrogênio é + 436 kJ.
- b) A formação de 60,0 g de etano, a partir das substâncias simples mais estáveis, libera 84 kJ de energia para o ambiente.
- c) A entalpia-padrão de formação do etano envolve as formas alotrópicas de maior energia do carbono e do hidrogênio.
- d) A energia liberada pela reação de hidrogenação do eteno é maior do que a correspondente a entalpia-padrão de formação do etano.
- e) O processo de ruptura de ligações nas moléculas reagentes é exotérmico e o de formação de novas ligações, endotérmico.

11 - (UEG GO)

A formação e a quebra das ligações químicas é de grande importância para prever a estabilidade dos produtos que serão formados no curso de uma reação química. Portanto, a partir do conhecimento das energias de ligação presentes nos reagentes e produtos, pode-se estimar a variação de energia total envolvida na reação química. Um exemplo é a reação de hidrogenação do eteno, cuja equação química e cujas energias de ligação são apresentadas a seguir.



Considerando-se as informações apresentadas, pode-se concluir que a variação da energia envolvida na reação em kcal.mol^{-1} é, aproximadamente:

- a) 60
- b) 33
- c) 433
- d) 167

12 - (UFG GO)

A tabela a seguir apresenta os valores de energia de ligação para determinadas ligações químicas.

Ligação	Energia (kcal/mol)
C—C	83
C—H	100
C—O	85
O—H	110

Para as moléculas de etanol e butanol, os valores totais da energia de ligação (em kcal/mol) destas moléculas são respectivamente, iguais a:

- a) 861 e 1454.
- b) 668 e 1344.
- c) 668 e 1134.
- d) 778 e 1344.
- e) 778 e 1134.

13 - (UDESC SC)

Explosivos são usados de forma pacífica na abertura de estradas, túneis e minas ou na implosão de edifícios. O princípio teórico do processo químico envolvido está relacionado ao conceito de energia de ligação. A decomposição da nitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\text{l})$, é rápida e gera grande quantidade de gases como $\text{N}_2(\text{g})$, $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ e pequena quantidade de $\text{O}_2(\text{g})$. Analise as proposições em relação ao processo de combustão.

- I. A energia das ligações na nitroglicerina é fraca.
- II. A reação tem $\Delta H > 0$.
- III. A energia das ligações nos produtos formados é muito fraca.

Assinale a alternativa **correta**.

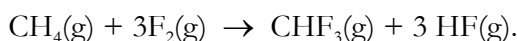
- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.

- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 e) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

14 - (FGV SP)

O Teflon é um polímero sintético amplamente empregado. Ele é formado a partir de um monômero que se obtém por pirólise do trifluormetano.

O trifluormetano, CHF_3 , é produzido pela fluoração do gás metano, de acordo com a reação



Dados:

	$\Delta H_f^0 (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
$\text{CHF}_3(\text{g})$	-1437
$\text{CH}_4(\text{g})$	-75
$\text{HF}(\text{g})$	-271

A entalpia-padrão da reação de fluoração do gás metano, em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, é igual a

- a) -1 633.
 b) -2 175.
 c) -2 325.
 d) +1 633.
 e) +2 175.

15 - (UFG GO)

Em um sistema fechado, dois reagentes levam à formação de produtos após uma reação química com liberação de energia. Nesse fenômeno,

- a) as energias das ligações químicas no sistema não mudam.
 b) a presença de catalizadores no sistema diminui a energia das ligações dos produtos.
 c) as ligações químicas dos produtos são menos estáveis que dos reagentes.
 d) as ligações químicas dos reagentes são mais energéticas que dos produtos.
 e) as energias das ligações químicas de reagentes e produtos são equivalentes.

16 - (UEM PR)

Assinale o que for **correto**, considerando as reações nas CNTP.

01. Na reação $\text{F}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \Rightarrow 2\text{HF}(\text{g})$ $\Delta H = -269\text{kJ/mol HF}(\text{g})$, o somatório das entalpias dos reagentes é igual a $+269\text{kJ/mol}$.
 02. Dada a reação $2\text{Na}_2\text{O}(\text{s}) \Rightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = +824\text{ kJ}$, pode-se determinar que a quantidade de energia necessária para decompor 620 g de $\text{Na}_2\text{O}(\text{s})$ é igual a 8240 kJ.
 04. Considerando que a energia da ligação H-H é 437 kJ/mol, que da ligação O=O é de 494 kJ/mol e da ligação H-O é de 463 kJ/mol, pode-se estimar que a entalpia padrão de formação da $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, em kJ/mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, a partir de $\text{O}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$, é de + 442.
 08. A mudança de estado físico $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ para $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ deve ser um processo endotérmico.
 16. A mudança de estado $\text{I}_2(\text{g})$ para $\text{I}_2(\text{s})$ é um processo exotérmico.

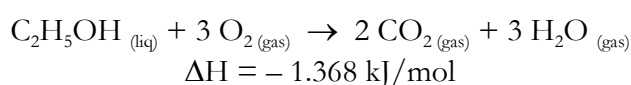
17 - (UFAL)

Reação química é um processo que geralmente envolve quebra de ligações nos reagentes e formação de ligações nos produtos. A energia média de ligação carbono-hidrogênio no metano pode ser obtida determinando-se o valor:

- da energia da reação $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$
- da energia da reação $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 4\text{H}(\text{g})$
- da energia da reação $\text{CH}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + 4\text{H}(\text{g})$
- de 1/4 da energia da reação $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$
- de 1/4 da energia da reação $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 4\text{H}(\text{g})$

18 - (UEPG PR)

A respeito da queima do combustível etanol, representada a seguir, assinale o que for correto.



- Na reação química ocorre rompimento de ligações dos reagentes e formação de novas ligações nos produtos.
- A formação dos produtos se processa com expansão do volume do sistema, devida à formação de gases.
- A combustão completa de 1 mol de etanol consome 22,4 litros de oxigênio nas CNTP.
- A reação é endotérmica.
- A reação não é espontânea, pois $\Delta H < 0$.

19 - (FUVEST SP)

Sob certas condições, tanto o gás flúor quanto o gás cloro podem reagir com hidrogênio gasoso, formando, respectivamente, os haletos de hidrogênio HF e HCl, gasosos. Pode-se estimar a variação de entalpia (ΔH) de cada uma dessas reações, utilizando-se dados de energia de ligação. A tabela apresenta os valores de energia de ligação dos reagentes e produtos dessas reações a 25 °C e 1 atm.

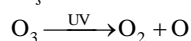
Molécula	H ₂	F ₂	Cl ₂	HF	HCl
Energia de ligação (kJ/mol)	435	160	245	570	430

Com base nesses dados, um estudante calculou a variação de entalpia (ΔH) de cada uma das reações e concluiu, corretamente, que, nas condições empregadas,

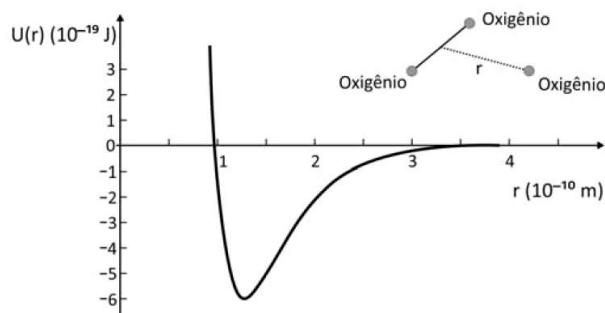
- a formação de HF (g) é a reação que libera mais energia.
- ambas as reações são endotérmicas.
- apenas a formação de HCl (g) é endotérmica.
- ambas as reações têm o mesmo valor de H.
- apenas a formação de HCl (g) é exotérmica.

20 - (FUVEST SP)

Na estratosfera, há um ciclo constante de criação e destruição do ozônio. A equação que representa a destruição do ozônio pela ação da luz ultravioleta solar (UV) é



O gráfico representa a energia potencial de ligação entre um dos átomos de oxigênio que constitui a molécula de O₃ e os outros dois, como função da distância de separação r.



A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de O₂ e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

- a) 1×10^{15} Hz
- b) 2×10^{15} Hz
- c) 3×10^{15} Hz
- d) 4×10^{15} Hz
- e) 5×10^{15} Hz

Note e adote:

$$E = hf$$

E é a energia do fóton.

f é a frequência da luz.

Constante de Planck, $h = 6 \times 10^{-34}$ J · s

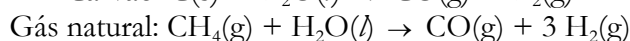
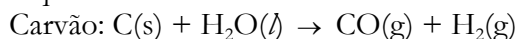
21 - (UFJF MG)

O hidrogênio cada vez mais tem ganhado atenção na produção de energia. Recentemente, a empresa britânica *Intelligent Energy* desenvolveu uma tecnologia que pode fazer a bateria de um *smartphone* durar até uma semana. Nesse protótipo ocorre a reação do oxigênio atmosférico com o hidrogênio armazenado produzindo água e energia.

- a) Escreva a equação química da reação descrita acima e calcule a sua variação de entalpia a partir dos dados abaixo.

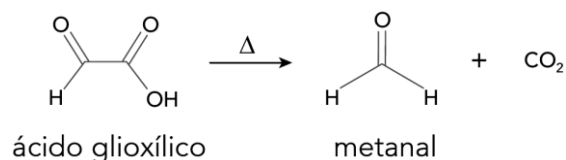
Ligação	H-H	H-O	O=O
Energia de ligação (kJ mol ⁻¹)	437	463	494

- b) Um dos grandes problemas para o uso do gás hidrogênio como combustível é o seu armazenamento. Calcule o volume ocupado por 20g de hidrogênio nas CNTP.
- c) Atualmente, cerca de 96 % do gás hidrogênio é obtido a partir de combustíveis fósseis, como descrito nas reações abaixo. Essa característica é considerada uma desvantagem para o uso do hidrogênio. Justifique essa afirmativa.



22 - (UERJ)

O formol, uma solução de metanal, frequentemente utilizado em cosméticos, vem sendo substituído pelo ácido glioxílico. No entanto, a decomposição térmica desse ácido também acarreta a formação de metanal, de acordo com a seguinte equação:



Veja, abaixo, as energias das ligações nas moléculas participantes da reação:

Ligação	Energia de ligação (kJ.mol ⁻¹)
C-C	348
C=O	744
C-H	413
C-O	357
O-H	462

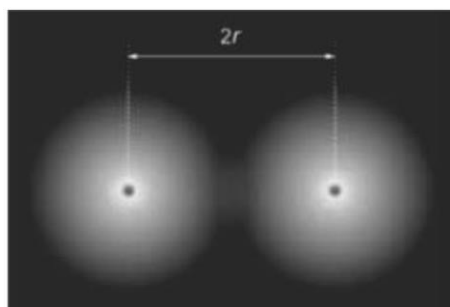
Considere a decomposição de 1 L de uma solução aquosa de ácido glioilico, na concentração de 0,005 mol.L⁻¹. Assumindo que todo o ácido glioilico foi decomposto, calcule, em quilojoules, a energia absorvida nesse processo.

Aponte, ainda, o número de oxidação do carbono na molécula de metanal.

23 - (PUC SP)

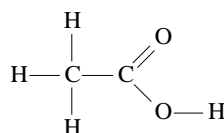
Dado: 1 pm equivale a 10⁻¹² m

O raio covalente de um átomo corresponde à distância entre o núcleo atômico e a camada de valência. O comprimento de ligação é, aproximadamente, a soma dos raios covalentes dos átomos envolvidos.



Distância internuclear de uma substância simples

Na fórmula estrutural do ácido acético, encontramos ligações C-H, O-H, C-O, C=O e C-C.



Considerando a distribuição eletrônica e o número atômico de cada átomo, a alternativa que apresenta valores coerentes para os comprimentos de ligação presentes na molécula de ácido acético é

	C-H	C-C	C-O	C=O	O-H
a)	132 pm	110 pm	154 pm	97 pm	123 pm
b)	110 pm	154 pm	132 pm	123 pm	97 pm
c)	123 pm	97 pm	110 pm	154 pm	132 pm
d)	97 pm	132 pm	123 pm	110 pm	154 pm

24 - (UFRGS RS)

Com base no seguinte quadro de entalpias de ligação, assinale a alternativa que apresenta o valor da entalpia de formação da água gasosa.

Ligação	Entalpia (kJ mol^{-1})
H-O	464
H-H	436
O=O	498
O-O	134

- a) -243 kJ mol^{-1}
- b) -134 kJ mol^{-1}
- c) $+243 \text{ kJ mol}^{-1}$
- d) $+258 \text{ kJ mol}^{-1}$
- e) $+1532 \text{ kJ mol}^{-1}$

25 - (EsPCEX)

Quantidades enormes de energia podem ser armazenadas em ligações químicas e a quantidade empírica estimada de energia produzida numa reação pode ser calculada a partir das energias de ligação das espécies envolvidas. Talvez a ilustração mais próxima deste conceito no cotidiano seja a utilização de combustíveis em veículos automotivos. No Brasil alguns veículos utilizam como combustível o Álcool Etílico Hidratado Combustível, conhecido pela sigla AEHC (atualmente denominado comercialmente apenas por ETANOL).

Considerando um veículo movido a AEHC, com um tanque de capacidade de 40 L completamente cheio, além dos dados de energia de ligação química fornecidos e admitindo-se rendimento energético da reação de 100 %, densidade do AEHC de $0,80 \text{ g/cm}^3$ e que o AEHC é composto, em massa, por 96% da substância etanol e 4% de água, a quantidade aproximada de calor liberada pela combustão completa do combustível deste veículo será de

Dados: massas atômicas: C = 12 u ; O = 16 u ; H = 1 u

Energia de ligação ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)			
Tipo de ligação	Energia ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	Tipo de ligação	Energia ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
C-C	348	H-O	463
C-H	413	O=O	495
C=O	799	C-O	358

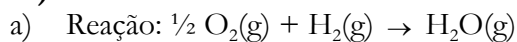
- a) $2,11 \times 10^5 \text{ kJ}$
- b) $3,45 \times 10^3 \text{ kJ}$
- c) $8,38 \times 10^5 \text{ kJ}$
- d) $4,11 \times 10^4 \text{ kJ}$
- e) $0,99 \times 10^4 \text{ kJ}$

GABARITO

1) Gab: B

- 2) Gab: B
- 3) Gab: E
- 4) Gab: A
- 5) Gab: A
- 6) Gab: B
- 7) Gab: A
- 8) Gab: A
- 9) Gab: C
- 10) Gab: D
- 11) Gab: B
- 12) Gab: D
- 13) Gab: A
- 14) Gab: B
- 15) Gab: D
- 16) Gab: 24
- 17) Gab: E
- 18) Gab: 03
- 19) Gab: A
- 20) Gab: A

21) Gab:



Cálculo da entalpia:

$$\Delta H_{\text{reação}} = \Delta H_{\text{quebra}} + \Delta H_{\text{formação}}$$

$$\Delta H_{\text{reação}} = (\frac{1}{2} \times 494 + 437) + (-2 \times 463) = (247 + 437) + (-926)$$

$$\Delta H_{\text{reação}} = -242 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ ou } -484 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$20 \text{ g ----- X } 20 \text{ g ----- X}$$

$$X = 224 \text{ L } X = 227 \text{ L}$$

- c) O uso de combustíveis fósseis na produção de hidrogênio gera gases poluentes para a atmosfera, tal como mostrado nas reações acima, onde ocorre a produção de monóxido de carbono.

22) **Gab:**

$$\Delta H = (744 \times 2 + 348 + 413 + 357 + 462) - (744 \times 3 + 413 \times 2) = 3068 - 3058 = 10 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ mol} \rightarrow 10 \text{ kJ}$$

$$0,005 \text{ mol} \rightarrow x$$

$$x = 0,05 \text{ kJ}$$

Número de oxidação do carbono: 0

23) **Gab:** B

24) **Gab:** A

25) **Gab:** C