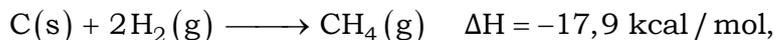


EXERCÍCIOS SOBRE TERMOQUÍMICA- ENERGIA DE LIGAÇÃO

01. (Cesgranrio) Sendo dadas as seguintes entalpias de reação:



indique a opção que apresenta a energia de ligação H-C, aproximada:

- a) 5 kcal/mol
- b) 20 kcal/mol
- c) 50 kcal/mol
- d) 100 kcal/mol
- e) 400 kcal/mol

02. (Mackenzie) Dadas as energias de ligação em kcal/mol, H—H: 104,0; Br—Br: 45,0; H—Br: 87,0; o ΔH da reação $\frac{1}{2}\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{Br}_2 \longrightarrow \text{HBr}$ é igual a:

- a) + 62,0 kcal.
- b) + 149,0 kcal.
- c) - 12,5 kcal.
- d) - 236,0 kcal.
- e) - 161,5 kcal.

03. (Mackenzie) O gás propano é um dos integrantes do GLP (gás liquefeito de petróleo) e, desta forma, é um gás altamente inflamável. Abaixo está representada a equação química não balanceada de combustão completa do gás propano.



Na tabela, são fornecidos os valores das energias de ligação, todos nas mesmas condições de pressão e temperatura da combustão.

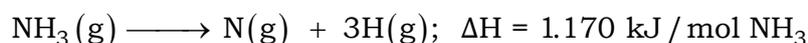
Ligação	Energia de Ligação (kJ.mol ⁻¹)
C - H	413
O = O	498
C = O	744
C - C	348
O - H	462

Assim, a variação de entalpia da reação de combustão de um mol de gás propano será igual a

- a) - 1670 kJ.
- b) - 6490 kJ.
- c) + 1670 kJ.
- d) - 4160 kJ.
- e) + 4160 kJ.

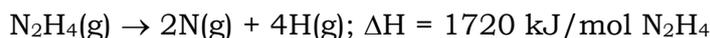
04. (FUVEST) Pode-se conceituar energia de ligação química como sendo a variação de entalpia (ΔH) que ocorre na quebra de 1 mol de uma dada ligação.

Assim, na reação representada pela equação:



são quebrados 3 mols de ligação N-H, sendo, portanto, a energia de ligação N-H igual a 390 kJ/mol.

Sabendo-se que na decomposição:



são quebrados ligações N-N e N-H, qual o valor, em kJ/mol, da energia de ligação N-N ?

- a) 80 b) 160 c) 344 d) 550 e) 1330

05. (Mackenzie) A variação de entalpia para a reação, dada pela equação $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g})$, é:

Dados: (Energia de ligação em kcal/mol)

H-Cl : 103,1; H-O : 110,6; O=O : 119,1; Cl-Cl : 57,9.

- a) + 1089,2 kcal
b) - 467,4 kcal
c) -26,7 kcal
d) +911,8 kcal
e) -114,8 kcal

06. (Mackenzie) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \longrightarrow 2\text{C}(\text{g}) + 4\text{H}(\text{g}); \Delta\text{H} = + 542 \text{ kcal/mol}$.

Na reação representada pela equação anterior, sabe-se que a energia da ligação C-H é igual a 98,8 kcal/mol. O valor da energia de ligação C=C, em kcal/mol, é:

- a) 443,2
b) 146,8
c) 344,4
d) 73,4
e) 293,6

07. (Mackenzie)



Na halogenação total do cloreto de metila dada anteriormente, a variação de entalpia da reação, em kcal/mol, é:

Obs.: Energia de ligação (kcal/mol)

C-H = 99; Cl-Cl = 58; H-Cl = 103; C-Cl = 81.

- a) - 1023
b) - 243
c) + 54
d) - 81
e) + 81

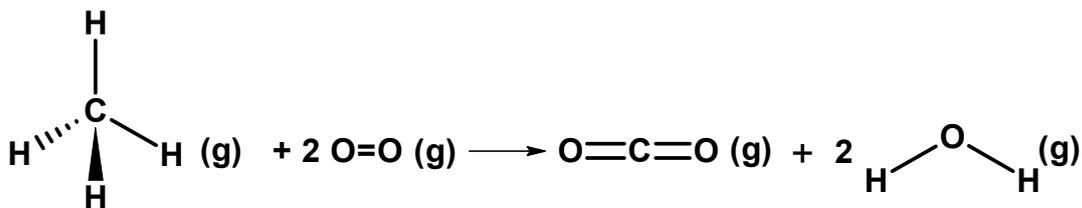
08. (Mackenzie) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\lambda} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{Br} + \text{HBr}$

Na monobromação do etano, a energia liberada na reação é:

Dados: energia de ligação em kcal/mol (25 °C): C-Br = 68; C-H = 99; Br-Br = 46; H-Br = 87.

- a) 31 kcal/mol
b) 22 kcal/mol
c) 41 kcal/mol
d) 20 kcal/mol
e) 10 kcal/mol

09. (UFMG) Metano, o principal componente do gás natural, é um importante combustível industrial. A equação balanceada de sua combustão está representada na figura adiante.



Consideram-se, ainda, as seguintes energias de ligação, em kJ mol^{-1} : $E(\text{C-H}) = 416$; $E(\text{C=O}) = 805$; $E(\text{O=O}) = 498$; $E(\text{O-H}) = 464$.

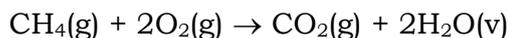
Utilizando-se os dados anteriores, pode-se estimar que a entalpia de combustão do metano, em kJ mol^{-1} , é:

- a) - 2660
- b) - 806
- c) - 122
- d) 122
- e) 806

10. (UFRS) Os valores de energia de ligação entre alguns átomos são fornecidos no quadro abaixo.

Ligação	Energia de ligação (kJ/mol)
C - H	413
O = O	494
C = O	804
O - H	463

Considerando a reação representada por



o valor aproximado de ΔH , em kJ, é de:

- a) - 820
- b) - 360
- c) + 106
- d) + 360
- e) + 820

11. (FGV) Na tabela são dadas as energias de ligação (kJ/mol) a 25°C para algumas ligações simples, para moléculas diatômicas entre H e os halogênios (X).

	H	F	Cl	Br	I
H	432	568	431	366	298
F		158	254	250	278
Cl			243	219	210
Br				193	175
I					151

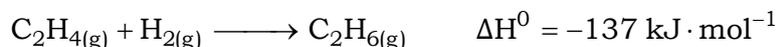
O cloreto de hidrogênio é um gás que, quando borbulhado em água, resulta numa solução de ácido clorídrico. Esse composto é um dos ácidos mais utilizados nas indústrias e laboratórios químicos. A energia para formação de 2 mol de cloreto de hidrogênio, em kJ, a partir de seus elementos é igual a

- a) + 862.
- b) + 187.
- c) - 187.
- d) - 244.
- e) - 862.

12. (PUCSP) Dado:

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

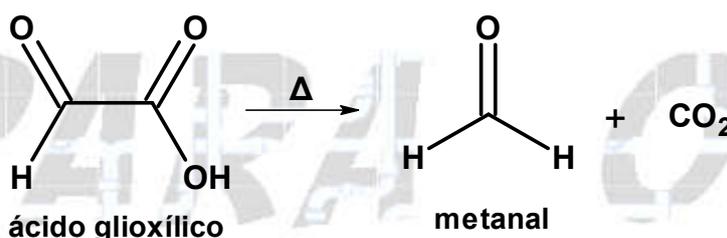
A reação de hidrogenação do etileno ocorre com aquecimento, na presença de níquel em pó como catalisador. A equação termoquímica que representa o processo é



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.

13. (UERJ) O formol, uma solução de metanal, frequentemente utilizado em cosméticos, vem sendo substituído pelo ácido glicóxico. 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 glicóxico, na concentração de 0,005 mol · L⁻¹. Assumindo que todo o ácido glicóxico foi decomposto, calcule, em quilojoules, a energia absorvida nesse processo.

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

14. (ESPCEX (AMAN)) 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 .

Tipo de ligação	Energia de ligação (kJ · mol ⁻¹)	Tipo de ligação	Energia de ligação (kJ · mol ⁻¹)
C – C	348	H – O	463
C – H	413	O = O	495
C = O	799	C – O	358

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

15. (FUVEST) 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

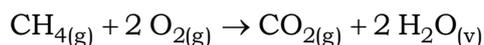
Com base nesses dados, um estudante calculou a variação de entalpia (ΔH) de cada uma das reações e concluiu, corretamente, que, nas condições empregadas,

- a) a formação de HF_(g) é a reação que libera mais energia.
- b) ambas as reações são endotérmicas.
- c) apenas a formação de HCl_(g) é endotérmica.
- d) ambas as reações têm o mesmo valor de ΔH .
- e) apenas a formação de HCl_(g) é exotérmica.

16. (Unigranrio - Medicina) Cálculos de entalpias reacionais são em alguns casos efetuados por meio das energias de ligação das moléculas envolvidas, onde o saldo de energias de ligação rompidas e refeitas é considerado nesse procedimento. Alguns valores de energia de ligação entre alguns átomos são fornecidos no quadro abaixo:

Ligação	Energia de ligação (kJ/mol)
C – H	413
O = O	494
C = O	804
O – H	463

Considere a reação de combustão completa do metano representada na reação abaixo:

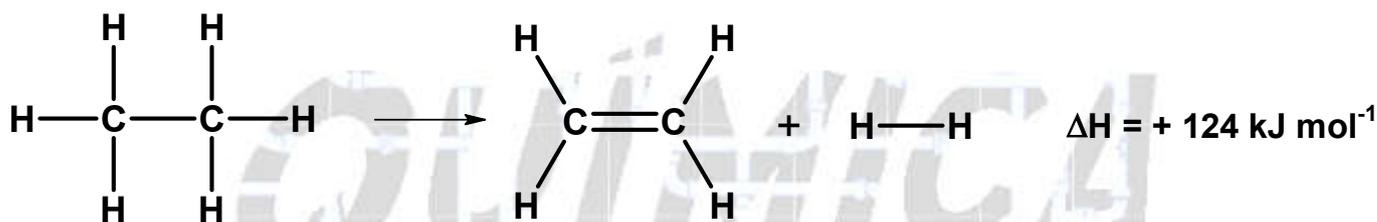


A entalpia reacional, em kJ/mol, para a combustão de um mol de metano segundo a reação será de:

- a) -820 b) -360 c) +106 d) +360 e) +820

17. (UFSM) Uma alimentação saudável, com muitas frutas, traz incontáveis benefícios à saúde e ao bem-estar. Contudo, a ingestão de fruta verde deixa um sabor adstringente na boca. Por isso, o gás eteno é utilizado para acelerar o amadurecimento das frutas, como a banana.

Industrialmente, o eteno é obtido pela desidrogenação do etano, em altas temperaturas (500 °C) e na presença de um catalisador (óxido de vanádio), conforme mostrado na reação a seguir



Energia de ligação (kJ mol ⁻¹)	
Ligação	Energia
C - H	412
C - C	348
C = C	612

O valor absoluto da energia de ligação H - H em kJ mol⁻¹, é, aproximadamente,

- a) 124. b) 436. c) 684. d) 872. e) 1368.

18. (UNICAMP) A Lei Periódica observada por Mendeleev permitiu prever propriedades macroscópicas de elementos e de compostos desconhecidos. Mais tarde verificou-se que propriedades como comprimento e entalpia de ligações covalentes também são propriedades relacionadas com a periodicidade.

A seguir estão, parcialmente tabelados, os comprimentos e as energias de ligações das moléculas dos haletos de hidrogênio:

Haletos de hidrogênio	Comprimento da ligação em pm (picômetros)	Entalpia de ligação em kJ/mol
H—F	92	—
H—Cl	127	431
H—Br	141	—
H—I	161	299

Com base nos valores tabelados estime as energias de ligação do H—F e do H—Br mostrados claramente como você percebeu.

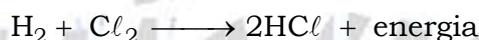
19. (FUVEST) A e B são compostos de mesma fórmula molecular C_2H_6O , sendo um deles o álcool etílico e o outro o éter dimetílico. Utilizando os valores de energia de ligação, identifique A e B, explicando o raciocínio usado.

Ligação	Energia média de ligação (kJ/mol)
O - H	464
C - C	350
C - H	415
C - O	360

Calor de combustão no estado gasoso:

A: 1.410 kJ/mol B: 1.454 kJ/mol

20. (FUVEST) As energias das ligações H-H e H-Cl são praticamente iguais. Na reação representada a seguir há transformação de H_2 em HCl com liberação de energia:



Compare, em vista desse fato, a energia da ligação Cl-Cl com as outras citadas.

21. (UFV) O flúor (F_2) e o hidrogênio (H_2) são gases à temperatura ambiente e reagem explosivamente, produzindo o gás fluoreto de hidrogênio, liberando $537 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ de energia.

a) Escreva a equação balanceada para esta reação.

b) A energia da ligação F-F é igual a $158 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ e a da ligação H-H é $432 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. A energia de ligação H-F é _____ $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

c) A reação entre 0,1 mol de F_2 e 0,1 mol de H_2 liberará _____ kJ.

22. (Unicamp) Por "energia de ligação" entende-se a variação de entalpia (ΔH) necessária para quebrar um mol de uma dada ligação. Este processo é sempre endotérmico ($\Delta H > 0$). Assim, no processo representado pela equação $CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g)$; $\Delta H = 1.663 \text{ kJ/mol}$, são quebrados 4 mols de ligações C-H, sendo a energia de ligação, portanto, 416 kJ/mol .

Sabendo-se que no processo

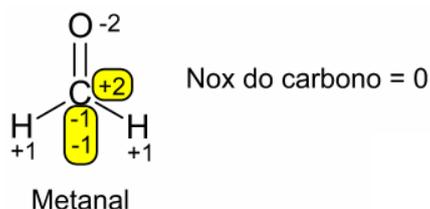


são quebradas ligações C-C e C-H, qual o valor da energia de ligação C-C? Indique os cálculos com clareza.

23. (FUVEST) O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos de obtenção é fazer passar amônia (NH_3) e ar, sob pressão, por um catalisador a cerca de $850 \text{ }^\circ\text{C}$, ocorrendo a formação de monóxido de nitrogênio e água. O monóxido de nitrogênio em presença do oxigênio do ar se transforma no dióxido, que em água forma ácido nítrico (HNO_3) e monóxido de nitrogênio (que é reciclado no processo).

a) Escreva as equações balanceadas que representam as diferentes etapas da produção de ácido nítrico através desse processo.

b) O calor envolvido na primeira etapa, ou seja, a oxidação da amônia até o monóxido de nitrogênio, ajuda a manter o catalisador aquecido. Sendo assim, qual deve ser maior: a soma das energias de ligação dos reagentes ou a soma das energias de ligação dos produtos? Justifique.



14. Alternativa C

$$d = 0,80 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ g/L}$$

$$1 \text{ L} \text{ ————— } 800 \text{ g}$$

$$40 \text{ L} \text{ ————— } m$$

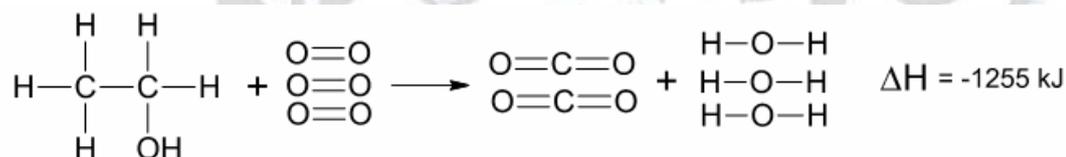
$$m = 32.000 \text{ g}$$

$$32.000 \text{ g} \text{ ————— } 100 \%$$

$$m_{\text{e tanol}} \text{ ————— } 96 \%$$

$$m_{\text{e tanol}} = 30.720 \text{ g}$$

$$n_{\text{e tanol}} = \frac{30.720}{46} = 667,826 \text{ mols}$$



$$[+348 + 5 \times 413 + 358 + 463 + 3 \times 495]$$

$$-[4 \times 799 + 6 \times 463]$$

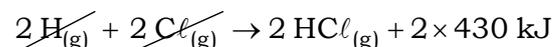
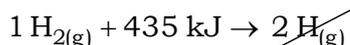
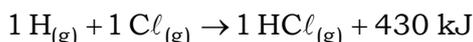
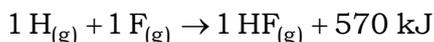
$$1 \text{ mol (e tanol)} \text{ ————— } 1255 \text{ kJ liberados}$$

$$667,826 \text{ mols} \text{ ————— } E$$

$$E = 8,38 \times 10^5 \text{ kJ liberados}$$

15. Alternativa A

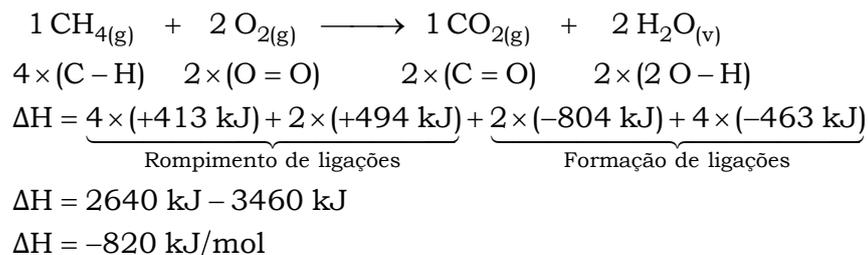
Equacionando-se as reações a partir da tabela, vem:



$$\Delta H = -180 \text{ kJ} \quad (\text{reação exotérmica})$$

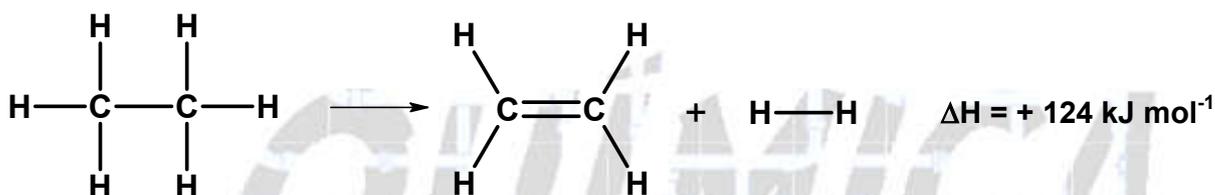
Conclusão: a formação de HF libera mais energia do que a formação de HCl.

16. Alternativa A



17. Alternativa B

A partir da análise das energias de ligação, teremos:



$$\Delta H = +[6(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{C})] - [4(\text{C}-\text{H}) - (\text{C}=\text{C}) - (\text{H}-\text{H})]$$

$$\Delta H = 2(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{C}) - (\text{C}=\text{C}) - (\text{H}-\text{H})$$

$$+124 = 2(412) + (348) - (612) - (\text{H}-\text{H})$$

$$(\text{H}-\text{H}) = -124 + 2(412) + (348) - (612)$$

$$(\text{H}-\text{H}) = +436 \text{ kJ/mol}$$

18. A partir da tabela fornecida, fazendo-se a média aritmética adequada, vem:

Haletos de hidrogênio	Comprimento da ligação em pm (picômetros)	Entalpia de ligação em kJ/mol
H—F	92	—
H—Cl	127	431
H—Br	141	—
H—I	161	299

$$E_{\text{ligação H-Br}} = \frac{E_{\text{ligação H-Cl}} + E_{\text{ligação H-I}}}{2} = \frac{431 + 299}{2}$$

$$E_{\text{ligação H-Br}} = 365 \text{ kJ/mol}$$

$$E_{\text{ligação H-Cl}} = \frac{E_{\text{ligação H-F}} + E_{\text{ligação H-Br}}}{2}$$

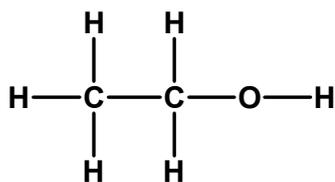
$$431 = \frac{E_{\text{ligação H-F}} + 365}{2}$$

$$E_{\text{ligação H-F}} = 431 \times 2 - 365$$

$$E_{\text{ligação H-F}} = 497 \text{ kJ/mol}$$

19. Cálculo das entalpias de formação dos isômeros de fórmula molecular C₂H₆O:

Álcool (etanol):

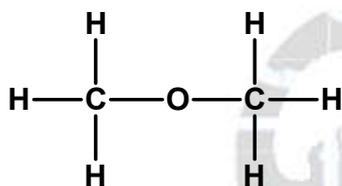


$$H_{\text{ligação álcool}} = 5 \times (\text{C}-\text{H}) + 1 \times (\text{C}-\text{C}) + 1 \times (\text{C}-\text{O}) + 1 \times (\text{O}-\text{H})$$

$$H_{\text{ligação álcool}} = 5 \times 415 + 1 \times 350 + 1 \times 360 + 1 \times 464$$

$$H_{\text{ligação álcool}} = 3.249 \text{ kJ}$$

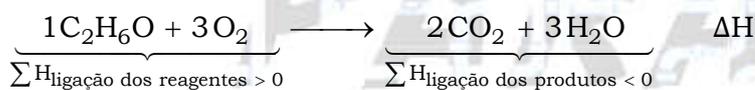
Éter (dimetil-éter):



$$H_{\text{ligação éter}} = 6 \times (\text{C}-\text{H}) + 2 \times (\text{C}-\text{O})$$

$$H_{\text{ligação éter}} = 6 \times 415 + 2 \times 360$$

$$H_{\text{ligação éter}} = 3.210 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = \sum H_{\text{ligação dos reagentes}} - \sum H_{\text{ligação dos produtos}}$$

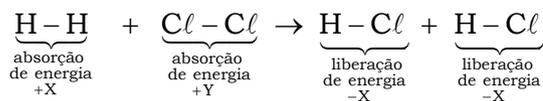
Quanto menor o valor de $\sum H_{\text{ligação dos reagentes}}$, menor o valor do ΔH .

$$\left. \begin{array}{l}
 H_{\text{ligação álcool}} = 3.249 \text{ kJ} \\
 H_{\text{ligação éter}} = 3.210 \text{ kJ}
 \end{array} \right\} \underbrace{3.210 \text{ kJ}}_{\text{éter}} < \underbrace{3.249 \text{ kJ}}_{\text{álcool}}$$

$$\Delta H_A = -1.410 \text{ kJ} \Rightarrow \text{Álcool (A)}$$

$$\Delta H_B = -1.454 \text{ kJ} \Rightarrow \text{Éter (B)}$$

20. Teremos:



$$\Delta H = X + Y - 2X$$

$$\Delta H < 0 \text{ (reação exotérmica)}$$

Logo,

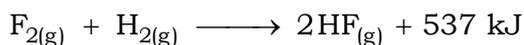
$$Y - X < 0$$

$Y < X$. Conclusões :

Energia de ligação Cl - Cl < Energia de ligação H - H.

Energia de ligação Cl - Cl < Energia de ligação H - Cl.

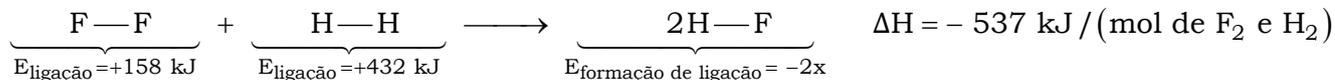
21. a) Equação balanceada da reação:



ou



b) Teremos:



$$\Delta H = +158 + 432 - 2x$$

$$-537 = +158 + 432 - 2x$$

$$x = \frac{+158 + 432 + 537}{2} = \frac{1.127}{2}$$

$$x = 563,5$$

$$E_{\text{H}-\text{F}} = 563,5 \text{ kJ/mol}$$

c) Teremos:

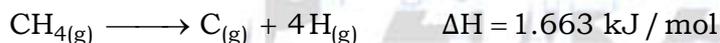


$$1 \text{ mol} \quad \text{---} \quad 1 \text{ mol} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad 537 \text{ kJ liberados}$$

$$0,1 \text{ mol} \quad \text{---} \quad 0,1 \text{ mol} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad 53,7 \text{ kJ liberados}$$

Liberará 53,7 kJ.

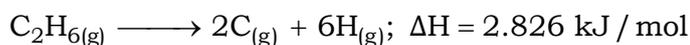
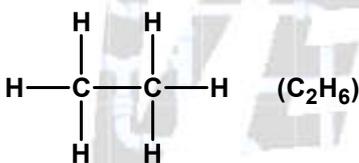
22. Teremos:



$$4 (\text{C}-\text{H}) = 1.663 \text{ kJ}$$

$$(\text{C}-\text{H}) = \frac{1.663 \text{ kJ}}{4}$$

$$(\text{C}-\text{H}) = 415,75 \text{ kJ}$$



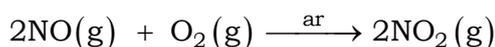
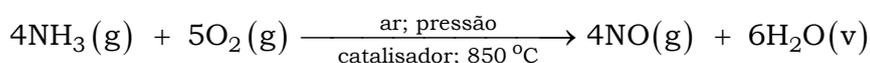
$$(\text{C}-\text{C}) + 6 \times (\text{C}-\text{H}) = 2.826 \text{ kJ}$$

$$(\text{C}-\text{C}) + 6 \times 415,75 \text{ kJ} = 2.826 \text{ kJ}$$

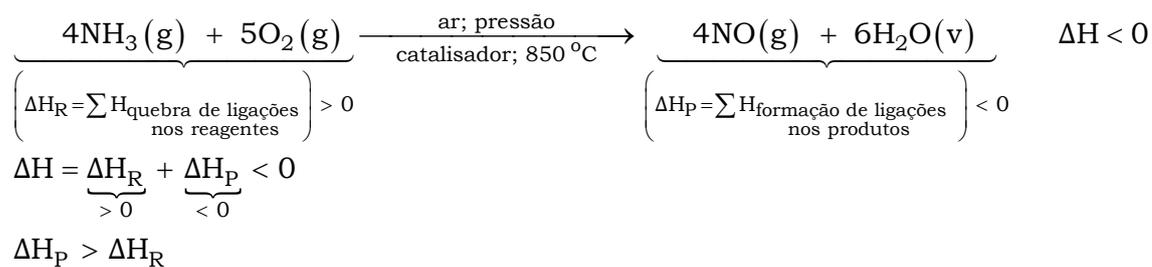
$$(\text{C}-\text{C}) = 331,5 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{ligação C-C}} = +331,5 \text{ kJ/mol}$$

23. a) Equações balanceadas envolvidas na produção do ácido nítrico:



b) De acordo com o enunciado da questão, o calor envolvido na primeira etapa do processo (oxidação a amônia até o monóxido de nitrogênio) ajuda a manter o catalisador aquecido, ou seja, libera calor (etapa exotérmica).



Conclusão: a soma das energias de ligação dos produtos tem que ser maior do que a soma das energias de ligação dos reagentes.

QUÍMICA

PARA O

VESTIBULAR