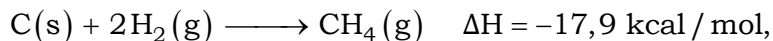
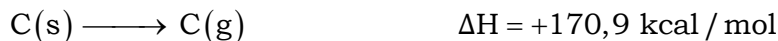


**EXERCÍCIOS SOBRE TERMOQUÍMICA- ENERGIA DE LIGAÇÃO**

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



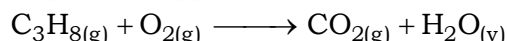
indique a opção que apresenta a energia de ligação H-C, aproximada:

- 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  $\Delta H$  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.

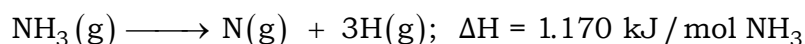
Ligação	Energia de Ligação (kJ.mol <sup>-1</sup> )
C - H	413
O = O	498
C = O	744
C - C	348
O - H	462

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.

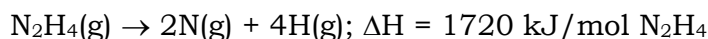
**04.** (FUVEST) Pode-se conceituar energia de ligação química como sendo a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) que ocorre na quebra de 1 mol de uma dada ligação.

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

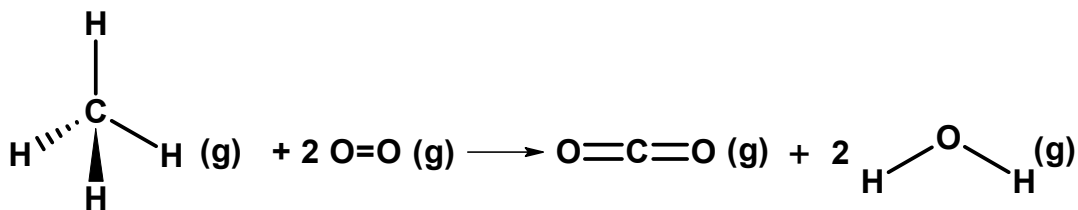
**08.** (Mackenzie)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\lambda} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{Br} + \text{HBr}$

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  $\text{kJ mol}^{-1}$ :  $E(\text{C-H}) = 416$ ;  $E(\text{C=O}) = 805$ ;  $E(\text{O=O}) = 498$ ;  $E(\text{O-H}) = 464$ .

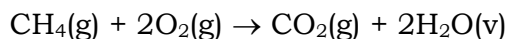
Utilizando-se os dados anteriores, pode-se estimar que a entalpia de combustão do metano, em  $\text{kJ mol}^{-1}$ , é:

- 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  $\Delta H$ , 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  $25^\circ\text{C}$  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

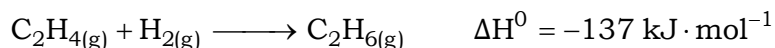
O cloreto de hidrogênio é um gás que, quando borbulhado em água, resulta numa solução de ácido clorídrico. Esse composto é um dos ácidos mais utilizados nas indústrias e laboratórios químicos. A energia para formação de 2 mol de cloreto de hidrogênio, em kJ, a partir de seus elementos é igual a

- 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 <sup>-1</sup>	346 kJ.mol <sup>-1</sup>	436 kJ.mol <sup>-1</sup>

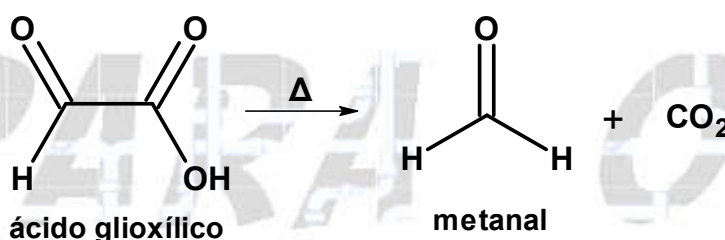
A reação de hidrogenação do etileno ocorre com aquecimento, na presença de níquel em pó como catalisador. A equação termoquímica que representa o processo é



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<sup>-1</sup>.
- b) 599 kJ · mol<sup>-1</sup>.
- c) 692 kJ · mol<sup>-1</sup>.
- d) 736 kJ · mol<sup>-1</sup>.

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

- a)  $2,11 \cdot 10^5 \text{ kJ}$
- 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 ( $\Delta H$ ) 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  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm.

Molécula	H <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	HF	HCl
Energia de ligação ( $\text{kJ/mol}$ )	435	160	245	570	430

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

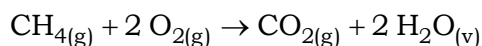
- a) a formação de HF<sub>(g)</sub> é a reação que libera mais energia.
- b) ambas as reações são endotérmicas.
- c) apenas a formação de HCl<sub>(g)</sub> é endotérmica.
- d) ambas as reações têm o mesmo valor de  $\Delta H$ .
- e) apenas a formação de HCl<sub>(g)</sub> é exotérmica.

**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 ( $\text{kJ/mol}$ )
C - H	413
O = O	494
C = O	804
O - H	463



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

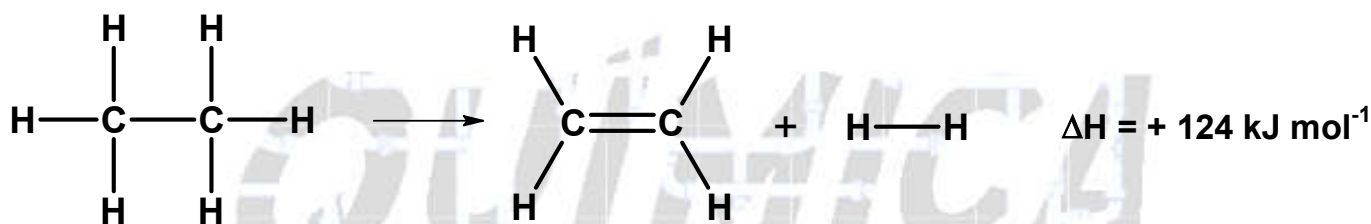


A entalpia reacional, em kJ/mol, para a combustão de um mol de metano segundo a reação será de:

- 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 <sup>-1</sup> )	
Ligação	Energia
C - H	412
C - C	348
C = C	612

O valor absoluto da energia de ligação H - H em kJ mol<sup>-1</sup>, é, aproximadamente,

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

**18.** (UNICAMP) A Lei Periódica observada por Mendeleiev 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.

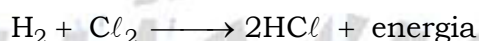
19. (FUVEST) A e B são compostos de mesma fórmula molecular  $C_2H_6O$ , sendo um deles o álcool etílico e o outro o éter dimetílico. Utilizando os valores de energia de ligação, identifique A e B, explicando o raciocínio usado.

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 ( $\Delta H$ ) 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,  $416 \text{ kJ/mol}$ .

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.

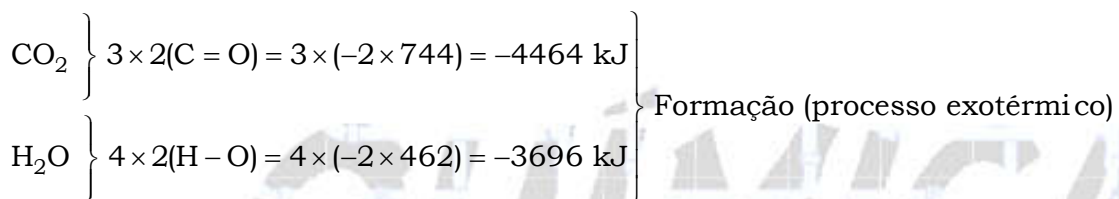
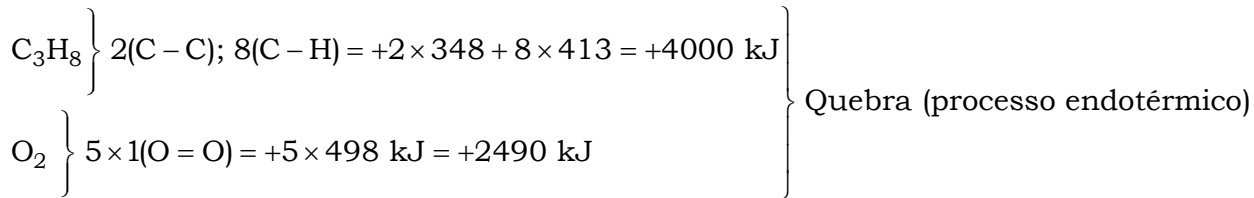
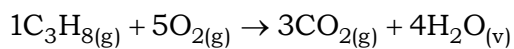
23. (FUVEST) O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos de obtenção é fazer passar amônia ( $NH_3$ ) e ar, sob pressão, por um catalisador a cerca de  $850 \text{ }^\circ\text{C}$ , ocorrendo a formação de monóxido de nitrogênio e água. O monóxido de nitrogênio em presença do 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.

**01. D 02. C**

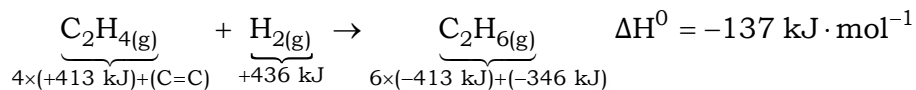
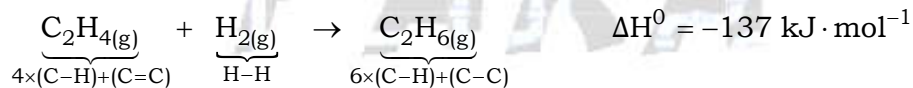
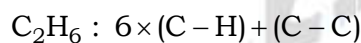
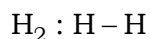
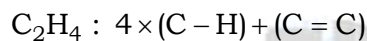
**03. Alternativa A**



$$\Delta H = +4000 + 2490 - 4464 - 3696 = -1670 \text{ kJ}$$

**04. B 05. C 06. B 07. D 08. E 09. B 10. A 11. C**

**12. Alternativa B**

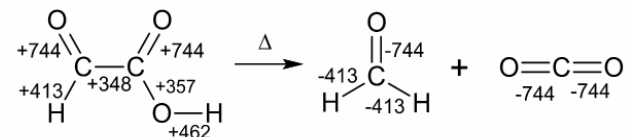


$$-137 \text{ kJ} = [4 \times (+413 \text{ kJ}) + (\text{C}=\text{C}) + 436 \text{ kJ}] + [6 \times (-413 \text{ kJ}) + (-346 \text{ kJ})]$$

$$(\text{C}=\text{C}) = (-137 - 1.652 - 436 + 2.478 + 346) \text{ kJ}$$

$$(\text{C}=\text{C}) = +599 \text{ kJ/mol}$$

**13.** Considerando a decomposição de 1 L de uma solução aquosa de ácido glioixílico, na concentração de  $0,005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , tem-se 0,005 mol de ácido. Então,



$$\Delta H = [2(+744) + 413 + 348 + 357 + 462 + 3(-744) + 2(-413)] \text{ kJ}$$

$$\Delta H = +10 \text{ kJ}$$

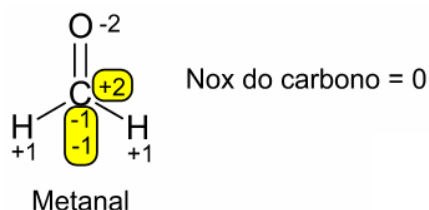
10 kJ ————— 1 mol de ácido

E ————— 0,005 mol de ácido

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

Energia absorvida no processo = 0,05 kJ.





14. Alternativa C

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

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

$$40 \text{ L} \text{ ————— } m$$

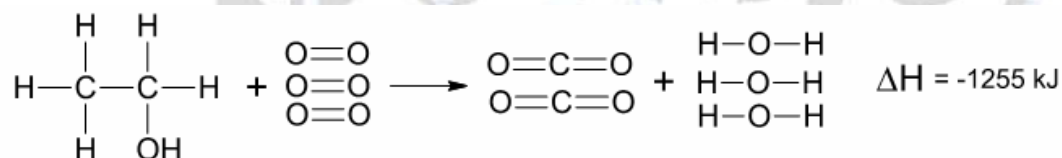
$$m = 32.000 \text{ g}$$

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

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

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

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



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

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

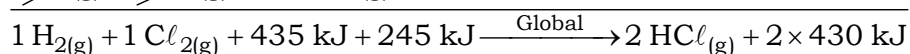
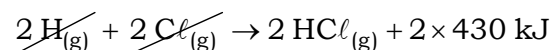
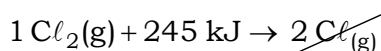
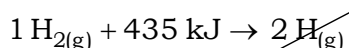
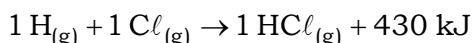
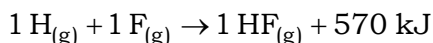
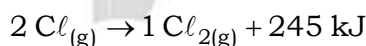
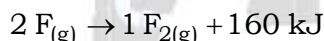
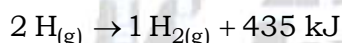
$$1 \text{ mol (e tanol)} \text{ ————— } 1255 \text{ kJ liberados}$$

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

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

15. Alternativa A

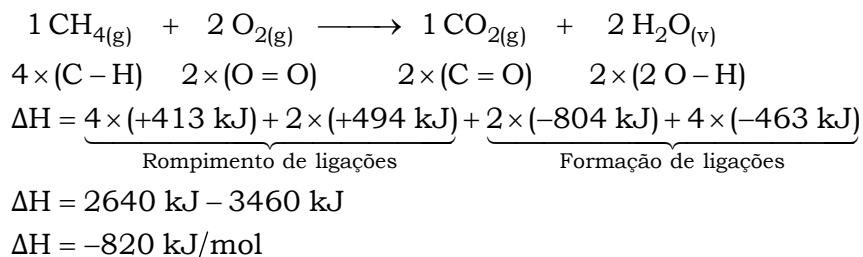
Equacionando-se as reações a partir da tabela, vem:



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

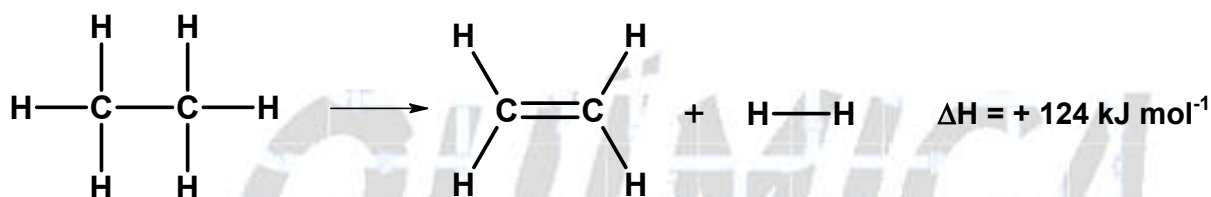
Conclusão: a formação de HF libera mais energia do que a formação de HCl.

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:

Haleto 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

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

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

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

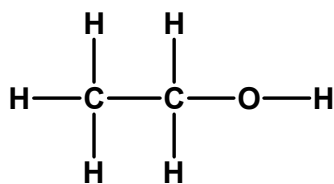
$$431 = \frac{E_{\text{ligação H-F}} + 365}{2}$$

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

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

19. Cálculo das entalpias de formação dos isômeros de fórmula molecular C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O:

Álcool (etanol):

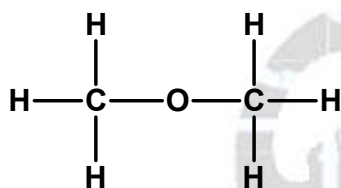


$$H_{\text{ligação álcool}} = 5 \times (\text{C}-\text{H}) + 1 \times (\text{C}-\text{C}) + 1 \times (\text{C}-\text{O}) + 1 \times (\text{O}-\text{H})$$

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

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

Éter (dimetil-éter):



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

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

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



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

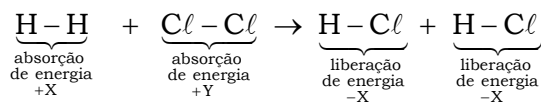
Quanto menor o valor de  $\sum H_{\text{ligação dos reagentes}}$ , menor o valor do  $\Delta H$ .

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

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

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

20. Teremos:



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

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

Logo,

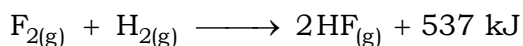
$$Y - X < 0$$

$Y < X$ . Conclusões :

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

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

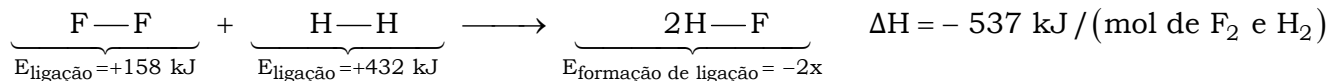
21. a) Equação balanceada da reação:



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:

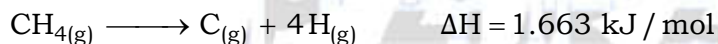


$$1 \text{ mol} \text{ — } 1 \text{ mol} \text{ — } \text{—————} 537 \text{ kJ liberados}$$

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

Liberará 53,7 kJ.

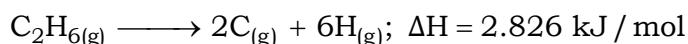
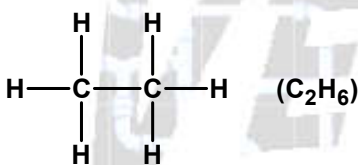
22. Teremos:



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

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

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



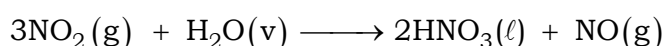
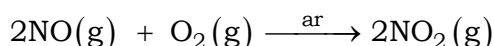
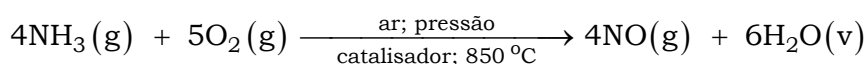
$$(\text{C}-\text{C}) + 6 \times (\text{C}-\text{H}) = 2.826 \text{ kJ}$$

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

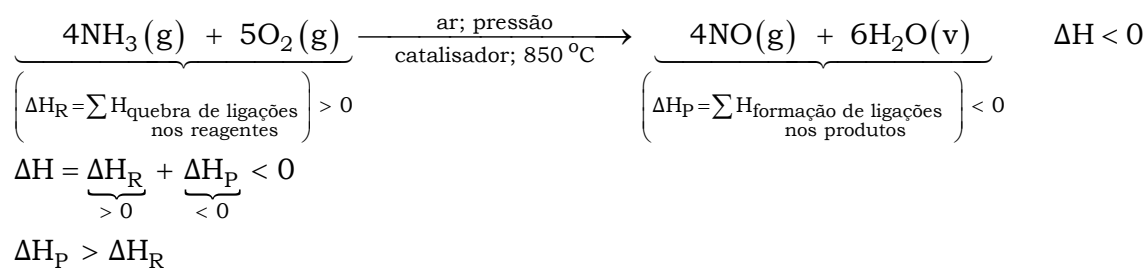
$$(\text{C}-\text{C}) = 331,5 \text{ kJ}$$

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

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