



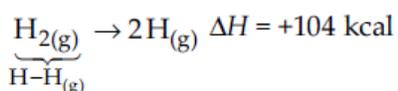
## Energia de Ligação

### 1. ENERGIA DE LIGAÇÃO

É a variação de entalpia (25 °C, 1 atm), na ruptura de 1 mol de ligações covalentes (estado gasoso), produzindo átomos no estado gasoso.

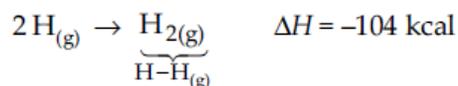
A energia de ligação é sempre positiva ( $\Delta H > 0$ ), pois a quebra de ligações é um processo endotérmico.

#### Exemplo



A energia de ligação (H-H) é +104 kcal.

Obs. – Para formar ligações covalentes (estado gasoso) a partir de átomos gasosos, devemos ter  $\Delta H < 0$ , pois a formação de ligações é um processo exotérmico.



### 2. CÁLCULO DO $\Delta H$ (EQUAÇÃO QUÍMICA)

$$\Delta H = (\Sigma \varepsilon \text{ ligação}) + (\Sigma \varepsilon \text{ ligação})$$

Quebrar  
ligações  
dos reagentes  
gasosos

+

Formar  
ligações  
dos produtos  
gasosos

-

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

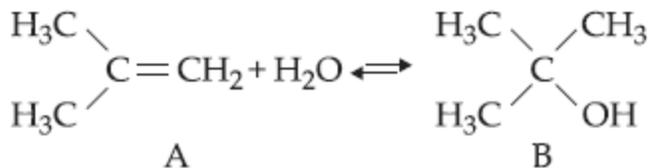
01 (Fuvest-SP) Com base nos dados da tabela,

Ligação	Energia de ligação (kJ / mol)
H—H	436
Cl—Cl	243
H—Cl	432

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

- a) - 92,5
- b) - 185
- c) - 247
- d) + 185
- e) + 92,5

02 (Fuvest-SP) Considere o equilíbrio e os seguintes dados:

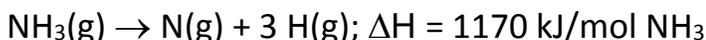


Dados	
Ligação	Energia (kJ/mol)
$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}$	389
$\text{HO}-\text{H}$	497
$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2-\text{H}$	410
$\text{C}=\text{C}$ (transformação de ligação dupla em simples)	267

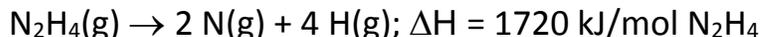
- a) Calcule, usando as energias de ligação, o valor do  $\Delta H$  da reação de formação de 1 mol de B, a partir de A.  
 b) B é obtido pela reação de A com ácido sulfúrico diluído à temperatura ambiente, enquanto A é obtido a partir de B, utilizando-se ácido sulfúrico concentrado a quente.  
 Considerando as substâncias envolvidas no equilíbrio e o sinal do  $\Delta H$ , 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.

03 (Fuvest-SP) Pode-se conceituar a 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:



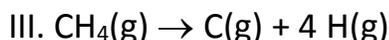
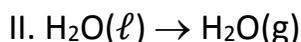
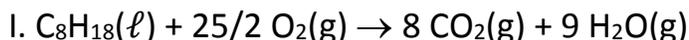
são quebrados 3 mols de ligação N-H, sendo, portanto, a energia de ligação N-H igual a 390 kJ/mol. Sabendo-se que na decomposição:



são quebradas 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) 1 330

04 (Fatec-SP) Das equações que se seguem



representa(m) transformações que se realizam com absorção de energia:

- a) a II e a III.      b) a I e a III.      c) a I e a II.      d) a I apenas.      e) a III apenas.

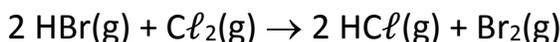
05 (FCMSC-SP) De acordo com os seguintes dados:

Tipo de ligação	Energia para romper a ligação (kcal por mol de ligações)
N – N	39
N – H	93

qual é, aproximadamente, a energia necessária para decompor 1 mol de hidrazina (H<sub>2</sub>N–NH<sub>2</sub>) em seus átomos constituintes?

- a) 39 kcal      b) 93 kcal      c) 132 kcal      d) 411 kcal      e) 450 kcal

06 (Mackenzie-SP) Calcular a variação de entalpia na reação



conhecendo-se as seguintes energias de ligação todas nas mesmas condições de pressão e temperatura:

H – Br	87,4 kcal/mol
Cl – Cl	57,9 kcal/mol
H – Cl	103,1 kcal/mol
Br – Br	46,1 kcal/mol

- a) –149,2 kcal  
b) –19,6 kcal  
c) +145,3 kcal  
d) +232,7 kcal  
e) +19,6 kcal

07 (Unifesp-SP) Com base nos dados da tabela

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

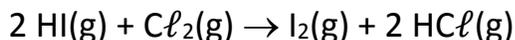
pode-se estimar que  $\Delta H$  da reação representada por



dado em kJ por mol de H<sub>2</sub>O(g), é igual a:

- a) + 239.  
b) + 478.  
c) + 1 101.  
d) – 239.  
e) – 478.

08 (Fuvest-SP) Calcule a energia envolvida na reação:

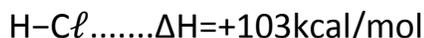
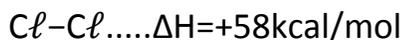
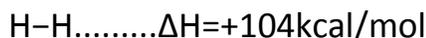


Expresse o resultado em kcal/mol de HI(g). Indique se a reação é exotérmica ou endotérmica.

Dados:

Tipos de ligação	Energia de ligação (kcal / mol)
H – Cl	103
H – I	71
Cl – Cl	58
I – I	36

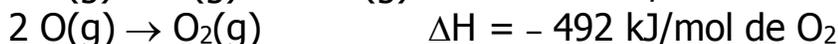
09 (UFMG-MG) Conhecendo-se as seguintes energias no estado gasoso:



concluimos que o calor da reação ( $\Delta H$ ):  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$  será igual a:

- a) – 206 kcal                      b) – 103 kcal                      c) – 59 kcal                      d) – 44 kcal                      e) – 22 kcal

10 (UCSal-BA) Considere as seguintes equações:



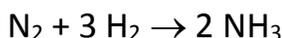
Qual das transformações absorve mais energia?

- a) O rompimento da ligação H – H.  
b) O rompimento da ligação O – H.  
c) O rompimento da ligação O = O.  
d) A formação da ligação H – H.  
e) A formação da ligação O – H.

11 (Fuvest-SP) Dadas as seguintes energias de ligação, em kJ por mol de ligação,



Calcular o valor da energia térmica (em kJ por mol de  $\text{NH}_3$ ) envolvida na reação representada por:



12 (FGV-SP) Considere os seguintes dados:

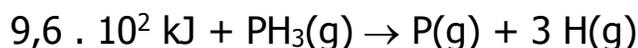


Energia de ligação (kcal / mol)	$\text{H-H} + \text{F-F} \rightarrow 2 \text{H-F}$
104	$\times$ 135

para calcular x:

- a) utiliza-se apenas o dado 129 kcal.
- b) utiliza-se apenas o dado 104 kcal.
- c) utilizam-se apenas os dados 104 kcal e 129 kcal
- d) utilizam-se apenas os dados 104 e 135 kcal
- e) utilizam-se os dados 104 kcal, 135 kcal e 129 kcal.

13 (FCC-BA) A dissociação de 1 mol de fosfina ( $\text{PH}_3$ ) é representada por:



Sendo assim, a energia de ligação P – H é:

- a)  $1,2 \cdot 10^2$  kJ/mol
- b)  $2,4 \cdot 10^2$  kJ/mol
- c)  $3,2 \cdot 10^2$  kJ/mol
- d)  $4,8 \cdot 10^2$  kJ/mol
- e)  $8,6 \cdot 10^2$  kJ/mol

14 (FUVEST-SP) Em cadeias carbônicas, dois átomos de carbono podem formar ligação simples (C—C), dupla (C = C) ou tripla (C  $\equiv$  C). Considere que, para uma ligação simples, a distância média de ligação entre os dois átomos de carbono é de 0,154nm, e a energia média de ligação é de 348kJ/mol.

Assim sendo, a distância média de ligação (d) e a energia média de ligação (E), associadas à ligação dupla (C = C), devem ser, respectivamente,

- a)  $d < 0,154\text{nm}$  e  $E > 348\text{kJ/mol}$ .
- b)  $d < 0,154\text{nm}$  e  $E < 348\text{kJ/mol}$ .
- c)  $d = 0,154\text{nm}$  e  $E = 348\text{kJ/mol}$ .
- d)  $d > 0,154\text{nm}$  e  $E < 348\text{kJ/mol}$ .
- e)  $d > 0,154\text{nm}$  e  $E > 348\text{kJ/mol}$ .

15 (Fuvest-SP)

Ligação	Energia média de ligação kJ / mol
O—H	464
C—C	350
C—H	415
C—O	360

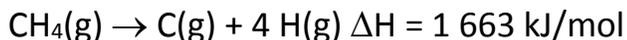
Calor de combustão no estado gasoso:

A = 1 140 kJ/mol

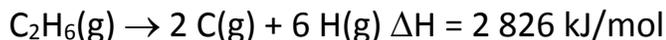
B = 1 454 kJ/mol

A e B são compostos de uma mesma fórmula molecular  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , 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.

**16 (Unicamp-SP)** Por “energia de ligação” entende-se a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) necessária para quebrar um mol de uma dada ligação. Esse processo é sempre endotérmico ( $\Delta H > 0$ ). Assim, no processo representado pela equação:

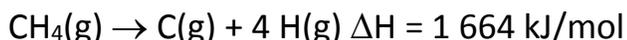


são quebrados 4 mols de ligações C – H, sendo a energia de ligação, portanto, 416 kJ/mol. Sabendo-se que no processo:

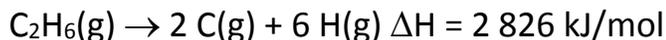


são quebradas ligações C – C e C – H qual o valor da energia de ligação C – C? Indique os cálculos com clareza.

**17 (UnB-DF)** A energia de ligação é a quantidade de energia necessária para quebrar um mol de uma dada ligação. Então, por energia de ligação entende-se a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) usada para romper um mol de ligações. Por exemplo, na reação, a 25 °C, representada pela equação:



são quebrados 4 mols de ligação C – H, sendo a energia de ligação, portanto, 416 kJ/mol. Ao passo que na reação:



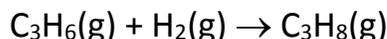
também a 25 °C são quebradas as ligações C – H e C – C.

Com base nestas informações, julgue os itens:

- (0) O valor da energia de ligação C – C, a 25 °C, é 330 kJ, mol.
- (1) Ambas reações citadas acima são exotérmicas.
- (2)  $\Delta H = -2\,826 \text{ kJ/mol}$  não corresponde à variação de entalpia de formação de um mol de  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ , a 25 °C.
- (3) No processo  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightarrow 2 \text{C}(\text{g}) + 6 \text{H}(\text{g})$  são quebradas 6 ligações C – H e 2 ligações C – C.
- (4) Para romper as ligações de  $\frac{1}{2}$  mol de  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$  são necessários 1 413 kJ.

**18 (UERJ-RJ)** O propeno ( $\Delta H_f$  formação = 5 kcal · mol<sup>-1</sup>), um composto utilizado largamente em síntese orgânica, produz propano ( $\Delta H_f$  formação = -25 kcal · mol<sup>-1</sup>), por redução catalítica, de acordo com a reação abaixo.

*catalisador*

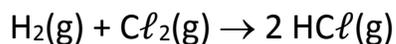


Observe, na tabela, os valores aproximados das energias de ligação nas condições-padrão.

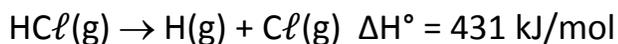
Tipo de ligação	Energia de ligação (kcal · mol <sup>-1</sup> )
C – C	83
C = C	147
C – H	99

Calcule o valor da energia de dissociação para um mol de ligações H – H, em kcal · mol<sup>-1</sup>.

19 (UFGO-GO) Determine a entalpia de formação de ácido clorídrico gasoso, segundo a reação representada pela equação:

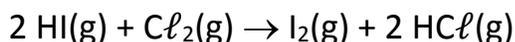


Dados:



Indique os cálculos.

20 (Fatec-SP) Calcule a energia envolvida na reação:



Expresse o resultado em kcal/mol de HI(g).

Indique se a reação é exotérmica ou endotérmica.

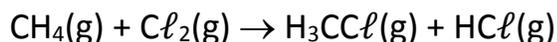
Dados:

Tipo de ligação	Energia de ligação (kcal/mol)
H — Cl	103
H — I	71
Cl — Cl	58
I — I	36

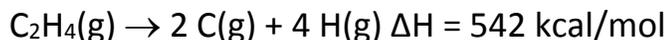
21 (UFMG) São conhecidos os seguintes valores de energia de ligação, a 25 °C:

Ligação	Energia de ligação (kcal/mol)
Cl — Cl	57,8
H — Cl	103,0
C — H	99,5
C — Cl	78,5

Determine a variação de entalpia, aproximada, para a reação:



22 (MACKENZIE-SP)



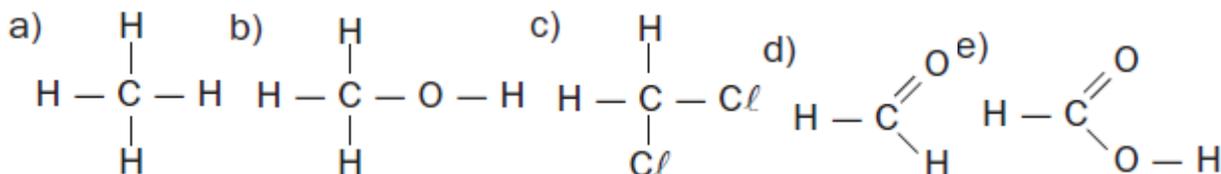
Na reação representada pela equação anterior, sabe-se que a energia da ligação C — H é igual a 98,8 kcal/mol. O valor da energia de ligação C = C, em kcal/mol, é:

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

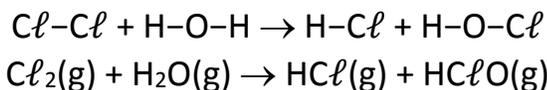
23 (UFPA) Considere as seguintes energias de ligação: kcal . mol<sup>-1</sup>

- C — Cl ..... 81  
 C — O ..... 86  
 C = O ..... 178  
 C — H ..... 99  
 H — O ..... 110

Qual dos compostos a seguir requer maior energia para se dissociar completamente em átomos, quando aquecemos 1 mol do mesmo, no estado gasoso?



24 (UNI-RIO) O gás cloro (Cl<sub>2</sub>) amarelo-esverdeado é altamente tóxico. Ao ser inalado, reage com a água existente nos pulmões, formando ácido clorídrico (HCl) — um ácido forte, capaz de causar graves lesões internas, conforme a seguinte reação:



Ligação	Energia de ligação (kJ/mol; 25 °C e 1 atm)
Cl — Cl	243
H — O	464
H — Cl	431
Cl — O	205

Utilizando os dados constantes na tabela anterior, marque a opção que contém o valor correto da variação de entalpia verificada, em kJ/mol.

- a) +104.      b) +71.      c) +52.      d) -71.      e) -104.

25 (UFRS) Dadas as energias de ligação em kcal . mol<sup>-1</sup>:

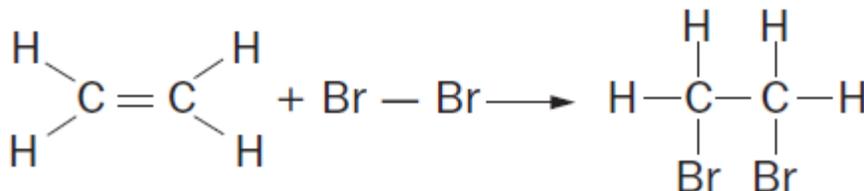
C = C: 143

C – H: 99

C – Br: 66

Br – Br: 46

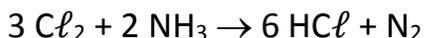
C – C: 80



A variação de entalpia da reação de adição de bromo ao alceno, representada pela equação é igual a:

a) –23 kcal.      b) +23 kcal.      c) –43 kcal.      d) –401 kcal.      e) +401 kcal.

26 Com base na tabela dada, determine a variação de entalpia da reação seguinte:



Energias de ligação (kcal/mol)	
H—N	93
H—H	104
C—C	83
H—Cl	103
N—N	38
Cl—Cl	58
N≡N	225

27 (Unicamp-SP) 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 à periodicidade.

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

Haleta de hidrogênio	Comprimento da ligação em pm (picômetros)	Entalpia de ligação (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 mostrando claramente como você procedeu.

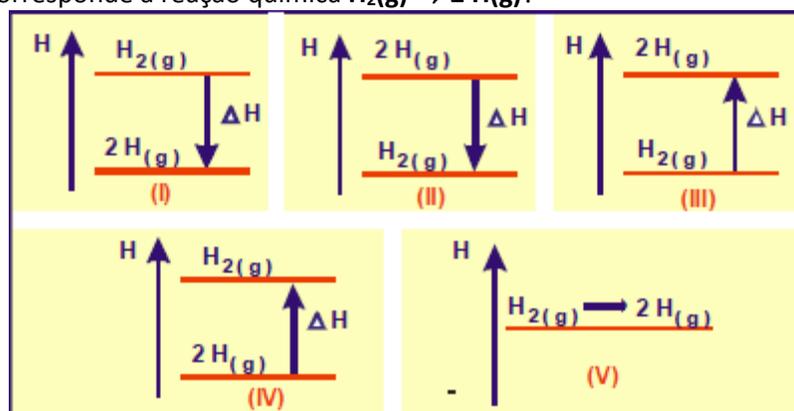
28 A transformação representada por  $\text{N}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{N}(\text{g})$  é:

- a) endotérmica, pois envolve ruptura de ligações intramoleculares.
- b) endotérmica, pois envolve ruptura de ligações intermoleculares.
- c) endotérmica, pois envolve formação de ligações intramoleculares.
- d) exotérmica, pois envolve ruptura de ligações intramoleculares.
- e) exotérmica, pois envolve formação de ligações intermoleculares.

29 A energia absorvida por mol de  $\text{H}-\text{H}$  na transformação:  $\text{H}-\text{H}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}(\text{g})$  é denominada energia de:

- a) ligação.
- b) vaporização.
- c) combustão.
- d) sublimação.
- e) ativação.

30 Qual dos diagramas corresponde à reação química  $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}(\text{g})$ ?

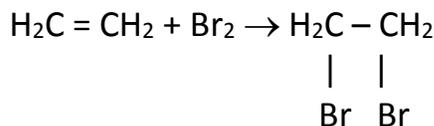


- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

31 Dadas às energias de ligação, em kcal / mol:  $\text{H}-\text{H}$  (104,0);  $\text{H}-\text{Cl}$  (103,0);  $\text{Cl}-\text{Cl}$  (58,0), conclui-se que o calor da reação  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$  será igual a:

- a) - 206 kcal.
- b) - 103 kcal.
- c) - 59 kcal.
- d) - 44 kcal.
- e) - 22 kcal.

32 Dadas às energias de ligação, em kcal / mol:  $\text{C}=\text{C}$  (143);  $\text{C}-\text{H}$  (99);  $\text{C}-\text{Br}$  (66);  $\text{Br}-\text{Br}$  (46);  $\text{C}-\text{C}$  (80). A variação de entalpia da reação representada pela equação:



será:

- a) - 23 kcal.
- b) + 23 kcal.
- c) + 43 kcal.
- d) - 401 kcal.
- e) + 401 kcal.



36 (UFPE-PE) A energia de ligação (H – N) em kJ/mol é igual a



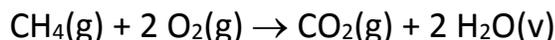
Energia de ligação: H – H: 432 kJ/mol;  $\text{N} \equiv \text{N}$ : 942 kJ/mol

- a) 772.      b) 360.      c) 386.      d) 1.080.      e) 260,5.

37 (UFRGS–RS) 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

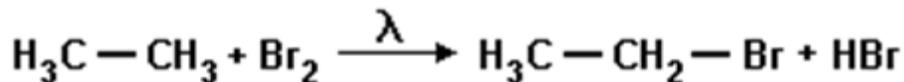
Considerando a reação representada por:



O valor aproximado de  $\Delta\text{H}$ , em kJ, é de:

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

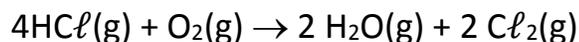
38 (Mackenzie-SP) Na monobromação do etano, a energia liberada na reação é:



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

39 (Mackenzie-SP) Calcule a variação de entalpia para a reação dada pela equação abaixo.

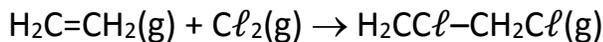


Dados: H–Cl: 103,1; H–O: 110,6; O=O: 119,1; Cl–Cl: 57,9 (Energia de ligação em kcal/mol)

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

40 Calcule a variação da entalpia na queima do acetileno, dadas as energias de ligação:  
 $C \equiv C$  : 127Kcal/mol;  $C - H$  : 100Kcal/mol;  $O = O$  : 118 Kcal/mol;  $C = O$  : 178 Kcal/mol;  $O - H$  : 110 Kcal/mol

41 (Puc-PR) Dadas as energias de ligação em kcal/mol  $C=C$ : 147;  $Cl-Cl$ : 58;  $C-Cl$ : 79;  $C-H$ : 99;  $C-C$ : 83.  
 Calcular a energia envolvida na reação:



a) 1.238 kcal      b) + 1.238 kcal      c) + 36 kcal      d) - 36 kcal      e) + 2.380 kcal

42 (UFAL) Quanto à ENERGIA NAS REAÇÕES QUÍMICAS, pode-se afirmar corretamente que:

- ( ) A fusão do ferro é exotérmica.
- ( ) O  $\Delta H$  da atomização do  $O_2$  tem sinal positivo.
- ( ) A transformação de um sal hidratado em sal anidro certamente é exotérmica.
- ( ) A quantidade de energia envolvida na dissolução de um sal em água pode ser considerada igual à da diluição, ao infinito da solução obtida.
- ( ) Se uma transformação química é a soma de duas ou mais transformações químicas, então a sua entalpia, também é a soma das entalpias das transformações intermediárias.

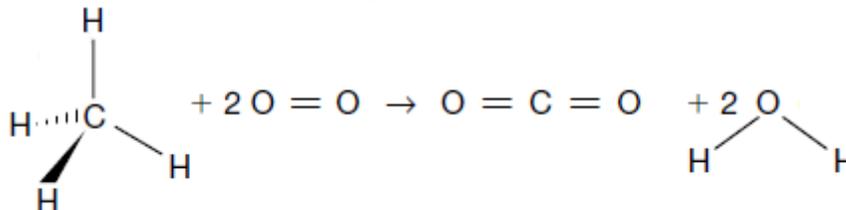
43 (UERJ-RJ) No metabolismo das proteínas dos mamíferos, a ureia, representada pela fórmula  $(NH_2)_2CO$ , é o principal produto nitrogenado excretado pela urina. O teor de ureia na urina pode ser determinado por um método baseado na hidrólise da ureia, que forma amônia e dióxido de carbono.

A seguir são apresentadas as energias das ligações envolvidas nessa reação de hidrólise.

ligação	energia de ligação (kJ.mol <sup>-1</sup> )
N-H	390
N-C	305
C=O	800
O-H	460

A partir da fórmula estrutural da ureia, determine o número de oxidação do seu átomo de carbono e a variação de entalpia correspondente a sua hidrólise, em kJ.mol<sup>-1</sup>.

44 (UFMG-MG) 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<sup>-1</sup>:

- E (C - H): 416
- E (C = O): 805
- E (O = O): 498
- E (O - H): 464

Utilizando-se os dados anteriores, pode-se estimar que a entalpia de combustão do metano, em kJ mol<sup>-1</sup>, é:

a) -2 660      b) -806      c) -122      d) 122

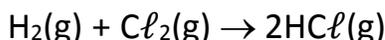
45 (UESPI) Os clorofluorcarbono (CFCs) são usados extensivamente em aerossóis, ar-condicionado, refrigeradores e solventes de limpeza. Os dois principais tipos de CFCs são o triclorofluorcarbono (CFCl<sub>3</sub>) ou CFC-11 e diclorodifluormetano (CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) ou CFC-12. O triclorofluorcarbono é usado em aerossóis, enquanto que o diclorodifluormetano é tipicamente usado em refrigeradores. Determine o ΔH para a reação de formação do CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>:



Dados de energia de ligação em kJ/mol: C-H (413); Cl-Cl (239); F-F (154); C-F (485); C-Cl (339); H-F (565); H-Cl (427).

a) - 234 kJ      b) - 597 kJ      c) - 1194 kJ      d) - 2388 kJ      e) - 3582 kJ

46 (UFOP-MG) O ácido clorídrico é um importante ácido industrial, e uma das etapas de sua obtenção é representada pela seguinte equação química:



Considere a seguinte tabela de valores de energia de ligação:

Substância	Energia de ligação(kJ/mol)
HCl(g)	432,0
Cl <sub>2</sub> (g)	243,0
H <sub>2</sub> (g)	436,0

Com base nessa tabela, pode-se afirmar que a entalpia de formação do HCl(g), em kJ/mol, é de:

a) 247,0      b) 123,0      c) -247,0      d) -92,5

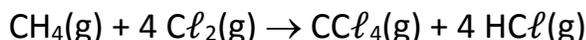
47 (UEG-GO)

Ligação	Entalpiade Ligação/ kJ.mol <sup>-1</sup>
C - H	412
C - C	348
C = O	743
O = O	484
O - H	463

Baseado na tabela contendo valores de entalpias de ligação acima, o calor liberado em kJ.mol<sup>-1</sup>, na reação de combustão completa do butano em fase gasosa, seria:

a) 1970      b) 2264      c) 4180      d) 5410

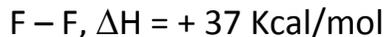
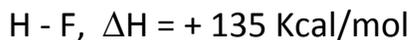
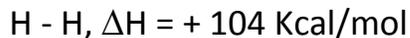
48 (UNIFEI-MG) Considerando os dados de entalpia de ligação abaixo, o calor associado (kJ/mol) à reação:



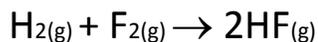
à pressão constante, deverá ser: (C - H = 414 kJ/mol, H - Cl = 431 kJ/mol, Cl - Cl = 243 kJ/mol, C - Cl = 331 kJ/mol)

a) + 420 kJ/mol      b) + 105 kJ/mol      c) - 105 kJ/mol      d) - 420 kJ/mol

49 (PUC RJ) Dadas as energias de ligação (estado gasoso) abaixo:



O calor ( $\Delta H$ ) da reação



em Kcal, será igual a:

a) - 276

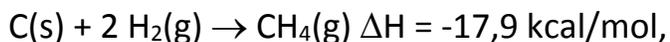
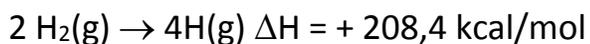
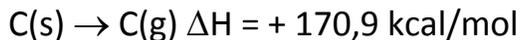
b) -195

c) -129

d) - 276

e) 129

50 (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

## GABARITO

01- Alternativa A



$$\underbrace{436 \text{ kJ} + 243 \text{ kJ}}_{E_q = 679 \text{ kJ}} \quad \quad \quad \underbrace{2 \cdot (-432)}_{E_f = -864 \text{ kJ}}$$

$$\Delta H = E_q + E_f$$

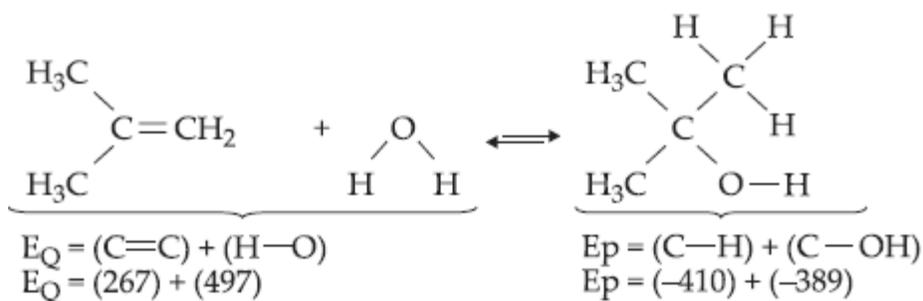
$$\Delta H = 679 - 864$$

$$\Delta H = -185 \text{ kJ} / 2 \text{ mols HCl}$$

$$\Delta H = -92,5 \text{ kJ} / \text{mol HCl}$$

02-

a)



$$E_Q = +764 \text{ kJ}$$

$$E_p = -799 \text{ kJ}$$

Ligações quebradas

$$\Delta H = E_Q + E_p$$

$$\Delta H = [+764] + [-799]$$

Ligações formadas

$$\Delta H = -35 \text{ kJ/mol}$$

b) A transformando-se em B: reação exotérmica,  $\Delta H < 0$ , não necessitando de aquecimento para sua ocorrência; foi utilizado ácido sulfúrico diluído, pois trata-se de hidratação de alceno. B transformando-se em A: reação endotérmica, que necessita de aquecimento para a sua ocorrência, foi utilizado ácido sulfúrico concentrado, pois trata-se de desidratação de álcool.

03- Alternativa B

Para romper 4 mols (N-H) e 1 mol de (N-N) temos:

$$4 \cdot (\text{N-H}) + 1 (\text{N-N}) = 1720 \text{ kJ/mol}$$

$$4 \cdot 390 + E_{\text{ligação}} (\text{N-N}) = 1720$$

$$E_{\text{ligação}} (\text{N-N}) = +160 \text{ kJ/mol (N-N)}_g$$

04- Alternativa A

A vaporização da água (II) e a quebra de ligações (III) são processos endotérmicos. As reações de combustão (I) são exotérmicas.

05- Alternativa D



$$\Delta H = 4 (\text{N} - \text{H}) + 1 (\text{N} - \text{N})$$

$$\Delta H = 4 \cdot (+93) + 1 \cdot (+39)$$

$$\Delta H = +411 \text{ kcal}$$

06- Alternativa B

Romper em mols: 2 (H-Br) + 1 (Cl-Cl)

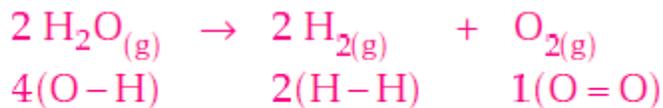
$$\underbrace{\sum \varepsilon_{\text{ligação}}}_{\text{quebrar}} = 2 \cdot (+87,4) + 1 \cdot (+57,9) = +232,7$$

Formar em mols: 2 (H-Cl) + 1 (Br-Br)

$$\underbrace{\sum \varepsilon_{\text{ligação}}}_{\text{formar}} = 2 \cdot (-103,1) + 1 \cdot (-46,1) = -252,3$$

$$\Delta H = (+232,7) + (-252,3) = -19,6 \text{ kcal}$$

07- Alternativa A

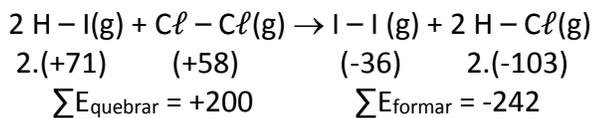


$$\Delta H = 4 (+460) + [2 (-436) + 1 (-490)]$$

$$\Delta H = +478 \text{ kJ} / 2 \text{ mols H}_2\text{O}$$

$$\Delta H = +239 \text{ kJ} / \text{mol H}_2\text{O}$$

08-



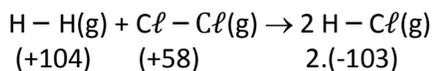
$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+200) + (-242)$$

$$\Delta H = -42 \text{ kcal}$$

Para consumo de 1 mol de HI temos:  $\Delta H = -21 \text{ kcal/mol HI}$

09- Alternativa D



$$\sum E_{\text{quebrar}} = +162 \quad \sum E_{\text{formar}} = -206$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+162) + (-206)$$

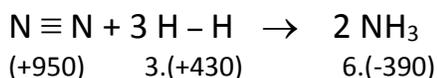
$$\Delta H = -44 \text{ kcal}$$

10- Alternativa B

Considerando os valores das energias de ligação em kJ/mol: O = O: 492; H – H: 435; H – O: 464

Com isso temos que a ligação H – O é a que absorve mais energia.

11-



$$\sum E_{\text{quebrar}} = +2240 \quad \sum E_{\text{formar}} = -2340$$

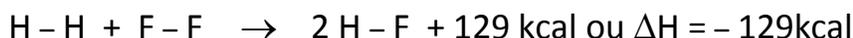
$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+2240) + (-2340)$$

$$\Delta H = -100 \text{ kJ}$$

Para formação de 1 mol de  $\text{NH}_3$  temos:  $\Delta H = -50 \text{ kJ/mol}$

12- Alternativa E



$$(+104) \quad +X \quad 2 \cdot (-135)$$

$$\sum E_{\text{quebrar}} = +104 + X \quad \sum E_{\text{formar}} = -270$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$-129 = (+104 + X) + (-270)$$

$$X = +37 \text{ kJ}$$

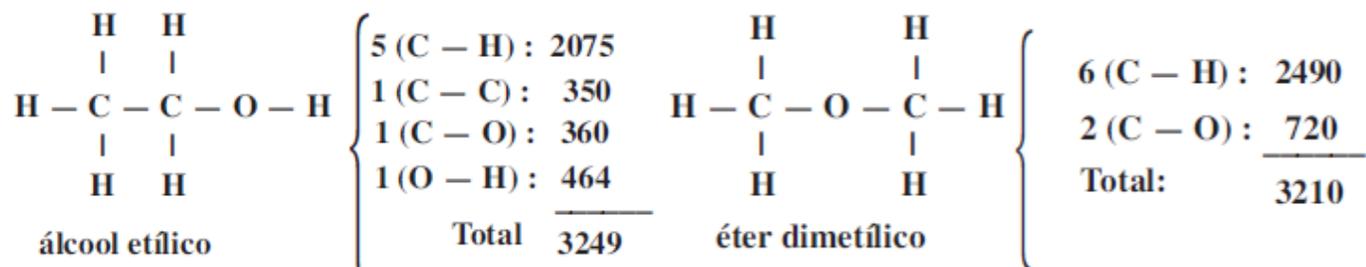
13- Alternativa C

Para quebrar as três ligações na molécula do  $\text{PH}_3$  são consumidos  $9,6 \cdot 10^2 \text{ kJ}$ , portanto, para quebrar 1 ligação na molécula do  $\text{PH}_3$  é consumido  $3,2 \cdot 10^2 \text{ kJ/mol}$ .

14- Alternativa A

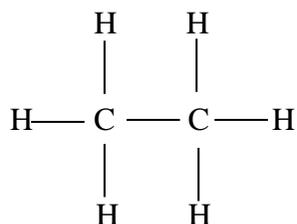
Na ligação dupla, a concentração eletrônica é maior. Isso gera uma distância menor entre os átomos de carbono, sendo necessária uma maior absorção de energia para romper essa ligação.

15-



Quanto mais energia uma substância gasta para romper suas ligações menos energia a reação vai liberar, logo neste caso quem libera menos energia na queima é o álcool, com isso temos A: álcool etílico B: éter dimetílico.

16-



$$6 \cdot (\text{C-H}) + 1 \cdot (\text{C-C}) = 2826 \rightarrow 6 \cdot (416) + (\text{C-C}) = 2826 \rightarrow (\text{C-C}) = 330 \text{ kJ/mol}$$

17-

(0) Verdadeiro. Cálculo realizado na questão anterior.

(1) Falso. Ambas reações citadas acima são endotérmicas.

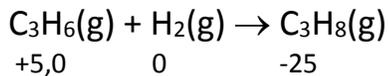
(2) Verdadeiro.  $\Delta H = -2826 \text{ kJ/mol}$  não corresponde à variação de entalpia de formação de um mol de  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ , a  $25^\circ\text{C}$ , corresponde à energia para formar todas as ligações de 1 mol de  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ .

(3) Falso. No processo  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightarrow 2 \text{C}(\text{g}) + 6 \text{H}(\text{g})$  são quebradas 6 ligações C-H e 1 ligações C-C.

(4) Verdadeiro.

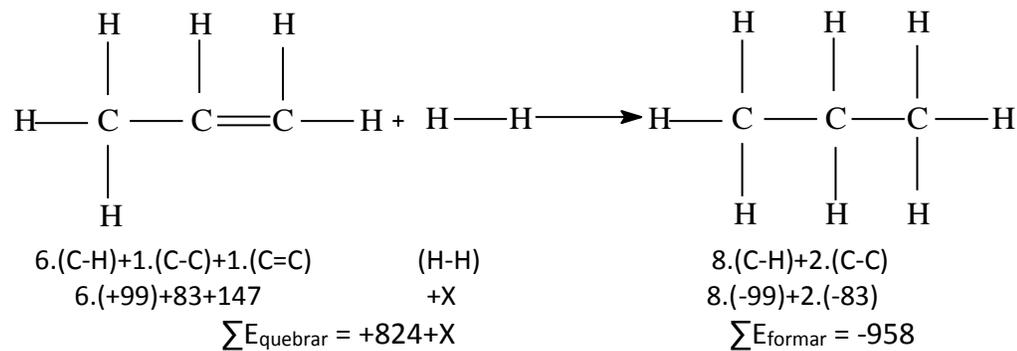
18-

cálculo do  $\Delta H$  da reação de hidrogenação do propeno:



$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}} \rightarrow \Delta H = (-25) - (+5,0) \rightarrow \Delta H = -25 \text{ kcal/mol}$$

Cálculo da energia de ligação H – H:

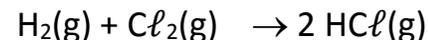


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$-25 = (+824 + X) + (-958)$$

$$X = +109 \text{ kcal}$$

19-



(+436)    (+243)            2 · (-431)

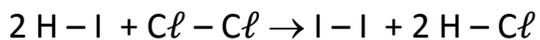
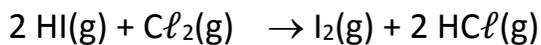
$$\sum E_{\text{quebrar}} = +679 \quad \sum E_{\text{formar}} = -862$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+679) + (-862)$$

$$\Delta H = -183 \text{ kJ ou } \Delta H = -91,5 \text{ kJ/mol}$$

20-



2 · (+71)    (+58)            (-36)    2 · (-103)

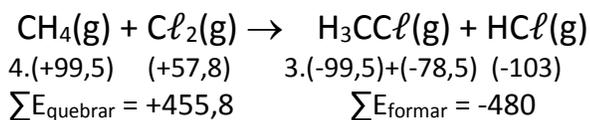
$$\sum E_{\text{quebrar}} = +200 \quad \sum E_{\text{formar}} = -242$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+200) + (-242)$$

$$\Delta H = -42 \text{ kJ ou } \Delta H = -21 \text{ kJ/mol de HI}$$

21-

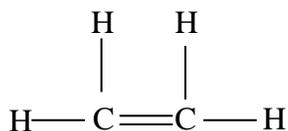


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+455,8) + (-480)$$

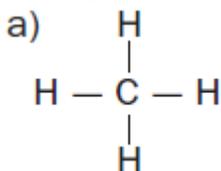
$$\Delta H = -24,2 \text{ kcal/mol}$$

22- Alternativa B

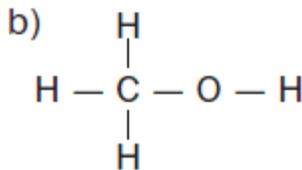


$$4.(\text{C} - \text{H}) + 1.(\text{C} = \text{C}) = 542 \rightarrow 4.(98,8) + (\text{C} = \text{C}) = 542 \rightarrow (\text{C} = \text{C}) = 146,8 \text{ kcal/mol}$$

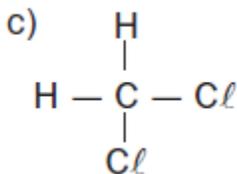
23- Alternativa B



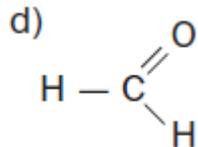
$$4.(\text{H} - \text{C}) = 4.(99) = 396 \text{ kcal}$$



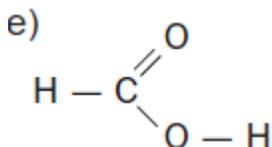
$$3.(\text{H} - \text{C}) + (\text{C} - \text{O}) + (\text{O} - \text{H}) = 3.(99) + 86 + 110 = 493 \text{ kcal}$$



$$2.(\text{H} - \text{C}) + 2.(\text{C} - \text{Cl}) = 2.(99) + 2.(81) = 360 \text{ kcal}$$

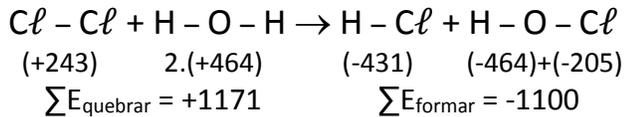


$$2.(\text{H} - \text{C}) + (\text{C} = \text{O}) = 2.(99) + 178 = 376 \text{ kcal}$$



$$(\text{H} - \text{C}) + (\text{C} = \text{O}) + (\text{C} - \text{O}) + (\text{O} - \text{H}) = 99 + 178 + 86 + 110 = 473 \text{ kcal}$$

24- Alternativa B

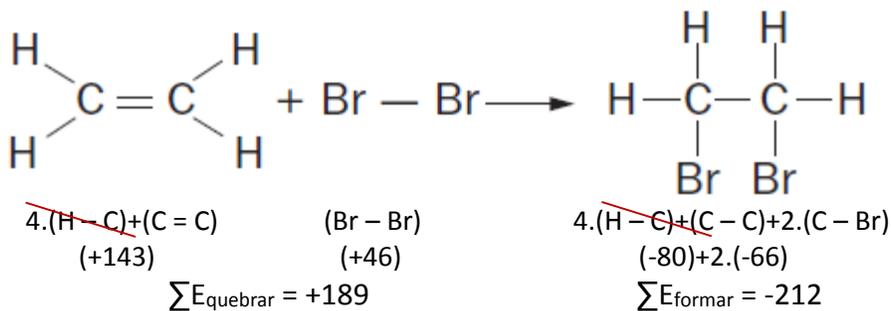


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+1171)+(-1100)$$

$$\Delta H = +71\text{kJ/mol}$$

25- Alternativa A

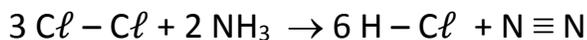
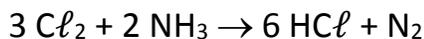


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+189)+(-212)$$

$$\Delta H = -23\text{kcal/mol}$$

26-



$$3.(+58) \quad 6.(+93) \quad 6.(-103) \quad (-225)$$

$$\sum E_{\text{quebrar}} = +732 \quad \sum E_{\text{formar}} = -843$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+732)+(-843)$$

$$\Delta H = -111\text{kcal}$$

27-

As entalpias de ligação são estimadas por média aritmética simples.

$$\text{Energia de ligação H - Br: } \frac{431 + 299}{2} = \frac{730}{2} = 365\text{kJ/mol}$$

Energia de ligação H - F: 431 é a média aritmética simples de 365 e 497:

28- Alternativa A

Na transformação indicada há a quebra das ligações (processo endotérmico) entre os átomos de nitrogênio na molécula de N<sub>2</sub>.

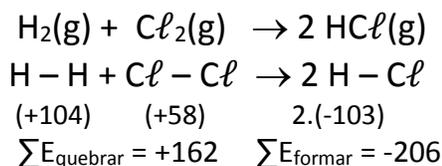
29- Alternativa A

Na transformação indicada há a quebra das ligações (processo endotérmico) entre os átomos de hidrogênio na molécula de H<sub>2</sub>.

30- Alternativa C

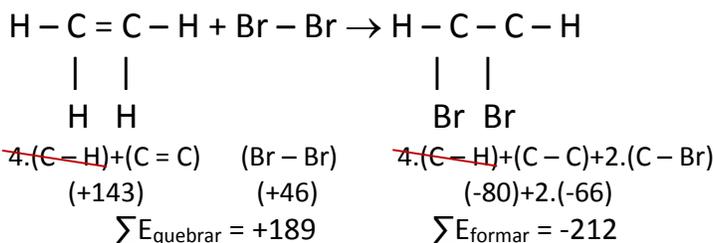
Na transformação indicada há a quebra das ligações (processo endotérmico) entre os átomos de hidrogênio na molécula de H<sub>2</sub>.

31- Alternativa D



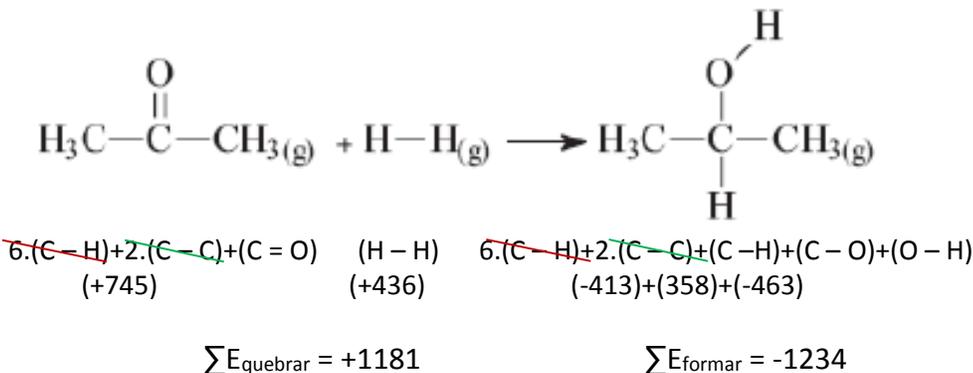
$$\begin{array}{l} \Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \\ \Delta H = (+162) + (-206) \\ \Delta H = -44 \text{kcal} \end{array}$$

32- Alternativa A



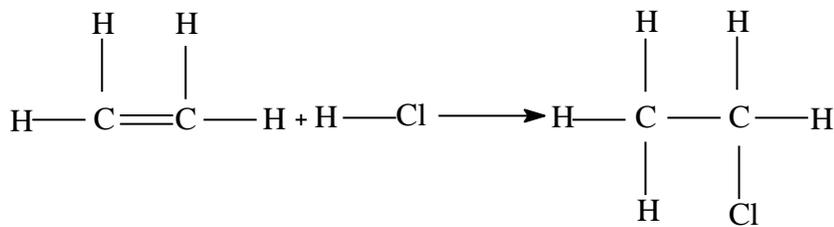
$$\begin{array}{l} \Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \\ \Delta H = (+189) + (-212) \\ \Delta H = -23 \text{kcal/mol} \end{array}$$

33- Alternativa A



$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \rightarrow \Delta H = (+1181) + (-1234) \rightarrow \Delta H = -53 \text{kJ/mol}$$

34-



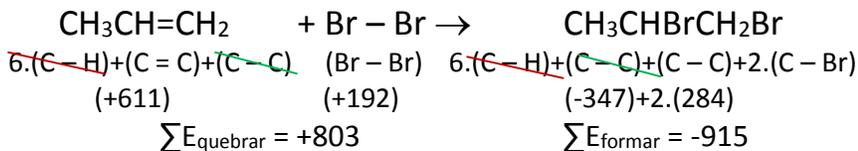
$$\begin{array}{l} 4.(\text{C}-\text{H})+(\text{C}=\text{C}) \quad (\text{H}-\text{Cl}) \\ 4.(+413)+(+609) \quad (+431) \\ \sum E_{\text{quebrar}} = +2692 \end{array} \qquad \begin{array}{l} 5.(\text{C}-\text{H})+(\text{C}-\text{C})+(\text{C}-\text{Cl}) \\ 5.(-413)+(-345)+(-339) \\ \sum E_{\text{formar}} = -2749 \end{array}$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+2692)+(-2749)$$

$$\Delta H = -57\text{kJ/mol}$$

35- Alternativa B



$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+803)+(-915)$$

$$\Delta H = -112\text{kJ/mol}$$

36- Alternativa C



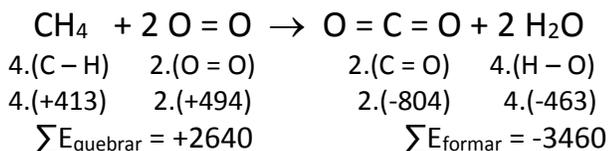
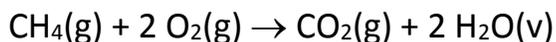
$$\begin{array}{l} 3.(+432) \quad (+942) \quad 6.(-X) \\ \sum E_{\text{quebrar}} = +2238 \quad \sum E_{\text{formar}} = -6X \end{array}$$

$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$-78 = (+2238)+(-6X)$$

$$X = (\text{N} \equiv \text{N}) = 386\text{kJ/mol}$$

37- Alternativa A

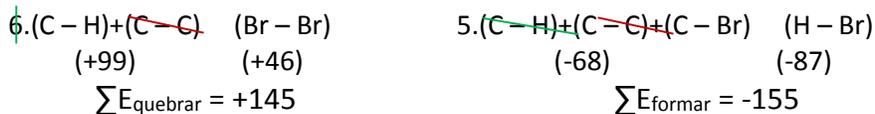
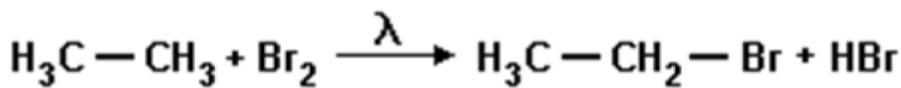


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+2640)+(-3460)$$

$$\Delta H = -820\text{kJ/mol}$$

## 38- Alternativa E

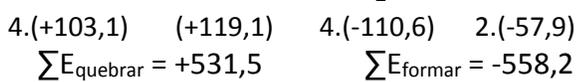
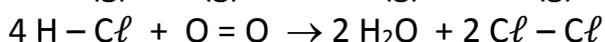
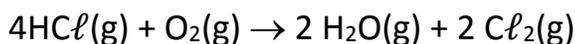


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+145)+(-155)$$

$$\Delta H = -10\text{kJ/mol}$$

## 39- Alternativa C

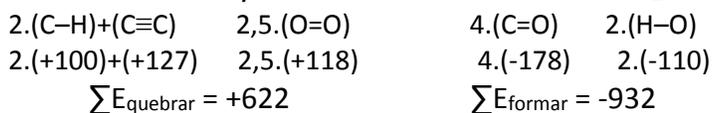
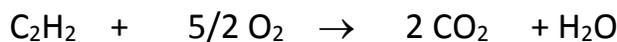


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+531,5)+(-558,2)$$

$$\Delta H = -26,7\text{cal}$$

## 40-

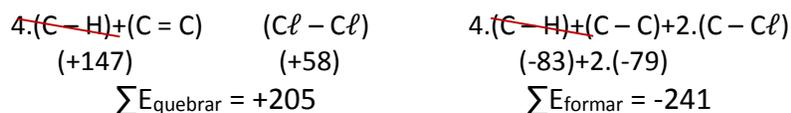
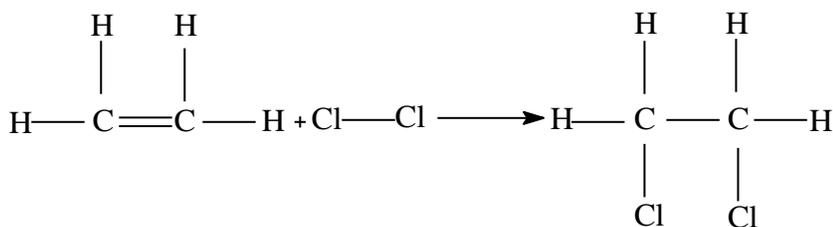


$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+622)+(-932)$$

$$\Delta H = -310\text{cal/mol}$$

## 41- Alternativa D



$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+205)+(-241)$$

$$\Delta H = -36\text{cal/mol}$$

42-

(F) A fusão do ferro é endotérmica.

(V) O  $\Delta H$  da atomização do  $O_2$  tem sinal positivo.

(F) A transformação de um sal hidratado em sal anidro certamente é endotérmica.

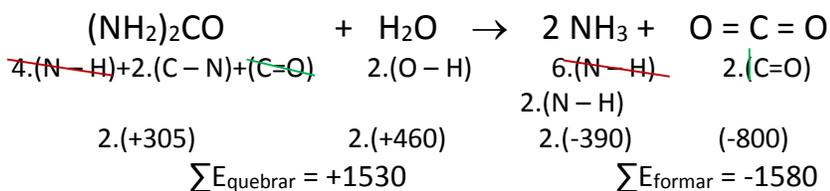
(F) A quantidade de energia envolvida na dissolução de um sal em água é diferente à da diluição, ao infinito da solução obtida.

(V) Se uma transformação química é a soma de duas ou mais transformações químicas, então a sua entalpia, também é a soma das entalpias das transformações intermediárias.

43-

Número de oxidação do carbono = +4.

Hidrólise da ureia:

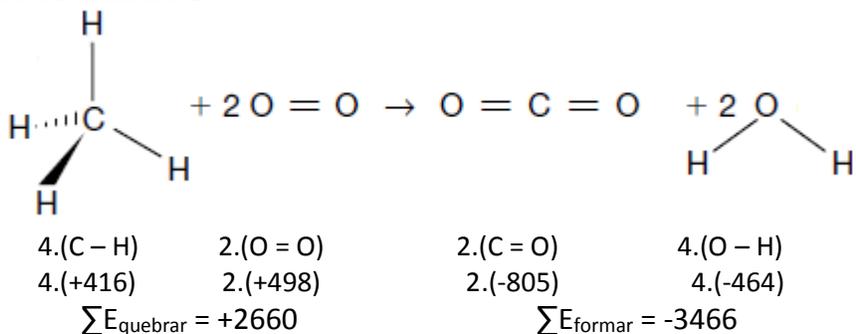


$$\Delta H = \Sigma E_{\text{quebrar}} + \Sigma E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+1530) + (-1580)$$

$$\Delta H = -50 \text{ cal/mol}$$

44- Alternativa B

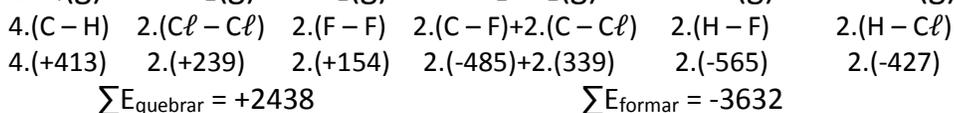


$$\Delta H = \Sigma E_{\text{quebrar}} + \Sigma E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+2660) + (-3466)$$

$$\Delta H = -806 \text{ cal/mol}$$

45- Alternativa C

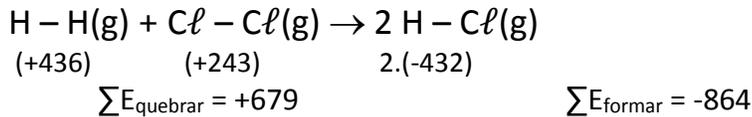


$$\Delta H = \Sigma E_{\text{quebrar}} + \Sigma E_{\text{formar}}$$

$$\Delta H = (+2438) + (-3632)$$

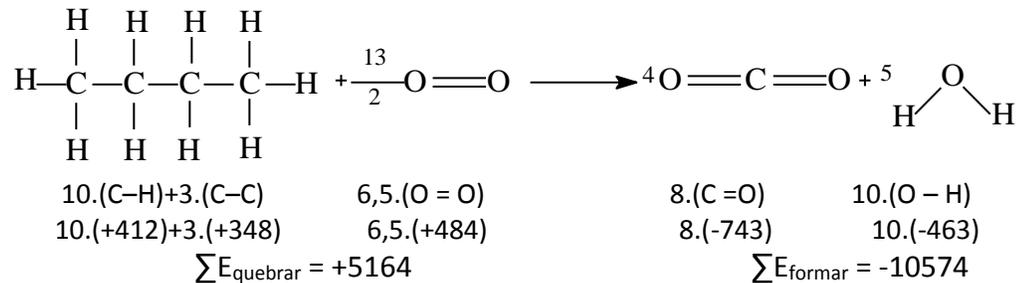
$$\Delta H = -1194 \text{ kcal}$$

46- Alternativa D



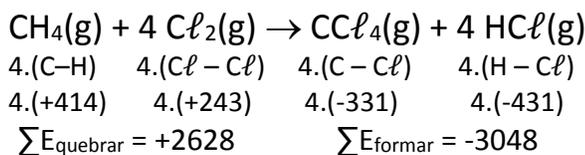
$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \\ \Delta H &= (+679) + (-864) \\ \Delta H &= -185 \text{ kJ ou ainda } \Delta H = -92,5 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

47- Alternativa D



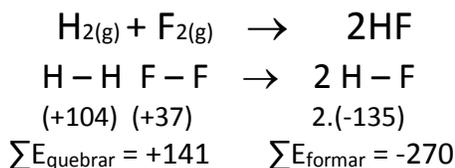
$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \rightarrow \Delta H = (+5164) + (-10574) \rightarrow \Delta H = -5410 \text{ kJ/mol}$$

48- Alternativa C ou D



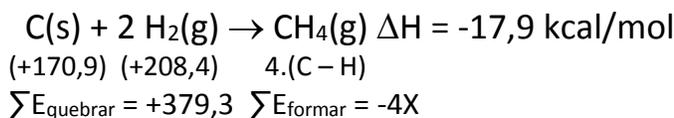
$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \\ \Delta H &= (+2628) + (-3048) \\ \Delta H &= -420 \text{ kJ/mol de } \text{CH}_4 \text{ ou } \text{CCl}_4, \text{ ou ainda, } \Delta H = -105 \text{ kJ/mol } \text{Cl}_2 \text{ ou } \text{HCl} \end{aligned}$$

49- Alternativa C



$$\Delta H = \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \rightarrow \Delta H = (+141) + (-270) \rightarrow \Delta H = -129 \text{ kcal}$$

50- Alternativa D



$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum E_{\text{quebrar}} + \sum E_{\text{formar}} \\ -17,9 &= (+379,3) + (-4X) \\ X &= (\text{C}-\text{H}) = -99,3 \text{ kcal} \end{aligned}$$