



# TERMODINÀMICA QUÍMICA | 2N BATX

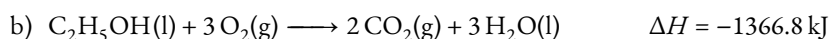
## EXERCICIS

ALBA LÓPEZ VALENZUELA

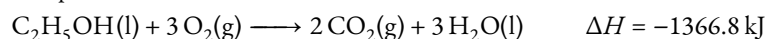
ANTONIO GONZÁLEZ MORENO

### ..... Calor en les reaccions químiques .....

- 1 Dibuixa el diagrama entàlpic i explica el significat de les equacions termoquímiques següents:



- 2 Donada la següent reacció química:



Calcula l'intercanvi de calor despesa en la combustió de 100 g de  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

**Solució:** -2971.3 kJ

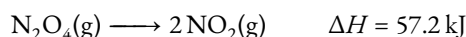
- 3 El gas amoníac descompon en gas hidrogen i gas nitrogen quan s'escalfa. En determinades condicions de pressió i temperatura, es necessiten 270 kJ per descompondre 100 g d'amoníac.

a) Escriu l'equació termoquímica del procés.

b) Determina quin volum de gas hidrogen, mesurat a 50 °C i 15 atm, s'obtindrà, amb 500 kJ i gas amoníac en excés.

**Solució:** b) 28.85 L

- 4 Donada la següent reacció química:



Calcula l'intercanvi de calor que acompanya a la producció de 506 g de  $\text{NO}_2$

**Solució:**  $\Delta H = 314.6 \text{ kJ}$

- 5 L'entalpia de formació de l'amoníac és  $-46.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Calcula la calor de reacció quan es formen 3 litres d'amoníac en c.n.

**Solució:**  $\Delta H = -6.19 \text{ kJ}$

### ..... Llei de Hess .....

- 6 Calcula l'entalpia de combustió del metà a partir de les dades d'entalpies de formació de les Taules.

**Solució:**  $\Delta H_c^\circ = -890.3 \text{ kJ/mol}$

- 7 L'entalpia de reacció de combustió d'un compost orgànic de fórmula  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$  és de  $-2540 \text{ kJ/mol}$ . Sabent que  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393.5 \text{ kJ/mol}$  i  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{g})] = -241.8 \text{ kJ/mol}$ . Calcula l'entalpia de formació del compost orgànic.

**Solució:**  $\Delta H_f^\circ = -1271.8 \text{ kJ/mol}$

- 8 Calcula l'entalpia de combustió de 30 g de toluè (metilbenzè),  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3$  a partir de les següents dades d'entalpies de formació:  $\Delta H_f^\circ [\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3]: 49.95 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})]: -393.5 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})]: -285.8 \text{ kJ/mol}$ .

**Solució:**  $\Delta H_c^\circ = -1287.3 \text{ kJ/mol}$

- 9 Si l'entalpia de formació del  $\text{CO}_2(\text{g})$  val  $-393.5 \text{ kJ/mol}$ , ¿quant valdrà l'entalpia de combustió del carboni? Suposa combustió completa.

- 10 Determina l'entalpia de formació de l'età  $\text{C}_2\text{H}_6$  gas a partir de les següents dades: entalpia de combustió de l'età,  $-1425 \text{ kJ/mol}$ ; entalpia de combustió del carboni,  $-393.5 \text{ kJ/mol}$ ; entalpia de combustió de l'hidrogen,  $-241.8 \text{ kJ/mol}$ .

**Solució:**  $\Delta H_f^\circ = -87.4 \text{ kJ/mol}$

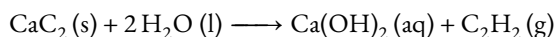
- 11 Calcula la variació d'energia interna per la combustió del benzè líquid, si el procés té lloc a temperatura constant. Dades: Taula d'entalpies de formació.

**Solució:**  $\Delta U = -3263.7 \text{ kJ/mol}$

- 12 Calcula la quantitat de calor despesa en la combustió de 1 kg de propà i la variació d'energia interna si la reacció es produís a la pressió de 1 atm i 25 °C de temperatura. Dades: Taula d'entalpies de formació.

**Solució:**  $\Delta H = -50\,427\text{ kJ}$ ;  $\Delta U = -50\,199\text{ kJ}$

- 13 Calcula l'entalpia estàndard de la següent reacció:



Dades: entalpia de combustió de l'acetilè =  $-1300\text{ kJ/mol}$ ; entalpies de formació del diòxid de carboni:  $-393.5\text{ kJ/mol}$ ; de l'aigua:  $-285.8\text{ kJ/mol}$ ; de l'acetilur de calci:  $-56.2\text{ kJ/mol}$ ; de l'hidròxid de calci:  $-987\text{ kJ/mol}$ .

**Solució:**  $\Delta H_f^\circ = -132.0\text{ kJ}$

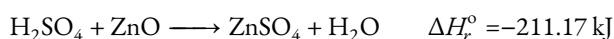
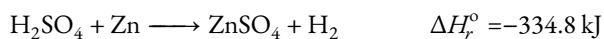
- 14 Calcula la variació entàlpica corresponent a la dissociació tèrmica del carbonat de calci a temperatura constant i el consum de carbó mineral que es requereix per obtenir 1000 kg de cal viva, suponent un rendiment del forn del 65 %. Dades: entalpia de combustió del carbó mineral =  $8330\text{ kJ/kg}$ . Taula d'entalpies de formació.

**Solució:** 589 kg

- 15 Calcula la calor de formació de l'acetilè, coneixent les calors de formació de l'aigua líquida ( $-285.5\text{ kJ/mol}$ ) i del diòxid de carboni gas ( $-393.13\text{ kJ/mol}$ ), així com la calor de combustió de l'acetilè ( $-1300\text{ kJ/mol}$ ).

**Solució:**  $\Delta H_f^\circ = 228.24\text{ kJ}$

- 16 Calcula la calor de formació de l'òxido de zinc amb les següents dades:



**Solució:**  $\Delta H_f^\circ = -408.32\text{ kJ}$

- 17 Quan es crema 1 mol de metanol líquid es desprenen 726 kJ. Calcula:

a) L'entalpia estàndard de formació del metanol líquid.

b) L'entalpia estàndard de formació del gas sabent que l'entalpia de vaporització és de  $35\text{ kJ/mol}$ .

Dades: Entalpies de formació estàndard:  $\text{CO}_2 = -393.5\text{ kJ/mol}$ ,  $\text{H}_2\text{O} = -285.8\text{ kJ/mol}$

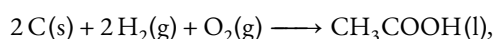
**Solució:** a)  $\Delta H_f^\circ = -239.1\text{ kJ}$ ; b)  $\Delta H_f^\circ = -204.1\text{ kJ/mol}$

- 18 Calcula la calor latent de vaporització de l'aigua a  $25^\circ\text{C}$  en  $\text{kJ/mol}$ .

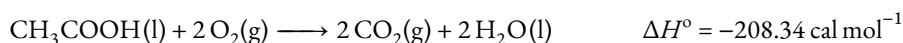
Dades:  $\Delta H_f^\circ$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286\text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H_f^\circ$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{v}) = -242\text{ kJ/mol}$

**Solució:**  $L_v = 44\text{ kJ/mol} = 585.6\text{ cal/g}$

- 19 Troba la calor de reacció de l'equació



tenint com a dades



**Solució:**  $\Delta H_r^\circ = -116.4\text{ cal/mol}$

- 20 La gasolina pot ser considerada una mescla de octans ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ). Sabent que les calors de formació de l'aigua, diòxid de carboni i de l'octà, són respectivament:  $-242$ ,  $-394$ ,  $-250\text{ kJ/mol}$ . Calcula:

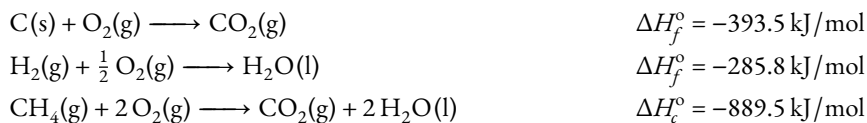
a) L'entalpia de combustió de la gasolina.

b) L'energia alliberada en la combustió de 5 litres de gasolina ( $d=800\text{ kg/m}^3$ ). Expressa-la en calories.

c) Quin volum de diòxid de carboni a  $30^\circ\text{C}$  i 1 atm de pressió s'obtidran en la combustió de l'apartat b?

**Solució:** a)  $\Delta H_c^\circ = -5080\text{ kJ/mol}$ ; b)  $-44\,800\text{ kcal}$ ; c)  $6973\text{ L}$

- 21 Donades les següents reaccions a 25 °C:



- a) Calcula el volum de  $\text{CO}_2$ , a  $10^5 \text{ Pa}$  i  $25^\circ \text{C}$ , que es desprèn en cremar 150 g de metà,  $\text{CH}_4$ .  
 b) Calcula la calor despresada en el cas anterior.  
 c) Troba l'entalpia de formació del metà.

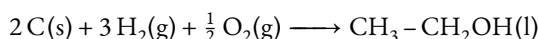
**Solució:** a)  $V_{\text{CO}_2} = 232.1 \text{ L}$ ; b)  $Q = -8339.06 \text{ kJ}$ ;  $\Delta H_f^\circ = -75.6 \text{ kJ/mol}$

- 22 Sabent que les entalpies de formació del propà, del diòxid de carboni i de l'aigua líquida són, respectivament:  $-103.8 \text{ kJ/mol}$ ;  $-393.5 \text{ kJ/mol}$ ;  $-285.5 \text{ kJ/mol}$ . Resol:

- a) L'entalpia de combustió del propà a  $298 \text{ K}$  i  $101325 \text{ Pa}$ .  
 b) Calcula la quantitat de propà necessària per escalfar en les condicions anteriors 50 L d'aigua de  $10^\circ \text{C}$  i  $70^\circ \text{C}$ , suposant un rendiment del 70%. Dada: calor específica de l'aigua =  $4180 \text{ J/kgK}$

**Solució:** a)  $\Delta H_c^\circ = -2218.7 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $355.25 \text{ g}$

- 23 Sigui la reacció de formació de l'etanol líquid,  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH(l)}$ :



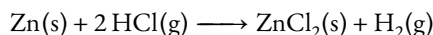
- a) Calcula l'entalpia de formació de l'etanol líquid.  
 b) Si en l'oxidació d'un mol d'etanol a àcid acètic,  $\text{CH}_3\text{COOH(l)}$ , es forma aigua i es desprenen  $478.4 \text{ kJ}$ , calcula l'entalpia de formació de l'àcid acètic.

Dades:  $\Delta H_c^\circ$  en  $\text{kJ/mol}$ :  $[\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH(l)}]: -1365.6$ ;  $[\text{CO(g)}]: -282.70$

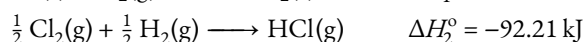
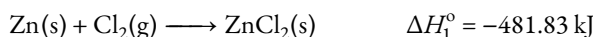
$\Delta H_f^\circ$  en  $\text{kJ/mol}$ :  $[\text{H}_2\text{O(l)}]: -285.8$ ;  $[\text{CO(g)}]: -110.5$

**Solució:** a)  $\Delta H_f^\circ = -278.2 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $\Delta H_f^\circ = -470.8 \text{ kJ/mol}$

- 24 Calcula la calor de reacció a pressió constant del procés



a partir de les següents dades:



**Solució:**  $\Delta H_r^\circ = Q_p = -297.41 \text{ kJ/mol}$

- 25 Es crema 1 tona de carbó, que conté un 8 % en massa de sofre, alliberant com a gasos de combustió  $\text{CO}_2$  i  $\text{SO}_2$ . Calcula:

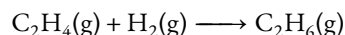
- a) La calor total obtinguda en la combustió.  
 b) El volum de  $\text{CO}_2$  després, mesurat a  $1 \text{ atm}$  i  $300 \text{ K}$ .  
 c) La massa de  $\text{SO}_2$  despresada.  
 d) En l'atmosfera, el  $\text{SO}_2$  després en les centrals tèrmiques s'oxida donant lloc a  $\text{SO}_3$ . El gas produït es converteix en àcid sulfúric generant pluja àcida. Quina massa d'àcid sulfúric es podria produir? Tingues en compte que 1 mol de  $\text{SO}_2$  dona lloc a 1 mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Dades:  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ/mol}$ ):  $\text{CO}_2 = -393.5$ ;  $\text{SO}_2 = -296.8$ .

**Solució:** a)  $Q_p = -3.091 \times 10^7 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $V_{\text{CO}_2} = 1886 \text{ m}^3$ ; c)  $m_{\text{SO}_2} = 160 \text{ kg}$ ; d)  $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 245 \text{ kg}$

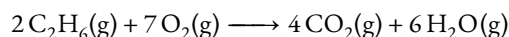
## ..... Entalpia d'enllaç .....

- 26) Calcula la variació d'entalpia estàndard del procés d'hidrogenació de l'etè ( $C_2H_4$ ) usant els valors d'entalpia d'enllaç.



**Solució:**  $\Delta H_r^\circ = -128 \text{ kJ/mol}$

- 27) Per a la reacció en condicions estàndard:



- Calcula l'entalpia de reacció a partir de les entalpies d'enllaç.
- Calcula l'entalpia de reacció a partir de les entalpies estàndard de formació dels reactius i productes.
- Compara els resultats dels apartats a) i b)

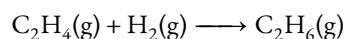
Dades:  $\Delta H_f^\circ[C_2H_6] = -84.667 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ[CO_2] = -393.520 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ[H_2O] = -241.800 \text{ kJ/mol}$

**Solució:** a)  $\Delta H_r^\circ = -2308 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $\Delta H_r^\circ = -2855.55 \text{ kJ/mol}$

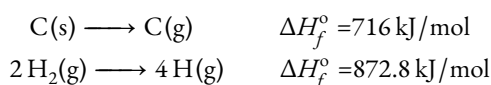
- 28) Sigui la següent reacció:



- Troba l'entalpia de la reacció a partir de les energies d'enllaç (Taules).
- Si  $\Delta H_f^\circ$  de l'etilè (g),  $C_2H_4$ , és de  $52.5 \text{ kJ/mol}$ , calcula l'entalpia de formació de l'età (g),  $C_2H_6$ .

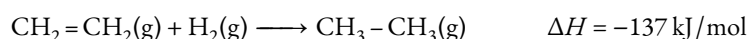
**Solució:** a)  $\Delta H_r^\circ = -128 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $\Delta H_f^\circ = -75.5 \text{ kJ/mol}$

- 29) Amb la següent informació, i sabent que l'entalpia d'enllaç C-H és  $414 \text{ kJ mol}^{-1}$ , calcula l'entalpia estàndard de formació del metà ( $CH_4$ ).



**Solució:**  $-67.2 \text{ kJ/mol}$

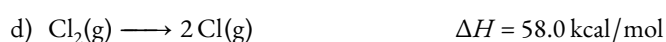
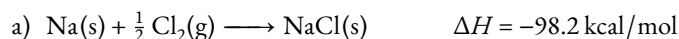
- 30) L'età,  $CH_3-CH_3$ , es pot obtenir per hidrogenació de l'etè,  $CH_2=CH_2(g)$ :



- Calcula l'entalpia de l'enllaç C=C si les energies d'enllaç de C-C, H-H i H-C són, respectivament,  $-347.36 \text{ kJ/mol}$ ,  $-345.55 \text{ kJ/mol}$  i  $-412.98 \text{ kJ/mol}$ .
- Calcula la massa d'età formada a partir de 20 L de  $CH_2=CH_2$  i 15 L de  $H_2$  mesurats en condicions normals. Quina es la calor despesa?

## ..... Cicle de Born-Haber .....

- 31) A) Calcula la calor que es produeix quan un mol de  $Na^+$  gasós reacciona amb un mol de  $Cl^-$  també gasós per formar un mol de clorur de sodi (NaCl) sòlid a través de la llei de Hess.

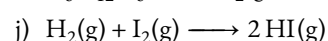
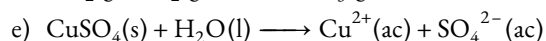
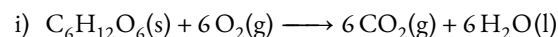
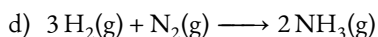
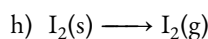
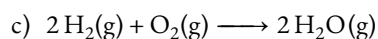
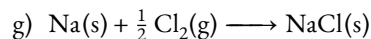
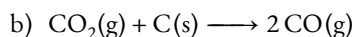
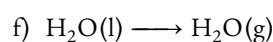
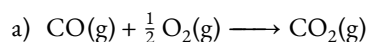


B) Dibuixa el cicle de Born-Haber de l'apartat anterior, i calcula l'energia reticular.

## ..... Energia lliure de Gibbs i entropia .....

32) Què té més entropia: el gel, l'aigua líquida o el vapor d'aigua?

33) Indica si augmenta o disminueix l'entropia en les següents reaccions químiques:



34) Amb les taules d'entalpies de formació i energia lliure de Gibbs de formació, calcula la variació d'entropia a 25 °C que té lloc en la formació d'alcohol etílic. Realitza el mateix càlcul utilitzant la taula d'entropies de formació.

**Solució:**  $\Delta S_f^\circ = -345.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

35) Calcula la variació d'energia lliure de Gibbs per la combustió del metà de dues formes: a) Utilitzant la taula d'energies lliures de Gibbs; b) Utilitzant la taula de entropies de formació i entalpies de formació.

**Solució:** a)  $\Delta G_f^\circ = -817.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; b)  $\Delta G_f^\circ = -817.9 \text{ kJ mol}^{-1}$

36) a) Justifica si serà o no espontània la reacció de formació del diòxid de carboni a 25 °C i 1 atm. *Dades:* entalpia de formació del diòxid de carboni:  $-393.5 \text{ kJ/mol}$ ; entropies (en  $\text{J/molK}$ ): carboni: 5.74; oxigen: 205.1; diòxid de carboni: 213.7.

b) Calcula la temperatura d'equilibri per la citada reacció.

**Solució:** a)  $\Delta G_f^\circ = -394.35 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $T_{eq}$

37) Determina la variació d'energia lliure de Gibbs a 25 °C en la reacció de formació de l'amoniac, fent ús de les taules d'entalpies de formació i entropies de formació.

**Solució:**  $\Delta G_f^\circ = -16.69 \text{ kJ/mol}$

38) Pot ser espontània una reacció endotèrmica? En quines condicions?

39) Es pot afirmar categòricament que una reacció exotèrmica sigui espontània?

40) En una reacció on la variació d'entropia és  $300 \text{ J/molK}$ , quin ha de ser el valor mínim de l'entalpia per tal que sigui espontània?

**Solució:**  $\Delta H < 89.4 \text{ kJ/mol}$

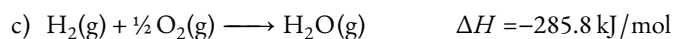
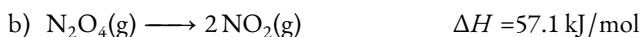
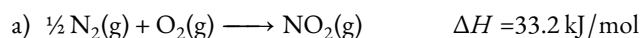
41) Troba la temperatura a la qual seran espontànies les reaccions amb els següents valors de  $\Delta H$  i  $\Delta S$ :

a)  $\Delta H = -126 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta S = 84 \text{ J/molK}$

b)  $\Delta H = -11.7 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta S = -105 \text{ J/molK}$

**Solució:** a) sempre; b)  $T < 111.4 \text{ K}$

42) Evalua l'espontaneïtat dels següents processos sense fer cap càlcul:



43) Indica si les següents afirmacions són vertaderes o falses:

a) La reacció de formació del  $\text{CO}_2\text{(g)}$  és exotèrmica.

b) En la formació de 36 g d'aigua líquida s'alliberen 786.2 kJ.

c) En la dissolució aquosa del  $\text{NaCl(s)}$  es produeix un augment d'entropia.

*Dades:*  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2\text{(g)}] = -393.5 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O(l)}] = -285.8 \text{ kJ/mol}$

44) La vaporització de 1 mol de mercuri a 1 atm de pressió i 357 °C absorbeix 271 J per gram de mercuri vaporitzat. Considera despreciable el volum del líquid. Calcula les magnituds  $Q$ ,  $W$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$  i  $\Delta G$ . *Datos:* Massa atòmica Hg (u): 200.6 g/mol;  $\Delta S = 86.6 \text{ J/molK}$

**Solució:**  $Q = \Delta H = 54.4 \text{ kJ/mol}$ ;  $W = 5.2 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta U = 49.2 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta G = -0.144 \text{ kJ/mol}$