

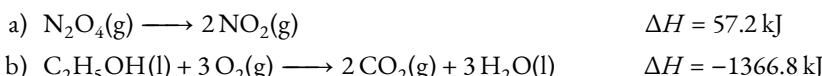
TERMODINÀMICA QUÍMICA | 2N BATX

EXERCICIS

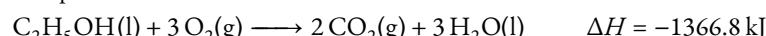
ALBA LÓPEZ VALENZUELA
ANTONIO GONZÁLEZ MORENO

..... 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 despresa en la combustió de 100 g de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

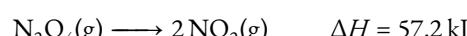
Solució: -2971.3 kJ

- 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 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 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: $\Delta H_f^\circ = -1287.3 \text{ kJ/mol}$

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

- 10 Determina l'entalpia de formació de l'età C_2H_6 gas a partir de les següents dades: entalpia de combustió de l'età, -1425 kJ/mol ; entalpia de combustió del carboni, -393.5 kJ/mol ; entalpia de combustió de l'hidrogen, -241.8 kJ/mol .

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

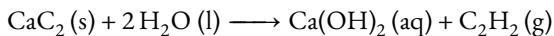
- 11 Calcula la variació d'energia interna per la combustió del benzè líquid, si el procés té lloc a temperatura constant. Dades: Taula d'entalpies de formació.

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

- 12 Calcula la quantitat de calor despresa 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 kJ/mol ; entalpies de formació del diòxid de carboni: -393.5 kJ/mol ; de l'aigua: -285.8 kJ/mol ; de l'acetilur de calci: -56.2 kJ/mol ; de l'hidròxid de calci: -987 kJ/mol .

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

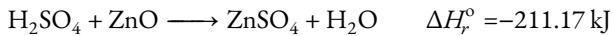
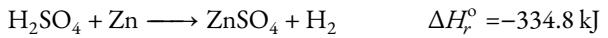
- 14 Calcula la variació entàlpica corresponent a la dissociació tèrmica del carbonat de calci a temperatura constant i el consum de carbó mineral que es requereix per obtenir 1000 kg de cal viva, suponent un rendiment del forn del 65 %. Dades: entalpia de combustió del carbó mineral = 8330 kJ/kg . Taula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

Solució: 589 kg

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

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

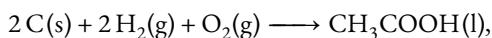
Solució: a) $\Delta H_f^\circ = -239.1 \text{ kJ}$; b) $\Delta H_f^\circ = -204.1 \text{ kJ/mol}$

- 18 Calcula la calor latent de vaporització de l'aigua a 25°C en kJ/mol .

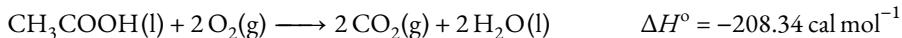
Dades: ΔH_f° , $\text{H}_2\text{O(l)} = -286 \text{ kJ/mol}$, ΔH_f° , $\text{H}_2\text{O(v)} = -242 \text{ kJ/mol}$

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 (C_8H_{18}). Sabent que les calorcs de formació de l'aigua, diòxid de carboni i de l'octà, són respectivament: -242 , -394 , -250 kJ/mol . Calcula:

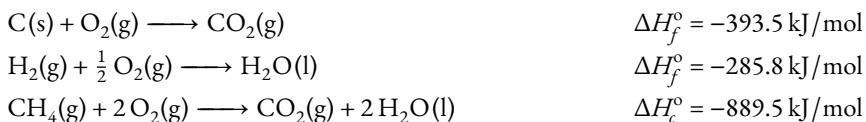
a) L'entalpia de combustió de la gasolina.

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°C i 1 atm de pressió s'obtindran en la combustió de l'apartat b?

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

21 Donades les següents reaccions a 25 °C:



- Calcula el volum de CO₂, a 10⁵Pa i 25 °C, que es desprèn en cremar 150 g de metà, CH₄.
- Calcula la calor despresa en el cas anterior.
- Troba l'entalpia de formació del metà.

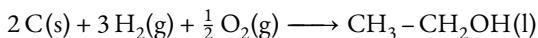
Solució: a) $V_{\text{CO}_2} = 232.1 \text{ L}$; b) $Q = -8339.06 \text{ kJ}$; $\Delta H_f^\circ = -75.6 \text{ kJ/mol}$

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

- L'entalpia de combustió del propà a 298 K i 101 325 Pa.
- Calcula la quantitat de propà necessària per escalfar en les condicions anteriors 50 L d'aigua de 10 °C i 70 °C, suposant un rendiment del 70 %. *Dada:* calor específica de l'aigua = 4180 J/kgK

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

23 Sigui la reacció de formació de l'etanol líquid, CH₃ – CH₂OH(l):



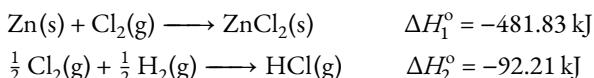
- Calcula l'entalpia de formació de l'etanol líquid.
- Si en l'oxidació d'un mol d'etanol a àcid acètic, CH₃COOH(l), es forma aigua i es desprenden 478.4 kJ, calcula l'entalpia de formació de l'àcid acètic.
Dades: ΔH_c° en kJ/mol: [CH₃ – CH₂OH(l)]: -1365.6; [CO(g)]: -282.70
 ΔH_f° en kJ/mol: [H₂O(l)]: -285.8; [CO(g)]: -110.5

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

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 CO₂ i SO₂. Calcula:

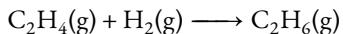
- La calor total obtinguda en la combustió.
- El volum de CO₂ després, mesurat a 1 atm i 300 K.
- La massa de SO₂ despresa.
- En l'atmosfera, el SO₂ després en les centrals tèrmiques s'oxida donant lloc a SO₃. El gas produït es converteix en àcid sulfúric generant pluja àcida. Quina massa d'àcid sulfúric es podria produir? Tingues en compte que 1 mol de SO₂ dona lloc a 1 mol de H₂SO₄.

Dades: ΔH_f° (kJ/mol): CO₂= -393.5; SO₂ = -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) $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 245 \text{ kg}$

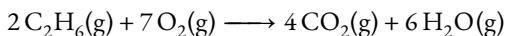
..... Entalpia d'enllaç

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)

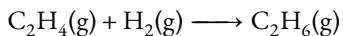
Dades: $\Delta H_f^\circ[C_2H_6] = -84.667 \text{ kJ/mol}$

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

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

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

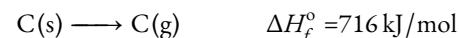
28 Segui la següent reacció:



- Troba l'entalpia de la reacció a partir de les energies d'enllaç (Taules).
- Si ΔH_f° de l'etilè (g), C_2H_4 , és de 52.5 kJ/mol , calcula l'entalpia de formació de l'età (g), C_2H_6 .

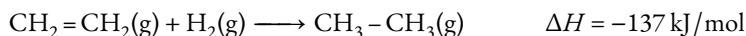
Solució: a) $\Delta H_r^\circ = -128 \text{ kJ/mol}$; b) $\Delta H_f^\circ = -75.5 \text{ kJ/mol}$

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



Solució: -67.2 kJ/mol

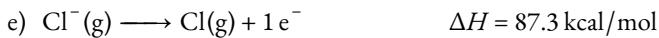
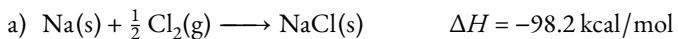
30 L'età, $CH_3 - CH_3$, es pot obtenir per hidrogenació de l'etè, $CH_2 = CH_2(g)$:



- 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 kJ/mol , -345.55 kJ/mol i -412.98 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 despresa?

..... 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:

- | | |
|--|---|
| a) $\text{CO(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ | f) $\text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{H}_2\text{O(g)}$ |
| b) $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C(s)} \longrightarrow 2 \text{CO(g)}$ | g) $\text{Na(s)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{NaCl(s)}$ |
| c) $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O(g)}$ | h) $\text{I}_2(\text{s}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{g})$ |
| d) $3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ | i) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 6 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O(l)}$ |
| e) $\text{CuSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O(l)} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{ac})$ | j) $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{HI(g)}$ |

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.

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

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.

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

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 kJ/mol; entropies (en J/molK): carboni: 5.74; oxigen: 205.1; diòxid de carboni: 213.7.

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

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

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

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

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 J/molK, quin ha de ser el valor mínim de l'entalpia per tal que sigui espontània?

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

41 Troba la temperatura a la qual seran espontànies les reaccions amb els següents valors de ΔH i ΔS :

- a) $\Delta H = -126 \text{ kJ/mol}; \Delta S = 84 \text{ J/molK}$
- b) $\Delta H = -11.7 \text{ kJ/mol}; \Delta S = -105 \text{ J/molK}$

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

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

- | | |
|--|------------------------------------|
| a) $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{NO}_2(\text{g})$ | $\Delta H = 33.2 \text{ kJ/mol}$ |
| b) $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$ | $\Delta H = 57.1 \text{ kJ/mol}$ |
| c) $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O(g)}$ | $\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$ |
| d) $\text{C(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ | $\Delta H = -393.5 \text{ kJ/mol}$ |

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 NaCl(s) es produeix un augment d'entropia.

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

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 , ΔU , ΔH i ΔG . Dades: Massa atòmica Hg (u): 200.6 g/mol; $\Delta S = 86.6 \text{ J/molK}$

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