



TERMOQUÍMICA | 2.º BACH

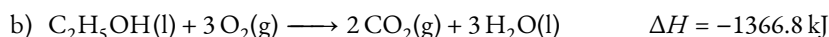
EJERCICIOS

ALBA LÓPEZ VALENZUELA

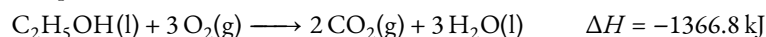
ANTONIO GONZÁLEZ MORENO

..... Calor en las reacciones químicas

- 1 Dibuja el diagrama entálpico y explica el significado de las ecuaciones termoquímicas siguientes:



- 2 Dada la siguiente reacción química:



Calcula el intercambio de calor desprendido en la combustión de 100 g de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Solución: -2971.3 kJ

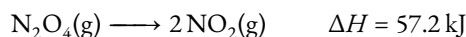
- 3 El gas amoníaco se descompone en gas hidrógeno y gas nitrógeno cuando se calienta. En determinadas condiciones de presión y temperatura, se necesitan 270 kJ para descomponer 100 g de amoníaco.

a) Escribe la ecuación termoquímica del proceso.

b) Determina qué volumen de gas hidrógeno, medido a 50°C y 15 atm, se obtendrá, con 500 kJ y gas amoníaco en exceso.

Solución: b) 28.85 L

- 4 Dada la siguiente reacción química:



Calcula el intercambio de calor que acompaña a la producción de 506 g de NO_2

Solución: $\Delta H = 314.6 \text{ kJ}$

- 5 La entalpía de formación del amoníaco es $-46.2 \text{ kJ mol}^{-1}$. Calcula el calor de reacción cuando se forman 3 litros de amoníaco en c.n.

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

..... Ley de Hess

- 6 Calcula la entalpía de combustión del metano a partir de los datos de entalpías de formación de las Tablas.

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

- 7 La entalpía de reacción de combustión de un compuesto orgánico de fórmula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ es de -2540 kJ/mol . Sabiendo que $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393.5 \text{ kJ/mol}$ y $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{g})] = -241.8 \text{ kJ/mol}$. Calcula la entalpía de formación del compuesto orgánico.

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

- 8 Calcula entalpía de combustión de 30 g de tolueno (metilbenceno), $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3$ a partir de los siguientes datos de entalpías de formación: $\Delta H_f^\circ [\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3]: 49.95 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})]: -393.5 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})]: -285.8 \text{ kJ/mol}$.

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

- 9 Si la entalpía de formación del $\text{CO}_2(\text{g})$ vale -393.5 kJ/mol , ¿cuánto valdrá la entalpía de combustión del carbono? Supón combustión completa.

- 10 Determina la entalpía de formación del etano C_2H_6 gas a partir de los siguientes datos: entalpía de combustión del etano, -1425 kJ/mol ; entalpía de combustión del carbono, -393.5 kJ/mol ; entalpía de combustión del hidrógeno, -241.8 kJ/mol .

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

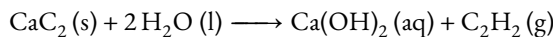
- 11 Calcula la variación de energía interna para la combustión del benceno líquido, si el proceso tiene lugar a temperatura constante. Datos: Tabla de entalpías de formación.

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

- 12) Calcula la cantidad de calor desprendido en la combustión de 1 kg de propano y la variación de energía interna si la reacción se produce a la presión de 1 atm y 25 °C de temperatura. Datos: Tabla entalpías de formación.

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

- 13) Calcula la entalpía estándar de la siguiente reacción:



Datos: entalpía de combustión del acetileno = -1300 kJ/mol ; entalpías de formación del dióxido de carbono: -393.5 kJ/mol ; del agua: -285.8 kJ/mol ; de acetiluro de calcio: -56.2 kJ/mol ; del hidróxido de calcio: -987 kJ/mol .

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

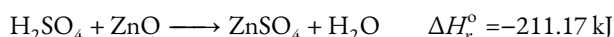
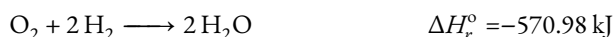
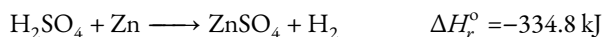
- 14) Calcula la variación entálpica correspondiente a la disociación térmica del carbonato de calcio a temperatura constante y el consumo de carbón mineral que se requiere para obtener 1000 kg de cal viva, suponiendo un rendimiento del horno del 65 %. Datos: Entalpía de combustión del carbón mineral = 8330 kJ/kg . Tabla de entalpías de formación.

Solución: 589 kg

- 15) Calcula el calor de formación del acetileno, conociendo los calores de formación del agua líquida (-285.5 kJ/mol) y del dióxido de carbono gas (-393.13 kJ/mol), así como el calor de combustión del acetileno (-1300 kJ/mol).

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

- 16) Calcula el calor de formación del óxido de zinc con los siguientes datos:



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

- 17) Cuando se quema 1 mol de metanol líquido se desprenden 726 kJ. Calcula:

- La entalpía estándar de formación del metanol líquido.
- La entalpía estándar de formación del gas sabiendo que la entalpía de vaporización es de 35 kJ/mol.

Datos: Entalpías de formación estándar: $\text{CO}_2 = -393.5 \text{ kJ/mol}$, $\text{H}_2\text{O} = -285.8 \text{ kJ/mol}$

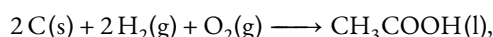
Solución: a) $\Delta H_f^\circ = -239.1 \text{ kJ}$; b) $\Delta H_f^\circ = -204.1 \text{ kJ/mol}$

- 18) Calcula el calor latente de vaporización del agua a 25 °C en kJ/mol.

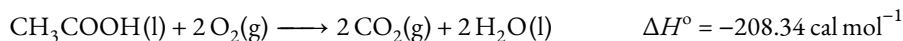
Datos: ΔH_f° , $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286 \text{ kJ/mol}$, ΔH_f° , $\text{H}_2\text{O}(\text{v}) = -242 \text{ kJ/mol}$

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

- 19) Encontrar el calor de reacción de la ecuación



teniendo como datos



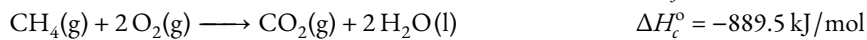
Solución: $\Delta H_r^\circ = -116.4 \text{ cal/mol}$

- 20) La gasolina puede ser considerada una mezcla de octanos (C_8H_{18}). Sabiendo que los calores de formación del agua, dióxido de carbono y del octano, son respectivamente: -242 , -394 , -250 kJ/mol . Calcular:

- La entalpía de combustión de la gasolina.
- La energía liberada en la combustión de 5 litros de gasolina ($d=800 \text{ kg/m}^3$). Exprésalo en calorías.
- ¿Qué volumen de dióxido de carbono a 30 °C y 1 atm de presión se obtendrán en la combustión del apartado b)?

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

21 Dadas las siguientes reacciones a 25 °C:



- a) Calcula el volumen de CO_2 , a 10^5 Pa y 25°C , que se desprende al quemar 150 g de metano, CH_4 .
 b) Calcula el calor desprendido en el caso anterior.
 c) Halla la entalpía de formación del metano.

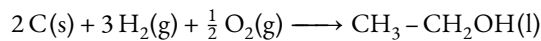
Solución: a) $V_{\text{CO}_2} = -232.1 \text{ L}$; b) $Q = -8339.06 \text{ kJ}$; $\Delta H_f^\circ = -75.6 \text{ kJ/mol}$

22 Sabiendo que las entalpías de formación del propano, del dióxido de carbono y del agua líquida son, respectivamente: -103.8 kJ/mol ; -393.5 kJ/mol ; -285.5 kJ/mol . Resuelve:

- a) La entalpía de combustión del propano a 298 K y $101\,325 \text{ Pa}$.
 b) Calcula la cantidad de propano necesaria para calentar en las condiciones anteriores 50 L de agua de 10°C y 70°C , suponiendo un rendimiento del 70%. *Dato:* calor específico del agua = 4180 J/kgK

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

23 Sea la reacción de formación del etanol líquido, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH(l)}$:



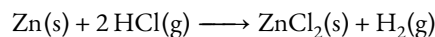
- a) Calcula la entalpía de formación del etanol líquido.
 b) Si en la oxidación de 1 mol de etanol a ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH(l)}$, se forma agua y se desprenden 478.4 kJ , calcula la entalpía de formación del ácido acético.

Datos: ΔH_c° en kJ/mol : [$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH(l)}$]: -1365.6 ; [CO(g)]: -282.70

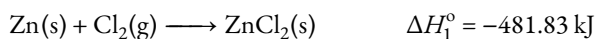
ΔH_f° en kJ/mol : [$\text{H}_2\text{O(l)}$]: -285.8 ; [CO(g)]: -110.5

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

24 Calcular el calor de reacción a presión constante del proceso



a partir de los siguientes datos:



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

25 Se quema 1 tonelada de carbón, que contiene un 8 % en masa de azufre, liberando como gases de combustión CO_2 y SO_2 . Calcula:

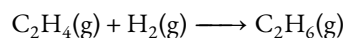
- a) El calor total obtenido en dicha combustión.
 b) El volumen de CO_2 desprendido, medido a 1 atm y 300 K .
 c) La masa de SO_2 desprendida.
 d) En la atmósfera, el SO_2 desprendido en las centrales térmicas se oxida dando lugar a SO_3 . El gas producido se convierte en ácido sulfúrico generando lluvia ácida. ¿Qué masa de ácido sulfúrico se podría producir? Ten en cuenta que 1 mol de SO_2 da lugar a 1 mol de H_2SO_4 .

Datos: ΔH_f° (kJ/mol): $\text{CO}_2 = -393.5$; $\text{SO}_2 = -296.8$.

Solución: 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) $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 245 \text{ kg}$

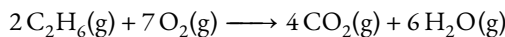
..... **Entalpía de enlace**

- 26) Calcula la variación de entalpía estándar del proceso de hidrogenación del eteno (C_2H_4) usando los valores de entalpía de enlace.



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

- 27) Para la reacción en condiciones estándar:

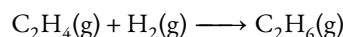


- a) Calcule la entalpía de reacción a partir de las entalpías de enlace.
 b) Calcule la entalpía de reacción a partir de las entalpías estándar de formación de los reactivos y productos.
 c) Compare los resultados de los apartados a) y b)

Datos: $\Delta H_f^\circ[C_2H_6] = -84.667 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H_f^\circ[CO_2] = -393.520 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H_f^\circ[H_2O] = -241.800 \text{ kJ/mol}$

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

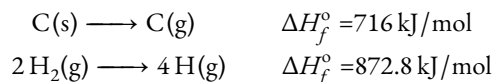
- 28) Sea la siguiente reacción:



- a) Halla la entalpía de la reacción a partir de las energías de enlace (Tablas).
 b) Si ΔH_f° del etileno (g), C_2H_4 , es de 52.5 kJ/mol , calcula la entalpía de formación del etano (g), C_2H_6 .

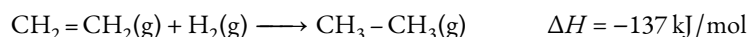
Solución: a) $\Delta H_r^\circ = -128 \text{ kJ/mol}$; b) $\Delta H_f^\circ = -75.5 \text{ kJ/mol}$

- 29) Con la siguiente información, y sabiendo que la entalpía de enlace C-H es 414 kJ mol^{-1} , calcula la entalpía estándar de formación del metano (CH_4).



Solución: -67.2 kJ/mol

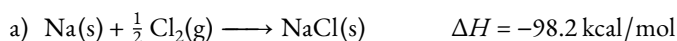
- 30) El etano, $CH_3 - CH_3$, se puede obtener por hidrogenación del eteno, $CH_2 = CH_2(g)$:



- a) Calcula la entalpía del enlace C=C si las energías de enlace de C-C, H-H y H-C son, respectivamente, -347.36 kJ/mol , -345.55 kJ/mol y -412.98 kJ/mol .
 b) Calcula la masa de etano formada a partir de 20 L de $CH_2 = CH_2$ y 15 L de H_2 medidos en condiciones normales. ¿Cuál es el calor desprendido?

..... **Ciclo de Born-Haber**

- 31) A) Calcular el calor que se produce cuando un mol de Na^+ gaseoso reacciona con un mol de Cl^- también gaseoso para formar un mol de cloruro de sodio ($NaCl$) sólido a través de la ley de Hess.



- B) Dibuja el ciclo de Born-Haber del apartado anterior, y calcula la energía reticular.

.....Energía libre de Gibbs y entropía.....

- 32) ¿Qué tiene más entropía: el hielo, el agua líquida o el vapor de agua?
- 33) Indica si aumenta o disminuye la entropía en las siguientes reacciones químicas:
- | | |
|--|---|
| 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) Con las tablas de entalpías de formación y energía libre de Gibbs de formación, calcula la variación de entropía a 25 °C que tiene lugar en la formación de alcohol etílico. Realiza el mismo cálculo utilizando la tabla de entropías de formación.
Solución: $\Delta S_f^\circ = -345.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- 35) Calcula la variación de energía libre de Gibbs para la combustión del metano de dos formas: a) Utilizando la tabla de energías libres de Gibbs; b) Utilizando la tabla de entropías de formación y entalpías de formación.
Solución: 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 será o no espontánea la reacción de formación del dióxido de carbono a 25 °C y 1 atm. **DATOS:** entalpía de formación del dióxido de carbono: -393.5 kJ/mol ; entropías (en J/molK): carbono: 5.74; oxígeno: 205.1; dióxido de carbono: 213.7.
b) Calcula la temperatura de equilibrio para la citada reacción.
Solución: a) $\Delta G_f^\circ = -394.35 \text{ kJ mol}^{-1}$; T_{eq}
- 37) Determina la variación de energía libre de Gibbs a 25 °C en la reacción de formación del amoníaco, haciendo uso de las tablas de entalpías de formación y entropías de formación.
Solución: $\Delta G_f^\circ = -16.69 \text{ kJ/mol}$
- 38) ¿Puede ser espontánea una reacción endotérmica? ¿Bajo qué condiciones?
- 39) ¿Se puede afirmar categóricamente que una reacción exotérmica sea espontánea?
- 40) En una reacción donde la variación de entropía es 300 J/molK , ¿cuál debe ser el valor mínimo de la entalpía para que sea espontánea?
Solución: $\Delta H < 89.4 \text{ kJ/mol}$
- 41) Encuentre la temperatura a la cual serán espontáneas las reacciones con los siguientes valores de ΔH y ΔS :
- | | |
|---|--|
| a) $\Delta H = -126 \text{ kJ/mol}$; $\Delta S = 84 \text{ J/molK}$ | |
| b) $\Delta H = -11.7 \text{ kJ/mol}$; $\Delta S = -105 \text{ J/molK}$ | |
- Solución:** a) siempre; b) $T < 111.4 \text{ K}$
- 42) Evalúa la espontaneidad de los siguientes procesos sin hacer ningún cálculo:
- | | |
|--|------------------------------------|
| 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 las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
- La reacción de formación del $\text{CO}_2\text{(g)}$ es exotérmica.
 - En la formación de 36 g de agua líquida se liberan 786.2 kJ.
 - En la disolución acuosa del NaCl(s) se produce un aumento de entropía.
- Datos:** $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2\text{(g)}] = -393.5 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O(l)}] = -285.8 \text{ kJ/mol}$
- 44) La vaporización de 1 mol de mercurio a 1 atm de presión y 357 °C absorbe 271 J por gramo de mercurio vaporizado. Calcula las magnitudes Q , W , ΔU , ΔH y ΔG . **Datos:** $\Delta S = \text{J/molK}$
Solución: $Q = \Delta H = 54.36 \text{ kJ/mol}$; $W = 5.17 \text{ kJ}$; $\Delta U = 49.19 \text{ kJ/mol}$; $\Delta U = 49.19 \text{ kJ/mol}$; $\Delta G = -0.144 \text{ kJ/mol}$