

G11B. REACCIONES QUÍMICAS. TERMOQUÍMICA

- 1) Calcular la cantidad de calor que hay que entregarle a 1 kg de agua que se encuentra a 20 °C para llevarla hasta una temperatura de 30 °C. Comparar con la cantidad de calor que hay que entregarle a 1 kg de alcohol, 1 kg de petróleo y 1 kg de plomo.

Datos: c_p Agua (l) = 1,00 kcal/kg·°C, c_p Alcohol (l) = 0,50 kcal/kg·°C, c_p Petróleo (l) = 0,50 kcal/kg·°C, c_p Plomo (s) = 0,031 kcal/kg·°C

- 2) Se extrae un cubo de hielo del freezer, a una temperatura de -18 °C. La masa del cubo es de 30 g y la presión se mantiene constante e igual a 1 atm.

a) Calcular la cantidad de calor que hay que entregarle al cubo de hielo para que llegue a la temperatura de fusión (0 °C).

b) Calcular la cantidad de calor que hay que entregarle al cubo que se encuentra a la temperatura de fusión para fundirlo totalmente.

c) Dibujar la curva de calentamiento en forma cualitativa.

d) Calcular la cantidad de agua líquida a 80 °C que se debe poner en contacto con el cubo de hielo para que todo el sistema quede en 10 °C. Suponer que no hay pérdidas con el medio.

Datos: c_p H₂O (s) = 0,50 cal/g·°C, $\Delta H_{\text{fusión}} = 79,5$ cal/g, c_p H₂O (l) = 1,0 cal/g·°C

- 3) Se agregan 10 g de hielo a 0 °C a 20 g de agua a 90 °C en un calorímetro de capacidad calorífica despreciable (recipiente aislado que no intercambia calor ni materia con el medio).

a) Calcular la temperatura final del sistema.

Datos: $\Delta H_{\text{Fusión}} = 80$ cal/g, c_p H₂O (l) = 1,0 cal/g·°C

- 4) Cuando se colocan 10 g de Ni a 100°C en un recipiente aislado que contiene 80 g de agua a 20 °C, el sistema alcanza el equilibrio a la temperatura de 21,1°C.

a) Calcular el calor específico del Ni suponiendo que es despreciable la capacidad calorífica del calorímetro.

Datos: c_p H₂O (l) = 4,18 J/g·°C

- 5) 200 g de Sn ($c_p = 6,1$ cal/mol·K) inicialmente a 100 °C y 100 g de H₂O ($c_p = 18,0$ cal/mol·K) inicialmente a 25 °C se mezclan en un calorímetro. Sabiendo que el calorímetro es ideal, que opera a presión constante y suponiendo que las capacidades caloríficas son constantes:

a) Calcular la temperatura final (T_{Final}) del sistema

b) Calcular el ΔS del Sn, el ΔS del H₂O y el ΔS del universo.

- 6) Dado el siguiente proceso a 65 °C y 1 atm: Br₂ (l) → Br₂ (g)

a) Predecir si la vaporización del Br₂ es un proceso espontáneo a 65 °C y 1 atm.

b) Calcular en forma aproximada la temperatura de vaporización del Br₂ (l) a 1 atm.

Datos: $\Delta H_{\text{vaporización Br}_2} = 30,91$ kJ/mol, S° Br₂ (l) = 152,23 J/mol·K, S° Br₂ (g) = 245,35 J/mol·K

- 7) Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Fundamentar.

- a) La entalpía del sistema disminuye si ocurre una reacción química exotérmica a presión constante.
- b) El ΔH de reacción tiene signo negativo para las reacciones endotérmicas.
- c) La entalpía de los productos es mayor que la de los reactivos en las reacciones exotérmicas.
- d) Toda reacción exotérmica libera calor.
- 8) Al disolver cloruro de calcio en agua se observa que la temperatura de todo el sistema se eleva. La reacción que tiene lugar es:
- $$\text{CaCl}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+} (\text{ac}) + 2 \text{Cl}^- (\text{ac})$$
- a) ¿Cómo será el signo del ΔH de esta reacción? ¿La reacción es exotérmica o endotérmica?
- 9) Observe la siguiente ecuación termoquímica y responda las preguntas fundamentando su respuesta.
- $$\text{Fe} (\text{s}) + \text{Br}_2 (\text{l}) \rightarrow \text{FeBr}_2 (\text{s}) \quad \Delta H^\circ = -249,8 \text{ KJ}$$
- a) ¿La reacción es exotérmica o endotérmica? Comparar el valor de la entalpía de los productos con el valor de la entalpía de los reactivos.
- b) Calcular la cantidad de calor intercambiada con el medio (indicando el sentido de transferencia), cuando se forman 10 g de FeBr_2 en las condiciones correspondientes a la ecuación termoquímica.
- 10) El magnesio metálico reacciona con el dióxido de carbono gaseoso, dando como productos carbono sólido y óxido de magnesio sólido. En la reacción se liberan 17,6 kJ por gramo de Mg metálico que se consume.
- a) Escribir la ecuación termoquímica y calcular la variación de entalpía asociada a la transformación.
- b) Calcular la cantidad de calor que se desprende por cada gramo de productos.
- 11) El metabolismo de los alimentos es la fuente habitual de energía que se necesita para realizar el trabajo de mantener los sistemas biológicos. La oxidación completa del azúcar glucosa se puede representar con la siguiente ecuación termoquímica:
- $$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 6 \text{CO}_2 (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \quad \Delta H = -3725 \text{ cal/g}_{\text{glucosa}}$$
- a) Después de ingerir 0,5 kg de helado de base acuosa que se encuentra a 0 °C ¿Cuántos gramos de glucosa se deben oxidar en el organismo para igualar la temperatura al valor corporal de 37 °C?
- Datos: $\Delta H_{\text{fusión}} \text{H}_2\text{O} = 80 \text{ cal/g}$, $C_p = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- 12) El nitrógeno que se emplea para inflar el airbag de un automóvil proviene de la reacción de azida de sodio:
- $$2 \text{NaN}_3 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na} (\text{s}) + 3 \text{N}_2 (\text{g})$$
- El airbag del conductor suele contener 95 g de azida de sodio.
- a) ¿Cuál será el volumen del airbag que puede inflar el N_2 a 25 °C a 1 atm?
- b) ¿Qué trabajo realiza el N_2 para inflar el airbag?
- 13) Calcular el cambio de entalpía estándar para la combustión completa de 7 moles de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).
- Datos: $\Delta H^\circ_f \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{l}) = -277,7 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H^\circ_f \text{CO}_2 (\text{g}) = -393,5 \text{ kJ/mol}$; $\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O} (\text{l}) = -287,1 \text{ kJ/mol}$
- 14) Dada la síntesis del $\text{A}_3\text{B}_2 (\text{s})$ a partir de $\text{A}_2 (\text{g})$ y $\text{B}_2 (\text{g})$:

a) Escribir la ecuación termoquímica y calcular la variación de entalpía asociada a la transformación a 200 °C.

b) Se colocan en un recipiente, a presión y temperatura constantes de 1 atm y 200 °C respectivamente, 12 mol de A₂ y 12 mol de B₂ hasta verificarse reacción completa. Calcular Q, W, ΔH y ΔU para la evolución (se desprecia el volumen del sólido).

Dato: ΔH° = -15 kJ por mol de A₂ a 200 °C.

15) Una caldera para generación de vapor se alimenta con 200 kg de fuel-oil por día. Considerar al eicosano (C₂₀H₄₂) como hidrocarburo representativo del combustible.

a) ¿Cuál es el caudal de aire requerido para dicha combustión en m³ CNPT/h? Considerar que se introduce un exceso de aire respecto de los valores estequiométricos, del 23% en volumen, a fin de asegurar una buena combustión.

b) ¿Cuál es el calor utilizable si las pérdidas por radiación son de 5%, y con los gases de chimenea se pierde un 3%?

c) ¿Cuál es la máxima producción de vapor de agua a 100 °C y 1 atm en kg/h? Considerar que el agua entra a la caldera a la temperatura de 90 °C

Datos: C_p H₂O (l) = 1,0 kcal/kg·°C, ΔH_{vaporización} H₂O = 9,73 kcal/mol, ΔH_{combustión} C₂₀H₄₂ = -3384 kcal/mol

16) Considerando un automóvil que consume en ruta 13,5 L de nafta (a base de octano, C₈H₁₈) cada 100 km de recorrido, se quiere diseñar un tanque de gas (GNC) cuyo contenido alcance para un recorrido de igual distancia.

a) Escribir las ecuaciones termoquímicas para la combustión del octano y metano respectivamente.

b) Calcular el volumen requerido del tanque para almacenar a 200 atm suficiente gas para el recorrido de 100 km, considerando una temperatura promedio de 20°C.

c) Calcular las presiones mínima y máxima del gas, suponiendo temperaturas ambientes extremas de -5 °C y 50 °C respectivamente.

Datos: ρ C₈H₁₈ (l) = 0,703 kg/L, ΔH_{combustión} C₈H₁₈ = -1302 kcal/mol, ΔH_{combustión} CH₄ = -212 kcal/mol

17) Un secadero industrial continuo procesa 150 kg/día de sólidos con 18% en masa de humedad que ingresan luego de un precalentamiento a una temperatura de 100 °C. El calor necesario para secar el sólido se obtiene por la combustión de gas natural de composición en volumen: 85% en metano, 15% en etano.

a) Calcular el caudal de gas en CNPT que es necesario alimentar al equipo considerando que hay un 5% de pérdidas de calor con los gases de combustión y un 15% con los sólidos que salen del secador a una temperatura de 120°C.

b) Si una medición del caudal en la cañería de alimentación de aire da 900 L/h de aire en CNPT de aire ¿Con qué exceso de O₂ se está trabajando?

Datos: ΔH_{combustión} CH₄ = -212 kcal/mol, ΔH_{combustión} C₂H₆ = -372 kcal/mol, ΔH_{vaporización} H₂O = 9,72 kcal/mol

18) Una estufa doméstica quema 2 kg de gas natural liberando 2,6×10⁴ kcal. Considerando el gas natural como una mezcla de metano y etano exclusivamente:

a) ¿Cuál es la composición del gas utilizado en volumen en CNPT?

b) ¿Qué masa de agua origina la combustión?

c) ¿qué volumen de O₂ en CNPT se consume considerando la combustión completa?

Datos: $\Delta H_{\text{combustión}} \text{CH}_4 = -212 \text{ kcal/mol}$, $\Delta H_{\text{combustión}} \text{C}_2\text{H}_6 = -372 \text{ kcal/mol}$

19) Una caldera se alimenta con agua a 20 °C y 1 atm para generar vapor a 100 °C. El calor necesario es provisto por la combustión de 120 L diarios de fuel oil (octadecano, C₁₈H₃₈). Considerar que se produce la combustión completa del combustible y que las pérdidas de calor ascienden al 10%

a) Calcular el volumen de aire medido en m³ en CNPT que se consumen diariamente en la combustión si se trabaja con un exceso del 20%.

b) Calcular la masa de vapor de agua a 100°C que se generan diariamente.

c) Calcular el trabajo para el proceso de producción del vapor de agua si la presión externa es constante de 1 atm.

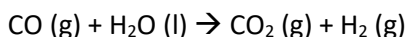
Datos: $\Delta H_{\text{combustión}} \text{C}_{18}\text{H}_{38} = -4000 \text{ kcal/mol}$, $\Delta H_{\text{vaporización}} \text{H}_2\text{O} = 540 \text{ cal/g}$, $C_p \text{H}_2\text{O} = 1,0 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$, $\rho \text{C}_{18}\text{H}_{38} = 0,85 \text{ g/cm}^3$

20) La combustión completa de 23 g de etanol a presión constante de 1 atm produce 163 kcal, mientras que la combustión incompleta de la misma masa de etanol en las mismas condiciones produce 95,3 kcal.

a) Escribir las ecuaciones termoquímicas para las reacciones de combustión completa e incompleta del etanol.

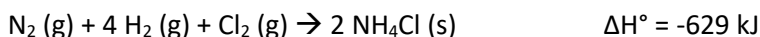
b) Escribir la ecuación termoquímica de la reacción entre monóxido de carbono y oxígeno para producir dióxido de carbono.

21) Calcular la variación de entalpía que corresponde a la siguiente reacción.

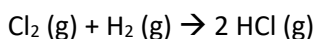


Datos: $\Delta H^\circ_f \text{CO}_2 \text{ (g)} = -393,5 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O (l)} = -285,6 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H^\circ_f \text{CO (g)} = -110,5 \text{ kJ/mol}$

22) A partir de las siguientes ecuaciones termoquímicas

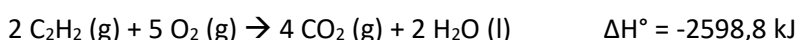


a) Determinar el ΔH° de la siguiente reacción:

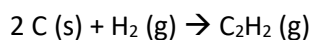


b) Calcular la ΔU para la tercera reacción a 25°C

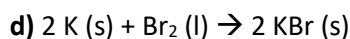
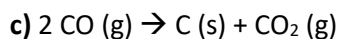
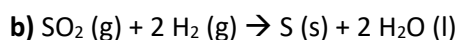
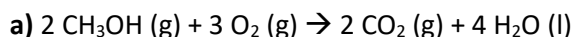
23) A partir de las siguientes ecuaciones termoquímicas:



a) Calcular la entalpía de formación estándar molar del acetileno C₂H₂ (g) a 298 K:



24) Predecir el signo de ΔS de los siguientes procesos químicos a presión y temperatura constantes



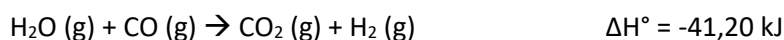
25) Dadas las siguientes reacciones a 25°C y 1 atm de presión

a) Completar la tabla con los valores requeridos

b) Predecir en cada caso si la reacción es endotérmica o exotérmica, si ocurre o no espontáneamente a 25°C y 1 atm y si esa tendencia se invertiría al aumentar la temperatura.

		ΔH (kJ)	ΔS (J/K)	ΔG (kJ)
1)	$2 \text{ H}_2\text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$	-211,1	+39,3	
2)	$3 \text{ H}_2 \text{ (g)} + \text{N}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ NH}_3 \text{ (g)}$	-92,4		-33,4
3)	$\text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ NO}_2 \text{ (g)}$		+52,7	+5,4
4)	$\text{N}_2 \text{ (g)} + 2 \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2\text{NO}_2 \text{ (g)}$	+ 67,7	-35,9	

26) Para la reacción a 25 °C representada en la siguiente ecuación termoquímica se conoce que $K_p = 9,78 \cdot 10^4$

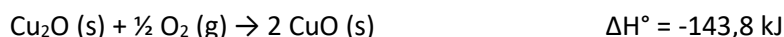


a) Con estos datos, calcule los valores de ΔS° y ΔG° a 25°C.

b) Suponiendo que ΔS° y ΔH° no cambian con los cambios de temperatura, calcule el valor de ΔG a 50 °C.

c) Calcule el valor de K_p a 50°C

27) Dadas las siguientes reacciones a 25°C y 1 atm y sus respectivos valores de ΔH°



a) Calcular el ΔH_f° y ΔU para la formación del óxido cúprico (s).

b) Teniendo en cuenta que $S^\circ \text{ O}_2 \text{ (g)} = 205,0 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, $S^\circ \text{ CuO (s)} = 43,5 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ y $S^\circ \text{ Cu (s)} = 33,4 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, indicar si la oxidación del cobre se produce espontáneamente a 25 °C.

Respuestas

- 1) Agua = 10 kcal Alcohol = 5 kcal Petróleo = 5 kcal Plomo = 0,31 kcal
- 2) a) 270 cal b) 2385 cal d) 42,5 g
- 3) a) $T = 33,3^{\circ}\text{C}$
- 4) a) $c_p \text{ Ni} = 0,47 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$.
- 5) a) $T_{\text{Final}} = 32,0^{\circ}\text{C}$ b) $\Delta S \text{ Sn} = -2,08 \text{ cal/K}$ $\Delta S \text{ H}_2\text{O} = 2,32 \text{ cal/K}$ $\Delta S \text{ universo} = 0,24 \text{ cal/K}$ (espontáneo)
- 6) a) sí, es espontánea ($\Delta G = -0,564 \text{ kJ/K}$) b) 332 K.
- 7) a) V b) F c) F d) V
- 8) a) ΔH negativo y reacción exotérmica
- 9) a) La reacción exotérmica, la entalpía de los productos es menor que la de los reactivos b) -11,5 kJ (cedido al medio)
- 10) a) $\Delta H^{\circ} = -855,36 \text{ kJ}$ (cada 2 moles de Mg) b) 9,19 kJ por gramo de productos
- 11) $m = 15,64 \text{ g}$
- 12) a) 53,57 L b) -5,43 kJ
- 13) $\Delta H^{\circ}_{\text{COMBUSTIÓN}} = -9594,2 \text{ kJ}$
- 14) a) $\Delta H^{\circ} = -45 \text{ kJ}$ (para la reacción con coeficientes estequiométricos enteros) b) $\Delta U = -101,4 \text{ kJ}$
 $\Delta H = -180 \text{ kJ}$ $Q = -180 \text{ kJ}$ $W = 78,6 \text{ kJ}$.
- 15) a) $V = 118,25 \text{ m}^3 \text{ CNPT/h}$ b) $Q = 9,20 \times 10^4 \text{ kcal/h}$ c) $m = 167 \text{ kg/h}$
- 16) b) $V = 61,4 \text{ L}$ c) $P_{\text{mínima}} = 183 \text{ atm}$ y $P_{\text{máxima}} = 221 \text{ atm}$
- 17) a) caudal = 1729,8 L/día b) $V = 30 \text{ L/h}$ de O_2 (18,8% de exceso con respecto al estequiométrico de la reacción)
- 18) a) 81,8% de CH_4 y 18,2% de C_2H_6 en volumen b) $m = 4235,44 \text{ g}$ c) $V = 5,6 \text{ m}^3$
- 19) a) Volumen aire = 1413,54 m^3 b) Masa vapor = 2331,7 kg c) $W = -4,02 \times 10^5 \text{ kJ}$
- 20) a) ΔH° (completa) = -1363 kJ; ΔH° (incompleta) = -797 kJ b) $\Delta H^{\circ} = -566 \text{ kJ}$ (para la reacción con coeficientes estequiométricos enteros)
- 21) $\Delta H^{\circ} = 51,3 \text{ kJ/mol}$
- 22) a) $\Delta H^{\circ} = -185 \text{ kJ}$ b) $\Delta U = -614,1 \text{ kJ}$
- 23) a) $\Delta H^{\circ} = 226,6 \text{ kJ}$
- 24) a) ΔS negativo b) ΔS negativo c) ΔS negativo d) ΔS negativo
- 25) 1) Exotérmica espontánea. No se invierte. 2) Exotérmica espontánea. Se invierte 3) Endotérmica no espontánea. Se invierte 4) Endotérmica no espontánea. No se invierte.
- 26) a) $\Delta G^{\circ} = -28,48 \text{ kJ}$; $\Delta S^{\circ} = -42,65 \text{ J/K}$ b) $\Delta G_{50^{\circ}\text{C}} = -27,40 \text{ kJ}$ c) $K_p = 27000$
- 27) a) $\Delta H^{\circ}_f = -155,1 \text{ kJ/mol}$; $\Delta U = -153,9 \text{ kJ/mol}$ b) sí, es espontánea.